



Agnieszka Kruszwicka

**Miniaturyzacja piłek edukacyjnych Eduball:
Studium pedagogiczne z zastosowaniem technik
neuronauki poznawczej**

Miniaturization of Eduball educational balls:
Pedagogical study using cognitive neuroscience techniques

Rozprawa doktorska
przygotowana pod kierunkiem
prof. UAM dra hab. Michała Klichowskiego

Poznań 2023

Podziękowania

Bycie doktorantką i przygotowywanie tej pracy stanowiło dla mnie jedną z największych przygód jakie miałam okazję przeżyć. Nie byłoby to możliwe gdyby nie wiele osób, którym chciałabym w tym miejscu podziękować.

Przede wszystkim z całego serca dziękuję mojemu promotorowi Profesorowi Michałowi Klichowskiemu, który sprawił, że drogę którą szłam przez ostatnie cztery lata mogłam nazywać i traktować jako piękną przygodę. Był dla mnie nie tylko Mentorem i Przewodnikiem po świecie Nauki, ale także Przyjacielem, na którego zawsze mogłam w każdej sprawie liczyć. Dziękuję za niezliczone rozmowy, wypite kawy, za okazaną troskę i życzliwość, ale także za potrzebną krytykę i konstruktywne uwagi, dzięki którym mogłam wzrastać jako naukowiec.

Osobne podziękowania kieruję także do Pracowników Pracowni Badań nad Procesem Uczenia się oraz całego zespołu Eduball, który mogłam przez te lata z nieukrywaną dumą współtworzyć. Dziękuję za wszystkie spotkania, inspirujące rozmowy, cenne uwagi i dzielenie się swoim doświadczeniem.

Szczególne podziękowania należą się moim Rodzicom, Narzeczonemu, Bratu i Przyjaciołom, na wsparcie których mogłam zawsze liczyć. Dziękuję za zrozumienie, wielokrotne odciążanie mnie w obowiązkach, za wiarę we mnie, że sobie poradzę i nieustanne kibicowanie mi w tej drodze.

Abstract

Numerous studies show that combining physical and cognitive activities brings many benefits in both areas. However, despite this, a strict subject division still prevails in schools, even in early education. This limits teachers' opportunities to incorporate didactic content into movement and vice versa. One reason for this situation is the lack of appropriate methods to implement this idea in didactic practice. To address this problem, the Eduball educational ball was created. The method is based on games with basketball and volleyball balls on the surface of which letters, numbers, and other signs are printed and thus teacher can stimulate students' motor and cognitive abilities at the same time. Nevertheless, the method mainly stimulates gross motor skills during physical education classes in the gym. Meanwhile, recent research show that combining fine motor skills with tasks could bring even better results. Therefore we miniaturized Eduball educational balls and adapted them to the size of the hand, thus creating the mini-Eduball method, which can be used in the classroom, for example, during breaks between lessons. We hypothesized that mini-Eduball activities performed immediately before class, i.e., during a 10-minute break, affect mental processes crucial for school effectiveness, such as attention and abstract reasoning. We further hypothesized that breaks with fine-motor games incorporating cognitive tasks (such as mini-Eduball) stimulates these processes ("warm up" students' brains) more than purely cognitive or motor games or even sophisticated techniques of brain stimulation, such as binaural beats or tDCS, regardless of the level of motor skills. To test our assumptions, we conducted a laboratory experiment with 90 healthy adults (ages 18-25), dividing them into a control group and five experimental groups: 3D puzzles, binaural beat stimulation, mini-Eduball, traditional balls, and transcranial direct current stimulation. We provided various types of cognitive, motor, or cognitive-motor stimulation to each group, and cognitive and coordination tests were conducted immediately before and after the 10-minute intervention. However, our results show that the mini-Eduball group did not perform better than the others in any of conditions. Moreover, it was significantly worse in sustaining attention than the 3D puzzle and transcranial stimulation group. We suggest that this may be because mini-Eduball games are very cognitively demanding and do not provide a break effect between challenging tests. Therefore, mini-Eduball games cannot be considered an exercise break, but rather as part of learning process. Further research is needed to verify this conjecture.

Spis treści

Wstęp.....	6
1. Tło teoretyczne.....	13
1.1. Łączenie aktywności poznawczej z ruchem w edukacji.....	13
1.2. Metoda Eduball.....	36
1.3. Badania nad metodą Eduball	42
1.4. Przesłanki miniaturyzacji Eduball	57
1.5. Założenia metody mini-Eduball.....	79
1.6. Podsumowanie	96
2. Metody	97
2.1. Uczestnicy.....	97
2.2. Procedura	98
2.3. Pierwsza „przerwa”.....	103
2.4. Testy.....	104
2.4.1. Pomiar EEG.....	105
2.4.2. Test Sustained Attention to Response Task	109
2.4.3. Test Matrix Reasoning Item Bank.....	111
2.4.4. Test 2HAND.....	116
2.5. Druga „przerwa” – czynnik eksperymentalny	118
2.5.1. Puzzle 3D.....	119
2.5.2. Dudnienia synchroniczne	122
2.5.3. mini-Eduball	123
2.5.4. Tradycyjne piłki.....	129
2.5.5. Przechaszkowa stymulacja prądem stałym	133
2.6. Analiza danych	137
3. Wyniki.....	142
3.1. Pomiar EEG	142
3.1.1. Pomiar EEG – Theta/Beta obliczone dla fal Beta w zakresie 15–18 Hz.....	142
3.1.2. Pomiar EEG – Theta/Beta obliczone dla fal Beta w zakresie 13–30 Hz.....	145
3.2. Test Sustained Attention to Response Task.....	149
3.3. Test Matrix Reasoning Item Bank	156
3.4. Test 2HAND	160

4. Dyskusja.....	164
4.1. Wpływ czynności wykonywanych bezpośrednio przed zadaniem na funkcjonowanie poznawcze	166
4.2. Wpływ mini-Eduball na procesy poznawcze.....	167
4.3. Wpływ tDCS na procesy poznawcze	169
4.4. Ograniczenia	172
4.5. Dalsze kierunki badań.....	173
4.6. Podsumowanie	174
Spis rycin	175
Spis tabel	178
Aneks	180
Załącznik 1. Informacja dla uczestników badania.....	181
Załącznik 2. Oświadczenie badanego.....	183
Załącznik 3. Zasady sanitarne obowiązujące przy przeprowadzaniu badań	185
Załącznik 4. Lista artykułów do wyboru do czytania podczas ‘przerwy’	186
Załącznik 5. Artykuły do czytania przez uczestników podczas pomiaru EEG	187
Załącznik 6. Zmieniony kod testu SART zastosowany w badaniu	189
Załącznik 7. Matryce MaRs-IB użyte w badaniu	192
Bibliografia.....	228

Wstęp

Znane na całym świecie łacińskie powiedzenie „w zdrowym ciele zdrowy duch” (łac. *mens sana in corpore sano*) od wieków inspiruje ludzi do dbania o aspekt ich fizyczności. Wszak powszechnie wiadomo, że człowiek rozwija się jednocześnie całym sobą (Pesce i in., 2016), szczególnie na początkowych etapach. A zatem rozwój w jednej sferze pociąga za sobą skutki w pozostałych. Nie dziwi więc, że aktywność fizyczna pozytywnie wpływa na wszystkie obszary funkcjonowania człowieka: emocjonalny, fizyczny, poznawczy oraz społeczny (Bidzan-Bluma i Lipowska, 2018; Bronikowski i in., Dyrła-Mularczyk i Giemza-Urbanowicz, 2019; Erickson i in., 2015; Gieroba, 2019; Glapa i in., 2018, Guła-Kubiszewska, 2007; Kot-Bryćko i in., 2017; Małkowska-Szkutnik, 2013; Mendo-Lazaro i in., 2017; Olejnik, 2018; Ostreęga, 2014, 2017; Płoszaj i Firek, 2020; Popek, 2019; Ruhland i Lange, 2021; Rybakowski, 2019; Rymarczyk, 2019; Skrzypek i in., 2017; Solewicz, 2017; Szark-Eckardt i in., 2016; WHO, 2018a; Woynarowska, 2008; Zadarko-Domaradzka i in., 2018). Jednak, choć ta popularna sentencja przypomina nam, że to jak będziemy traktować własne ciało zaowocuje stanem naszej psychiki, to wciąż nie przekłada się to na podejście do edukacji.

Aktywność fizyczna w szkole, wobec napiętego programu oraz presji osiągnięcia jak najlepszych efektów nauczania w obrębie tak zwanych kluczowych przedmiotów, jest marginalizowana (Mahar i in., 2006; Watson i in., 2017a). I pomimo tego, że podstawa programowa wskazuje na konieczność zaspokajania potrzeby ruchu dziecka każdego dnia w kształceniu zintegrowanym (Rozporządzenie MEN, 2017), to w praktyce szkoły skupiają się na swojej misji dydaktycznej. Wobec tego dzieci spędzają wiele godzin pozostając unieruchomionymi w ławkach (Ostreęga, 2014), a wszelka niesubordynacja w tym zakresie często wiąże się ze skarceniem przez nauczyciela. Stoi to w sprzeczności z naturalną potrzebą ruchu jaką przejawiają dzieci, zwłaszcza na etapie przedszkolnym i wczesnoszkolnym, która – jak Światowa Organizacja Zdrowia (WHO, ang. World Health Organization) rekomenduje – powinna być realizowana poprzez co najmniej 60 minut aktywności ruchowej dziennie (Bull i in., 2020; WHO, 2020b). Z drugiej strony, postrzeganie społeczne wychowania fizycznego jako mało istotnego przedmiotu doprowadziło do tego, że ogromna liczba uczniów, z pomocą swoich rodziców, unika uczestnictwa w nim dostarczając (często nieuzasadnione) zwolnienia lekarskie (Batorzyńska, Nowacka, 2018; Mazur, 2013; Woynarowska i in., 2015). W efekcie działań wszystkich stron jedynie niewielka część dzieci i młodzieży spełnia kryteria rekomendacji (Aubert i in., 2022; Bann i in., 2019; Fijałkowska, 2018b; Hallal i in., 2012;

Kleczewska, Dzielska, 2018; Zadarko-Domaradzka i in., 2018), a problem ten nie jest lokalny, bowiem możemy go dostrzec w wielu krajach, gdzie postęp technologiczny wpływa na zmianę nawyków i trybu życia na siedzący (WHO, 2018). Światowa Organizacja Zdrowia bije na alarm wobec tego faktu wskazując, że promowanie aktywności fizycznej w przedszkolach i szkołach powinno stanowić jeden z priorytetów (WHO, 2016).

Tymczasem ruch jest nie tylko niezbędny dla zdrowia, ale warunkuje także rozwój poznawczy i w istotny sposób podnosi efektywność procesu uczenia się (Klichowski i Przybyła, 2017). Dzieje się tak dlatego, że ćwiczenia fizyczne korzystnie wpływają na funkcjonowanie mózgu (Donnelly i in., 2016; Erickson i in., 2019; Howard-Jones, 2014a; Pontifex i in., 2019), jego strukturę (Chaddock-Heyman i in., 2015), a także aktywują procesy biochemiczne związane z neurogenezą i uczeniem się (Loprinzi i Frith, 2019; Seifert i in., 2010; Walsh i in., 2020). W konsekwencji, wyższa sprawność fizyczna jest pozytywnie związana z wyższymi osiągnięciami szkolnymi (Bilewicz-Kuźnia i in., 2019; Erwin i in., 2012; Glapa i in., 2018; Howard-Jones, 2014a; Kibbe, 2011; Mahar i in., 2016; Mularczyk, Urbanowicz, 2019; Owen i in., 2016; Rymarczyk, 2019; Singh i in., 2019; Solewicz, 2017; Watson i in., 2017; Wawrzyniak i in., 2021; Witkowska, Gut, 2018; Woynarowska, 2008a; por. Małkowska-Szkutnik, 2013). Ponadto, wiele badań potwierdziło, że integracja aktywności fizycznej z zadaniami angażującymi poznawczo przynosi korzyści zarówno dla zdrowia, jak i wyników w nauce (Cameron i in., 2012; Vazou i in., 2012; Institute of Medicine i National Research Council, 2015; Beck i in., 2016; Donnelly i in., 2016; Mullender-Wijnsma i in., 2016; Mendo-Lazaro i in., 2017; Vazou i Skrade, 2017; Watson i in., 2017; Bartholomew i in., 2018; Chang i Gu, 2018; Macdonald i in., 2018; Milne i in., 2018; Mullender-Wijnsma i in., 2019; Norris i in., 2019; Sneek i in., 2019; Suggate i in., 2019; Vetter i in., 2019; Cichy i in., 2020; Macdonald i in., 2020; Vaquero-Solis i in., 2020), dodatkowo wpływając na motywację do uczenia się (Krysmann i Rokita, 2011; Rokita i Cichy, 2014; Rokita i Rzepa, 2002, 2003, 2005; Vazou i in., 2012). Co więcej, czas poświęcony na takie zajęcia nie powoduje pogorszenia sprawności fizycznej (Rokita, 2008), a zatem przy równie dobrych wynikach motorycznych można osiągać lepsze wyniki poznawcze i zdrowotne, wobec tego w szkole powinny dominować strategie oparte na łączeniu ruchu z poznaniem. Jednak, mimo wszelkich korzyści, tak nie jest i nie dość, że wychowanie fizyczne zajmuje dość marginalne miejsce w programie edukacji, to dodatkowo jest odseparowane od pozostałych przedmiotów stanowiąc całkiem odrębną sferę. Brakuje bowiem propozycji

metodycznych, które umożliwiałyby integrowanie aktywności fizycznej z zadaniami kognitywnymi.

Aby wyjść naprzeciw potrzebom szkół i nauczycieli, którzy chcieliby wprowadzać w prowadzonych przez siebie lekcjach większą ilość ruchu, w 2002 roku na Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu stworzono metodę Eduball, czyli zestaw 100 piłek w pięciu kolorach z nadrukowanymi na ich powierzchni literami, cyframi oraz znakami działań matematycznych (Rokita i in., 2017a). Dzięki tej prostej, a jednocześnie innowacyjnej modyfikacji popularnego i lubianego środka dydaktycznego jakim jest piłka, nauczyciel mógł wreszcie proponować gry i zabawy opierające się na idei łączenia sfery motorycznej i poznawczej w obrębie jednego zadania. Innymi słowy, aby osiągnąć cel wyznaczony w danej grze, uczeń musi rozwiązać problem poznawczy związany ze znakami znajdującymi się na piłkach i wykonać podane działanie motoryczne. Uniwersalność znaków sprawia, że piłki edukacyjne Eduball doskonale nadają się do wplatania w aktywność fizyczną treści ze wszystkich obszarów wymienionych w podstawie programowej i tym samym nauczanie może stawać się bardziej holistyczne. A zatem, metoda Eduball stwarza warunki do harmonijnego rozwoju we wszystkich obszarach: fizycznym, intelektualnym, a dzięki formie działania zespołowego przebiegającego w atmosferze pozytywnej zabawy, także emocjonalnym i społecznym (Rokita i in., 2016).

Tuż po powstaniu piłek edukacyjnych Eduball opatentowano je (Rokita i Cichy, 2014) oraz wpisaniu ich do wykazu środków dydaktycznych zalecanych do użytku szkolnego przeznaczonych do kształcenia ogólnego i kształcenia zintegrowanego na poziomie szkoły podstawowej (Rozporządzenie MENiS 2002), przystąpiono do weryfikowania efektów zajęć prowadzonych zgodnie z metodą Eduball. Przez 20 lat przeprowadzono szereg eksperymentów w warunkach naturalnych, techniką grup równoległych, w których sukcesywnie wykazywano kolejne aspekty, na które zajęcia z Eduball mają wpływ. Wszystkie badania opierały się na podobnych zasadach, zgodnie z którymi większą część lekcji wychowania fizycznego zastępowano w klasie eksperymentalnej programem Eduball, stworzonym we współpracy nauczyciela prowadzącego lekcje z naukowcem. Tym samym gry jednocześnie realizowały założenia metody odnoszące się do integracji ruchu z poznaniem, a także wiązały się bezpośrednio z aktualnie przerabianym przez daną klasę materiałem dydaktycznym. Jako, że metoda została stworzona głównie z myślą o edukacji zintegrowanej, to zdecydowaną większość badań przeprowadzono z udziałem uczniów na pierwszym etapie edukacyjnym. W efekcie zrealizowano kilkanaście eksperymentów dokonując pomiarów w

dwóch głównych obszarach: sprawności fizycznej oraz w wynikach w nauce (Chmura i in., 2012; Cichy, 2008; Cichy i in., 2022a, 2022b, 2022c; Cichy i Popowczak, 2007, 2009; Cichy i Rokita, 2012; Cichy i in., 2010, 2011, 2015; Cichy i Rzepa, 2005; Koszczyc i in., 2004; Krajewski i Cichy, 2009; Krysmann i Rokita, 2011; Naskręt i in., 2018; Pawlik i in., 2013; Pham i in., 2021; Rokita, 2007a, 2007b, 2007c, 2007d, 2008a, 2008b; Rokita i Cichy, 2013, 2014, 2015a, 2015b; Rokita i in., 2012, 2013a, 2013b, 2017; Rokita i Kaczmarczyk, 2011; Rokita i Krysmann, 2011; Rzepa i Wójcik, 2007a, 2007b, 2007c, 2007d; 2009, 2011; Wawrzyniak i in., 2015, 2021, 2022; Wójcik i Rzepa, 2007). Wykazano w nich, że metoda Eduball nie powoduje pogorszenia sprawności fizycznej dzieci (Chmura i in., 2012; Cichy i Rzepa, 2005; Cichy i in., 2011, 2022c; Krajewski, 2007; Krajewski i Cichy, 2009; Pham i in., 2021; Rokita, 2007c; Rzepa i Wójcik, 2007c, 2011) i ma pozytywny wpływ na zdolności koordynacyjne (Cichy i in., 2010, 2015), proces ustalania lateralizacji ciała (Rzepa i Wójcik, 2009) oraz kształtowanie umiejętności grafomotorycznych (Naskręt i in., 2018; Rokita i in., 2013; Wawrzyniak i in., 2021). Jednocześnie ustalono, że efektywność nabywania wiedzy i umiejętności szkolnych poprzez zajęcia z piłkami edukacyjnymi Eduball jest wyższa w zakresie kompetencji językowych (Rokita, 2007, 2008; Rzepa i Wójcik, 2007), matematycznych (Cichy i in., 2020), języka obcego (Cichy i in., 2022b), a także stanowią skuteczną metodę terapeutyczną dla dzieci z dysleksją (Cichy i in., 2022a).

Tak dobre efekty zachęciły nas do dalszych poszukiwań i analiz metody Eduball. Do tej pory zajęcia z piłkami edukacyjnymi stymulowały głównie motorykę dużą, tymczasem najnowsze doniesienia neuronauki poznawczej wskazują, że motoryka mała jest bliżej powiązana z nabywaniem podstawowych kompetencji szkolnych – czytaniem, pisaniem i liczeniem, niż motoryka duża (Grissmer i in., 2010; Macdonald i in., 2018; Macdonald i in., 2020). W konsekwencji czego wyższa sprawność dłoni jest skorelowana z lepszymi efektami w nauce (Cameron i in., 2012; Le i in., 2021; Macdonald i in., 2018; Pitchford i in., 2016; Suggate i in., 2017, Fischer i in., 2018). Dzieje się tak dlatego, że złożone procesy poznawcze oparte są na obszarach mózgu związanymi z aktywnością fizyczną (Donnelly i in., 2016), a reprezentacje skomplikowanych ruchów dłonią w mózgu są powiązane zarówno z reprezentacjami języka, jak i liczb, zwłaszcza liczb symbolicznych i operacji na liczbach (Bidula i in., 2017; Klichowski i Króliczak, 2017, 2020; Klichowski i in., 2020; Króliczak i in., 2020, 2021; Przybylski and Króliczak, 2017; Styrcowiec i in., 2019; Suggate i in., 2018). Te dowody są spójne z koncepcją poznania ucieleśnionego, zgodnie z którą zarówno słowa jak i liczby istnieją nie tylko jako abstrakcyjne jednostki, ale mają także swoje reprezentacje

zakorzenione w doświadczeniach cielesnych, wobec czego zarówno rozwój matematyczny, jak i językowy jest silnie ucieleśniony (Domahs i in., 2010; Fischer i Zwaan, 2008). Szczególną rolę odgrywają tu palce, które w matematyce stanowią reprezentację wielkości liczbowej (Domahs i in., 2010; Fischer i in., 2020; Moeller i in., 2012; Morrisey i in., 2016), natomiast w umiejętnościach językowych niezbędne są do komunikacji poprzez gesty, a jak pokazują badania wspieranie się nimi skutkuje lepszymi osiągnięciami szkolnymi (Cook i Goldin-Meadow, 2006; Broaders i in., 2007; Brooks i Goldin-Meadow, 2016; Fischer i Brugger 2011; Skulmowski i Rey, 2018). Co więcej, odpowiedni trening motoryki małej może korzystnie wpłynąć zarówno na umiejętności językowe (Gonzalez i in., 2019; LeBarton i in., 2015; Mavilidi i in., 2015; Skulmowski i Rey, 2018; Toumpaniari i in., 2015), jak i matematyczne dzieci (Asakawa i in., 2019; Asakawa i Sugimura, 2009; Boaler i Chen., 2017; Gracia-Bafalluy i Noel, 2008; Novack i in., 2014). Nie dziwi zatem, że autorzy wielu prac sugerują zmiany w podejściu do nauczania (Asakawa i Sugimura, 2022; Boaler i Chen, 2017; Pitchford i in., 2016; Shapiro i Stolz, 2019; Van der Fels i in., 2014), jednak brakuje metod, które pozwalałyby realizować taki proces dydaktyczny w praktyce. Dlatego wraz z zespołem zdecydowaliśmy o próbie odpowiedzi na tę potrzebę i stworzeniu nowej propozycji metodycznej w postaci zminiaturyzowanych piłek Eduball.

Koncepcja metody mini-Eduball opiera się na podobnych założeniach jak metoda Eduball, jednak wykorzystuje dużo mniejsze – dopasowane do rozmiaru dłoni miękkie i elastyczne piłki z pianki. Dzięki temu metoda ta mogłaby być stosowana, nie jak do tej pory podczas lekcji wychowania fizycznego, a raczej w sali szkolnej w trakcie lekcji przedmiotowych, wpisując się w założenia lekcji aktywnych fizycznie, a nawet podczas przerw międzylekcyjnych, służąc tym samym jako forma przygotowania umysłu do wysiłku poznawczego. Badania pokazują, że dobrze zaplanowana i kontrolowana aktywność ruchowa dłoni z małymi piłkami może pozytywnie wpłynąć na funkcje poznawcze (Goldstein i in., 2010; Hoskens i in., 2020; Kim, 2015; Noufi i Zeev-Wolf, 2021; Stalvey i in., 2006; Turner i in., 2017). Jednocześnie wykazuje się, że trening umysłu łączący zadania z różnych domen jest skuteczną formą poprawy funkcji poznawczych (Falbo i in., 2016; Gervasi i in., 2020; Heisz i in., 2017; Kao i in., 2018; Oertel-Knöchel i in., 2014; Pesce i in., 2016; Rahe i in., 2015a, 2015b; Yuzaidey i in., 2018). Co więcej, istnieją dowody, że mózg tak jak mięśnie można poprzez odpowiedni trening motoryczno-poznawczy rozgrzać i przygotować do dalszego wysiłku umysłowego (Benzing i in., 2016; Schmidt i in., 2016; Vazou i Smiley-Oyen, 2014).

Na podstawie licznych przesłanek – które zostaną przedstawione w pierwszym rozdziale – stworzyliśmy wraz z partnerami naukowymi z Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu i Akademii Wychowania Fizycznego w Poznaniu prototyp piłek mini-Eduball. Aby zweryfikować nasze założenia przeprowadziłam badanie będące przedmiotem dysertacji doktorskiej. W szczególności interesowało mnie czy gry łączące motorykę małą z zadaniami poznawczymi (jak mini-Eduball) mogą stymulować procesy umysłowe kluczowe dla efektywności szkolnej. W niniejszej pracy postawiłam hipotezę, że miniaturyzacja piłek edukacyjnych Eduball, a tym samym opracowana przez nas metoda mini-Eduball mogłaby przynieść lepsze efekty niż gry, w których zaangażowana jest tylko motoryka albo tylko zasoby poznawcze, a nawet jeszcze lepsze niż wyrafinowane techniki stymulacji mózgu, takie jak dudnienia synchroniczne czy przezczaszkowa stymulacja prądem stałym. Jednocześnie drugim celem była odpowiedź na pytanie czy czynności wykonywane bezpośrednio przed zajęciami, czyli w czasie 10-minutowej przerwy, wpływają na procesy umysłowe, kluczowe dla efektywności szkolnej. Opisane w pracy badanie może rzucić nowe światło na powiązania jednoczesnej stymulacji motoryki małej i umysłu z procesami poznawczymi. Natomiast w warstwie aplikacyjnej będzie stanowiło podstawę do dookreślenia detali metody mini-Eduball oraz opracowania rekomendacji dotyczących sposobu organizacji zajęć edukacyjnych.

Praca składa się z czterech rozdziałów. W pierwszym z nich opisałam tło teoretyczne stanowiące fundament i uzasadnienie moich dociekań badawczych. Ukazuję w nim problem łączenia aktywności poznawczej z ruchem w edukacji, a także dostępności do adekwatnych metod. W dalszej części rozdziału przedstawiam jedną z nich – piłki edukacyjne Eduball – stanowiące punkt wyjścia procesu konceptualizacji metody mini-Eduball oraz aktualny stan wiedzy na temat powiązań motoryki małej z aktywnością poznawczą. Tym samym uzasadniam miniaturyzację piłek przechodząc kolejno do opisu założeń tworzonej metody, wieńcząc tę część sformułowaną hipotezą. W kolejnym, drugim rozdziale przedstawiam metodologiczną charakterystykę podjętych badań. Opis wyników, wraz z przedstawieniem zarówno w formie tabelarycznej jak i graficznej znajduje się w rozdziale trzecim. Ostatni, czwarty rozdział poświęcony jest interpretacji wyników, ich dyskusji oraz wysunięciu wniosków z przeprowadzonego badania.

Niniejsza dysertacja doktorska powstała w ramach współpracy naukowej Pracowni Badań nad Procesem Uczenia się z Wydziału Studiów Edukacyjnych Uniwersytetu im.

Adama Mickiewicza z Akademią Wychowania Fizycznego w Poznaniu oraz Akademią Wychowania Fizycznego we Wrocławiu. I choć opisywane tutaj badanie zostało zaplanowane i przeprowadzone tylko na potrzeby mojego doktoratu, to jednak stanowi część dużego projektu naukowego realizowanego zespołowo. Z tego względu pisząc niniejszą pracę wielokrotnie miałam duży dylemat jaką formę osobową powinnam przyjąć. Czasami, z perspektywy czasu, nawet trudno było stwierdzić kto dokładnie dany element wymyślił lub stworzył. Dlatego zdecydowałam się przyjąć często praktykowaną zasadę, zgodnie z którą w artykułach naukowych unika się pisania w liczbie pojedynczej, nawet gdy publikacja jest jednoautorska (Kuo, 1999). Tym samym w pracy użyłam tylko i wyłącznie liczby mnogiej – formy „my”. Postąpiłam w ten sposób zarówno w odniesieniu do elementów, w tworzeniu których mój udział był dominujący lub nawet indywidualny – jak na przykład w przypadku opracowania szczegółowych zasad gier mini-Eduball (tytułowy – główny czynnik eksperymentalny), jak i we wszystkich sytuacjach kiedy moja rola w tym procesie była mniejsza czy też czasami wręcz bardzo mała – tak jak to miało miejsce między innymi w przypadku dodania warunku kontrolnego stymulacja dudnieniami, w którym zastosowany protokół stymulacji był już wcześniej opracowany i wykorzystany w innym badaniu.

1. Tło teoretyczne

1.1. Łączenie aktywności poznawczej z ruchem w edukacji

Każdy człowiek funkcjonuje w kilku podstawowych obszarach: społecznym, emocjonalnym, fizycznym i poznawczym (Pesce i in., 2016). Dziecko, aby móc się właściwie rozwijać, potrzebuje stymulacji w obrębie nich wszystkich. Dlatego na małego człowieka należy patrzeć holistycznie, biorąc pod uwagę także aspekty związane z funkcjonowaniem fizycznym. Niestety w praktyce niewiele wagi przywiązuje się do aktywności ruchowej. Naukowcy badający funkcje poznawcze człowieka długo marginalizowali motoryczność, traktując ją jako odrębną sferę, nie mającą zbyt wielu powiązań. Dopiero w drugiej połowie XX wieku zaczęły powstawać pierwsze prace opisujące związki ruchu z poznaniem. Wówczas to między innymi Piaget, formułując teorię rozwoju poznawczego, odniósł się do ścisłego związku między zdolnościami motorycznymi i poznawczymi (Piaget i Inhelder, 1966). I choć z biegiem czasu zainteresowanie tymi relacjami wzrastało, to nadal pokutuje powszechne przekonanie, że ruch nie jest przedmiotem zainteresowania nauk kognitywnych. Tymczasem nabywanie umiejętności motorycznych nie tylko wymaga, ale też ujawnia działanie umysłu (Adolph i Hoch, 2019). Zatem uzasadnionym jest stwierdzenie, że rozwój motoryczny i poznawczy są ze sobą fundamentalnie powiązane i wpływają na siebie od pierwszych chwil życia (Tomporowski i Pesce, 2019).

Dzieje się tak dlatego, że ruch stanowi podstawowy czynnik stymulujący rozwój, który uaktywnia wszystkie procesy zachodzące w organizmie człowieka (Rymarczyk, 2019). Szczególnie istotne jest to w przypadku małych dzieci, u których potrzeba ruchu jest największa i warunkuje pozytywny przebieg rozwoju (Mikler-Chwastek, 2020), który w konsekwencji będzie determinować funkcjonowanie człowieka w dorosłym życiu (Roman, 2017). Pierwsze miesiące życia dziecka to czas kiedy niemowlę uczy się wielu umiejętności ruchowych, stanowiących podstawę nabywania kompetencji intelektualnych i psychospołecznych (Michalak, 2017). Rozwój funkcji poznawczych jest wówczas bezpośrednio związany z rozwojem motorycznym (Ramesh, 2022). Bez opanowania szeregu umiejętności motorycznych dziecko, w późniejszym czasie, nie będzie w stanie rozwinąć swoich optymalnych możliwości poznawczych. Rozpatrując sytuację do drugiej strony – deficyty ruchowe często stanowią jedyną informację na temat nieprawidłowości rozwoju niemowlęcia (Kurowska, 2018). Co więcej, już w pierwszych miesiącach życia dziecka można dokonać ogólnej oceny ruchu, która pomoże zidentyfikować pierwsze symptomy

dysfunkcji poznawczych (Einspieler i in., 2016). Wraz z kolejnymi etapami rozwoju dziecka aktywność dziecka staje się coraz bardziej skomplikowana i wielowymiarowa, jednak ruch w żadnym momencie nie traci na znaczeniu, pełniąc do końca życia kluczową rolę.

W końcu każde zachowanie zawiera w sobie aspekt motoryczny i bez niego nie może zajść. Stanowi nieodłączny komponent wszystkich czynności, które podejmują ludzie, także w edukacji. Nie sposób pozostać w bezruchu, na przykład w trakcie pisania, mówienia, czytania, manipulowania przedmiotami, czy też wykonywania prac plastycznych – niezbędne jest poruszanie ustami, dłońmi, a także większymi partiami ciała. Ruch leży także u podstaw zdobywania informacji (Korwin-Szymanowska, 2017). Nie do przecenienia jest rola doświadczenia zmysłowego i nauki w działaniu, szczególnie przebiegającego w sposób naturalny, kierowany ciekawością dziecka i jego własnymi eksploracjami. Takie bezpośrednie doświadczenie jest niezastąpione dla rozwoju dziecka (Bałachowicz, 2017). Jak pokazuje przegląd badań, już na etapie przedszkolnym aktywność ruchowa przekłada się na lepszy rozwój poznawczy dzieci (Zeng i in., 2017). Co więcej, inny przegląd wskazuje, że podobne efekty można uzyskać nie tylko za pomocą szczegółowo opracowanych programów aktywizacji ruchowej, ale także poprzez różnego rodzaju gry i zabawy (Lai i in., 2018). Te wyniki wpisują się w wytyczne warunków i sposobu realizacji wychowania przedszkolnego, gdzie zabawa stanowi podstawę aktywności dziecka (Rozporządzenie MEN, 2017).

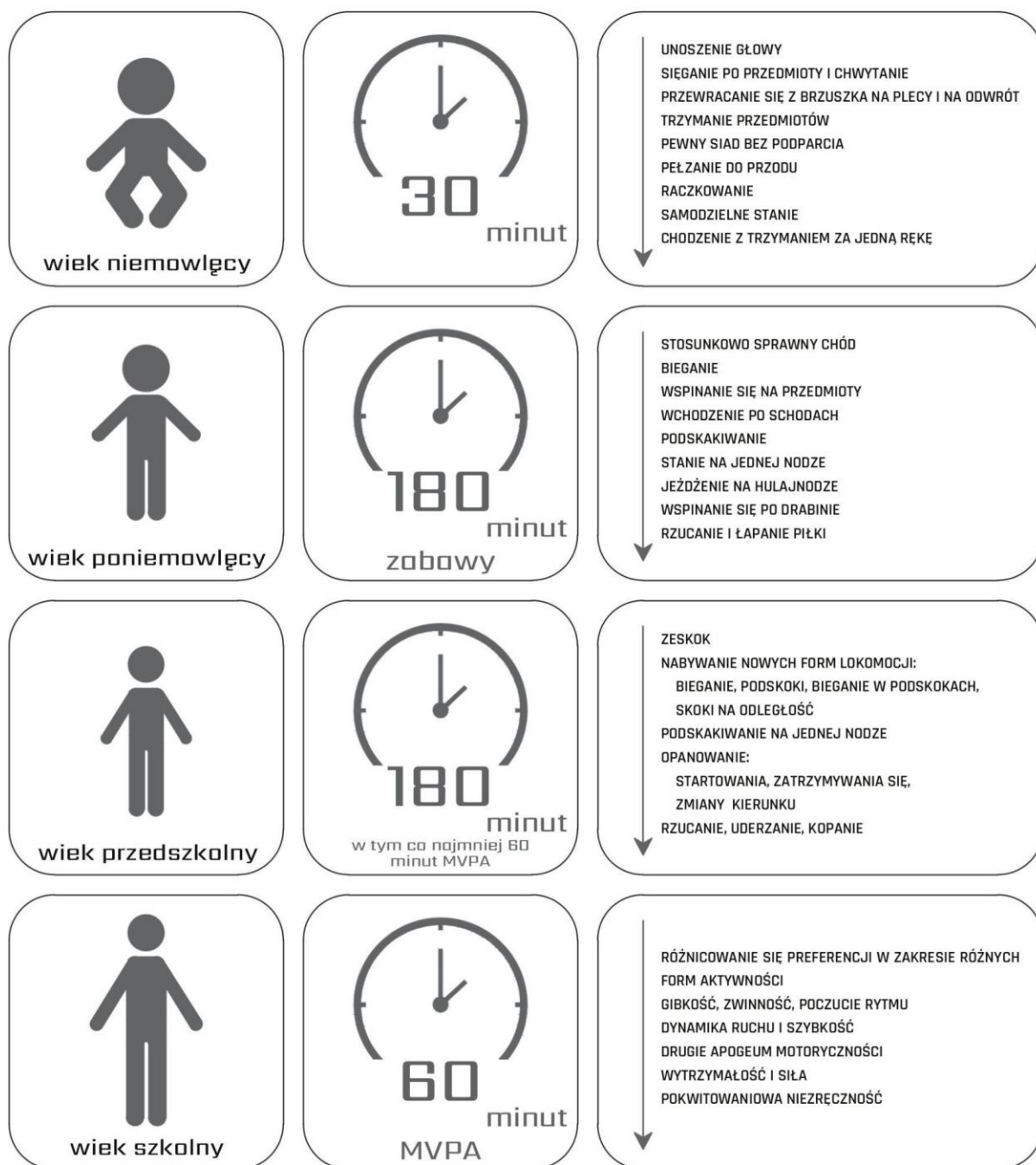
Nie inaczej jest w przypadku nauczania początkowego, co znajduje swoje odzwierciedlenie w aktualnej Podstawie Programowej. Ponadto ustawodawca wyraźnie zaznacza, że „proces edukacji w klasach I–III opiera się na podstawowych potrzebach dzieci. Jedną z najważniejszych jest potrzeba ruchu” (Rozporządzenie MEN, 2017, s. 55). Jednak w praktyce rozpoczęcie nauki w szkole wiąże się ze spędzaniem wielu godzin w wymuszonej pozycji siedzącej w ławce szkolnej (Ostręga, 2014). Dzieje się tak dlatego, że w szkołach zazwyczaj na pierwszy plan wysuwa się dbałość o rozwój poznawczy. Presja wywierana na nauczycielach, a jednocześnie utarty schemat powielany przez szkoły, ale także przez rodziców, sprawiają, że celem edukacji jest zdobycie jak najlepszych ocen, szczególnie z „kluczowych” przedmiotów (Mahar i in., 2006; Watson i in., 2017a). Wszak znajomością ich uczeń będzie musiał się wykazać na kolejnych testach, co zapewni mu sukces edukacyjny (Gromkowska-Melosik, 2017). Znaczenie wychowania fizycznego, nie dając tego rodzaju korzyści, często jest marginalizowane (Wawrzyniak i in., 2021). Świadczyć o tym może chociażby ogromna liczba zwolnień z lekcji wychowania fizycznego (Batorzyńska, Nowacka,

2018; Woynarowska i in., 2015), z których przynajmniej część można uznać za nieuzasadnione (Mazur, 2013).

Tymczasem warunkiem osiągnięcia sukcesów w nauce jest nabycie wielu podstawowych umiejętności – takich jak: koncentracja, skupienie uwagi, koordynacja, poprawne trzymanie narzędzi do pisania, których kształtowanie pozostaje w bezpośrednim związku z aktywnością ruchową (Zielińska i Blythe, 2020). Zaburzenia w rozwoju psychomotorycznym często są źródłem trudności w nauce (Nowak i in., 2009). Paradoksalnie badania wykazują, że wyższy poziom sprawności motorycznej wpływa pozytywnie na lepsze wyniki w nauce (Bilewicz-Kuźnia i in., 2019; Erwin i in., 2012; Glapa i in., 2018; Howard-Jones, 2014a; Kibbe, 2011; Mahar i in., 2016; Mularczyk, Urbanowicz, 2019; Owen i in., 2016; Rymarczyk, 2019; Singh i in., 2019; Solewicz, 2017; Watson i in., 2017; Wawrzyniak i in., 2021; Witkowska, Gut, 2018; Woynarowska, 2008a; por. Małkowska-Szcutnik, 2013). Jedną z przyczyn takich efektów jest fakt, że ćwiczenia fizyczne wpływają na wybrane aspekty funkcjonowania mózgu usprawniając jego funkcjonowanie (Donnelly i in., 2016; Erickson i in., 2019; Howard-Jones, 2014a; Pontifex i in., 2019), a także zmieniając jego strukturę – grubość kory (Chaddock-Heyman i in., 2015). Nie bez znaczenia jest również wpływ treningu fizycznego na biochemiczne procesy zachodzące w ludzkim ciele – między innymi zwiększone uwalnianie mózgowego czynnika neurotroficznego (ang. *brain-derived neurotrophic factor*) kluczowego dla neurogenezy oraz procesów uczenia się (Loprinzi i Frith, 2019; Seifert i in., 2010; Walsh i in., 2020). Co więcej, badania pokazują, że wzbogacenie aktywności fizycznej o wyzwanie poznawcze może zmaksymalizować neuroplastyczne właściwości mózgu, dając jeszcze większe korzyści dla funkcjonowania poznawczego niż same ćwiczenia fizyczne (Gheysen i in., 2018). Ponadto bez właściwego rozwoju motorycznego uczniowie nie będą w stanie również rozwijać swoich optymalnych możliwości emocjonalnych i społecznych (Emonson, 2022; Fijałkowska, 2018b; Pesce i in., 2016). Dlatego wychowanie fizyczne jest istotnym komponentem, któremu należy się równorzędne miejsce wśród innych czynników kształtujących postawy i kompetencje uczniów (Mańka i in., 2019).

Aby zapewnić prawidłowe funkcjonowanie całego organizmu niezbędna jest odpowiednia ilość ruchu dziennie. Zgodnie z rekomendacjami Światowej Organizacji Zdrowia dzieci od 5 roku życia oraz młodzież powinni łącznie przez co najmniej 60 minut w trakcie dnia podejmować aktywność fizyczną, rozumianą jako różnego rodzaju średnio lub intensywny wysiłek (MVPA – Moderate to Vigorous Physical Activity) (Bull i in., 2020;

WHO, 2020b). Jednak trzeba tu pamiętać, że na ogólną aktywność fizyczną poza typowymi ćwiczeniami fizycznymi, jak bieganie czy intensywny marsz, składają się także gry i zabawy czy też praca w ogrodzie lub gospodarstwie domowym, a nawet drobne ćwiczenia w trakcie siedzenia (Fijałkowska, 2018a; Nałęcz, 2015; Szumiec, 2016; Tomik, 2018). Co ciekawe relatywnie mało uwagi poświęca się aktywności fizycznej o niskiej intensywności wysiłku. Jednym z niewielu przykładów jest zyskująca w ostatnim czasie na popularności koncepcja wykonania 10 tysięcy kroków dziennie, promowana również przez Światową Organizację Zdrowia, którą można zaliczyć właśnie do zajęć wytrzymałościowych, o niskiej intensywności (Kluba i in., 2015). Z kolei w przypadku mniejszych dzieci, których rozwój przebiega w bardzo dynamiczny sposób, podzielono je na kilka kategorii wiekowych, którym rekomenduje się inny wymiar czasowy ruchu (WHO, 2019; Willumsen i Bull, 2020). Ogromne znaczenie ma również dopasowanie właściwej aktywności fizycznej do wieku dziecka i powiązanego z nim etapu rozwoju motorycznego (patrz ryc. 1).



Rycina 1. Rozwój motoryczny dziecka. Rozwój motoryczny dziecka nie jest procesem liniowym. Możemy wyróżnić kilka etapów charakteryzujących się doskonaleniem wybranych umiejętności (Jodkowska i in., 2015; Jodkowska i Oblacińska, 2015; Kluba i in., 2015a, 2015b). Aktywność fizyczna od pierwszych dni jest jego naturalną potrzebą i powinna być wprowadzana w każdym wieku, jednak ważne jest aby była dopasowana do możliwości psychoruchowych dziecka (Willumsen i Bull, 2020).

Aktywność fizyczna warunkuje prawidłowy rozwój dzieci, ale jednocześnie ma dobroczynny wpływ na ludzi w każdym wieku. Przyczynia się do utrzymywania optymalnej sprawności intelektualnej, a także wspomaga rozwój we wszystkich innych sferach (patrz ryc. 2). Jest wręcz niezbędna do zachowania zdrowia zarówno fizycznego jak i psychicznego, pełniąc w tym zakresie ważną funkcję profilaktyczną (Kleszczewska, Dzielska, 2018; Naęcz, 2019b; Oblacińska, Fijałkowska, 2019). Niewystarczająca aktywność fizyczna w stosunku do potrzeb biologicznych, czyli hipokinezja, powoduje nie tylko niewłaściwą postawę ciała, ale również osłabienie całego organizmu (Pokorska, 2020). Stanowi kluczowy czynnik modyfikowalny wpływający na ryzyko zapadalności na przewlekłe choroby niezakaźne (Fijałkowska i in., 2022), które jednocześnie są główną przyczyną wszystkich zgonów na świecie. Tym samym hipokinezja jest uznawana za jeden z głównych czynników ryzyka zgonów na świecie (Tomik i in., 2018; Willumsen i Bull, 2019).



Rycina 2. Wpływ aktywności fizycznej na rozwój i funkcjonowanie człowieka w poszczególnych sferach.

Ruch stanowi niezbędny bodziec warunkujący prawidłowy rozwoju człowieka. Korzyści płynące z aktywności fizycznej można zaobserwować we wszystkich obszarach funkcjonowania człowieka (Bidzan-Bluma i Lipowska, 2018; Bronikowski i in., Dyrła-Mularczyk i Giemza-Urbanowicz, 2019; Erickson i in., 2015; Gieroba, 2019; Głapa i in., 2018, Guła-Kubiszewska, 2007; Kot-Bryćko i in., 2017; Małkowska-Szkutnik, 2013; Mendo-Lazaro i in., 2017; Olejnik, 2018; Ostrega, 2014, 2017; Płoszaj i Firek, 2020; Popek, 2019; Ruhland i Lange, 2021; Rybakowski, 2019; Rymarczyk, 2019; Skrzypek i in., 2017; Solewicz, 2017; Szark-Eckardt i in., 2016; WHO, 2018a; Woynarowska, 2008; Zadarko-Domaradzka i in., 2018).

Niedostateczna aktywność fizyczna jest problemem który dotyka wiele państw. Potwierdzają to analizy raportów z badań prowadzonych we wszystkich częściach świata (Aubert i in., 2022; Zadarko-Domaradzka i in., 2018). World Health Organization alarmuje, że znaczna część dzieci nie przeznaczają odpowiedniej ilości czasu na aktywność fizyczną (WHO, 2018b). W badaniu porównującym dane z ponad 100 państw z całego świata wskazano, że dotyczy to ponad 80% 13-15-latków (Hallal i in., 2012). Co więcej, odsetek dzieci spełniających to kryterium okresowo się zmniejsza (Kleczewska, Dzielska, 2018). Polska od kilkadziesiąt lat uczestniczy w międzynarodowych badaniach młodzieży HBSC (*Health Behaviour of School-aged Children*) przeprowadzanych w grupie nastolatków cyklicznie co 4 lata w kilkadziesiąt państwach na świecie (Fijałkowska, 2018b). Ostatnia runda z 2018 roku wykazała, że tylko 15,6% badanych spełniało kryteria umiarkowanej lub intensywnej aktywności fizycznej dziennie przez minimum 60 minut, przy czym z wiekiem ten współczynnik ulegał znacznemu obniżeniu z 23,2% dla uczniów 5 klasy szkoły podstawowej do 9,6% dla uczniów 2 klasy szkoły ponadpodstawowej (Mazur, Kleczewska, 2018). Szczegółowego porównania stanu aktywności fizycznej uczniów w poszczególnych krajach dokonano w najnowszym raporcie z projektu Global Matrix 4.0 (Aubert i in., 2022). Ocenę przeprowadzono w 10 kategoriach: ogólna aktywność fizyczna, zorganizowany sport i aktywność fizyczna, aktywna zabawa, aktywny transport, siedzący tryb życia, sprawność fizyczna, szkoła, rodzina i rówieśnicy, społeczność i środowisko oraz rząd. Polska w ocenie sumarycznej uzyskała notę C, która oznacza, że odnosi sukces (uśredniony dla wszystkich kategorii) tylko w przypadku połowy uczniów (Zembura i in., 2022). Bardziej pozytywny obraz płynie z badań COSI (*European Childhood Obesity Surveillance Initiative*) dotyczących realizacji zalecanego przez WHO minimum aktywności fizycznej przez dzieci w wieku 6–9 lat, bowiem wynika z nich, iż w Europie średnio 79,4% uczestników wypełniało wskazane minimum, a dla Polski ten wynik jest nawet nieco wyższy i wynosi 82,2% (Whiting i in., 2021; WHO, 2020a). Mniej korzystnie wypadają na tym tle dzieci w wieku 3-6 lat, bowiem analiza danych wykazała, że jedynie 15–16% dzieci realizuje założone kryterium aktywności fizycznej. Jednak ze względu na problemy metodologiczne wyniki mogły zostać zaburzone (Mazur i in., 2018). Zaskakujące jest to, że pomimo niskich ocen uzyskiwanych przez polskich uczniów w badaniach, to mimo wszystko stan aktywności fizycznej na świecie jest w tak słabej kondycji, że sytuacja w Polsce w zestawieniu z innymi państwami jest relatywnie dobra (Aubert i in., 2022; Bann i in., 2019).

Polska nie tylko dobrze wypada w badaniach porównawczych na temat aktywności fizycznej przez dzieci i młodzież, ale należy także od dłuższego czasu do ścisłej czołówki państw w Europie pod względem liczby obowiązkowych godzin lekcji wychowania fizycznego (OECD, 2019; Woynarowska, 2008b; Woynarowska i in., 2015). Od lat sukcesywnie jest ona podnoszona i w obecnej chwili wynosi 3 godziny tygodniowo na pierwszym etapie edukacyjnym oraz w szkolnictwie ponadpodstawowym, a także 4 godziny na drugim etapie edukacyjnym (Rozporządzenie MEN, 1999, 2008, 2017b, 2019; Rozporządzenie MENiS, 2002). Pewien wyjątek stanowią tu oddziały sportowe, w których ta liczba jest znacznie wyższa i wynosi co najmniej 10 godzin, a w oddziałach mistrzostwa sportowego co najmniej 16 godzin (Rozporządzenie MEN 2017a). Jednak pomimo zabiegów kolejnych ministrów edukacji narodowej badania wykazują, że poziom aktywności wśród polskich dzieci i młodzieży nieustannie spada (Mazur, Kleszczewska, 2018). Duży wpływ może mieć na ten stan fakt, że lekcje wychowania fizycznego w szkole stanowią dla znacznej części dzieci i młodzieży objętych obowiązkiem edukacyjnym główną, a często wręcz jedyną zorganizowaną formę regularnej aktywności fizycznej (Woynarowska i in., 2015). Jednocześnie nie są one w stanie wypełnić rekomendacji 60 minut codziennej aktywności fizycznej (Płoszaj, Firek, 2020).

Uczniowie powinni mieć możliwość podejmowania aktywności podczas dnia szkolnego, nie tylko w ramach lekcji wychowania fizycznego, ale również w trakcie zajęć w szkole czy przerw międzylekcyjnych (Jodkowska, Korzycka, 2018; Jodkowska, Oblacińska, 2018), co może w konsekwencji wpłynąć pozytywnie na ich zdolności poznawcze (Mańkowska i in., 2019). Takie rozwiązania są wprowadzane w wielu krajach przybierając różne formy, od zajęć sportowych w trakcie przerw międzylekcyjnych, przez bieg poranny przed rozpoczęciem lekcji, zajęcia pozalekcyjne, umożliwienie darmowego korzystania z infrastruktury szkolnej w dni wolne, czy też pokonywanie części drogi (około dwóch kilometrów) do szkoły pieszo, aż do włączenia aktywności fizycznej w całość dnia szkolnego, tak aby stanowiła jego integralną część (Płoszaj, Firek, 2020). Na przykład wiele szkół w Danii proponuje dzieciom rozpoczęcie dnia od zorganizowanego biegu, dopiero po którym rozchodzą się do klas. W Słowenii z kolei wydłużono czas niektórych przerw w trakcie których uczniowie biorą udział w zajęciach sportowych (Eurydice, 2013). Badania pokazują, że tego rodzaju strategie ukierunkowane na promowanie ruchu podczas przerw, zajęć sportowych, a także podróży do i ze szkoły mogą efektywnie przyczyniać do spełnienia

wytycznych dotyczących aktywności fizycznej (Watson i in., 2017a) oraz wspierać wyrabianie pozytywnych nawyków spędzania wolnego czasu (Ostręga i in., 2015).

Pewne remedium na ten problem stanowią także codzienne zajęcia, które mogą pozytywnie wpływać na ogólny bilans energetyczny (Mazur, Kleszczewska, 2018). Warto zachęcać dzieci do wykorzystywania różnych sytuacji do podejmowania prostych aktywności fizycznych, czy to w formie pieszej wędrówki do szkoły, czy aktywnych zabaw, a nawet tak prozaicznych jak samodzielnego wykonywania czynności samoobsługowych – to wszystko będzie sprzyjać właściwemu rozwojowi wychowanków (Tomik i in., 2018; Mikler-Chwastek, 2020). Jednak badania ukazują, że dzieje się to zbyt rzadko, bowiem dla przykładu – prawie połowa uczniów dojeżdża w sposób zmotoryzowany do szkoły. Szkoły także powinny poszerzać swoją ofertę programową z zajęć wychowania fizycznego poprzez zajęcia pozalekcyjne i pozaszkolne (Rozporządzenie MEN, 2009). Zgodnie z tymi wytycznymi większość z nich udostępnia uczniom boiska i sale gimnastyczne poza godzinami lekcji, lecz już mniejsza część proponuje sportowe zajęcia pozalekcyjne, deklarując małe zainteresowanie nimi (Radiukiewicz, 2019). Co gorsza prawdopodobnie jest to ich jedyna forma ruchu pozaszkolnego, bowiem zarówno dzieci jak i młodzież rzadko kiedy uprawiają sport z rodziną (Nałęcz, 2019a). Dlatego tak ważne jest aby szkoła wykorzystywała wszystkie możliwości, żeby zapewnić dzieciom aktywność fizyczną w ramach lekcji.

Niezbędne zatem jest tworzenie i propagowanie nowych rozwiązań, które dostarczą wystarczającą ilość ruchu uczniom, a tym samym pozwolą na optymalny rozwój poznawczy (Glapa i in., 2018). Wiodącą rolę w tym zakresie pełnią Stany Zjednoczone, gdzie powstaje relatywnie dużo takich projektów. Krajowe Stowarzyszenie Sportu i Wychowania Fizycznego (NASPE, ang. *National Association of Sport and Physical Education*) przygotowało zestawienie ponad 100 rozwiązań programowo-metodycznych podzielonych na kategorie: wychowanie fizyczne wysokiej jakości, *wellness*, aktywna droga do i ze szkoły, przerwy na zewnątrz, programy aktywności przed i po szkole oraz aktywne przerwy (NASPE, 2008b). Dodatkowo w USA wprowadzane są także programy, które do zagadnienia aktywizacji ruchowej dzieci podchodzą w sposób całościowy. Kilkanaście lat temu uchwalono ustawę federalną, która wręcz zobowiązała wszystkie dystrykty do opracowania i wdrożenia takich koncepcji (NASPE, 2008a). Dobrym przykładem takiego podejścia jest Kompleksowy Szkolny Program Aktywności Fizycznej (ang. *Comprehensive School Physical Activity Program*), który obejmuje pięć elementów: wysokiej jakości wychowanie fizyczne, aktywność fizyczną w ciągu dnia szkolnego, aktywność fizyczną przed i po szkole, a także

zaangażowanie personelu oraz rodziny i społeczności (Webster i in., 2015). Dzięki temu uczeń poza lekcjami wychowania fizycznego dostaje całą paletę możliwości, które mają podnieść poziom jego aktywności fizycznej wraz ze wsparciem otoczenia, które zgodnie z ideą także pośrednio jest objęte oddziaływaniem. Jednak podobne programy stanowią rzadkość i niewielu dzieci jest nimi objęte.

Wobec tego konieczne jest szukanie alternatywnych rozwiązań promowania aktywności fizycznej w szkole. Wydaje się, że bardzo korzystną ścieżką do tego celu jest integrowanie aktywności fizycznej z poznańczą w szkole, co można zrealizować na dwa sposoby. Pierwszy z nich – nazywany interdyscyplinarnym modelem wychowania fizycznego – zakłada, że w ramach zajęć z wychowania fizycznego realizuje się treści dydaktyczne z innych przedmiotów poprzez włączenie zadań umysłowe w ćwiczenia fizyczne (Wawrzyniak i in., 2021). Drugi natomiast to lekcje aktywne fizycznie, czyli wprowadzanie ruchu podczas zwykłych zajęć lekcyjnych odbywających się w klasie lub poza nią. Zależnie od formy jaką przybierze możemy go podzielić na trzy podtypy: lekcje aktywne fizycznie – włączenie aktywności fizycznej w trakcie lekcji przedmiotowych, aktywne przerwy – krótkie okresy aktywności fizycznej traktowane jako przerwa w nauce oraz aktywne przerwy skoncentrowane na programie nauczania – krótkie okresy aktywności fizycznej, które łączą ruch z zadaniami opartymi na treściach programowych (Watson i in., 2017a).

Niezależnie jednak od wybranego sposobu integrowania ruchu z procesem uczenia się na podstawie wyników licznych badań można stwierdzić, że takie podejście przynosi wiele korzyści wpływając pozytywnie na wyniki w nauce (Beck i in., 2016; Cameron i in., 2012; Chang i Gu, 2018; Cichy i in., 2020, 2022a, 2022b; Donnelly i in., 2016; Institute of Medicine i National Research Council, 2015; Macdonald i in., 2018, 2020; Milne i in., 2018; Mullender-Wijnsma i in., 2016, 2019; Norris i in., 2019; Sember i in., 2020; Singh i in., 2019; Sneek i in., 2019; Suggate i in., 2019; Vaquero-Solis i in., 2020; Vazou i Skrade, 2017; Vetter i in., 2020; Watson i in., 2017a; Wawrzyniak i in., 2021, 2022), zdrowie uczniów (Mendo-Lazaro i in., 2017; Bartholomew i in., 2018), a także na aspekt wolicjonalny wzbudzając motywację wewnętrzną w uczniu (Vazou i in., 2012). Nie jest to zaskakujące bowiem badania z zakresu neuronauki pokazują, że podstawowe kompetencje szkolne – takie jak umiejętność czytania, pisanie czy umiejętności matematyczne opierają się na sieciach neuronalnych angażujących rejony związane z motoryką (Donnelly i in., 2016). Co więcej, dzieci często wykorzystują ciało do nabywania wiedzy – na przykład do nauki arytmetyki wykorzystują liczenie na palcach, które stanowią wówczas reprezentację liczb. Związane jest to z ideą

ucieleśnienia reprezentacji matematycznych, które zakorzenione są w doświadczeniach cielesnych (Domahs i in., 2010; Klichowski i Króliczak, 2017). Dlatego tak ważne jest promowanie koncepcji łączenia ruchu z zadaniami umysłowymi.

Reforma edukacji z 1999 roku w pewnym zakresie stanowiła odpowiedź na tę potrzebę. Szczególnie znaczący był przewrót w podejściu do nauczania uczniów na pierwszym etapie edukacyjnym. Do tamtego momentu plan nauczania był ściśle podzielony na poszczególne przedmioty, którym przypisano liczbę godzin jaką nauczyciel powinien zrealizować w klasie. Teraz to on mógł samodzielnie decydować ile czasu na jakie zagadnienie potrzebuje, w ramach puli godzin przeznaczonych na edukację zintegrowaną (Rozporządzenie MEN, 1999). Zgodnie z założeniami zadaniem nauczyciela stało się nie tylko przekazywanie wiedzy z obszarów edukacji wskazanych w podstawie programowej, ale co niezwykle istotne – wiązanie ich w logiczną i zintegrowaną całość. Dzięki temu dzieci miały się rozwijać w naturalny dla siebie sposób, jednocześnie całym sobą, tak jak to się dzieje w rzeczywistości. Jednak programy nauczania powstałe w oparciu o nową podstawę programową w dużej mierze nie odzwierciedlały jej założeń (Marek, 2019). Reforma miała charakter raczej pozorowanej zmiany, a jej założenia prowadziły do odwrotnego skutku (Klus-Stańska, 2015b; Michalak, 2011). Co więcej, nauczyciele nie dostali wystarczającego wsparcia ani w postaci dobrze przygotowanych szkoleń, ani w postaci podręczników czy adekwatnych materiałów, niewiele zrobiono aby mogli z powodzeniem zrealizować stawiane wobec nich wymagania (Rura, Klichowski, 2011). Mimo wszystko znaczna część z nich przekonała się do takiego sposobu przekazywania wiedzy i z powodzeniem samodzielnie zaczęła wiązać treści przedmiotów ze sobą. Jednak bardzo rzadko dotyczyło to wychowania fizycznego, tak jakby rozwój fizyczny stanowił całkiem odrębną sferę, niezintegrowaną z pozostałymi obszarami edukacji. A przecież wprowadzona wówczas podstawa programowa wskazywała, iż zajęcia ruchowe stanowią ważną część kształcenia i powinny być realizowane każdego dnia (Rozporządzenie MEN, 1999). Podobna idea została wprowadzona na drugim etapie edukacyjnym w postaci nauczania blokowego. Treści edukacyjne podzielono na dwa główne bloki – humanistyczny i przyrodniczy (Zawiślak, 2000). Zgodnie z założeniem miały być skoordynowane z pozostałymi przedmiotami głównie za pomocą ścieżek edukacyjnych, na które nie przewidziano dodatkowych godzin, lecz powinny być wplatane w różne przedmioty (Kraś, 2008). Natomiast w praktyce tak się nie wydarzyło. Już na etapie wdrażania zmiany budziła wiele wątpliwości i kontrowersji co do możliwości realizacji, w dużej mierze ze względu na niewystarczające przygotowanie nauczycieli (Zawiślak, 2000).

Kolejno wprowadzane podstawy programowe z 2008 i 2014 roku nie niosły ze sobą zapisów, które mogłyby pozytywnie wpłynąć na wzrost aktywności fizycznej w szkole (Rozporządzenie MEN, 2008; 2014). Wręcz można powiedzieć, iż na skutek zastąpienia w 2009 roku edukacji zintegrowanej wczesnoszkolną nastąpił regres, bowiem nauczyciele mogli wrócić do traktowania wychowania fizycznego jako odrębnego przedmiotu, wydzielonego w planie tygodniowym, a nawet prowadzonego przez innego nauczyciela. Zmiana ta wprawdzie była raczej legitymizacją tego, co i tak miało miejsce w szkołach, jednak zburzyła ideę holistycznego podejścia do edukacji uczniów na tym etapie szkolnym i zamiast podjąć próbę zmierzenia się z wyzwaniem doprowadzenia do oczekiwanego stanu, zrobiono krok w tył, który trwa do dziś (Rura, Klichowski, 2011; Sowińska i in., 2011). I choć pewne idee w niej zawarte, jak chociażby chęć podniesienia atrakcyjności zajęć poprzez umożliwienie uczniom dokonania wyboru form i realizacji tematyki lekcji wychowania fizycznego, miały sprzyjać motywowaniu dzieci do podejmowania aktywności fizycznej, to jednak poprzez brak wsparcia szkół i przygotowania do tego zadania nauczycieli nie mogły się zrealizować (NIK, 2013).

Ostatnia zmiana podstawy programowej miała miejsce w 2017 roku. Pojawiły się w niej ważne zapisy dotyczące wychowania fizycznego podkreślając jego znaczenie na pierwszym etapie edukacyjnym, które akcentowano już na etapie opiniowania projektu (Marek, 2019; za: Bałachowicz, 2016). Potrzeba ruchu jest tu ujęta jako jedna z najważniejszych potrzeb dzieci w tym okresie rozwoju (Mikler-Chwastek, 2020). Zajęcia ruchowe mają się odbywać każdego dnia w ramach kształcenia zintegrowanego, przy czym przeznaczono na nie dokładnie 3 godziny tygodniowo, zatem nie ma możliwości aby wypełnić nimi choćby rekomendowane minimum ruchu w ciągu dnia. Jednocześnie jasno wskazuje, iż przestrzeń edukacyjna powinna być tak zorganizowana, żeby umożliwiała aktywność ruchową dzieci (Rozporządzenie MEN, 2017a). Podstawa sugeruje, aby wiele zajęć odbywało się na świeżym powietrzu, w tym także wychowanie fizyczne, aczkolwiek proponuje także aby jedna godzina odbywała się na sali gimnastycznej wyposażonej w potrzebny sprzęt. Takie zapisy stoją w sprzeczności z praktyką, bowiem część polskich szkół nie dysponuje odpowiednią infrastrukturą (Jodkowska, Oblacińska, 2018). Wprawdzie ten odsetek pozornie nie jest wysoki, bowiem stanowi 3% dla sal gimnastycznych i 6% dla boisk szkolnych (Oblacińska, Fijałkowska, 2019), jednak to i tak zbyt dużo biorąc pod uwagę, że problem istnieje od lat i stanowi główne utrudnienie w realizacji podstawy programowej (NIK, 2013). W efekcie lekcje wychowania fizycznego odbywają się w przestrzeniach

zupełnie nieprzystosowanych do tego celu, włączając w to nawet korytarze szkolne (Klichowski, Rura, 2011).

Na wszystkich kolejnych etapach edukacyjnych podstawa programowa także podkreśla znaczenie wychowania fizycznego. Co więcej, wskazuje na powiązanie go z innymi obszarami rozwoju dzieci i młodzieży, a także funkcję wspomagającą efektywność procesu uczenia się. Jednak w praktyce nadal traktowane jest jako niezależny przedmiot. Pewną przestrzeń na podjęcie próby zmiany tej sytuacji i integracji treści stanowi możliwość realizacji lekcji wychowania fizycznego nie tylko w formie klasowo-lekcyjnej, ale także w formie zajęć do wyboru przez uczniów (Rozporządzenie MEN, 2017 to drugie). W przypadku tych ostatnich realizacja treści jest dowolna, a nawet powinna wykraczać poza podstawę programową, zatem nauczyciel może zaproponować aktywności, które będą łączyły ruch z aktywnością kognitywną. Niestety raport Najwyższej Izby Kontroli kilka lat temu wykazał, że ta możliwość wprowadzona podstawą programową z 2009 roku nie cieszy się powodzeniem i niewiele szkół z niej korzysta, bowiem powtarzającym się tutaj problemem jest brak przygotowania nauczycieli do takich rozwiązań (NIK, 2013).

Jedyna składowa wychowania fizycznego, która zgodnie z obowiązującą podstawą programową musi być zintegrowana z innymi przedmiotami, czyli edukacja zdrowotna, niewątpliwie jest bardzo istotna. Oczywiście jest, że lekcje wychowanie fizyczne nie mogą stanowić jedynie nauki ruchu, a raczej przygotowanie do podejmowania prozdrowotnej aktywności fizycznej w ciągu całego życia. Jednak edukacja zdrowotna, która ma stanowić program profilaktyczny i przygotować do świadomego odżywiania, dbania o dobrostan psychiczny i społeczny, zdrowie, właściwą higienę, bezpieczeństwo, zdrowie seksualne, a także uświadamiać w zakresie negatywnych skutków nadużywania tytoniu, alkoholu oraz narkotyków (Płoszaj, Firek, 2020), nie nosi znamion integrowania aktywności fizycznej z poznawczą. I choć promowanie właściwych nawyków oraz przekazywanie prozdrowotnej wiedzy ma ogromne znaczenie (Jodkowska, Oblacińska, 2018; Małkowska-Szkutnik, 2018; Zadarko-Domaradzka i in., 2018), zwłaszcza w obliczu nasilających się chorób niezakaźnych związanych z siedzącym trybem życia (Nałęcz, 2019c; WHO, 2018a), a także preferowania takiego trybu przez polską młodzież (Szumiec, 2016), to brakuje tu komponentu ruchowego. Tak jak ma to miejsce w przypadku innych przedmiotów. To paradoksalnie może negatywnie wpływać na statystyki związane z ruchem dzieci i młodzieży, bowiem część zajęć wychowania fizycznego jest przeznaczona na statyczną naukę.

Niestety zdecydowana większość zajęć w szkole odbywa się systemie klasowo-lekcyjnym, oczekując od uczniów spokojnego siedzenia w ławce, które ogranicza ich spontaniczną aktywność ruchową (Klus-Stańska, 2015a; Zadarko-Domaradzka i in., 2018). Jak pokazują badania prowadzone w wielu krajach na całym świecie to właśnie w szkole dzieci najwięcej czasu spędzają na siedzeniu i dopiero wyjście z niej powoduje, że mogą podjąć aktywność fizyczną (Ruhland i Lange, 2021). Nie ma tu miejsca na uczenie się w ruchu, na swobodne przemieszczanie się po klasie, czy też na realizowanie potrzeby aktywności. Nie angażuje się innych zmysłów poza wzrokiem, nawet w trakcie zajęć przyrodniczych, gdzie wydawałoby się oczywiste, że dziecko najłatwiej będzie się uczyć poprzez bezpośrednie doświadczanie, manipulowanie przedmiotami, eksperymentowanie czy też przebywanie w naturze (Sobierańska, 2015). Zamiast tego uczy się dzieci, że właściwym zachowaniem jest siedzenie na swoim krześle, a wstać można tylko wtedy, gdy nauczyciel wyrazi na to zgodę (Klus-Stańska, 2015a). Taki stan rzeczy ma miejsce od bardzo dawna i wciąż jest powielany przez kolejne pokolenia, pomimo tego, że siedzący tryb życia nie jest i nie stanie się normą. Pewnym rozwiązaniem może być między innymi zastąpienie tradycyjnych krzeseł, wymuszających statyczne siedzenie, poprzez krzesła z aktywnymi siedziskami (Mańka i in., 2019). Wśród ich zalet między innymi wspierają tak zwane aktywne siedzenie, aktywują duże partie mięśni, zwłaszcza w górnej połowie pleców i jednocześnie kształtują poprawne nawyki siedzenia. Jednak pomimo tych korzyści trudno sobie wyobrazić realizację takiej zmiany w szkołach.

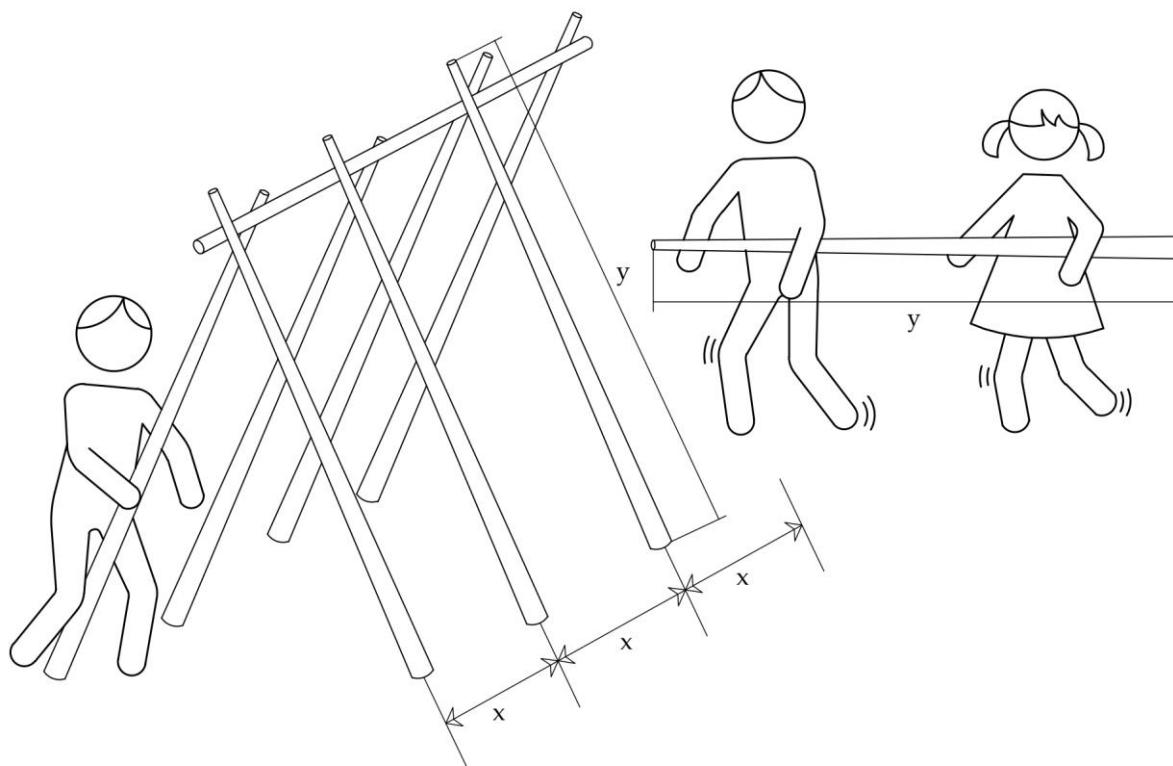
Innym, często podnoszonym głosem w dyskusji na temat siedzącego trybu życia jest negatywny wpływ nowoczesnych technologii na dzieci i młodzież, które zamiast aktywnie spędzać czas na dworze preferują tablet lub komputer (Kowaluk-Romanek, 2019; Mikler-Chwastek, 2020; Olszewski-Strzyżowski, Drózd, 2017; Skrzypek i in., 2017; Szczepanowska, Wasilewska, 2015). Najnowszy raport z badań Nastolatki 3.0 ukazuje skalę problemu – średni dzienny czas korzystania z sieci wynosi 4 godziny i 12 minut (Bochenek i Lange, 2019). Taki pogląd częściowo potwierdzają badania, z których wynika, że istotnie młodzież sporo swojego wolnego czasu spędza przed komputerem, jednak nadal częściej wybiera aktywność fizyczną (Szumiec, 2016). Z drugiej strony w rekomendacjach dotyczących zachęcania młodzieży do podejmowania aktywności fizycznej sugeruje się wykorzystanie właśnie narzędzi oferowanych przez nowe technologie (Fijałkowska, 2018c). Atrakcyjność, jaką ze sobą niosą, może zachęcać potencjalnych użytkowników do uprawiania sportu (Batorzyńska, Nowacka, 2018; Bronikowski, 2015; Głapa i in., 2018; Hirsh, 2018), a

także umożliwić aktywizację ruchową dzieci według ich osobistych potrzeb (Mańka i in., 2019; Zadarko-Domaradzka i in., 2018). Niewątpliwie z nadmiernym użytkowaniem nowoczesnych technologii w unieruchomieniu wiąże się wiele zagrożeń dla dzieci i młodzieży (Woynarowska, 2018), lecz istnieją także urządzenia i aplikacje, które nie wymagają utrzymywania pozycji siedzącej (Mazur, Kleszczewska, 2018). To od wychowawcy zależy czy nauczy dziecko korzystać z mediów i selekcjonować treści w taki sposób, aby stymulowały go do rozwoju (Iwanicka, 2019; Mikler-Chwastek, 2020, Jelinek, 2020; Tanaś, Galanciak, 2020). Nowoczesne technologie mogą także rozszerzać doświadczenia, szczególnie te, które są niedostępne w klasie lub najbliższym otoczeniu, co pozytywnie wpływa na stymulację poznawczą (Klichowski i in., 2017; Kowaluk-Romanek, 2019). Jednak co najważniejsze nowe technologie mogą stanowić ciekawe rozwiązanie służące wzbogaceniu metod nauczania, które będą łączyć w sobie zarówno aktywność poznawczą jak i ruchową (Zadarko-Domaradzka i in., 2018).

Tymczasem nauczyciele niechętnie wykorzystują na lekcjach technologie informacyjno-komunikacyjne, a jeśli już to zazwyczaj są to te najbardziej podstawowe jak komputer i tablica interaktywna. Co więcej, służą im do jednostronnej komunikacji, w której nie ma miejsca na aktywizację ucznia (Walter, 2021). Taka praktyka stoi w sprzeczności z aktualnymi zaleceniami dotyczącymi sposobów nauczania i włączania w ten proces nowoczesnych technologii. Nie wynika to jednak z braku możliwości technicznych, bowiem powstały już różnego rodzaju urządzenia, które to umożliwiają, dodatkowo integrując naukę z aktywnością fizyczną. Jednymi z najpopularniejszych na rynku są, działające na tej samej zasadzie: Kinect i Xbox służące do grania w tak zwane aktywne gry wideo (ang. *active video games* lub inaczej *exergaming*). Urządzenia za pomocą kontrolera ruchu przenoszą zadania rozwiązywane przez gracza za pomocą konkretnych gestów i obszernych ruchów całego ciała na ekran gry (Tomik i in., 2018). Niektóre gry umożliwiają zarówno wybór wykonywanych zadań jak i intensywności wysiłku fizycznego. Kolejnym przykładem może być Magiczny dywan, który został zaprojektowany przez polskich inżynierów (Zadarko-Domaradzka i in., 2018). W podwieszanym pod sufitem urządzeniu znajduje się zintegrowany system czujników ruchu, projektor i komputer, co pozwala wyświetlać na podłodze obraz, z którym dzieci wchodzi w interakcję i za pomocą ruchów ciała wywołują odpowiednie zmiany według instrukcji. Interesującym rozwiązaniem jest także platforma HOPSport Brain Breaks, na której znajdują się krótkie, 3–5 minutowe animacje filmowe z ćwiczeniami fizycznymi, które należy powtarzać za wirtualnym instruktorem. Głównym celem platformy jest

zapropozowanie uczniom aktywnych fizycznie krótkich przerw w nauce, które będą wspierać proces uczenia się przygotowując uczniów fizycznie do nauki, ale także przekazując pewną wiedzę szkolną (Glapa i in., 2018). Dzięki takim urządzeniom uczniowie mogą się uczyć w ruchu, co pozwala stymulować jednocześnie sferę fizyczną jak i poznawczą, a wszystko to przy dobrej zabawie. Ważne jest jednak, aby stosowane urządzenia nie sprowadzały edukacji do przykrego obowiązku, który należy przysłonić rozrywką, a raczej pozwalały na naukę przez zabawę (Klichowski i in., 2017). Nauczyciel może za ich pomocą rozwijać u uczniów koordynację, spostrzegawczość, szybkość reakcji, motorykę – w szczególności motorykę małą, angażować uczniów w zadania, ale także wpływać pozytywnie na motywację i nastawienie do ćwiczeń fizycznych, a nade wszystko stymulować ich zdolności poznawcze, co w efekcie wpłynie na koncentrację oraz lepsze wyniki w nauce (Glapa i in., 2018; Huk, 2019; Mańka i in., 2019; Zadarko-Domaradzka i in., 2018). A zatem warto stosować innowacyjne podejście, które sprzyja odpowiedniej atmosferze i pozytywnemu postrzeganiu lekcji wychowania fizycznego przez uczniów, a w efekcie zmniejsza problem hipokinezji (Płoszaj, Firek, 2020).

Dużo większy nacisk na łączenie ruchu z aktywnością poznawczą kładą placówki z nurtu edukacji alternatywnej, które starają się proponować inne rozwiązania niż system klasowo-lekcyjny, wpisujące się bardziej w koncepcję *outdoor education*. W końcu klasa szkolna nie stanowi jedyne, ani nawet najbardziej optymalnego środowiska uczenia się – uczyć można się wszędzie (Kruk, 2015). W szczególności sposób dotyczy to przedszkoli leśnych, które często nie mają nawet typowych budynków, bowiem dzieci 80% czasu spędzają na świeżym powietrzu (Kruszwicka i in., 2020), wręcz wchodząc w interakcję ze środowiskiem (Hoad i in., 2013). Nauka następuje tu naturalnie – na drodze eksploracji świata całym sobą na wielu poziomach, także tym zmysłowym. Ruch staje się integralną częścią tego procesu. Co niezmiernie ważne przybiera, zgodnie z aktualną potrzebą dzieci, rozmaite formy, które doskonale rozwijają ich motorykę (Szlaużys, 2019). Wielowymiarowa aktywność w przyrodzie pozwala jednocześnie nabywać umiejętności motoryczne, ale też poznawcze i społeczne (Bałachowicz, 2017; Christ i Preuss, 2018) (patrz ryc. 3). Warto dodać, że placówki leśne nie są jedynymi, które pozwalają dziecku swobodnie rozwijać się całym sobą. Podobne podejście można znaleźć chociażby w szkołach Montessori, Waldorfskich czy też w edukacji domowej, która pozwala na dużo większą dowolność w doborze form i metod.



Rycina 3. Budowanie szalasu – przykład zabawy stymulującej wszystkie sfery rozwoju dziecka. Budowanie szalasu jest jedną z typowych dla przedszkoli leśnych zabaw, którą dzieci zazwyczaj inicjują samodzielnie. W trakcie niej muszą przemieszczać się, wykonywać precyzyjne ruchy dłońmi, szacować długości, dokonywać pomiarów, uczyć się współpracy i współdziałania. Dzięki temu wszystkie obszary w naturalny sposób przenikają się i uzupełniają, stymulując holistycznie młodego człowieka.

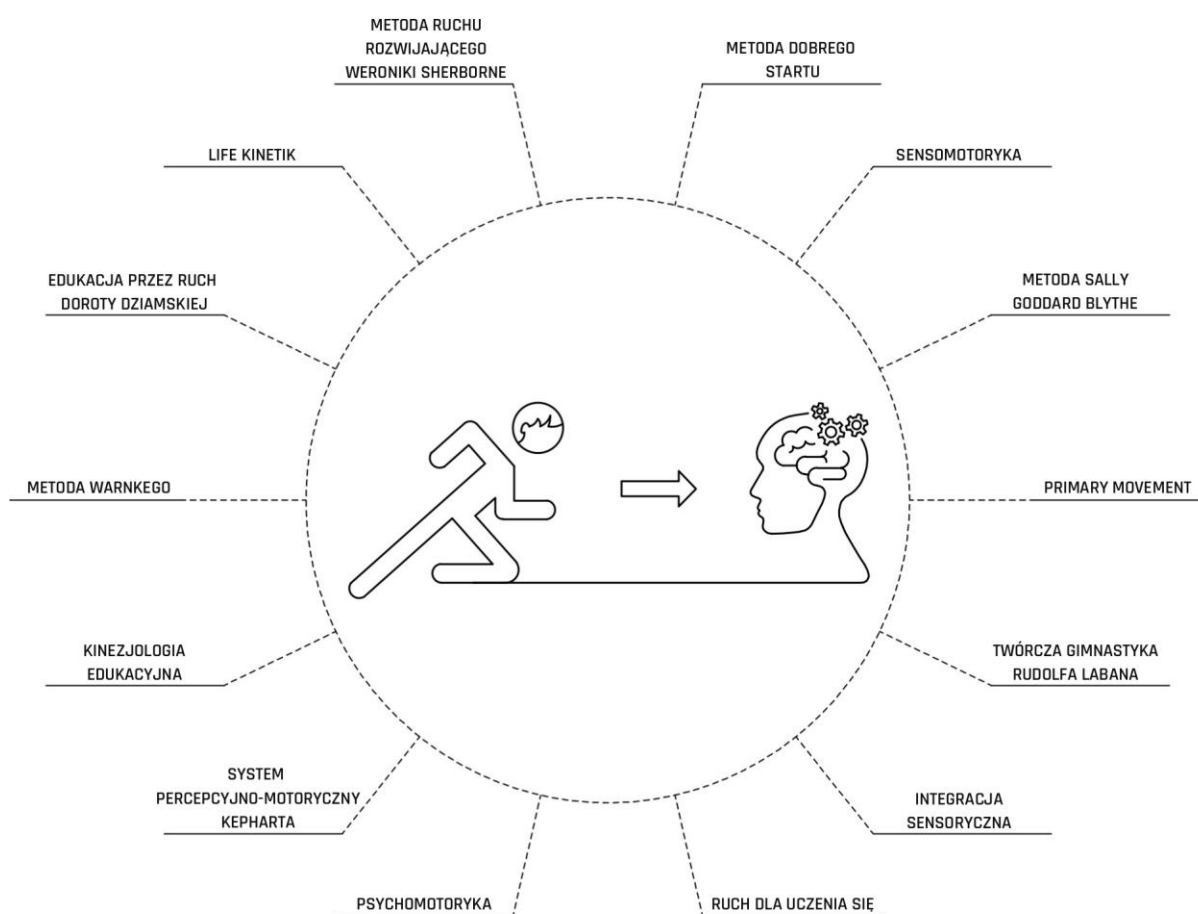
Na poziomie teoretycznym istnieją także zbliżone rozwiązania, które wpisując się w podstawę programową kształcenia i ogólnego mogą być realizowane w szkolnictwie systemowym (Ansperger, 2016). Jednym z nich jest krajoznawstwo, czyli dłuższe (kilkugodzinne lub kilkudniowe) wyjazdy w celowo i świadomie wybrane miejsce, gdzie uczniowie, w oparciu o walory krajoznawczo-turystyczne, zdobywają wiedzę w sposób całościowy i wielostronny (Denek, 2014; Prószyńska-Bordas, 2016). Są one dobrą okazją do zweryfikowania podręcznikowej wiedzy, wyrabiania sprawności fizycznej, a także regeneracji psychicznej (Denek, 1998, 2000; Zajadacz i Kugiejko, 2016). Ruch jest tutaj zintegrowany z poznaniem, dzięki czemu dziecko rozwija się w każdym wymiarze (Sadoń-Osowiecka, 2010). Biorąc pod uwagę wszystkie zalety wycieczek Dybska-Jakóbkiewicz sugeruje, że powinna być jedną z najważniejszych form pracy z uczniem (2017). Jednak w praktyce szkoły i nauczyciele dość sporadycznie decydują się na realizację takich koncepcji (Bąk, 2014). I o ile jeszcze, jak pokazują badania, na pierwszym etapie edukacyjnym nauczyciele uznając wycieczki za dobrą metodę nauczania i wychowania stosują je średnio

kilka razy w roku (Sufa i Winiarczyk-Raźniak, 2020). To na kolejnych przyjmuje zazwyczaj formę zielonej szkoły, która choć czasami zbliża się do krajoznawstwa, to jednak często realizuje założenia po prostu turystyki wypoczynkowej. Plener nie stanowi wówczas środka oddziałującego na uczniów, kształtującego ich postawy (Leśny, 2016), a także zapośredniczającego nabywanie wiedzy z różnych przedmiotów zintegrowanej z ruchem i doświadczaniem zmysłowym.

Ciekawą alternatywą jest bardzo bliska krajoznawstwu turystyka aktywna. Jej niewątpliwym atutem jest łatwość realizacji i dostępność, bowiem nie trzeba jechać w odległe miejsca, a można ją zorganizować także w bezpośrednim otoczeniu szkoły, choćby w mieście (Szczepanowska, Wasilewska, 2015). Co więcej, można ją dodatkowo uatrakcyjnić poprzez zastosowanie nowoczesnych technologii (Bijak, 2016), czy też bardziej współczesne formy aktywności jak między innymi gry terenowe, *questing*, *geocaching* czy imprezy na orientację (Czarnecka, 2016; Spychała i Gaja-Zwolińska, 2016). A jednocześnie angażując zarówno sferę motoryczną jak i poznawczą, podobnie jak krajoznawstwo, pozytywnie wpływa na rozwój psychofizyczny (Mazurek-Kusiak, 2016; Mokras-Grabowska, 2015; Warchoła i Skulimowska, 2016). Podobnie uważa Płoskonka wskazując, że kontakt z plenerem w turystyce aktywnej zaspokaja potrzeby poznawcze (2006). Zapis o zachęcaniu dzieci do turystyki aktywnej znalazł się nawet w rządowych rekomendacjach (Tomik i in., 2018). Jednak w praktyce nauczyciele sięgają po nią sporadycznie, co jest kolejnym czynnikiem powodującym, że intencjonalna integracja aktywności ruchowej z poznawczą, która byłaby skierowana do szerokiego grona uczniów w ramach tradycyjnych lekcji ma miejsce niezwykle rzadko.

Nieco inaczej ta sytuacja wygląda w przypadku dzieci ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi i oferowaną im pomocą terapeutyczną. Świadomość powiązań rozwoju ruchowego z funkcjonowaniem poznawczym w tym wypadku jest bardzo duża, doceniany jest terapeutyczny charakter ruchu (Krempa, 2010). To właśnie w zaburzeniach rozwoju funkcji ruchowych często upatrywane są przyczyny dysleksji (Ampulska, 2010). Prawidłowy rozwój motoryczny dziecka umożliwia mu rozwijanie się w innych sferach, stanowi podstawę dla wykształcenia się różnych funkcji (Grzywniak, 2012), w ten sposób jest zsynchronizowany z rozwojem psychicznym (Hływa, 2010). Jednak gdy zostanie zaburzony często pojawiają się trudności w czytaniu, pisaniu, matematyce, ale także nadpobudliwość psychoruchowa (Grzywniak, 2012). Osoby z dysleksją, poza trudnościami w uczeniu się, przejawiają niską precyzję ruchu, słabą pamięć ruchową i koordynację ciała (Okuda i in.,

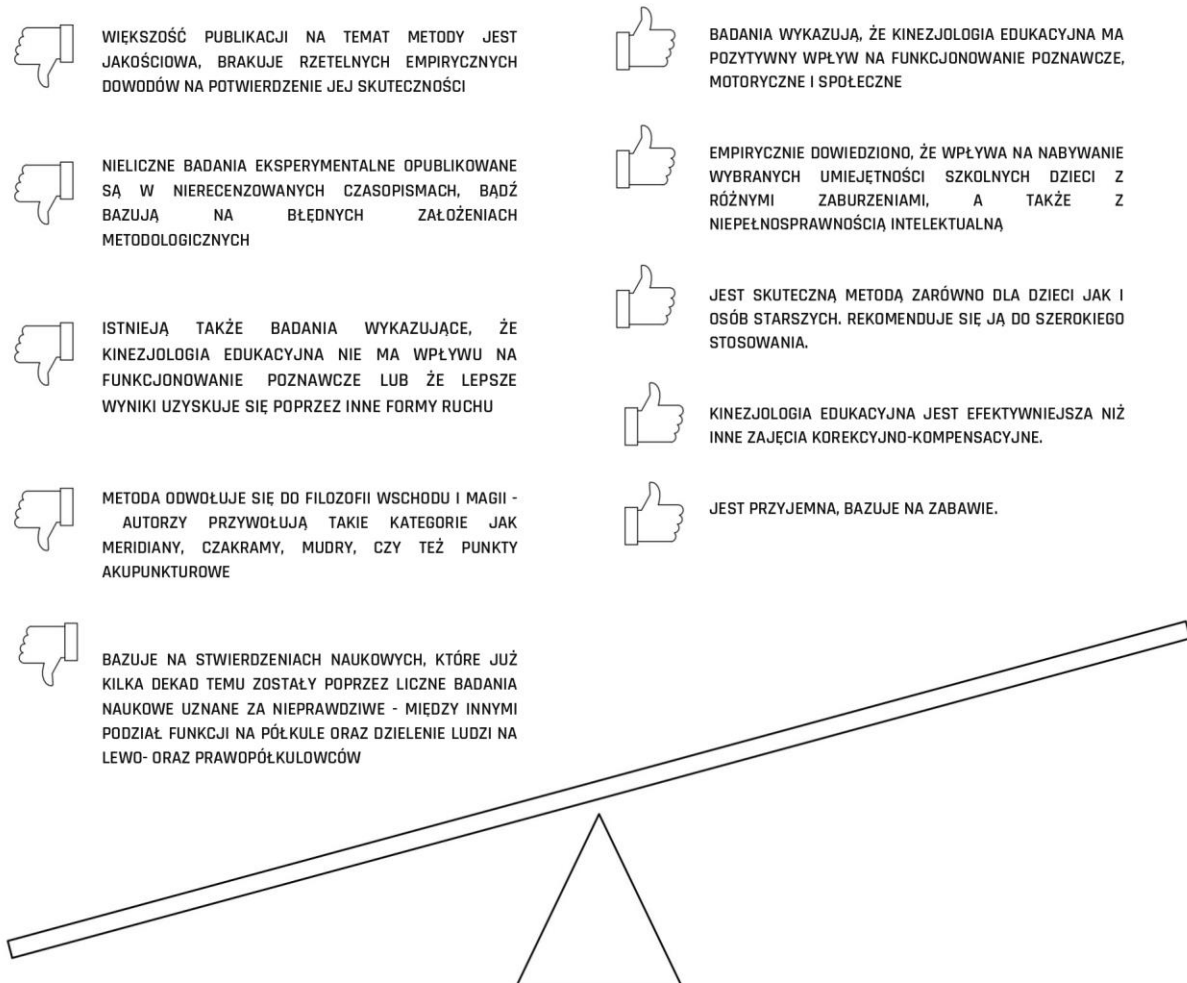
2014; Rogala-Kozubska, Raczykowska, 2010), a także zaburzenia lateralizacji i orientacji w schemacie, które stanowią efekt nieharmonijnego rozwoju funkcji percepcyjno-motorycznych (Bogdanowicz, 2014; Cyran-Prus, Matych, 2010). Co więcej, analiza rozwoju ruchowego i sprawności motorycznej stanowi jeden z głównych symptomów zapowiadających dysleksję (Bogdanowicz, 2002; Crispiani i in., 2019; Nowak i in., 2009), a także i innych zaburzeń rozwoju poznawczego, społecznego lub percepcyjnego (Libertus i Hauf, 2017). Dlatego niezbędne jest stymulowanie motoryczne, które będzie skutkowało lepszym rozwojem poznawczym dzieci. Odpowiedzią na taką potrzebę może być psychomotoryka (z greckiego *psyche* oznacza umysł, a *motorike* sprawność ruchową), która łączy oba obszary, stanowiąc punkt wyjścia dla większości metod terapii pedagogicznej (patrz ryc. 4) (Grzywniak, 2013). Opiera się na założeniu, że umysł człowieka jest połączony z ruchem, stanowiącym istotny czynnik rozwoju. A zatem wszelka aktywność ruchowa może być narzędziem służącym edukacji i wychowaniu zarówno dzieci rozwijających się prawidłowo, jak i z różnego rodzaju zaburzeniami i niepełnosprawnościami (Bilewicz-Kuźnia i in., 2019).



Rycina 4. Wybrane metody terapii pedagogicznej oparte na ruchu. Znaczna część strategii terapii dysleksji opiera się na związku ruchu z uczeniem się (Brown, 2010; E. Brzdęk, 2016; E. Brzdęk i J Brzdęk, 2021; Bogdanowicz, 1992; Buchnat, 2009; Grzywniak, 2006, 2012; Harford, 2022; Jordan-Black, 2005; Lipowska i in., 2019; J. Majewska i A. Majewski, 2012; McPhillips i in., 2000; Wanat-Żołądek, 2009; Warnke, 2014), gdzie poprzez stymulację motoryki dzieci wpływa się na ich rozwój poznawczy. Wśród nich możemy także wyróżnić takie metody jak na przykład Life Kinetik czy Edukacja przez ruch Doroty Dziamskiej, które bazują nie tylko na aktywizowaniu fizycznym dzieci, ale także poznawczym, łącząc te obszary w ramach jednego zadania.

Pewną bolączką takich metod terapii jest ich niska wiarygodność. Wobec wielu z nich sformułowano zarzuty – głównie dotyczące braku podstaw teoretycznych. Co więcej, często są to metody nie tylko stosowane w ramach praktyki prywatnej, ale także w szkołach i innych placówkach systemu oświaty, które wprowadzają propozycje nieoparte na dowodach w terapii (Lipowska i in., 2019). Doskonałym przykładem może być Kinezyjologia Edukacyjna (inaczej Edu-K lub Gimnastyka Mózgu), która powstała w latach 50-tych XX wieku za sprawą małżeństwa Dennisonów. Jest jedną z najbardziej znanych i powszechnie stosowanych metod na świecie. Praktykowana jest w blisko 90 państwach (Watson i Kelo, 2014), w tym także w Polsce, gdzie jest najchętniej wybierana spośród różnych propozycji terapeutycznych. Składa

się z 26 prostych ruchów, które, według autorów poprawiają wyniki w nauce oraz zachowanie poprzez aktywację i wprowadzenie w stan „równowagi” obu półkul mózgowych (Dennison, 1981). Można tu dla przykładu wymienić między innymi budzące niepokój ćwiczenie polegające na odwijaniu końców uszu na zewnątrz do tyłu, które zgodnie z deklaracjami ma wpłynąć pozytywnie na wzrost koncentracji i uwagi. Nie powinno dziwić zatem, że Kinezylogia Edukacyjna jednocześnie należy do najszerzej krytykowanych form terapii (Chodyna-Santus, 2017). Wręcz uznaje się ją za potencjalnie szkodliwą (Borowiecka, 2008) w konsekwencji czego w niektórych krajach zakazano stosowania jej w szkołach (Rychetsky, 2008). Eksperci wskazują, że jej „naukowe podstawy” (odwołujące się do neurofizjologii i psychologii) stoją w sprzeczności z aktualną wiedzą, stanowiąc błędne rozszerzenie ogólnych faktów (Borkowska, 2008; Korab, 2008, Oszustowicz, 2009). W wątpliwość podają także jej skuteczność (patrz ryc. 5) sugerując, że raczej stanowi dobrze wypromowaną sztukę terapeutyczną (Korab, 2008), która pomimo tego, że w jakimś stopniu daje efekty, to na tle innych metod terapii przynosi słabe rezultaty (Pisula, 2008). A jednak wciąż znajduje wielu zwolenników, którzy na różne sposoby próbują propagować ją, także w środowisku naukowym, gdzie powstają kolejne publikacje „potwierdzające” skuteczność tej metody. Niemniej trzeba wyraźnie podkreślić, że większość tych prac opublikowano w nierecenzowanych czasopismach, a nieliczne artykuły z renomowanych periodyków spotkały się z ostrą krytyką środowiska naukowego (patrz ryc. 5). Zaskakujące jest jednak to, że pomimo tych wszystkich zastrzeżeń elementy Kinezylogii Edukacyjnej pojawiają się nawet w programach zatwierdzonych przez ówczesne Ministerstwo Edukacji Narodowej (Borowiecka, 2008) czy też popularnych programach terapeutycznych jak na przykład Ortografitti (Borowiecka, 2008; Czabaj, 2007).



Rycina 5. Kontrowersje wokół Kinezjologii Edukacyjnej. Metoda zrzesza jednocześnie wielu zwolenników, którzy deklarują, iż ma znakomite efekty (Boruc, 2015; Duszyńska i Walczak, 2013; Grzywniak, 2006; Suchodolska, 2017; Wójcik, 2017) jak i przeciwników, którzy podważają jej podstawy teoretyczne (Borkowska, 2008; Borowiecka, 2008; Garstka, 2016; Korab, 2008a, 2008b; Kułakowska, 2008; Oszustowicz, 2009; Pisula, 2008; Rychetsky, 2008). Prowadzone badania wykazują pozytywny wpływ na wiele obszarów funkcjonowania ludzi (Abduh i Tahar, 2018; Azizah i in., 2017; Hafez, 2017; Jalilinasab i in., 2021; Ocampo i in., 2017; Reynolds i in., 2003; Saleh i Mazlan; Sari i in., 2021; Suhari i in., 2019; Wanat-Żołądek, 2009). Jednak w prowadzonych przez naukowców analizach wykazuje się liczne problemy związane z jakością eksperymentów i poziomem czasopism, w których te dane są publikowane (Howard-Jones, 2014a, 2014b; Hyatt, 2007; Singleton i Stuart, 2003; Snowling i Hulme, 2003; Watson i Kelso, 2014). Istnieją także badania ukazujące brak efektów Kinezjologii Edukacyjnej na poprawę funkcjonowania poznawczego (Cancela i in., 2015, 2020; Watson i Kelso, 2014) lub niską skuteczność na tle innych metod (Rajeswari i in., 2021, Rajeswari i in., 2022).

Nie dziwi zatem fakt, iż naukowcy alarmują, że szkoły wprowadzają coraz więcej strategii, które nie są poparte dowodami naukowymi (Lipowska i in., 2019). Nie oznacza to jednak, że nie istnieją metody o ugruntowanej pozycji naukowej potwierdzonej licznymi eksperymentami prowadzonymi w ośrodkach naukowych na całym świecie. Nie jest to łatwy ani krótki proces, bowiem metodę interwencji edukacyjnej uznaje się za bezpieczną i skuteczną między innymi, gdy można mieć pewność, że nie szkodzi, bazuje na dobrych

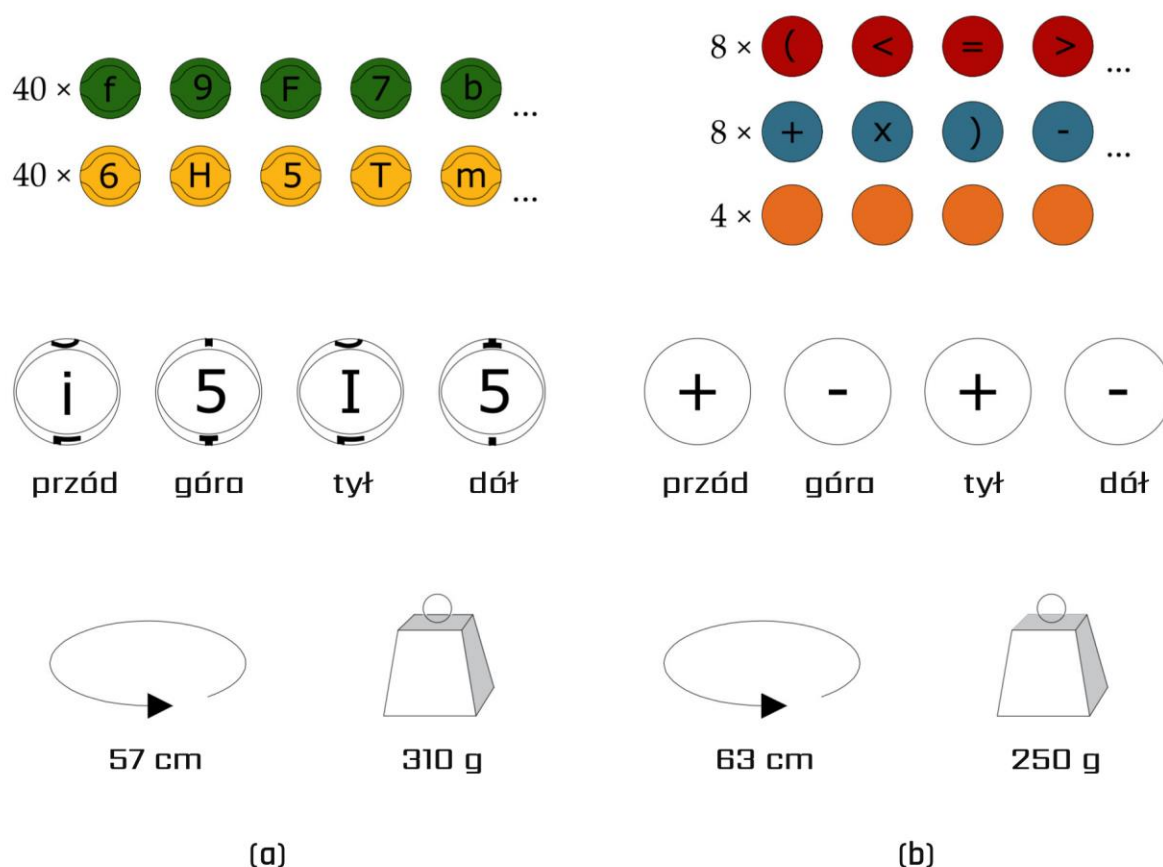
podstawach teoretycznych, opracowane są standardy stosowania, możliwe jest przeprowadzenie badań wykazujących empirycznie skuteczność oraz udokumentowano już przebieg terapii, na podstawie której dokonano pomiaru efektywności (Pisula, 2008). Do takich propozycji można zaliczyć między innymi Metodę Integracji Sensorycznej A. Jean Ayres czy też program percepcyjno-motoryczny Newell C. Kephart'a (Wójcik, 2017). Wśród rodzimych propozycji z kolei możemy wyróżnić Metodę Dobrego Startu Marty Bogdanowicz bazującą na metodzie Le Bon Départ z 1941r. Wciąż jednak brakuje dobrych propozycji metodycznych skierowanych do szerokiego grona dzieci możliwych do zastosowania w trakcie tradycyjnych lekcji, które spełniałyby te kryteria, a jednocześnie realizowały postulat integrowania aktywności fizycznej z poznawczą. W kolejnym podrozdziale przedstawię stworzoną na polskim gruncie metodę Eduball, która dokładnie wpisuje się w powyższe założenia.

1.2. Metoda Eduball

Idea piłek edukacyjnych Eduball powstała ponad 20 lat temu w Katedrze Zespołowych Gier Sportowych Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu za sprawą trzech naukowców: Zbigniewa Naglaka, Andrzeja Rokity i Tadeusza Rzepy. Piłki stanowiły odpowiedź na brak metod, które wspierałyby łączenie aktywności poznawczej z ruchem w edukacji, bowiem, jak Rokita i Rzepa zauważyli pomimo wprowadzenia reformy szkolnictwa w 1999 roku (Rozporządzenie MEN, 1999) problem umiejętnego łączenia wychowania fizycznego z treściami innych przedmiotów na pierwszym etapie edukacyjnym był w polskich szkołach bardzo powszechny (2002). Co więcej, twórcy metody zwrócili uwagę, że nauczyciele edukacji zintegrowanej w klasach 1–3 szkoły podstawowej nie będąc przygotowanym do prowadzenia wychowania fizycznego wolą przeznaczyć więcej czasu na pozostałe przedmioty, w efekcie zaniedbując rozwój motoryczny dzieci. Chcąc wyjść naprzeciw potrzebom pedagogów, a także uczniów w 2002 roku zespół stworzył piłki edukacyjne Eduball, dzięki którym lekcje w końcu mogły stać się aktywne fizycznie (Rokita i Cichy, 2014; Rokita i in., 2017a).

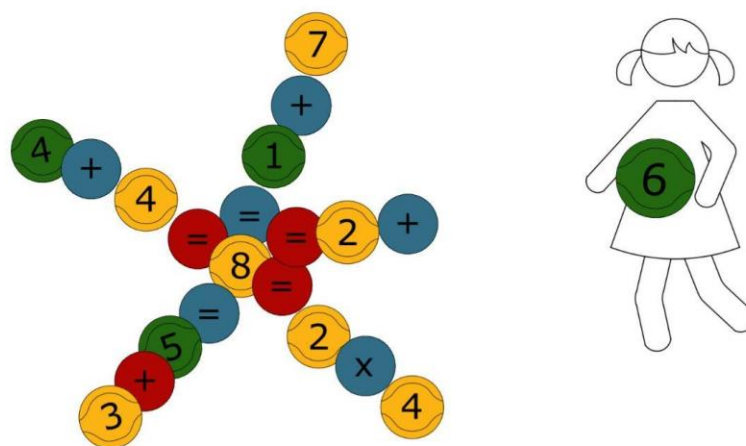
Wybór piłek jako środka dydaktycznego, który poddano modyfikacjom nie był przypadkowy. Wynikał on z analizy, w ramach której naukowcy ustalili, iż to właśnie gry i zabawy z piłką cieszą się największą popularnością wśród dzieci i młodzieży (Rokita, 2001), a także faktu, że niosą ze sobą wiele walorów dla kształtowania osobowości (rozwijają między innymi umiejętności interpersonalne, przestrzegania reguł, zasad *fair play*,

asertywność, empatię czy też poczucie własnej wartości) (Rokita i Rzepa, 2003; Rzepa, 2006, 2009). Pierwotnie zestaw Edubal składał się z 96 piłek do mini-gier zespołowych w czterech kolorach (czerwonym, niebieskim, zielonym, żółtym) w rozmiarze dopasowanym do dłoni dziecka. Na powierzchni każdej piłki znajdowały się nadrukowane czarne litery, cyfry, znaki działań matematycznych oraz znak poczty elektronicznej (“@”) (Rokita i Rzepa, 2002). Kilkanaście lat później – w 2014 roku, dokonano jednak drobnych zmian i do istniejących już piłek dodano kolejne cztery w kolorze pomarańczowym, zróżnicowano częstotliwość występowania poszczególnych liter wprowadzając więcej samogłosek, a sam zestaw zyskał nową, bardziej międzynarodową nazwę „Eduball” (patrz ryc. 6) (Rokita i in., 2017a). W efekcie powstał zestaw 100 piłek edukacyjnych umożliwiających realizowanie wielowymiarowego procesu nauczania.

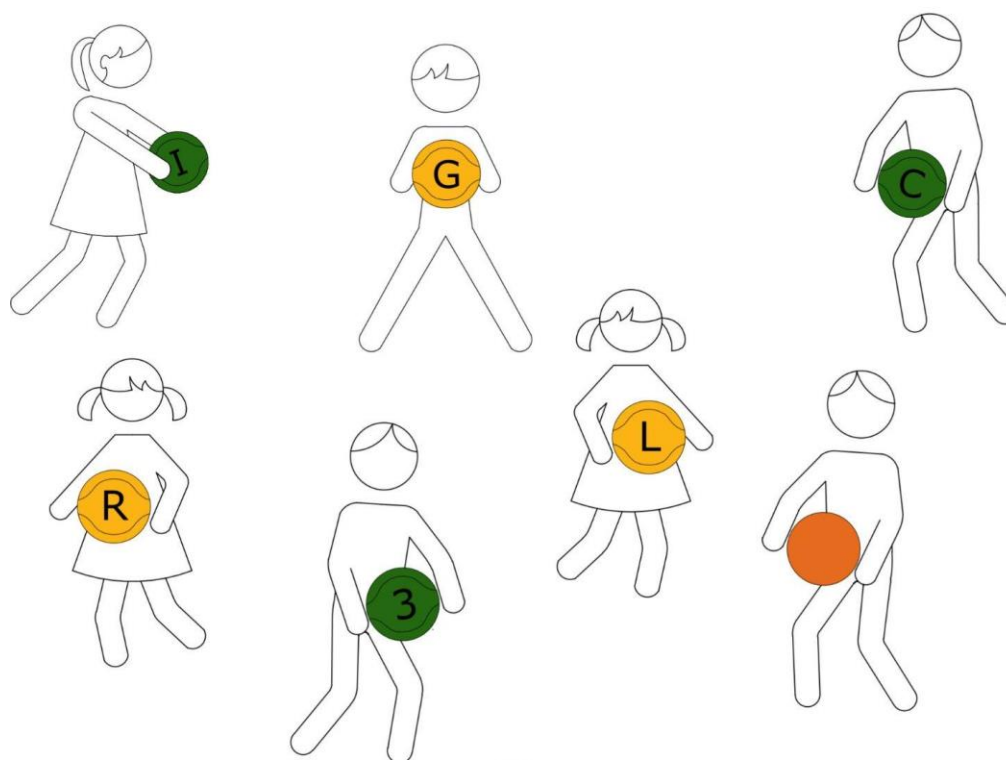


Rycina 6. Piłki Eduball. Zestaw Eduball składa się ze 100 piłek podzielonych na dwie kategorie: (a) Pierwszą z nich stanowią piłki do koszykówki (w rozmiarze 3) w kolorach zielonym i żółtym (w każdym z kolorów po 40 piłek) z nadrukowanymi literami polskiego alfabetu (po jednej stronie piłki wielka litera, a po przeciwnej mała) oraz cyframi od 0 do 9 (po obu stronach piłki ta sama cyfra) (b) Drugą kategorię tworzą piłki do siatkówki (w rozmiarze 4) z namalowanymi czarnymi znakami działań matematycznych (dodawanie (+), odejmowanie (-), mnożenie (*), dzielenie (:), większy (>), mniejszy (<), nawiasy ()) oraz ze znakami obsługi poczty internetowej (@), a także uniwersalne cztery piłki w kolorze pomarańczowym bez żadnych nadruków (Rokita i in., 2016).

Nowatorskość, a zarazem prostota pomysłu polegała na połączeniu piłki jako przedmiotu do gry, zapośredniczającego aktywność ruchową, z cyframi, literami i znakami, będących nośnikiem języka w aspekcie semiotycznym, tworząc tym samym środek dydaktyczny, za pomocą którego nauczyciel może jednocześnie stymulować sferę fizyczną jak i poznawczą ucznia. Dzięki nadrukowanym znakom nauczyciel może zaproponować gry z piłkami Eduball przekazujące umiejętności i wiedzę, którą do tej pory uczeń przyswajał jedynie siedząc w ławce (patrz ryc. 7). W trakcie naturalnych form ruchu (bieg, skok, rzut, chwyt itp.) stymulujących motorykę uczniowie uczą się między innymi liter, zasad ortografii, kolorów, czytać, rozpoznawać cyfry, dokonywać porównań zbiorów, wykonywać proste działania matematyczne, czy też nabywają słownictwo z języków obcych (Bronikowski i in., 2022; Rokita i in., 2016). Zróżnicowanie kolorystyczne i umieszczone na piłkach litery, cyfry i znaki pozwalają na wszechstronne wykorzystanie piłek na niemal wszystkich lekcjach i osadzenie gier i zabaw w aktualnie przerabianym przez uczniów materiale dydaktycznym. Zgodnie z postulowaną przez twórców edukacji zintegrowanej ideą łączenia różnych obszarów edukacji nauczyciel może swobodnie splecać treści ze wszystkich obszarów wymienionych w podstawie programowej z aktywnością fizyczną w toku lekcji szkolnych. Czy to poprzez integrację ćwiczeń fizycznych z treściami przedmiotowymi w klasie czy też, jak to zazwyczaj się dzieje w przypadku Eduball, poprzez włączanie treści przedmiotowych w aktywność fizyczną podczas zajęć z wychowania fizycznego. Niezależnie jednak od przyjętego rozwiązania dzieci mogą jednocześnie nabywać wiedzę z rozmaitych dziedzin, zaspokajając w tym samym czasie naturalną potrzebę ruchu. Autorzy metody odwołując się do koncepcji nauczania całościowego oraz konstruktywizmu zaproponowali rozwiązanie, które nie tylko łączy dziedziny nauki, ale zapewnia również możliwość bezpośredniego doświadczania i poznawania polisensorycznego. Gry Eduball mają wzbudzać w uczniu naturalną ciekawość, chęć poznawania oraz pasję tworząc warunki do wszechstronnego i harmonijnego rozwoju we wszystkich aspektach (Rokita, 2008). Wszak dziecko rozwija się w sposób holistyczny, jednocześnie w różnych sferach, które na siebie wzajemnie wpływają, a zatem rozwój motoryczny równocześnie pociąga za sobą skutki dla funkcjonowania poznawczego. Dlatego też w przypadku zajęć z Eduball możemy mówić o „ruchu, który rozwija” i „piłkach, które uczą” (Rokita i in., 2016, 2017a). Co więcej, taka forma aktywności jest także odpowiedzią na wymagania podstawy programowej, zarówno dla edukacji przedszkolnej jak i wczesnoszkolnej, gdzie zabawa stanowi fundament nabywania doświadczeń (Rozporządzenie MEN, 2017).



(a)



(b)

Rycina 7. Przykłady gier Eduball. (a) W grze „Kto więcej ułoży?” nauczyciel rozkłada na sali ringo z piłką z cyfrą „8” (tyle ile drużyn uczestniczy w zabawie), po czym daje znak startu. Dzieci muszą w przeciągu 5 minut ułożyć z rozspanych po całym pomieszczeniu piłek jak najwięcej równań (dodawanie, odejmowanie, mnożenie lub dzielenie), których wynik to „8”. Wygrywa ta drużyna, która ułoży więcej poprawnych równań. (b) Gra „Edubalowy czarodziej” opiera się na zasadach popularnego berka, którym w tym przypadku zostają uczniowie z pomarańczowymi piłkami (2–3 osoby). Reszta dzieci bierze po jednej zielonej lub żółtej piłce. Na znak nauczyciela wszyscy rozbiegają się po sali. Kiedy berek dotknie innego ucznia ten wówczas musi stanąć z wyprostowanymi rękami trzymając piłkę tak, żeby znajdująca się na niej litera była dla reszty uczestników gry widoczna. Zaczarowanego ucznia można uwolnić poprzez wypowiedzenie słowa rozpoczynającego się na literę z jego piłki (Bronikowski, i in., 2022).

Eduball traktując człowieka holistycznie wpływa nie tylko na sprawność fizyczną i intelektualną, ale także na jego funkcjonowania psychiczne i społeczne. Gry z piłką cechuje duża liczba interakcji pomiędzy uczestnikami, niejako wymuszając wchodzenie w relacje, przyjmowanie odpowiednich wzorów zachowania oraz zasad współdziałania, a w efekcie uczą funkcjonowania społecznego (Rzepa, 2009). Zespołowość zabaw z Eduball stanowi ich ogromny walor, bowiem jest to aspekt w szkołach tak samo zaniedbany, jak i bardzo ważny. To w ten sposób dzieci uczą współpracy, wrażliwości na inne osoby, polegania na sobie nawzajem oraz integrują grupę. Gry z piłkami edukacyjnymi opierają się na wspólnych działaniach uczniów, gdzie każde z nich ma znaczenie, a dobra współpraca jest fundamentem sukcesu całego zespołu. Jednak co ważne dzieje się to inaczej niż w przypadku większości gier zespołowych, w których do drużyn wybiera się uczniów najlepiej rozwiniętych fizycznie, podczas gdy słabsi na końcu z przymusu zostają „dołączeni” i mają po prostu reszcie „nie przeszkadzać”. Tutaj potrzebne są zarówno kompetencje fizyczne jak i intelektualne. Zatem w drużynie potrzebne są dzieci o zróżnicowanych możliwościach motoryczno-poznawczych, dzięki czemu nikt nie jest marginalizowany i każdy może poczuć się ważny (Rokita i Rzepa, 2003). W konsekwencji piłki wzmocniają poczucie własnej wartości uczniów, rozwijają ich zarówno indywidualne umiejętności jak i pracy w grupie, pozwalając dzieciom rozwijać się równocześnie we wszystkich obszarach, nie tylko fizycznym czy poznawczym, ale także emocjonalnym i społecznym (Rokita i in., 2016). Tym samym nauczyciele realizując zajęcia z piłkami Eduball mogą nie tylko przeplatać treści z różnych dyscyplin naukowych, ale także z różnych obszarów rozwoju dziecka, tworząc wielostronny program edukacji, w ramach którego za pomocą jednej aktywności uczniowie jednocześnie kształtują różne kompetencje.

Niekonwencjonalne sposoby nauczania czasami budzą wątpliwości i są postrzegane jako wymagające specjalistycznej wiedzy. Jednak metoda Eduball pomimo, że niewątpliwie jest innowacyjna, to mimo to jest bardzo prosta w stosowaniu. I choć nie wymaga specjalnych kursów, to w razie potrzeby lub chęci poszerzenia swojej wiedzy dydaktycy mogą wziąć udział w prowadzonych od lat szkoleniach skierowanych zarówno do nauczycieli edukacji wczesnoszkolnej jak i wychowania fizycznego (Rokita i Cichy, 2014). Równolegle na wybranych uczelniach w Polsce studenci wychowania fizycznego uczestniczą w zajęciach przygotowujących do pracy z Eduball. Wiedzę w tym zakresie można również czerpać z licznych książek i artykułów naukowych zarówno w języku polskim, jak i angielskim, które ukazują się regularnie od momentu powstania piłek edukacyjnych. Jednakże obok publikacji koncentrujących się na zagadnieniach teoretycznych twórcy piłek opracowali także dla

praktyków nauczania zeszyty z propozycjami gier i zabaw do wykorzystania przez nauczycieli podczas lekcji (Rokita i Rzepa, 2002; Rokita i Rzepa, 2005; Rokita i in. 2016, 2017a, 2018). Chcąc ułatwić dopasowanie ich do aktualnie przerabianego materiału dydaktycznego podzielono je na obszary: edukacji polonistycznej, matematycznej, języka polskiego, a także zajęć interdyscyplinarnych. Niemniej jest to tylko wąska egzemplifikacja, która raczej ma służyć zarysowaniu idei i pobudzeniu kreatywności pedagogów, a w rzeczywistości liczba możliwych zastosowań piłek w edukacji jest nieskończona. Dlatego autorzy metody zachęcają nauczycieli do tworzenia własnych rozwiązań, a nawet autorskich programów nauczania bazujących na grach i zabawach z Eduball (Cichy i Rzepa, 2004).

Pierwotnie koncepcja Eduball była skierowana przede wszystkim do nauczycieli edukacji przedszkolnej i wczesnoszkolnej oraz nauczycieli wychowania fizycznego, jednak lata praktyki pokazały, że sprawdza się również w innych miejscach. Z powodzeniem może być stosowana w pracy terapeutycznej, w ramach gimnastyki korekcyjno-kompensacyjnej (Rokita i in., 2016), a także w ramach kształcenia przedmiotowego na kolejnych etapach edukacyjnych (Rokita i in., 2017a, 2018), czy nawet w szkołach ponadpodstawowych, gdzie zajęcia z piłkami cieszą się uznaniem zarówno pedagogów jak i uczniów (Bronikowski i in., 2022). Lecz zakres stosowania metody Eduball nie ogranicza się jedynie do lekcji prowadzonych w szkołach i tak piłki są wykorzystywane między innymi przez animatorów czasu wolnego w trakcie zajęć pozalekcyjnych, sportowo-rekreacyjnych, przez instruktorów różnych dyscyplin sportowych podczas treningów (Rokita i in., 2018), rehabilitantów (Kasperska i Białoszewski, 2009), instruktorów terapii zajęciowej, pedagogów specjalnych pracujący z dziećmi z różnego rodzaju niepełnosprawnościami, a także osoby pracujące z seniorami, na przykład w ramach uniwersytetu trzeciego wieku (Rokita i Cichy, 2015a, 2015b).

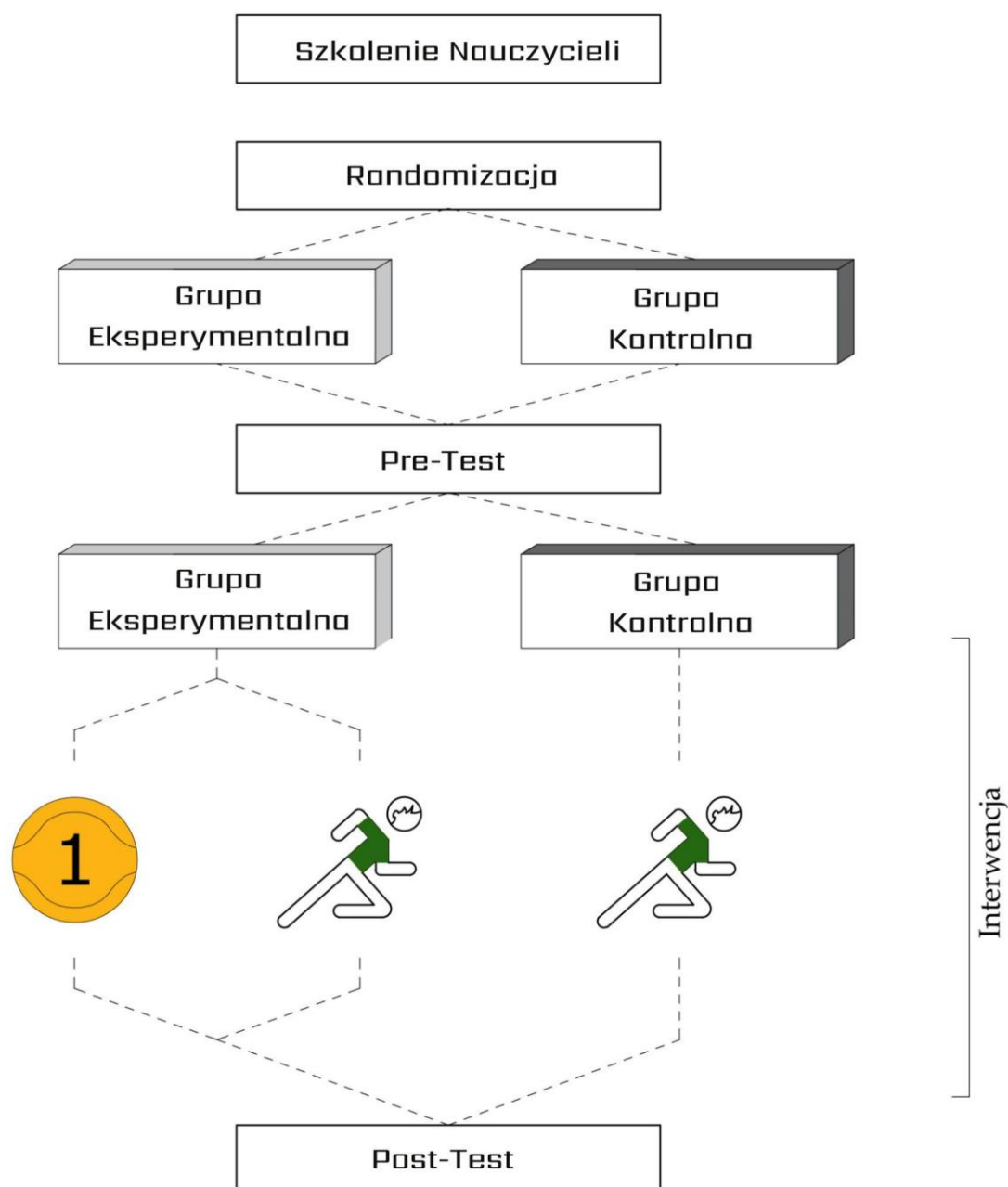
Piłki Eduball z każdym kolejnym rokiem są coraz chętniej i częściej stosowane. W naturalny sposób największą popularność osiągnęły w swojej kolebce – na Dolnym Śląsku, gdzie też przeprowadzono najwięcej lekcji pokazowych, szkoleń i wykładów na ich temat. Jednakże nie są tylko i wyłącznie regionalnym produktem, bowiem w całej Polsce kilkaset szkół korzysta z zestawów piłek edukacyjnych. Z biegiem lat metoda zyskiwała coraz szersze grono odbiorców nie tylko w kraju, ale także na świecie – między innymi w Stanach Zjednoczonych, Niemczech, Portugalii, Finlandii, Singapurze, Grecji i na Tajwanie (Bronikowski i in., 2022). Aż w końcu w 2018 roku Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu skomercjalizowała metodę podpisując umowę z zagraniczną firmą na dystrybucję

piłek w Kanadzie, Stanach Zjednoczonych i Europie pod nową nazwą BRAINball (Rokita i in., 2018). Co więcej, metoda Eduball doceniana jest nie tylko przez praktyków, ale także przez grono ekspertów. Już na początku istnienia piłki opatentowano (wzór przemysłowy z dnia 25.09.2002 r., numer wpisu – 1797) oraz wpisano do wykazu środków dydaktycznych zalecanych do użytku szkolnego i przeznaczonych do kształcenia ogólnego i kształcenia zintegrowanego na poziomie szkoły podstawowej (Rozporządzenie MENiS, 2002). Uzyskały również pozytywną rekomendację Sejmowej Komisji Kultury Fizycznej i Sportu (posiedzenie z dnia 25.11.2003 r., biuletyn nr 2552/IV). Propozycje zajęć z piłkami Eduball znalazły się w programie Mali Wspaniali przeznaczonym dla dzieci w wieku przedszkolnym (Rokita i in., 2017a) oraz w ogólnopolskim programie Mały Mistrz dedykowanym uczniom z klas I-III szkół podstawowych (Rokita, 2014a, 2014b; Rokita i in., 2016, 2017a, 2017b). A w 2016 roku ówczesny Minister Nauki i Szkolnictwa Wyższego uhonorował Andrzeja Rokitę, Tadeusza Rzepę i Ireneusza Cichego z Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu nagrodą zespołową za osiągnięcia dydaktyczne obejmujące innowacyjne metody prowadzenia zajęć dydaktycznych i nowatorskie przygotowanie materiałów dydaktycznych (Rokita i in., 2016). Metoda Eduball staje się coraz bardziej rozpoznawalna zarówno w Polsce jak i na świecie. Jednak mimo to wciąż nie jest powszechnie stosowana w szkołach. Zespół nadal podejmuje działania, które mają na celu przedstawienie tej propozycji metodycznej szerokiemu gronu potencjalnych użytkowników. W najbliższym czasie zaplanowane są szkolenia dla nauczycieli w ramach ministerialnego programu WF z AWF. Z pewnością nie bez znaczenia są tutaj także przeprowadzone badania nad efektami zajęć z piłkami edukacyjnymi Eduball, które opiszę szczegółowo w kolejnym podrozdziale.

1.3. Badania nad metodą Eduball

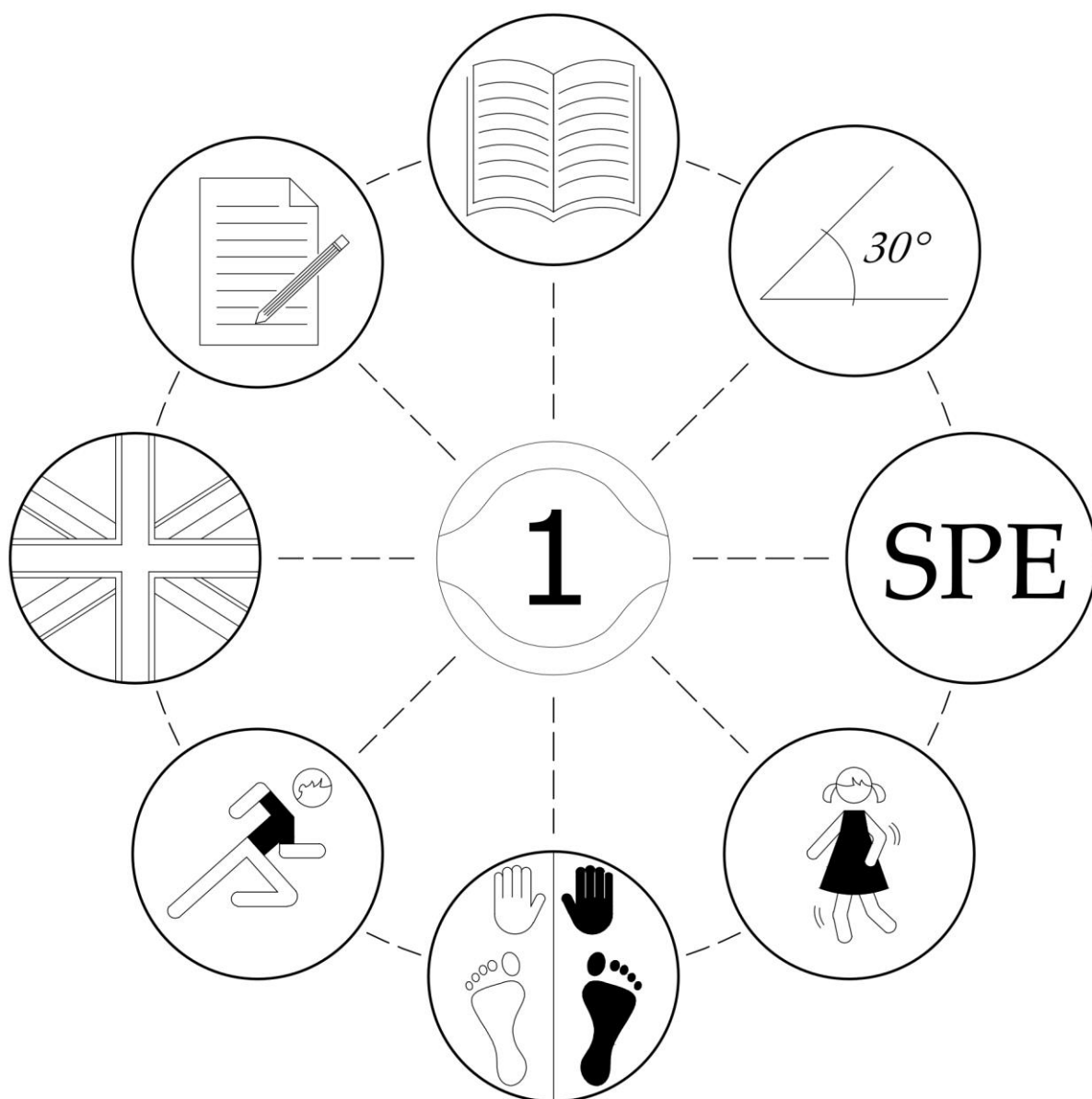
Ponad dwie dekady istnienia piłek edukacyjnych, to nie tylko historia ich praktycznego zastosowania, ale także tyle samo lat zbierania danych dotyczących efektów oddziaływania. Twórcy metody od samego początku weryfikowali swoje przypuszczenia dotyczące wpływu zajęć z Eduball zarówno na funkcjonowanie motoryczne jak i kognitywne. Pierwsze, jeszcze pilotażowe badania przeprowadzili już w 2002 roku z udziałem uczniów i wychowawców klas nauczania początkowego zbierając opinie na temat tej wówczas zupełnie nowej i nieznannej metody. Nauczyciele uznali, że piłki edukacyjne pomagają usprawnić proces dydaktyczny, motywują dzieci do działania, mogą doskonalić ich sprawność ruchową oraz docenili fakt, że można je stosować nie tylko w sali, ale także na świeżym powietrzu (Rokita i

Rzepa, 2002). Tak pochlebne stanowisko grona pedagogicznego, a jednocześnie obserwowane przez badaczy zaangażowanie, pozytywna atmosfera i wysoka motywacja, które zabawy z piłkami wzbudziły wśród dzieci, pozwalały sądzić, że metoda ma szansę na upowszechnienie. Jednak konieczne było naukowe wykazanie jej efektów. Aby tak się mogło stać zespół naukowców z AWF we Wrocławiu (a później także innych ośrodków akademickich) zaczął planować zmierzające w tym kierunku działania. Już rok później przeprowadzono pierwszy półroczny eksperyment, w którym zaobserwowano pozytywne tendencje we wpływie zajęć z Eduball na nabywanie podstawowych umiejętności szkolnych (polonistycznych i matematycznych), sprawność fizyczną, a także dostrzeżono, że jest to forma, która uatrakcyjniła zajęcia (Cichy i Rzepa, 2005). Te dość ogólne wnioski wymagały jednak dalszej, bardziej konkretnej ewaluacji. W efekcie czego w 2004 roku otrzymał dofinansowanie z Komitetu Badań Naukowych na trzyletnie badanie naukowe, które zapoczątkowało wieloletni proces weryfikowania licznych hipotez dotyczących tej nowatorskiej pomocy dydaktycznej (Rokita i Cichy, 2014). Przez kilkanaście kolejnych lat sukcesywnie realizowano badania metodą eksperymentu pedagogicznego z zastosowaniem techniki grup równoległych (Łobocki, 2001), wykorzystując powszechnie stosowane testy oceniające zarówno sprawność motoryczną jak i poznawczą (patrz ryc. 8).



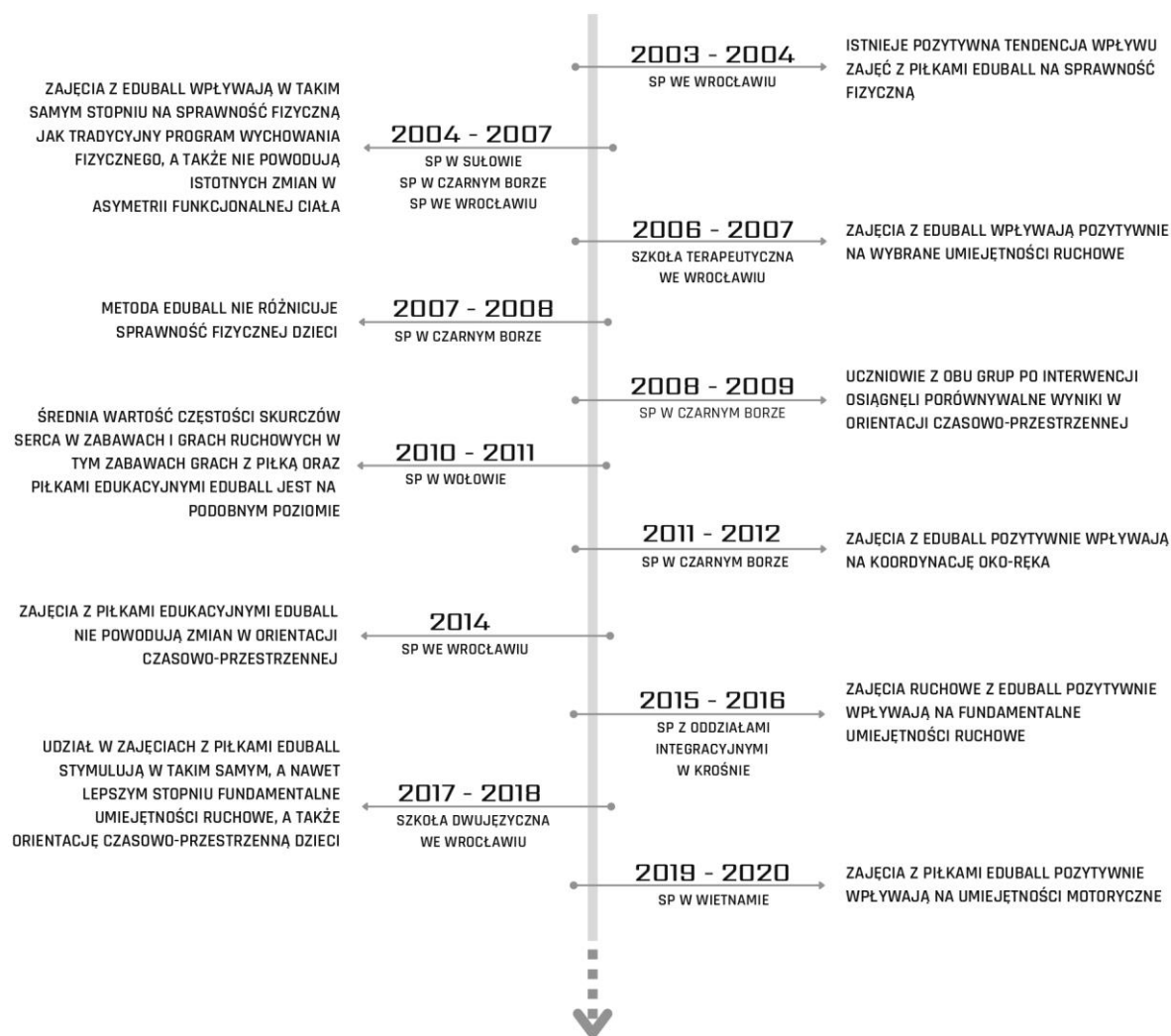
Rycina 8. Schemat eksperymentów Eduball. Pierwszy, jeszcze poprzedzający eksperyment, etap każdorazowo stanowiło szkolenie nauczycieli z metody Eduball, podczas którego uczono jak wplatać gry i zabawy z piłkami edukacyjnymi w aktualnie przerabiane treści programowe. Wszystkie badania prowadzono w warunkach naturalnych – w szkołach lub przedszkolach, gdzie klasy były losowo przydzielane do grupy eksperymentalnej i kontrolnej (jednej lub kilku). Interwencja trwała od jednego do sześciu semestrów, podczas których klasa eksperymentalna uczestniczyła w zajęciach opartych na grach Eduball – zazwyczaj dwie z trzech lekcji w tygodniu prowadzono z piłkami edukacyjnymi, a pozostała jednostka odbywała się w tradycyjny sposób. Podczas gdy w klasie kontrolnej wszystkie lekcje prowadzono w standardowy sposób zgodnie z programem szkoły. Niezależnie od grupy wszyscy uczestnicy wykonywali na początku i na końcu badania te same testy (w zależności od konkretnego eksperymentu) motoryczne i poznawcze ułożone w identycznej kolejności zarówno w pre-teście jak i post-teście. Do badania osiągnięć uczniów wykorzystywano między innymi Test of Gross Motor Development—Second Edition, Cambridge English: Starters (Pre A1 Starters), Profil Sprawności Grafomotorycznej, Test Umiejętności na Starcie Szkolnym TUNSS, test 2HAND, Reactive Shuttle Drill test, MovAlyzeR Test of Pen Pressure.

Prowadzone badania stanowiły swoistą serię, w której powielano wspólny schemat, na podstawie którego zajęcia z Eduball wprowadzono jako czynnik eksperymentalny na co najmniej kilka miesięcy w miejsce tradycyjnych zajęć z wychowania fizycznego (patrz ryc. 8). Efekty weryfikowano za pomocą pomiarów dokonywanych przed i po interwencji w grupie eksperymentalnej oraz grupie kontrolnej, które stanowiły poszczególne klasy z danej szkoły lub szkół. Co ważne program zajęć z Eduball opierał się na grach i zabawach z piłkami, które co do zasady były takie same, jednak każdorazowo były indywidualnie dostosowywane do programu nauczania realizowanego w danej klasie – tak aby zgodnie z ideą metody, łączyły się z aktualnie przerabianymi przez uczniów treściami dydaktycznymi. Procesu adaptacji dokonywał zespół złożony z nauczyciela lub nauczycieli prowadzących lekcje w danej klasie i eksperymentatorów. Jednakże same lekcje, a co za tym idzie gry i zabawy prowadził już samodzielnie nauczyciel. Zgodnie z ideą autorów metoda Eduball przeznaczona została przede wszystkim do użytku przez nauczycieli edukacji zintegrowanej, dlatego też badaniami objęto głównie dzieci na pierwszym etapie edukacyjnym. Lecz nie poprzestano na tym i przeprowadzono również eksperymenty z udziałem dzieci przedszkolnych. Co więcej, badania prowadzono nie tylko w Polsce, ale także za granicą – w Wietnamie z udziałem uczniów uczęszczających tam do szkół (Pham, 2021). Łącznie przeprowadzono kilkanaście eksperymentów, w których dokonano pomiarów w dwóch głównych obszarach – sprawności fizycznej oraz w wynikach w nauce potwierdzając, że łączenie aktywności fizycznej z poznawczą za pomocą metody Eduball pozytywnie wpływa na rozwój psychomotoryczny dzieci w wielu wymiarach (patrz ryc. 9).



Rycina 9. Efekty zajęć z piłkami Eduball. W licznych eksperymentach nad skutkami zajęć z piłkami edukacyjnymi Eduball wykazano, że uczestnictwo w nich poprawia sprawność fizyczną dzieci, koordynację ciała, koordynację oko-ręka, ustalanie lateralizacji, a jednocześnie wspiera nabywanie wiedzy i umiejętności z języków obcych, matematyki, umiejętności czytania i pisanie, a także są skuteczną metodą edukacji dla osób ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi (Chmura i in., 2012; Cichy, 2008; Cichy i in., 2022a, 2022b, 2022c; Cichy i Popowczak, 2007, 2009; Cichy i Rokita, 2012; Cichy i in., 2010, 2011, 2015; Cichy i Rzepa, 2005; Koszczyc i in., 2004; Krajewski i Cichy, 2009; Krysmann i Rokita, 2011; Naskręt i in., 2018; Pawlik i in., 2013; Pham i in., 2021; Rokita, 2007a, 2007b, 2007c, 2007d, 2008a, 2008b; Rokita i Cichy, 2013, 2014, 2015a, 2015b; Rokita i in., 2012, 2013a, 2013b, 2017; Rokita i Kaczmarczyk, 2011; Rokita i Krysmann, 2011; Rzepa i Wójcik, 2007a, 2007b, 2007c, 2007d; 2009, 2011; Wawrzyniak i in., 2015, 2021, 2022; Wójcik i Rzepa, 2007).

Eduball jest metodą, którą można stosować w ramach dowolnych zajęć. Mimo to zdecydowanie najczęściej wykorzystywana jest w ramach lekcji wychowania fizycznego, tym samym zastępując tradycyjne zajęcia. Redukcja czasu poświęconego na typowe ćwiczenia motoryczne na rzecz aktywności motoryczno-poznawczych mogłaby wiązać się z obawą odbiorców, że efektem stosowania metody Eduball będzie mniejsza sprawność fizyczna dzieci. Dlatego kluczowe było zweryfikowanie tego w jaki sposób piłki edukacyjne wpływają na sferę fizyczną (patrz ryc. 10). Pierwsze badanie przyniosło bardzo optymistyczne wnioski, gdyż stwierdzono, że zajęcia z piłkami edukacyjnymi mogą nawet przyczyniać się do poprawy sprawności fizycznej, lecz różnica którą zaobserwowano nie była istotna, a jedynie była tendencją i wymagała dalszych badań (Cichy i Rzepa, 2005). Kolejny eksperyment był najdłuższym i najbardziej skomplikowanym w swojej procedurze ze wszystkich, bowiem trwał trzy lata (od początku do końca etapu wczesnoszkolnego uczestników), prowadzony był w kilku miejscowościach i został podzielony na 6 semestrów, po każdym z których następował pomiar. Na podstawie analizy zebranych danych stwierdzono, że zajęcia z piłkami edukacyjnymi nie powodują zmian w sprawności fizycznej (Rokita, 2007c; Rzepa i Wójcik, 2007c). Innymi słowy uczniowie z grupy kontrolnej osiągnęli porównywalne wyniki do uczniów z grupy eksperymentalnej. Zatem autorzy potwierdzili swoją hipotezę, że lekcje wychowania fizycznego prowadzone w formie gier z piłkami edukacyjnymi, nie stanowią zagrożenia dla właściwego rozwoju motorycznego uczestników zajęć. Zweryfikowano to również w grupie uczniów z orzeczeniem o potrzebie kształcenia specjalnego (Cichy, 2008; Cichy i in., 2011; Krajewski i Cichy, 2009), a także wśród dzieci wietnamskiej narodowości (Pham i in., 2021) dochodząc do podobnych wniosków. Ponadto dokonano analizy częstości skurczów serca oraz zmiany poziomu wytrzymałości dzieci, które nie wykazały istotnych różnic względem tradycyjnego programu wychowania fizycznego (Chmura i in., 2012; Rzepa i Wójcik, 2011). Analizując wyniki z przeprowadzonych badań autorzy stwierdzili, że zajęcia z piłkami Eduball są nie tylko neutralne względem sprawności fizycznej, ale jak to wskazał Rokita stosowanie ich w toku zajęć jest również bardzo korzystne dla uczniów, bowiem nie powodując pogorszenia funkcjonowania fizycznego jednocześnie pozwala na realizację treści programowych z pozostałych przedmiotów w dodatkowym czasie, a co najważniejsze na swobodę w dowolnym integrowaniu ich (2008).



Rycina 10. Eksperymenty Eduball dotyczące wpływu na funkcjonowanie motoryczne. Badania nad wpływem udziału w zajęciach z piłkami edukacyjnymi Eduball wykazały, że wpływają w takim samym lub lepszym stopniu na sprawność fizyczną, asymetrię funkcjonalną ciała, fundamentalne umiejętności ruchowe, koordynację całego ciała oraz oko-ręka, a także orientację przestrzenną dzieci.

Mając pewność, że zajęcia z Eduball nie wpływają negatywnie na ogólną sprawność fizyczną uczestników postanowiono sprawdzić bardziej precyzyjnie określone grupy umiejętności ruchowych, których rozwój mógłby być uwarunkowany specyfiką lekcji z piłkami edukacyjnymi. Większość ćwiczeń wykonywanych podczas tradycyjnego programu wychowania fizycznego jest zdominowana przez jednostronne ruchy ciała, podczas gdy gry Eduball charakteryzują się stymulacją obu kończyn. Rzepa i Wójcik przypuszczali, że takie ćwiczenia mogą mieć wpływ na jeden z ważniejszych procesów w rozwoju ruchowym dziecka w okresie przedszkolnym i wczesnoszkolnym jakim jest lateralizacja ciała (2009). Jak zauważyli wraz z jej ustaleniem tworzą się korzystne warunki dla optymalnego rozwoju dziecka. Z kolei u dzieci z nieustaloną lateralizacją obserwuje się wiele zaburzeń zarówno

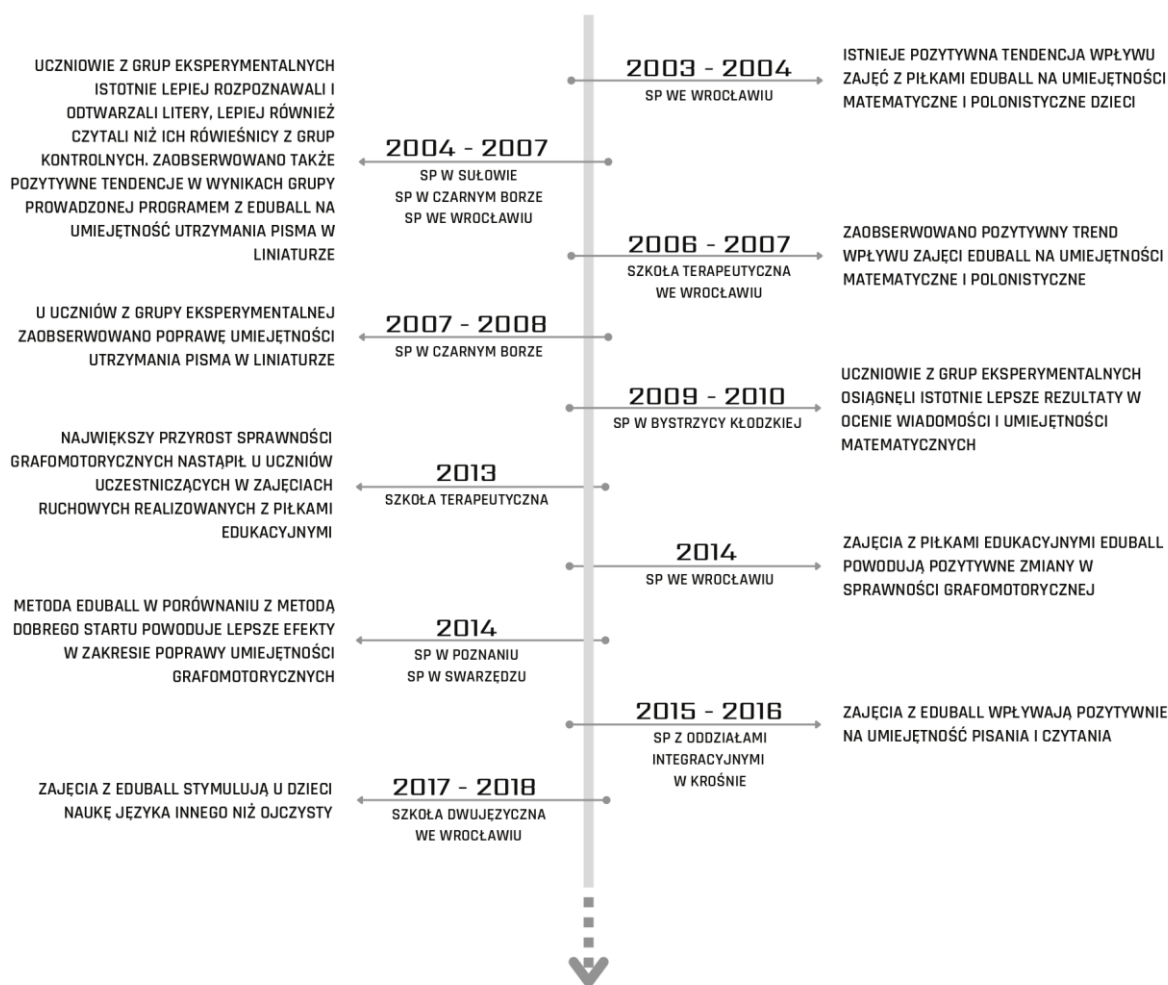
umysłowych jak i motorycznych, które między innymi mogą opóźnić osiągnięcie gotowości szkolnej dziecka. Aby zweryfikować swoją hipotezę badacze przeprowadzili trzyletni eksperyment z udziałem uczniów rozpoczynających wówczas edukację w zerówce i w klasie pierwszej. Analiza wyników ukazała, że istnieją tendencje na korzyść grup eksperymentalnych zarówno w kierunku, jak i rodzaju profili asymetrii, jednak nie stwierdzono istotnych różnic. Jednocześnie w jednym z ostatnich artykułów, w przygotowaniu którego również brałam udział, zasugerowaliśmy, że gry Eduball, stanowiąc trening niedominujących kończyn, mogą skutkować zwiększeniem efektywności wychowania fizycznego (Cichy i in., 2022b). Wskazaliśmy, że może się to wiązać z efektem transferu międzypółkulowego i w szczególny sposób dotyczyć manipulacyjnych umiejętności ruchowych. Jednakże jest to tylko hipoteza, która wymaga badań skoncentrowanych na fizjologicznych skutkach Eduball.

Istniały także przesłanki, które sugerowały, że metoda Eduball może stymulować koordynację ruchową. Miało to ogromne znaczenie, gdyż spodziewano się, że rozwój tych zdolności jest powiązany z rozwojem umiejętności czytania i pisania (Surynt i Rokita, 2005). Przeprowadzone badania potwierdziły najpierw, że udział w zajęciach z Eduball zarówno pozytywnie wpływa na koordynację całego ciała (Cichy i in., 2010), a później, że kształtuje również rozwój koordynacji oko-ręka (Cichy i in., 2015). Dodatkowo autorzy odwołując się do analizy literatury, w której ustalili, że dobra orientacja czasowo-przestrzenna wspiera umiejętność pisania, sprawdzili jaki jest wpływ zajęć z piłkami edukacyjnymi właśnie na tę zdolność. Przeprowadzili w tym celu kilka eksperymentów, jednak we wszystkich stwierdzili brak istotnego efektu (Cichy i in., 2022c; Pawlik i in., 2013; Rokita i Kaczmarczyk, 2011; Wawrzyniak i in., 2015). Zdaniem badaczy główną determinantą takiego stanu rzeczy mógł być fakt, że duży przyrost orientacji czasowo-przestrzennej przypada na okres po 10. roku życia (Pawlik i in., 2013). Tymczasem badania prowadzono w grupie dzieci na pierwszym etapie edukacyjnym, a zatem w wieku poprzedzającym ten okres rozwojowy.

Bardzo istotne były także badania nad kosztami podwójnego błędu. W ostatnim czasie między naukowcami na całym świecie toczyła się żywa dyskusja nad negatywnymi skutkami jednoczesnego wykonywania czynności wymagających zaangażowania poznawczego i motorycznego. Powstała obawa, że gry i zabawy z Eduball charakteryzując się właśnie takim symultanicznym stymulowaniem obu tych sfer mogą powodować pogorszenie funkcjonowania fizycznego. Jednakże dowiedliśmy, że metoda Eduball nie powoduje w tym zakresie żadnych negatywnych efektów i stymuluje w takim samym, albo nawet lepszym

stopniu fundamentalne umiejętności ruchowe – lokomocyjne (poruszanie się płynnymi ruchami ciała w jednym lub drugim kierunku) i kontroli obiektu (manipulacyjne umiejętności ruchowe), a także grafomotorykę i orientację czasowo-przestrzenną. Zatem na podstawie wyników można stwierdzić, że zajęcia z piłkami edukacyjnymi Eduball są bezpieczne dla rozwoju fizycznego dzieci (Cichy i in., 2022c).

Równolegle do badań prowadzonych nad sprawnością fizyczną twórcy metody weryfikowali jej wpływ na funkcjonowanie poznawcze dzieci (patrz ryc. 11). Dużo uwagi poświęcono grafomotoryce, która choć u swoich podstaw opiera się przede wszystkim na motoryczności, to jest też bezpośrednio powiązana z rozwojem kognitywnym, bowiem warunkuje osiągnięcie sukcesów edukacyjnych (Galahue i in., 2011). Umiejętności grafomotoryczne to zarówno siła i kontrola mięśni palców, jak i zdolność pisania odręcznego czy rysowania, a zatem opanowanie ich jest podstawą do dalszego efektywnego funkcjonowania w szkole. Dzieci nabywają je na drodze różnych ćwiczeń manipulacyjnych, które prowadzą do automatyzacji pisma ręcznego. Pierwszy eksperyment w tym obszarze ukazał pozytywne tendencje w wynikach grupy prowadzonej programem z Eduball na umiejętność utrzymania pisma w liniaturze (Rokita i in., 2007). W kolejnym wykazano, że zajęcia z piłkami edukacyjnymi mogą wspierać kształtowanie umiejętności grafomotorycznych i pozytywnie wpływają na umiejętność utrzymania w liniaturze (Rokita i in., 2013). Co potwierdziliśmy raz jeszcze w niedawnym badaniu (Wawrzyniak i in., 2021), w którym użyliśmy już bardziej zaawansowanego i współczesnego narzędzia diagnostycznego jakim jest Profil Sprawności Grafomotorycznych składający się z czterech prób – odwzorowanie wzorów literopodobnych na kartce bez liniatury, odwzorowanie wzorów literopodobnych na kartce z liniaturą, przepisanie tekstu na kartce bez liniatury, przepisanie tekstu na kartce z liniaturą (Domagała i Mirecka, 2013). Bardzo ciekawych informacji dostarczyło także badanie, w którym porównano metodę Eduball nie tylko z tradycyjnym programem, ale także z jedną najczęściej stosowanych w polskich szkołach Metodą Dobrego Startu Marty Bogdanowicz (Naskręt i in., 2018). Wybrano je ze względu na fakt, że w pewnym zakresie są do siebie podobne, gdyż obie cechują się aktywizacją fizyczną uczniów oraz formą zabawową. Po półrocznej interwencji stwierdzono, że uczniowie z obu grup eksperymentalnych osiągnęli istotnie lepsze wyniki niż uczniowie z grupy kontrolnej. Jednak co tutaj najważniejsze wykazano, że to metoda Eduball jest bardziej skutecznym sposobem rozwijania umiejętności grafomotorycznych dzieci niż Metoda Dobrego Startu.



Rycina 11. Eksperymenty Eduball dotyczące wpływu na nabywanie wiedzy i wyniki w nauce. Przeprowadzono szereg badań nad wpływem udziału w zajęciach z piłkami edukacyjnym Eduball na umiejętności szkolne, w których wykazano, że metoda Eduball stymuluje grafomotorykę, umiejętność czytania, naukę języków obcych oraz wiedzę i umiejętności matematyczne dzieci.

Równie ważną kompetencją zdobywaną na pierwszym etapie edukacyjnym jest umiejętność czytania. Często staje się wręcz wyznacznikiem osiągnięcia sukcesu edukacyjnego (dla ucznia) i dydaktycznego (dla nauczyciela) w pierwszej klasie. Dlatego poświęca się jej dużą ilość czasu po kolei wprowadzając litery alfabetu, ucząc literowania, sylabizowania, składania całych wyrazów, zdań, aż do opanowania płynnego czytania. Niestety zazwyczaj ten proces ma miejsce w klasie, gdzie uczniowie przebywają godzinami siedząc w ławkach szkolnych. Autorzy metody Eduball zauważyli wręcz tendencję niektórych nauczycieli do rezygnowania z ćwiczeń fizycznych na rzecz dodatkowego czasu, w trakcie którego dzieci mogą szlifować umiejętność czytania. Jednocześnie uważali, że ta sytuacja może inaczej wyglądać, bowiem dzięki umieszczeniu na piłkach Eduball liter alfabetu dzieci mogą je poznawać w ruchu i dalej szlifować posługiwanie się nimi (Rokita, 2008). Aby

sprawdzić czy gry Eduball mogą stymulować umiejętność czytania przeprowadzono dwa równoległe (w środowisku wiejskim i w środowisku miejskim), trzyletnie badania. W obu uczniowie z grup eksperymentalnych, w których realizowano program Eduball, osiągnęli istotnie wyższe wyniki niż uczniowie z grup kontrolnych. Na tej podstawie sformułowano wniosek, że uczestnictwo w zajęciach Eduball intensyfikuje tempo nabywania umiejętności czytania dzieci na etapie wczesnoszkolnym (Rokita, 2007, 2008; Rzepa i Wójcik, 2007).

Zarówno pisanie jak i czytanie niewątpliwie możemy zaliczyć do podstawowych umiejętności szkolnych, lecz nie mniej ważne są umiejętności matematyczne. Nie bez powodu na całym świecie potocznie mówi się, że matematyka to królowa nauk. W rzeczywistości nie sposób stwierdzić, który przedmiot szkolny jest najważniejszy, jednak z całą pewnością umiejętności matematyczne są kluczowe zarówno na pierwszym etapie edukacyjnym, jak i w życiu dorosłym. Co więcej, nabywanie ich często sprawia wiele trudności uczniom, jest dla nich stresujące, choć takie być nie musi. Matematyki można uczyć także przez zabawę. Bazując na takim stwierdzeniu przeprowadziliśmy eksperyment, w którym sprawdziliśmy czy zabawy z Eduball skutkują wyższymi kompetencjami z zakresu matematyki u dzieci z edukacji wczesnoszkolnej (Cichy i in., 2020). Istniały już wcześniejsze przesłanki z pierwszego badania Rzepy i Cichego, którzy zaobserwowali pozytywne tendencje w nabywaniu umiejętności matematycznych przez uczniów uczestniczących w zajęciach z piłkami edukacyjnymi (2005), jednak dopiero teraz jednoznacznie potwierdziliśmy, że uczniowie z grup eksperymentalnych osiągnęli istotnie lepsze rezultaty w ocenie wiadomości i umiejętności matematycznych. Wykazaliśmy, że zajęcia z Eduball szczególnie wpływają na kompetencje związane z kategoriami matematycznymi (zbiory i ich elementy, mnożenie i dzielenie, kształty geometryczne i mierzenie długości oraz mierzenie objętości i masy), które nie są tak ściśle związane z liczbami. Są zdecydowanie bardziej abstrakcyjnymi czynnościami i wymagają innego typu myślenia matematycznego. Te doniesienia potwierdziły raz jeszcze, że metoda Eduball opierając się na zabawie może być skuteczną metodą edukacyjną, nawet dla tak abstrakcyjnych treści jak matematyczne.

Innym obszarem w którym sprawdzano efektywność gier i zabaw z piłkami edukacyjnymi jest nauczanie języków obcych. Pierwotnie nie skupiano się na nim, bowiem dwadzieścia lat temu, kiedy to piłki zostały stworzone, nauczanie języków obcych nie było tak istotne i rozpoczynało się dopiero na drugim etapie edukacyjnym (Rozporządzenie MENiS, 2002). Jednakże z biegiem czasu sytuacja się zmieniała, tym samym umiejętność posługiwania się językiem angielskim stała się wymogiem dzisiejszych czasów. To znalazło

swoje odzwierciedlenie także w rozwiązaniach oświatowych, dzięki którym dzieci w polskich szkołach rozpoczynają naukę języka obcego (zazwyczaj języka angielskiego) już na etapie wczesnoszkolnym. Ogromna część młodych ludzi poza nauką w szkole uczęszcza na dodatkowe kursy organizowane przez prywatne firmy, które prześcigają się w uatrakcyjnianiu swoich zajęć. Jednak te innowacje skupiają się na formach, które można stosować siedząc przy biurku i nie aktywizują sfery motorycznej uczniów. Postanowiliśmy sprawdzić czy taka integracja ćwiczeń fizycznych z językiem innym niż ojczysty stymuluje uczenie się tego języka u dzieci (Cichy i in., 2022b). Założyliśmy, że chociaż język polski i angielski nie mają identycznych reprezentacji neuronowych, to gdy analizuje się je w kontekście ucieleśnionego poznania językowego są do siebie podobne. Aby zweryfikować swoje hipotezy przeprowadziliśmy półroczny eksperyment w szkole dwujęzycznej (polsko-angielskiej) z udziałem dzieci z klas pierwszych. Interwencja polegała, jak we wszystkich wcześniejszych eksperymentach, na włączeniu gier Eduball w program wychowania fizycznego. Ze względu na dwujęzyczność szkoły część lekcji (w obu grupach) była prowadzona w języku obcym. Po zakończeniu eksperymentu stwierdziliśmy, że uczniowie z grupy eksperymentalnej poprawili swoje umiejętności językowe znacznie bardziej niż uczniowie z grupy kontrolnej, którzy uczestniczyli w tradycyjnych zajęciach wychowania fizycznego. Dowiedliśmy zatem, że zajęcia z Eduball stymulują u dzieci naukę języka innego niż ojczysty. Jednak, trzeba podkreślić, że każdy język charakteryzuje się innymi reprezentacjami neuronowymi, wobec czego wyników eksperymentu nie można rozciągać na inne połączenia językowe i wymagałyby one dalszych badań.

Badania nad efektami poznawczymi metody Eduball koncentrują się głównie na kluczowych umiejętnościach, które dzieci nabywają w pierwszych latach nauki szkolnej. W dużej mierze poświęcone są dzieciom funkcjonującym w normie, jednak nie tylko, bowiem objęto nimi również dzieci z opiniami o specjalnych potrzebach edukacyjnych. Dysleksja rozwojowa jest powszechnie diagnozowanym zaburzeniem w rozwoju psychoruchowym. Rokita wraz zespołem stwierdzili, że w sferze poznawczej charakteryzuje się trudnościami w czytaniu, pisaniu i liczeniu, natomiast w sferze motorycznej zaburzeniami rozwoju ruchowego, koordynacji wzrokowo-ruchowej, orientacji przestrzennej i lateralizacji (2013). Ruch jest powiązany z procesami poznawczymi, dlatego trening oparty na ruchu może powodować korzystne zmiany kognitywne. To stało się podstawą do postawienia hipotezy, że zajęcia z piłkami edukacyjnymi, wpisując się właśnie w taki krąg metod, mogą stanowić skuteczną metodę terapeutyczną dla osób ze specyficznymi trudnościami w czytaniu i pisaniu

(Cichy i in., 2022a). Badanie przeprowadziliśmy w szkole terapeutycznej, do której uczęszczali tylko i wyłącznie uczniowie z opiniami z poradni psychologiczno-pedagogicznej. Podziału na grupy dokonaliśmy według wyników z testu poprzedzającego interwencję – do grupy kontrolnej przydzielono klasę, w której uczniowie uzyskali lepsze wyniki, natomiast do grupy eksperymentalnej – klasę, w której uczniowie osiągnęli gorsze wyniki. Po realizacji rocznego programu dzieci z obu grup osiągnęły porównywalne wyniki, a zatem metoda Eduball pomogła słabiej funkcjonującym dzieciom „dogonić” swoich rówieśników i tym samym wyrównać szanse edukacyjne uczniów. Wobec czego uzasadnionym jest stwierdzenie, że trening oparty na ruchu jest obiecującym podejściem do praktyki terapeutycznej. Jednocześnie należy podkreślić, że strategia tego typu wymaga należytego namysłu i starannego zaplanowania zajęć, a nasze badanie obejmuje jedynie wąski wycinek z szerokiej gamy możliwości, jakie daje wykorzystanie treningu mózgu opartego na ruchu do wspomagania leczenia tak złożonych zaburzeń jak dysleksja.

Piłki edukacyjne Eduball w znacznej mierze kojarzą się z wychowaniem fizycznym – najczęściej gry z nimi przeprowadzane są w ramach lekcji wychowania fizycznego, dodatkowo zostały stworzone przez naukowców z Akademii Wychowania Fizycznego i to właśnie osoby związane z tym obszarem zazwyczaj prowadzą szkolenia dla nauczycieli chcących praktykować w swojej klasie metodę. To wszystko sprawia poczucie, że może lepszym wyborem osoby do prowadzenia zajęć z Eduball byłby nauczyciel wychowania fizycznego, który jako specjalista od kształtowania sprawności motorycznej poprowadziłby zajęcia w bardziej umiętny sposób. Prawo oświatowe w Polsce nie reguluje tej kwestii na poziomie edukacji wczesnoszkolnej. Zatem choć zazwyczaj wszystkie zajęcia prowadzi wychowawca przygotowany do realizacji ogółu przedmiotów, to jednak zdarzają się też sytuacje gdzie przynajmniej część wychowania fizycznego prowadzi przedmiotowiec. Z odpowiedzią na tę wątpliwość przyszły wyniki jednego z ostatnich eksperymentów, w którym porównaliśmy efekty uzyskiwane przez wychowawców, nauczycieli wychowania fizycznego oraz obojga nich pracujących we współpracy (Wawrzyniak i in., 2022). Po rocznym eksperymencie stwierdziliśmy, że wszystkie grupy eksperymentalne poprawiły swoje osiągnięcia zarówno w zakresie zdolności poznawczych (testowano umiejętności matematyczne, czytania i pisanie) jak i motorycznych (lokomocja i kontrola obiektu) w takim samym stopniu. Co więcej, uczestnicy wszystkich grup Eduball osiągnęli istotnie wyższe wyniki niż uczestnicy z grupy kontrolnej, którzy uczestniczyli w tradycyjnym programie wychowania fizycznego. Tym samym wykazaliśmy raz jeszcze, że zajęcia z Eduball są

efektywnym sposobem nauczania i stymulowania rozwoju fizycznego. A także co najważniejsze udowodniliśmy, że ta skuteczność nie zależy od typu nauczyciela, wobec czego każdy może z powodzeniem stosować metodę Eduball.

Sukcesem tworzenia metody edukacyjnej jest jednak nie tylko jej skuteczność, ale potrzeba tutaj też dobrej opinii grona odbiorców, którzy chętnie będą sięgali po dane rozwiązanie. Po pierwszych pilotażowych badaniach wiadomym było, że piłki Eduball przypadły do gustu zarówno dzieciom, jak i ich rodzicom i nauczycielom (Rokita i Rzepa, 2002). Bardziej szczegółowych danych dostarczył sondaż diagnostyczny, w którym Rokita i in. zapytali 60 nauczycieli, mających już doświadczenie pracy z piłkami edukacyjnymi, o chęć dalszego korzystania z nich (2007). Badacze otrzymali bardzo pozytywne odpowiedzi, bowiem aż 97% respondentów zadeklarowało, że chciałoby aby Eduball były wprowadzone we wszystkich szkołach podstawowych. Podobne wyniki uzyskali na pytanie skierowane do blisko 300 uczniów klas I-III, na które ponad 90% z nich odpowiedziało, że podobają im się zajęcia z Eduball, a także że lubią gry i zabawy z piłkami edukacyjnymi. Co też znamienne większość z ponad 200 rodziców odpowiedziała twierdząco na pytanie o to czy dzieci wracając ze szkoły opowiadają w domu o zajęciach z piłkami. Potwierdzili oni także, że w ich opinii dzieci stały się sprawniejsze fizycznie. Z równie dobrym postrzeganiem Eduball badacze spotkali się w przypadku dzieci z klasy integracyjnej. Cichy i Popowczak w przeprowadzonym eksperymencie zauważyli, że dzieci były bardzo zaangażowane w gry i zabawy (2007). Aktywizowały nawet te osoby, które na co dzień były raczej wycofane i skryte, a w tej sytuacji stawały się odważniejsze i chętnie udzielały odpowiedzi. Nauczyciele zapytani o zdanie podkreślali, że w trakcie lekcji z Eduball zniknął podział na uczniów, którzy uczą się lepiej i gorzej. Co więcej, dostrzegli, że dzieci nadpobudliwe ruchowo stały się spokojniejsze, bowiem ich potrzeba ruchu została w naturalny sposób zaspokojona. Nie mniej istotne było ich spostrzeżenie dotyczące inicjowania współpracy pomiędzy uczniami, którzy aby rozwiązać zadanie musieli ze sobą efektywnie współpracować. Te bardzo pozytywne opinie, choć reprezentujące tylko pewien wycinek rzeczywistości, w dalszej konsekwencji spowodowały, że Eduball z biegiem czasu staje się znane coraz szerszemu gronu i może się upowszechnić zarówno w Polsce jak i na świecie.

Podsumowując, Eduball należy do bardzo wąskiego grona metod edukacyjnych, które zostały wielokrotnie przebadane empirycznie i wykazano ich skuteczność zarówno w sferze fizycznej, jak i poznawczej. Niemniej proces weryfikacji efektów stosowania piłek edukacyjnych Eduball nie jest zamknięty. Cały czas prowadzimy z zespołem kolejne analizy

na podstawie już zgromadzonych danych, które w niedługim czasie będziemy mogli zaraportować. Jednocześnie w planach mamy także kolejne eksperymenty. Dostrzegamy potrzebę sprawdzenia wpływu Eduball na sferę społeczną, bowiem wydaje się, że poprzez specyfikę gier metoda może być dobrym sposobem budowania umiejętności społecznych, szczególnie pracy w zespole. Innym obszarem, który często jest wskazywany przez naukowców jako szczególnie obiecujący w kontekście Eduball, jest praca z osobami z różnego rodzaju niepełnosprawnościami. I choć obserwacje prowadzone podczas lekcji z dziećmi z orzeczeniem o potrzebie kształcenia specjalnego pokazują, że zabawa z piłkami Eduball przynosi im wiele radości, motywuje do działania, to brakuje dowodów naukowych, które by wykazały efektywność procesu edukacji w tym przypadku.

Ponadto, jak wskazywaliśmy w naszych publikacjach, poza badaniem innych obszarów warto byłoby także wprowadzić modyfikacje dotychczasowego schematu eksperymentów między innymi poprzez dodatkową weryfikację skutków długofalowych, wydłużając czas interwencji, czy też dodanie grupy kontrolnej, w której uczestnicy uczestniczyliby w innym innowacyjnym programie edukacyjnym (Cichy i in., 2020, 2022a, 2022b, 2022c, Wawrzyniak i in., 2021, 2022). Uzasadnione wydaje się również przeprowadzenie badań w innych krajach, zwłaszcza spoza naszego kręgu kulturowego, tak aby wziąć pod uwagę czynniki wynikające ze specyfiki danego miejsca i jego mieszkańców, jak chociażby podejście do aktywności fizycznej. Cennych wniosków mogłyby dostarczyć także eksperymenty z udziałem dzieci i młodzieży na innych poziomach edukacyjnych, wykorzystujących inne testy motoryczne i poznawcze, czy nawet inne techniki i metody badań z zakresu neuronauki. Dodatkowo więcej światła na podłoże obserwowanych efektów z pewnością rzuciłoby zastosowanie pomiarów fizjologicznych parametrów. Co więcej, z dwóch prac wypływa również wniosek o miniaturyzacji piłek (Cichy i in., 2022a; Wawrzyniak i in., 2021).

Metoda Eduball do tej pory była strategią włączania treści dydaktycznych do edukacji fizycznej. Jednak wyniki przeprowadzonych dotychczas eksperymentów były tak dobre, że uznaliśmy wraz z zespołem, że pożądane by było wykorzystanie piłek edukacyjnych w innych formatach, tym razem w klasie szkolnej. A zatem można by aktywizować fizycznie dzieci podczas lekcji przedmiotowych, a nawet w trakcie przerw. Lecz, aby to było możliwe, piłki musiałyby być mniejsze, a gry i zabawy z nimi powinny opierać się na czynnościach możliwych do zrealizowania w przestrzeni sali lekcyjnej. Wobec tego idealnym rozwiązaniem wydaje się być łączenie treści dydaktycznych z manipulowaniem dłońmi (Bronikowski i in.,

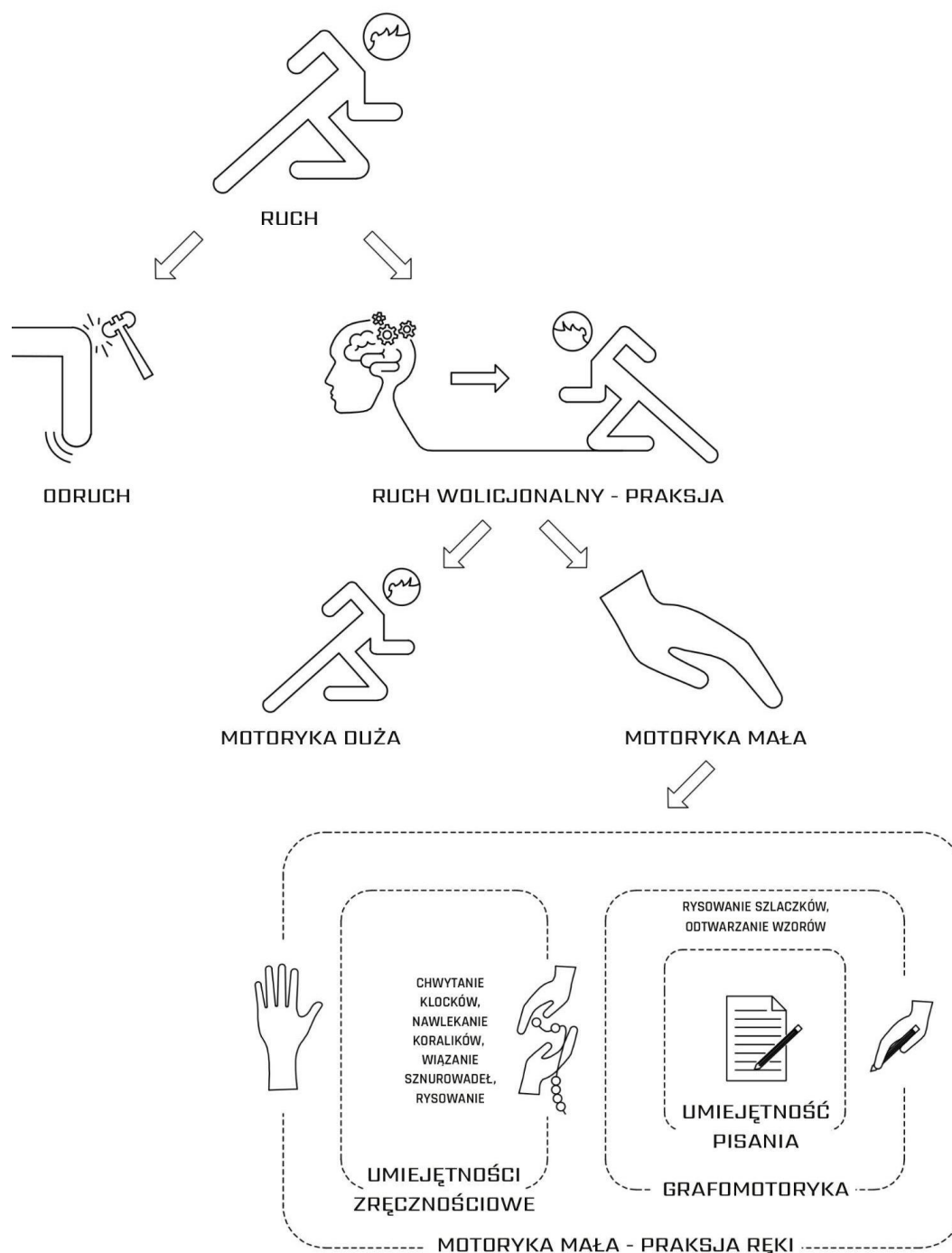
2022). W kolejnej części dokonam przeglądu najnowszych badań koncentrujących się wokół powiązań motoryki małej z procesami poznawczymi. Podejmę tym samym próbę uzasadnienia koncepcji zmniejszenia piłek Eduball i dopasowania ich rozmiarem do dłoni.

1.4. Przesłanki miniaturyzacji Eduball

Związki aktywności fizycznej z prawidłowym rozwojem ludzi są dobrze znane i przebadane. Nieco mniej wiadomo na temat szczegółów dotyczących procesów zachodzących w mózgu wywoływanych przez aktywność fizyczną (Howard-Jones, 2014a). Istnieje w tym zakresie kilka potencjalnych wyjaśnień (Oberer i in., 2017; Van der Fels, 2014), jednak z całą pewnością ruch wpływa pozytywnie na pracę mózgu i na takie funkcje poznawcze dzieci jak: uwaga, przetwarzanie informacji, funkcje wykonawcze i pamięć, a to ich stymulacja stanowi fundament poprawy osiągnięć szkolnych (Donnelly i in., 2016). Co więcej, na podstawie przeglądu badań, można stwierdzić, że korzystne efekty przynosi stymulacja zarówno motoryki dużej jak i małej (Houwen i in., 2016; Oberer i in., 2017), wspierając lepsze uczenie się i osiąganie wyższych wyników w nauce (Gonzalez i in., 2019). Szczególnie korzystne jest integrowanie zadań poznawczych z aktywnością fizyczną, na przykład w ramach lekcji (Marttinen i in., 2017; Mavilidi i Vazou, 2021; Michael i in., 2019; Webster i in., 2015). Jednakże większość metod łączących ruch z zadaniami poznawczymi w szkole, w tym także Eduball, opiera się na angażowaniu motoryki dużej, podczas gdy jak wskazują najnowsze badania z zakresu neuronauki poznawczej to motoryka mała jest silniej powiązana z podstawowymi umiejętnościami szkolnymi (Bidula i in., 2017; Klichowski i Króliczak, 2017, 2020; Klichowski i in., 2020; Króliczak i in., 2020, 2021; Przybylski and Króliczak, 2017; Styrkowiec i in., 2019; Suggate i in., 2018). Tymczasem izolacja umiejętności motorycznych od poznania tak w nauce, jak i w praktyce zaowocowała bardzo małą liczbą takich strategii. Koncepcja miniaturyzacji piłek edukacyjnych Eduball powstała na podstawie powyższych doniesień i potrzeby opracowania metody, która będzie opierała się na zadaniach wymagających jednoczesnego zaangażowania poznawczego i motoryki małej (Bronikowski i in., 2022).

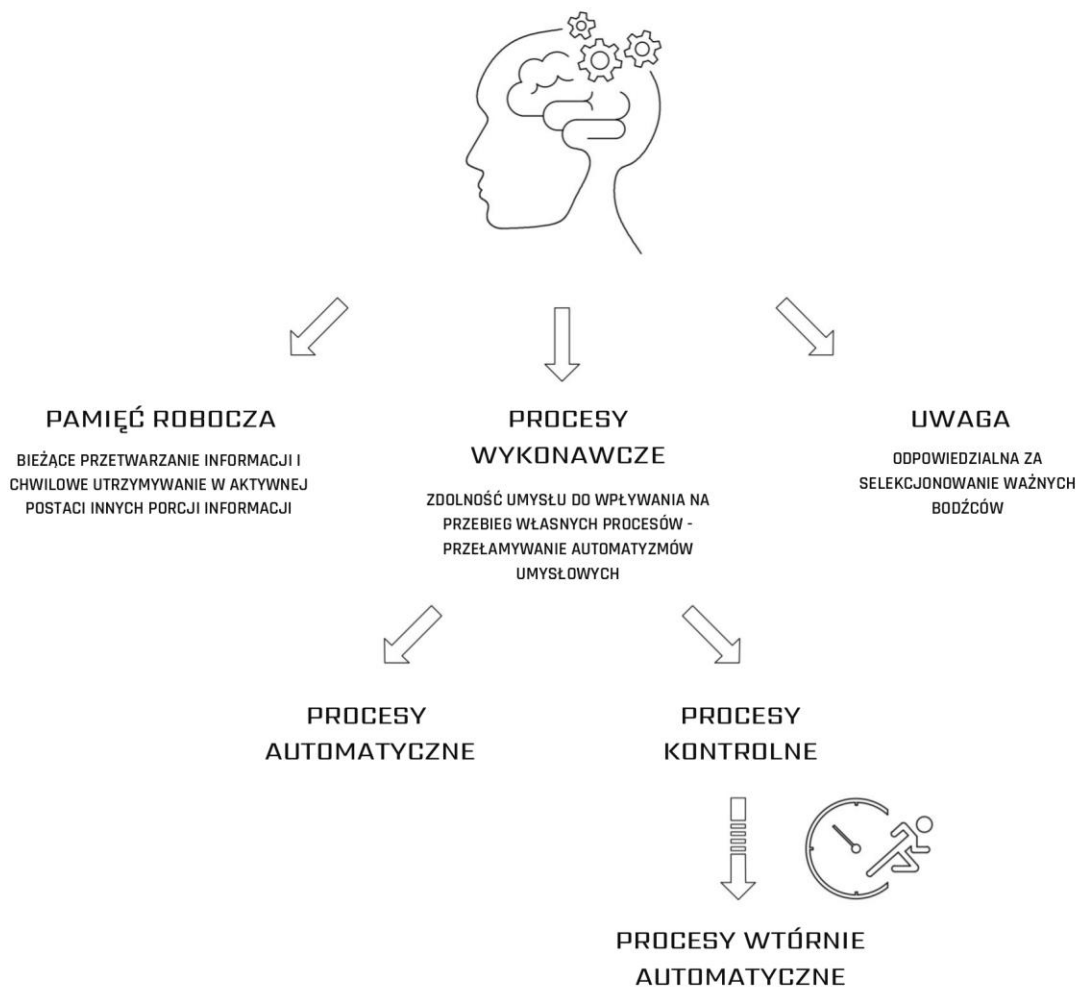
Ruch jest dość ogólnym pojęciem, które można podzielić na kategorie według różnego rodzaju kryteriów (patrz. ryc. 12). Jednym z podstawowych podziałów jest rozgraniczenie ruchu wolicjonalnego od odruchu (Schwartz, 2016). Innym, powszechnie stosowanym kryterium, jest podział według grup zaangażowanych mięśni i zdolności koordynacyjnych na motorykę dużą i motorykę małą (Matheis i Estabillo, 2018). Ta ostatnia często definiowana

jest jako ruchy małych mięśni, zasadniczo angażujące palce, wymagające ścisłej koordynacji wzrokowo-ruchowej (Dinehart i Manfra, 2013; Gallahue i in., 2011; Jordan i Infantes-Paniagua, 2021; Luo i in., 2007; Suggate i in., 2019), inaczej nazywana sprawnością ruchową ręki (Nazaruk i Tokarewicz, 2018). Zazwyczaj powiązana jest z manipulacją małymi przedmiotami. Opanowanie tych umiejętności jest kluczowe dla osiągnięcia samodzielności, bowiem stanowią one podstawę wielu codziennych czynności, praktykowanych powszechnie już od wczesnego dzieciństwa (Strooband i in., 2020). Na tak zbudowanym fundamencie mogą się kształtować kolejne, bardziej skomplikowane kompetencje – wpięrw grafomotoryczne, a w końcu umiejętność pisania, wymagająca nie tylko precyzji i zręczności palców, ale także kognitywnej znajomości liter i słów (Suggate i in., 2019). Nabycie tych podstawowych umiejętności będzie determinować sukces szkolny. Bowiem, jak pokazują badania, rozwój motoryki małej, już na etapie przedszkolnym, jest istotnym predyktorem późniejszych osiągnięć akademickich (Jordan i Infantes-Paniagua, 2021; Strooband i in., 2020). Jednak trzeba tu podkreślić, że kształtowanie umiejętności pisania nie kończy się na etapie wczesnoszkolnym, a nawet wykracza poza edukację podstawową (Bazerman i in., 2017, 2018). Wobec tego, wspieranie rozwoju motoryki małej, również poprzez właściwe metody, jest niezmiernie istotne na różnych etapach wzrastania dziecka.



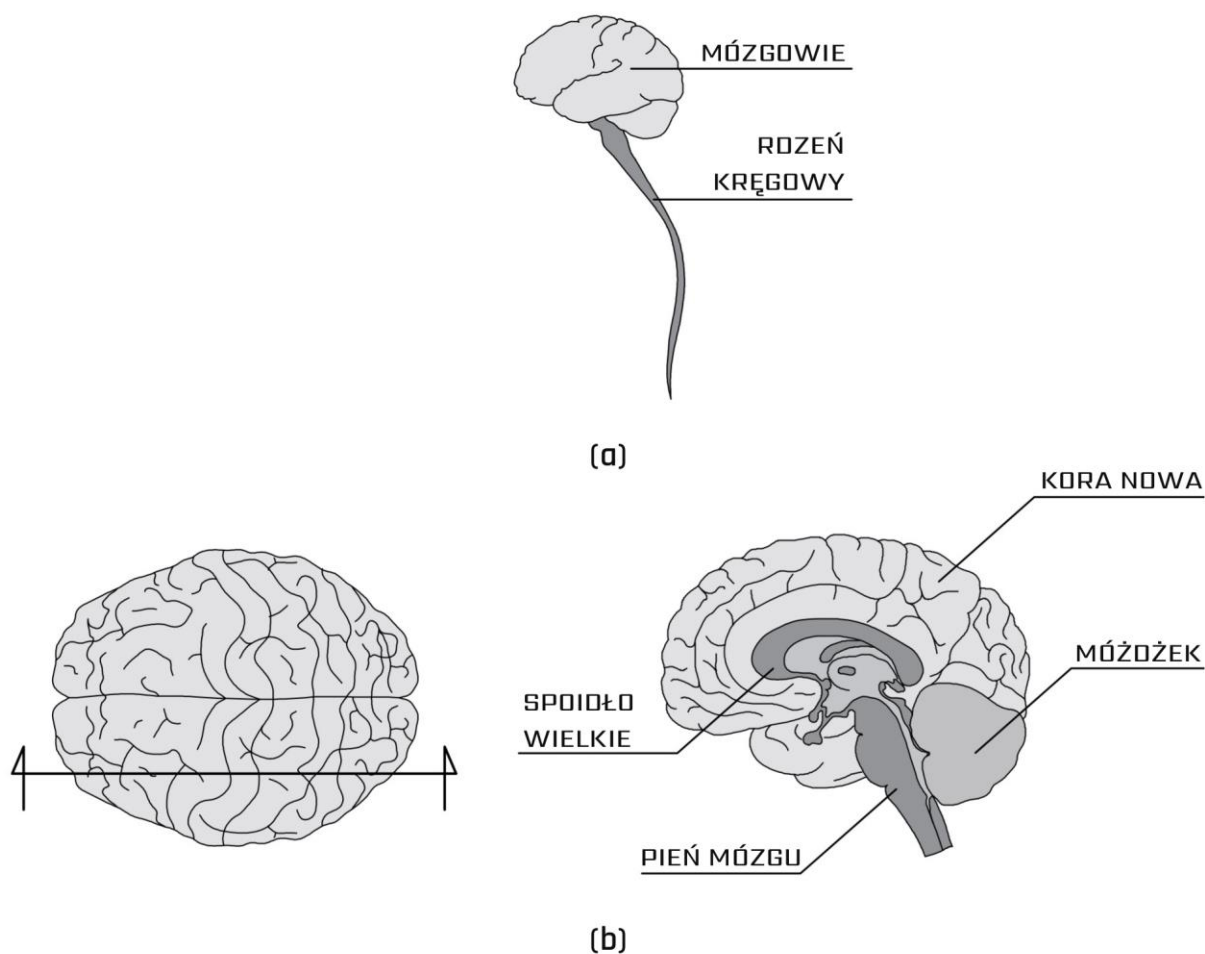
Rycina 12. Typologia ruchu. Ruch najprościej można podzielić na odruchy – automatyczne reakcje na jakiś bodziec pozbawionej intencji oraz ruch wolicjonalny – wynikający z procesów poznawczych, wymagający decyzji o podjęciu działania w jakimś celu (Schwartz, 2016). Zdolność do wykonywania precyzyjnych ruchów celowych nazywamy także prakcją (Nolte, 2011). W ramach tej grupy możemy dalej rozróżnić motorykę dużą (odnoszącą się do takich czynności jak na przykład samodzielne siedzenie, czołganie się, chodzenie czy też bieganie) oraz motorykę małą (reprezentowaną przez takie czynności jak chwytanie klocków, nawlekanie koralików, wiązanie sznurowadeł czy też rysowanie) (Gonzalez i in., 2019; Suggate i in., 2019). Analogicznie do całości ruchu precyzyjne i celowe ruchy dłonią możemy nazwać prakcją ręki (ang. *manual praxis*), na które składają się między innymi umiejętności grafomotoryczne, zawierające w sobie umiejętność pisania oraz umiejętności zręcznościowe (Martzog i Suggate, 2022; Suggate i in., 2019).

Jednak, aby motoryka mała, mogła się w pełni rozwinąć niezbędne jest nabycie bardziej podstawowych umiejętności motorycznych. Przejście na wyższy etap wymaga osiągnięcia kamieni milowych związanych z poprzednią fazą. Na przykład aby dziecko zaczęło biegać wpierw musi nauczyć się chodzić. Dopiero wtedy rozwój motoryczny może wejść na kolejny poziom obejmujący umiejętności wyższego rzędu, jak między innymi, charakterystyczne dla ludzi, posługiwanie się narzędziami (Kahrs i in., 2014). Człowiek przychodząc na świat poznaje otoczenie zmysłami – wzrokiem, słuchem oraz poprzez dotyk i manipulację przedmiotami (Kurowska, 2018). Ten pierwszy etap życia i rozwoju nazywamy okresem sensoryczno-motorycznym, bowiem poznanie następuje na drodze polisensorycznego doświadczenia, podczas którego dziecko w praktycznym działaniu nabywa podstawowe umiejętności posługiwania się swoim ciałem. Dopasowuje informacje, pozyskiwane przez dotyk, wzrok i słuch, do działania w postaci aktów ruchowych. Początkowo informacje docierające do mózgu są niespójne, jednak z biegiem czasu opanowuje kolejne czynności, powtarzając je wielokrotnie, aż w efekcie ulegają one stopniowej autoregulacji i automatyzacji (patrz ryc. 13). Dzieje się tak dlatego, że człowiek wówczas tworzy i zapamiętuje w swoim umyśle modele wewnętrzne, dzięki którym pewne, wyuczone działania mają zdefiniowany przebieg i nie wymagają już zaangażowania pełnej uwagi w kontrolę tej czynności (Bronikowski i in., 2022). Kiedy dziecko opanuje już dane zdolności motoryczne, stworzy mu to przestrzeń na kształtowanie nowych umiejętności poznawczych, a one z kolei umożliwią opanowanie bardziej złożonych zadań ruchowych. Te powiązania nigdy nie przestaną być aktualne, a wręcz ze wzrostem złożoności zadania rośnie też współzależność obszarów funkcjonowania człowieka.



Rycina 13. Podział procesów wykonawczych. Procesy wykonawcze, czy też inaczej kontrola poznawcza, stanowią obok uwagi i pamięci roboczej jeden z podstawowych procesów poznawczych (Nęcka, 2018). Wśród nich możemy wyróżnić procesy automatyczne (na przykład regulacja ciśnienia krwi), które zachodzą bez uwagi i intencji człowieka (odbywają się poza jego świadomością), oraz procesy kontrolne wymagające świadomego zainicjowania i trzymania kontroli nad nimi, a wobec tego także zaangażowania uwagi (między innymi uczenie się nowych umiejętności). Jednak na skutek (zazwyczaj długotrwałego) treningu mogą ulec automatyzacji, wówczas nazywamy je procesami wtórnie automatycznymi (na przykład umiejętność zmiany biegów w trakcie kierowania samochodem) (Jaśkowski, 2009). Podobnie jest w przypadku kontroli motorycznej – akty które zachodzą w sposób zautomatyzowany podlegają kontroli sensomotorycznej, natomiast kontrola umysłowa odpowiada za działania dobrowolne (wolicjonalne). Jednak może zdarzyć się sytuacja, w której czynność już wcześniej opanowana i zautomatyzowana w nowych okolicznościach – na przykład ze względu na inne warunki pogodowe – będzie ponownie wymagała kontroli umysłowej (Schack i Frank, 2021). Zdolność mózgu do dynamicznej zmiany (delegowania kory do innych części mózgu) sposobu radzenia sobie z powtarzalnymi zadaniami jest charakterystyczna dla ludzkiego poznania. Dzięki temu kora mózgowa została uwolniona i może w większym stopniu być zaangażowana w przetwarzanie informacji z nowych nieprzewidywalnych zdarzeń (J. Shine i R. Shine, 2014).

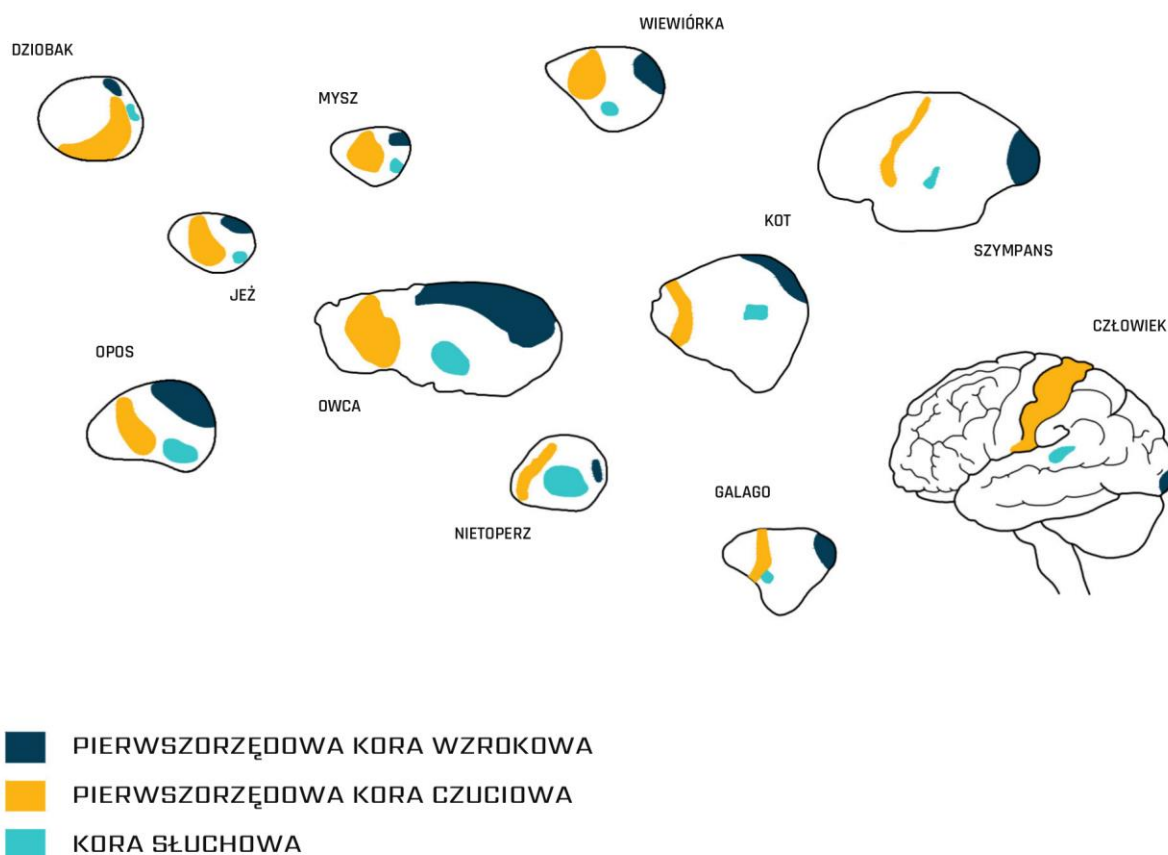
Proces uczenia się może zachodzić dzięki plastyczności mózgu (neuroplastyczności), czyli zdolności tkanki nerwowej do trwałej zmiany organizacji – zmiany istniejących lub tworzenia nowych połączeń nerwowych pod wpływem zmiennych bodźców środowiska (poprzez naukę, procesy rozwojowe, ale także uszkodzenia). I choć każdy człowiek rozwija indywidualny zestaw umiejętności i kompetencji motorycznych, wynikający z jego własnych predyspozycji i interakcji z danym środowiskiem (Adolph i Hoch, 2019), to w gruncie rzeczy wszyscy ludzie charakteryzują się takim samym systemem poznawczym (Jaśkowski, 2009). Wobec tego pewne uogólnione zasady uczenia się są uniwersalne. Umysł odbiera różnego rodzaju bodźce, które później przetwarza i programuje, tak aby zareagować na nie poprzez adekwatne zachowanie. Ten proces zachodzi dzięki ośrodkowemu układowi nerwowemu, w skład którego wchodzi mózgowie oraz rdzeń kręgowy (patrz ryc. 14) oraz obwodowemu układowi nerwowemu łączącemu OUN z receptorami i efektorami (Brodal, 2004). Informacje sensoryczne – bodźce, trafiają za ich pomocą do mózgu, gdzie zachodzą procesy poznawcze, w wyniku których rozkazy przekazywane są do mięśni i gruczołów. A zatem miliardy neuronów tworzące ośrodkowy układ nerwowy sterują praktycznie wszystkimi czynnościami ludzi – myśleniem, mówieniem, odczuwaniem i wszelkim zachowaniem, wpływając tym samym na wszystkie aspekty życia.



Rycina 14. Ośrodkowy układ nerwowy. (a) Ośrodkowy układ nerwowy składa się z rdzenia kręgowego i mózgowia, (b) w ramach którego możemy wyróżnić: pień mózgu, mózdzek, półkule mózgowe (lewą i prawą) przykryte korą nową oraz międzymózgowie (umiejscowione pomiędzy półkulami). Informacje pomiędzy półkulami mózgu przekazywane są za pomocą spoidła mózgu (ciała modzelowatego), w szczególności największego z nich – spoidła wielkiego. Pełni ono krytyczną rolę w transferze wyuczonych asocjacji z jednej półkuli do drugiej (Cybulska-Kłosowicz i Kossut, 2006).

Jednak samo centrum sterowania tymi procesami znajduje się w mózgu – najbardziej skomplikowanym organie w ciele człowieka. Aby w pełni się rozwinąć potrzebuje wielu lat. Proces ten rozpoczyna się już w trakcie ciąży i trwa aż do wczesnej dorosłości (Gilmore i in., 2018; Lebel i Deoni, 2018). W tym czasie czterokrotnie się powiększa, znacznie przewyższając spodziewane rozmiary dla naczelnych (DeFelipe, 2011; Halley i Deacon, 2017; Barton i Montgomery, 2019; Lesciotto i Richtsmeier, 2019). Istnieje wiele teorii, które wyjaśniają jakie czynniki (ekologiczne, społeczne, kulturowe) mogą stanowić predyktor wielkości mózgu (Burini i Leonard, 2018; Gonzalez-Forero i Gardner, 2018; Halley i Deacon, 2017; Hofman, 2014; Powell i in., 2017; Whiten i van de Waal, 2017), jednakże nie ma w tym

zakresie zgody. Interesujący jest fakt, że duży mózg to nie tylko pozytywne aspekty, ale także te negatywne, bowiem wielkość bezpośrednio wiąże się z wysokimi kosztami metabolicznymi i większym oddaleniem sieci funkcjonalnych (Gonzalez-Forero i Gardner, 2018). Co więcej, mózg człowieka jest pewnym fenomenem, bo choć nie jest największy na świecie (na przykład mózg słonia czy też wieloryba jest kilkukrotnie większy), to jego iloraz encefalizacji (ang. *encephalization quotient*), czyli stosunek masy mózgu do masy całego ciała, ponad siedmiokrotnie przewyższa przeciętną, uzyskiwaną przez ssaki (Halley i Deacon, 2017; Lesciotto i Richtsmeier, 2019; Miller i in., 2019) i osiąga aż 2,5% masy, co stanowi najwyższy wskaźnik wśród nich wszystkich (DeFelipe, 2011). Zaskakujące jest, że pomimo, tego iż toku ewolucji przechodził wiele zmian, to od kilkuset tysięcy lat nie zmienił swojego rozmiaru, ulegając jedynie przeobrażeniom w zakresie kształtu i większemu pofałdowaniu (DeFelipe, 2011; Neubauer i in., 2018). Dzięki temu nastąpił ogromny wzrost jego złożoności (patrz ryc. 15) i to właśnie ta jakościowa zmiana powoduje, że ludzie są najinteligentniejszymi istotami na Ziemi, a ich mózgi tak wyjątkowe (DeFelipe, 2011; Halley i Deacon, 2017, Preuss, 2017). Dodatkowo pofałdowanie kory zmniejszyło odległości pomiędzy obszarami mózgu powiązanych przez poszczególne sieci funkcjonalne, a tym samym komunikacja między nimi została przyspieszona (Hofman, 2014).

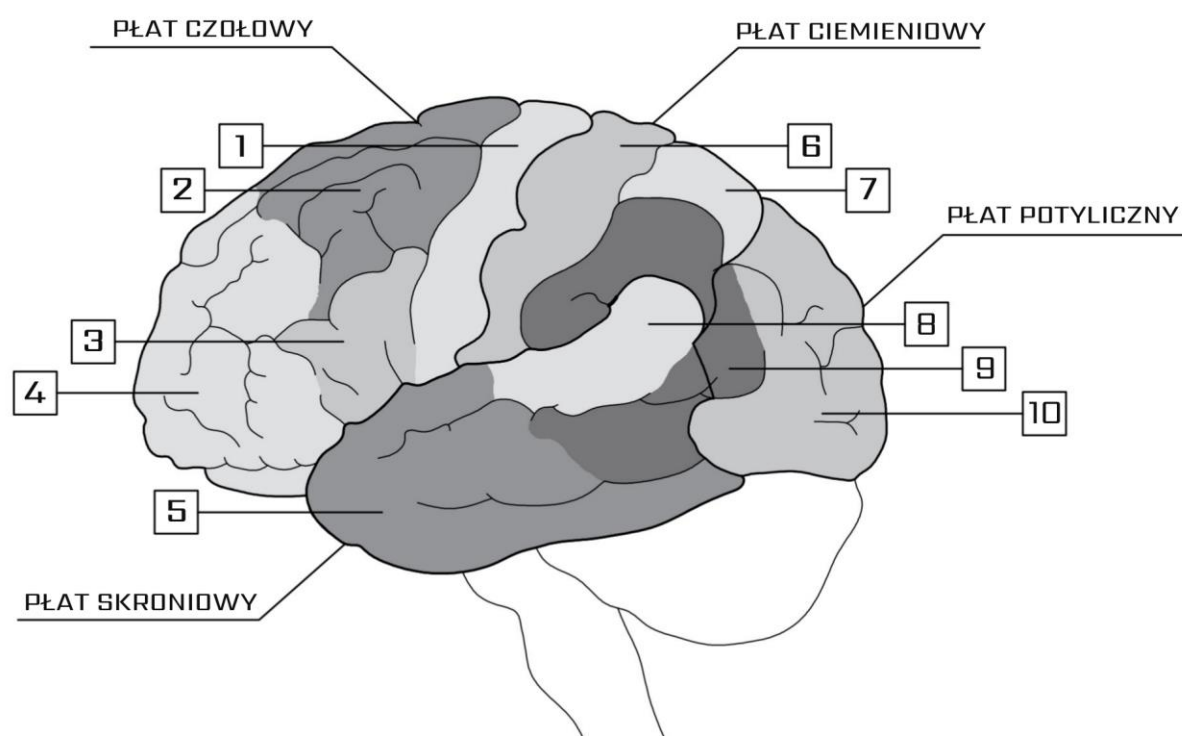


Rycina 15. Zróżnicowanie mózgu człowieka w stosunku do wybranych zwierząt. Istnieje powiązanie pomiędzy złożonością budowy mózgu, a inteligencją danego gatunku. U bardziej prymitywnych stworzeń większą część mózgu zajmuje pierwszorzędowa kora wzrokowa, słuchowa i czuciowa, która odpowiedzialna jest za przetwarzanie podstawowych informacji zmysłowych, dostarczanych z receptorów sensorycznych danej modalności. W przypadku człowieka te obszary stanowią bardzo niewielką część. Tym samym bardziej rozwinięte są ośrodki wyższego rzędu, a przede wszystkim nieproporcjonalnie duża (w stosunku do innych gatunków) kora asocjacyjna (Buckner i Krienen, 2013), w której dokonuje się złożona analiza różnorodnych bodźców.

Opracowanie własne na podstawie: Krubitzer i in., 2011; Krubitzer i Seelke, 2012.

Ewolucja mózgu człowieka przebiegała w sposób mozaikowy, innymi słowy poszczególne partie mózgu przeobrażały się niezależnie od siebie, w różnym czasie (Foley, 2016; Halley i Krubitzer, 2019; Miller i in., 2019). W szczególny sposób rozwinęła się kora nowa, która charakterystycznie dla naszego rodzaju, zajmuje większość powierzchni całej kory (Halley i Deacon, 2017; Halley i Krubitzer, 2019; Preuss, 2017) i jednocześnie stanowi ośrodek przetwarzania wyższego rzędu ośrodkowego układu nerwowego ssaków. Powszechnie uważa się, że to właśnie jej ekspansja wpłynęła na rozwój zdolności poznawczych ludzi (Giandomenico i Lancaster, 2017; Halley i Deacon, 2017; Lebel i Deoni, 2018; Halley i Krubitzer, 2019), a także powiązane z nimi wyjątkowe umiejętności oraz

zdolność do wykonywania skomplikowanych zadań (DeFelipe, 2011). Niemniej kora nowa stanowi tylko pewną strukturę, która musi zostać zaaktywizowana poprzez połączenia pomiędzy grupami neuronów i dopiero złożoność obwodów (lub sieci) neuronalnych może wyznaczać miarę inteligencji (Hofman, 2014). Przez długi czas sądzono, że kora działa jako całość. Jednak pod koniec XIX wieku szkocki neurolog i psycholog David Ferrier przeprowadził serię eksperymentów na zwierzętach pobudzając ich ośrodki ruchowe za pomocą prądu, udowadniając, że mózg jest zbudowany w sposób modularny (patrz ryc. 16) (Jaśkowski, 2009).

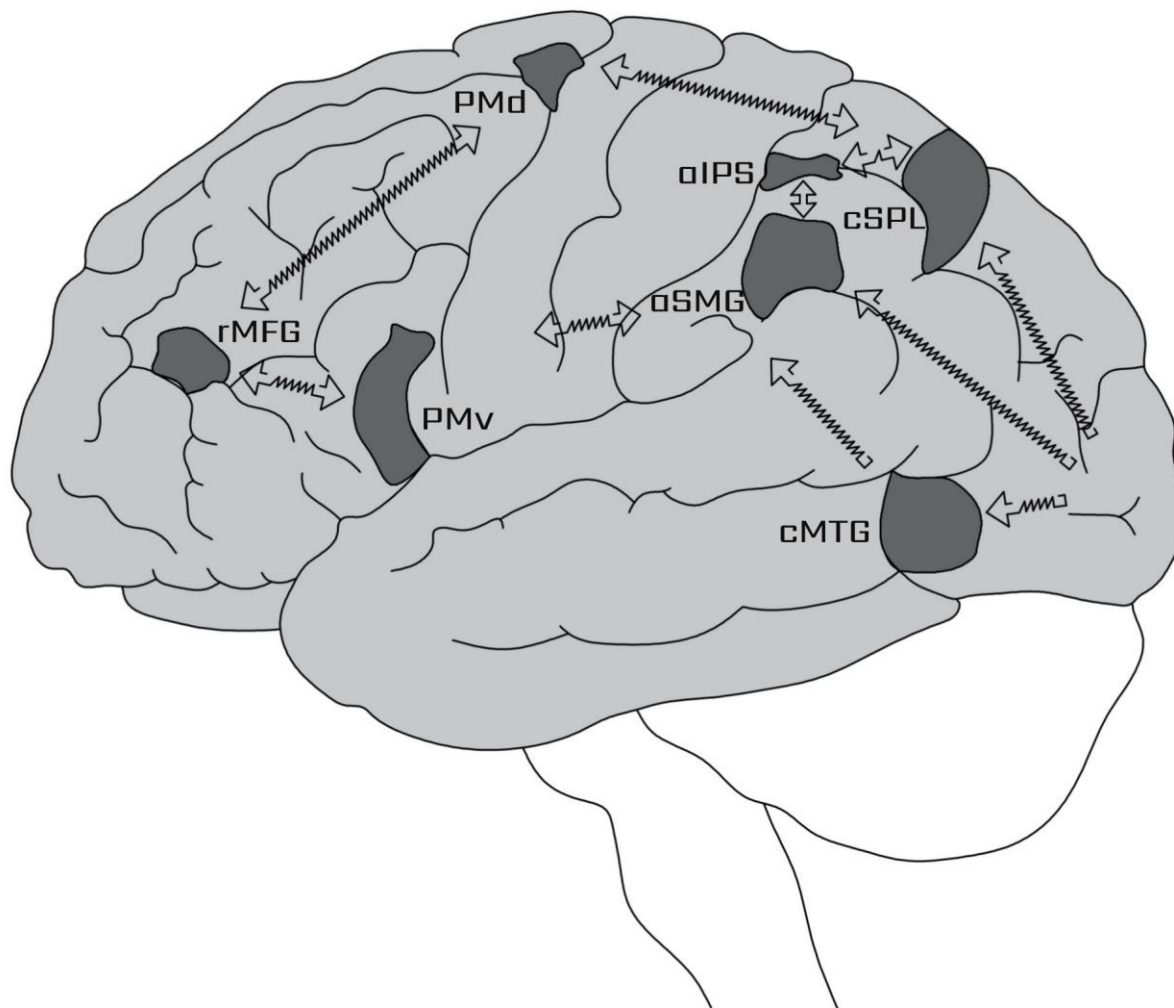


Rycina 16. Podział funkcjonalny kory mózgu człowieka. Istnieje wiele różnych kryteriów podziału kory mózgowej, jednym z najbardziej podstawowych jest klasyfikacja wyznaczona przez układ bruzd i zakrętów – każda półkula składa się z: płata czołowego, ciemieniowego, potylicznego i skroniowego. Inną kategoryzacją jest rozróżnienie ze względu na funkcje pełnione przez poszczególne obszary, tu wyróżniamy między innymi: 1 – pierwszorzędową korę ruchową, 2 – korę ruchową asocjacyjną, 3 – ośrodek Broki, 4 – korę przedczołową asocjacyjną, 5 – korę asocjacyjną, 6 – pierwszorzędową korę czuciową, 7 – korę czuciową asocjacyjną, 8 – korę słuchową, 9 – ośrodek Wernickiego, 10 – korę wzrokową.

Podział mózgu na poszczególne struktury, odpowiadające za dane sprawności i kompetencje, ujawnia się także podczas rozwoju człowieka. Tak jak i w przypadku nabywania kolejnych umiejętności przez małe dziecko – wpieryw dojrzewają obszary wizualne, słuchowe i sensomotoryczne, a dopiero później asocjacyjne (Gilmore i in., 2018). I to właśnie kora asocjacyjna, czy też inaczej kojarzeniowa, która stanowi zdecydowaną

większość struktury ludzkiego mózgu, jest podstawą dla wszelkiego poznania wyższego rzędu, bowiem to tu zachodzą najbardziej skomplikowane procesy poznawcze (Preuss, 2017). W toku ewolucji człowieka nastąpił jej ogromny przyrost, szczególnie w płacie czołowym, osiągając ogromny poziom złożoności strukturalnej i funkcjonalnej, co często jest wiązane z wyjątkowymi zdolnościami poznawczymi naszego gatunku (Bastir i in., 2011; Ribeiro i in., 2013; Gomez-Robles i in., 2014; Donahue i in., 2018). Natomiast bardziej podstawowe czynności przetwarzane są w wyspecjalizowanych w wąskim zakresie obszarach pierwszorzędowych. Wobec tego proste ruchy są planowane, kontrolowane i realizowane głównie w pierwszorzędowej korze ruchowej i czuciowej (Króliczak i in. 2008).

Bardziej skomplikowane operacje motoryczne angażują wiele innych obszarów mózgu powiązanych ze sobą w sieci neuronalne (patrz ryc. 17). Na przykład praxja ręki, czyli dla przypomnienia precyzyjne i celowe ruchy dłoni, jest reprezentowana głównie w tylnym obszarze ciemieniowym lewej półkuli (w tym w dolnym płaciku ciemieniowym), ale także w powiązanych z nich obszarach czołowych (kora przedruchowa i kora przedczołowa) (Kubiak i Króliczak, 2016). Konsekwencją takiego stanu rzeczy jest – znany już od początku wieku – fakt, że zadania motoryczne aktywują te same obszary mózgu jak zadania poznawcze (Diamond, 2000). Potwierdziły to wówczas badania z zastosowaniem metody neuroobrazowania na pacjentach cierpiących na urazy mózgu, które prowadzą do deficytów zarówno poznawczych, jak i motorycznych. Dowodów dostarcza także przegląd badań, w którym wskazano, że złożone procesy poznawcze opierają się na obszarach mózgu związanych z aktywnością fizyczną (Donnelly i in., 2016). Ten związek tłumaczą również wspólne konsekwencje różnego rodzaju zaburzeń, na przykład rozwojowego zaburzenia koordynacji ruchowej (ang. *developmental coordination disorder*) (Wilson i in., 2017).



Rycina 17. Podstawowe elementy neuronalnej sieci praktyki ręki. W przebieg skomplikowanych operacji motorycznych zaangażowane jest wiele obszarów mózgu, powiązanych ze sobą w sieć neuronalną. Aby wykonać taki ruch dłonią – na przykład z użyciem danego narzędzia – wpierw do kory wzrokowej muszą dotrzeć informacje wizualne, skąd są przekazywane do dalszej analizy w kolejnych strukturach: w ogonowej części środkowego zakrętu skroniowego (cMTG, ang. *caudal middle temporal gyrus*), przedniej części zakrętu nadbrzeżnego (aSMG, ang. *anterior supramarginal gyrus*), ogonowej części górnego płacika ciemieniowego (cSPL, ang. *caudal superior parietal lobule*), przedniej części bruzdy śródciemieniowej (aIPS, ang. *anterior interparietal sulcus*), brzusznej (PMv, ang. *ventral premotor cortex*) i grzbietowej (PMd, ang. *dorsal premotor cortex*) korze przedruchowej, dziobowej części środkowego zakrętu czołowego (rMFG, ang. *rostral middle frontal gyrus*) (Przybylski i Króliczak, 2017). Tym samym niezbędna jest między innymi: analiza wizualna, umiejętność zaplanowania zadania, poprawnego chwycenia narzędzia, użycia go, a także kontrola motoryczna przebiegu czynności.

Opracowanie własne na podstawie: Przybylski i Króliczak, 2017.

Do złożonych procesów poznawczych zaliczamy myślenie (abstrakcyjne, przyczynowo-skutkowe, twórcze, planowanie) oraz funkcje językowe (Bidzan-Bluma i Lipowska, 2018), które niewątpliwie są ściśle związane z rozwojem motorycznym dziecka (Choi i in., 2018; Leonard i Hill, 2014). Badania pokazują, że zarówno motoryka duża jak i

mała wspomagają rozwój języka u małych dzieci (Alcock i Connor, 2021; Gonzalez i in., 2019), jednak każda z nich może wspierać go za pomocą innych środków. W przypadku motoryki małej istnieje bardzo prawdopodobna teoria, zgodnie z którą język ewoluował współzależnie z motoryką małą (Ruck, 2014) i poznaniem (Planer i Sterelny, 2021). Zaskakująca jest koncepcja, że mowa wyewoluowała, w wyniku duplikacji ścieżki w mózgu, z bardziej pierwotnej ścieżki uczenia się motorycznego (Jarvis, 2019). Umiejętność posługiwania się językiem, tak jak i wyjątkowe zdolności motoryczne oraz poznawcze, wykształciła się jedynie u ludzi. Bardzo duża ilość dowodów przemawia za hipotezą, że istniał związek koewolucyjny między określonymi aspektami produkcji narzędzi, a ewolucją języka i poznania. Wskazuje się między nimi kilka wspólnych mianowników: obserwacja i wykonywanie działań, słuchowa pamięć robocza i uwaga, społeczne uczenie się, przetwarzanie wzrokowo-przestrzenne, funkcje wykonawcze i planowanie. A zatem przetwarzanie języka jest w jakimś stopniu wspomagane przez te same obszary mózgu i te same mechanizmy poznawcze, które są zaangażowane w obserwację i działanie (Gabric i in. 2021). Liczne badania pokazują także, że funkcjonalne sieci motoryczne i językowe nakładają się na siebie w pewnym stopniu (Bidula i in., 2017; Krefta i in., 2015; Klichowski i Króliczak, 2017; Klichowski i in., 2020; Króliczak i in., 2020, 2021; Ruck, 2014).

Szczególnym przykładem współzależności ewolucyjnej w relacji język – motoryka mała są gesty, czyli spontaniczne ruchy rąk towarzyszące mowie (Goldin-Meadow i Brentari, 2017), które jednocześnie stanowią wczesną zdolność motoryczną, ale odgrywają także ogromną rolę w komunikacji (Rohlfing, 2019). Pojawiają się jeszcze przed pierwszymi słowami (Goldin-Meadow, 2014; Novack i Waxman, 2020), później stanowią ich uzupełnienie, tworząc jeden spójny komunikat, a z czasem – w miarę rozwoju dziecka – w dużej mierze ustępują językowi formalnemu. Niemniej pełnią ważną rolę do końca życia uzupełniając język mówiony, bowiem są reprezentacją działań, przedmiotów, abstrakcyjnych idei, miejsc (Novack i Goldin-Meadow, 2017), ale także ruchu i jako takie mają moc wpływania na komunikację (Novack i in., 2016). Wobec powyższych faktów można zatem stwierdzić, że język nie rozwija się w odosobnieniu (Iverson, 2022), ale w łączności z gestami, a komunikacja słowna stanowi ich naturalne przedłużenie (Tomasello, 2019).

Te doniesienia wpisują się w koncepcję poznania ucieleśnionego, czy też inaczej podejścia internalistycznego (ang. *internalist approach*) (Buccino i in., 2016), czyli idei, że poznanie jest zapośredniczone przez reprezentacje wyrażone w słownictwie oraz w formacie reprezentacji sensorycznych i motorycznych (Mahon, 2015). Najpowszechniejsza definicja

głosi, że stany ciała modyfikują stany umysłu. Takie szerokie rozumienie ucieleśnionego poznania zrodziło wiele problemów, ponieważ zaczęło oznaczać wiele różnych rzeczy, powstało wiele sposobów interpretacji i opartych na nich koncepcji. W skrajnym podejściu ucieleśnienie to hipoteza, że mózg nie jest jedynym zasobem poznawczym służącym człowiekowi do rozwiązywania problemów, a ciała i wykonywane za ich pomocą ruchy wykonują większość pracy wymaganej do osiągnięcia celów (Wilson i Golonka, 2013). Innym przykładem rozumienia poznania ucieleśnionego, lub też jak się inaczej go nazywa – enaktywizmu, jest pogląd, że poznanie wyłania się z aktywności sensomotorycznej lub jest przez nią konstytuowane (Wilson i Foglia, 2021). Zatem proces poznawczy nie polega na tworzeniu pewnej reprezentacji w umyśle w celu zastosowania jej w działaniu, ale zachodzi równoległe do działania, czy też nawet jest nim samym. Niemniej niezależnie od przyjętej definicji i związanej z nią perspektywy, to poznanie ucieleśnione z pewnością opisuje powiązania ciała i środowiska z procesami poznawczymi (Skulmowski i Rey, 2018). I choć koncepcja poznania ucieleśnionego nie jest wolna od zarzutów i kontrowersji (Buccino i in., 2016), to jest aktualnie jedną najbardziej ekscytujących idei kognitywistyki (Wilson i Golonka, 2013) dotyczącą zarówno dzieci, jak i dorosłych (Kontra i in., 2012).

Poznanie ucieleśnione w kontekście nabywania języka odnosi się do badań, zgodnie z którymi te same struktury nerwowe, które są zaangażowane w tworzenie doświadczeń sensorycznych, motorycznych i emocjonalnych, są również zaangażowane w rozumienie materiału językowego związanego z tymi doświadczeniami (Buccino i in., 2016). Słowa nie stanowią bowiem abstrakcyjnych jednostek leksykonu mentalnego, tylko sieć funkcjonalną z połączonych ze sobą neuronów w różnych obszarach mózgu (Moseley i Pulvermuller, 2014). Dlatego aktywując jeden element sieci, inne wówczas też zostaną pobudzone. Ludzie używają swoich czuciowych struktur neuronowych do tworzenia multisensorycznych reprezentacji ich środowiska (Skulmowski i Rey, 2018). A zatem jeśli mamy zebrane już doświadczenia sensomotoryczne, to słysząc dane słowo wiążemy je ze znanym sobie smakiem, zapachem i innymi jego cechami, aktywując tym samym obszary mózgu odpowiedzialne za te aspekty (Macedonia, 2014). Innymi słowy, znaczenie wyrażen językowych jest zasadniczo zakorzenione w doświadczeniach człowieka, wobec czego można stwierdzić, że rozwój językowy jest silnie ucieleśniony (Fischer i Zwaan, 2008). W szczególności dotyczy to słów, które odnoszą się do czasowników związanych z czynnościami, jak na przykład biegać, czy też rzeczowników wskazujących przedmioty (Buccino i in., 2016). Istnieje wiele dowodów, że pojęcia mają sensoryczno-motoryczne podstawy (Kiefer i Pulvermuller, 2012).

Badania wskazują, że somatosensoryczne obwody neuronalne odgrywają istotną rolę w przypisywaniu treści i znaczenia słowom (Buccino i in., 2016). Potwierdzają to także badania u osób z chorobami neurologicznymi. Na przykład w badaniu Desai i innych wykazano, że u pacjentów z przewlekłym udarem mózgu stopień upośledzenia czynności przetwarzania tekstu wykazywał korelację z upośledzeniem sprawności manualnej (2015).

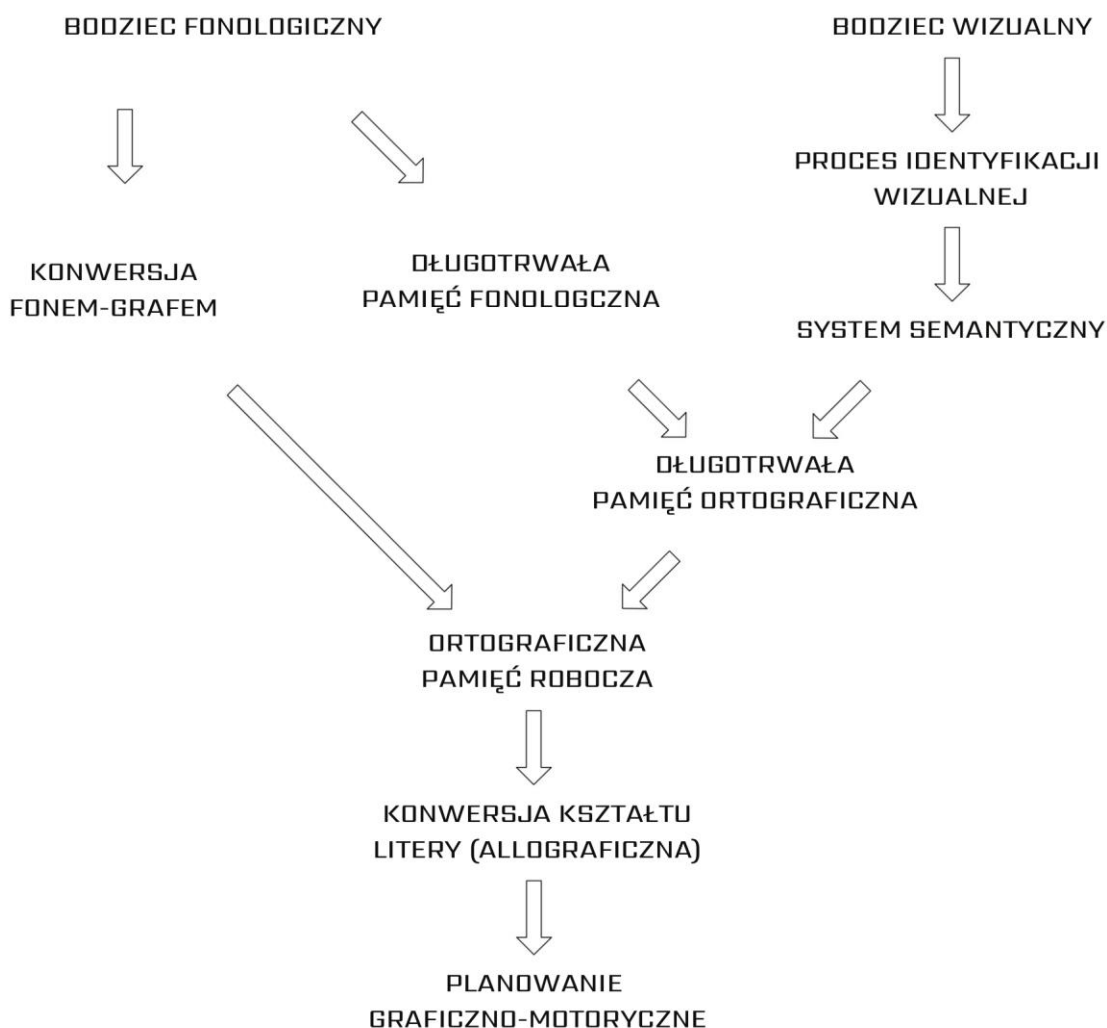
Dowodów na powiązania praktyki ręki z językiem i mową dostarczają również badania behawioralne. Często koncepcja poznania ucieleśnionego odwołuje się do ruchów całego ciała, jednak przegląd literatury wskazuje, że nawet niewielkie ruchy dłonią mogą mieć wpływ na efektywność uczenia się (Skulmowski i Rey, 2018). Badania pokazują, że rozwój motoryki małej jest pozytywnie powiązany z umiejętnościami językowymi (Trofatter i in., 2015) i może je przewidywać (Choi in., 2018, Houwen i in., 2016; Valla i in., 2020). Ponadto gesty włączone w proces uczenia się pozytywnie wpływają na wyniki akademickie (Skulmowski i Rey, 2018). Zaskakujące jest, że istnieją badania, które wykazują, że gesty wspierają uczenie się tylko wtedy, gdy mają znaczenie lub są zgodne z zadaniem (Trofatter i in., 2015), w szczególności gdy są „niedopasowane” do mowy i stanowią dodatkową informację (Goldin-Meadow, 2011). Gesty stanowiąc reprezentację ruchu wpływają na poznanie i uczenie się, w sposób którego sam ruch nie dostarcza, pozwalają bowiem na opracowanie bardziej spójnego rozumienia interpretacji działania (Novack i in., 2016), a także wspierają w uogólnianiu i przekazywaniu wiedzy (Novack i Goldin-Meadow, 2017). Co więcej, gesty ułatwiają proces zapamiętywania zarówno w przypadku nowo poznanego, jak i już zrozumianego materiału, wspierają pamięć roboczą, a także wydaje się, że informacje zakodowane za pomocą gestów są szczególnie podatne na utrwalenie ich w pamięci i przeniesienie do nowych kontekstów (Cook i Fenn, 2017). Zgodnie z jednym wyjaśnieniem, u podłoża wpływu gestykulowania na lepsze efekty poznawcze może leżeć zintegrowany system gestu i mowy, w którym te dwie modalności współpracują ze sobą i w dalszej konsekwencji zapotrzebowanie na zasoby poznawcze jest zmniejszone i tym samym uwolnione do wykonywania innych działań (Goldin-Meadow, 2011).

W poszczególnych etapach rozwoju efekty te wyrażają się w nieco innych umiejętnościach. Jako pierwsza rozwija się umiejętność gestykulacji, a zaraz za nią mowa, co trwa przez kilka lat przechodząc na kolejne stopnie opanowania, aż do końca wieku przedszkolnego, kiedy w dużej mierze dziecko ma już nabyte większość zdolności. Nie dziwi zatem, że u najmniejszych dzieci najczęściej weryfikuje się rozwój mowy. Na przykład przeprowadzono eksperyment w grupie osiemnastomiesięcznych dzieci wprowadzając

interwencję, w ramach której przez sześć tygodni uczestnicy brali udział w cotygodniowych sesjach treningowych. Wszystkie dzieci razem z eksperymentatorem oglądały książeczki, przy czym w grupie eksperymentalnej ich dodatkowym zadaniem było wskazywanie właściwych przedmiotów na prezentowanych obrazkach. Dwa tygodnie później dokonano pomiaru, w którym okazało się, że dzieci z grupy eksperymentalnej, które były zachęcane do gestykulowania zwiększyły swoje słownictwo w języku mówionym (LeBarton i in., 2015). Ciekawych informacji dostarczają także badania Nelsona i innych, którzy wykazali, że spójność preferencji rąk w zakresie umiejętności motorycznych w okresie niemowlęcym jest predyktorem wyników językowych w wieku 2 i 3 lat (Nelson i in., 2014, 2017). Jednak, jak wskazuje Wang i inni, powiązania między motoryką małą, a językiem są bardziej skorelowane we wczesnym dzieciństwie i wieku przedszkolnym niż niemowlęcym (2014). Zgodnie z tym stwierdzeniem Mavilidi i inni podkreślają, że ucieleśnienie wiedzy poprzez ćwiczenia fizyczne, które są zintegrowane z zadaniem edukacyjnym, jest szczególnie skuteczną strategią uczenia się u małych dzieci (2015). Podobnych dowodów dostarcza badanie Toumpaniariego i innych, w którym wykazali, że zintegrowane ćwiczenia fizyczne i gesty u dzieci w wieku przedszkolnym wpływają na lepsze wyniki w nauce słownictwa języka obcego. Choć, jak pokazuje przegląd badań behawioralnych, łączenie gestów z nauką słownictwa z języka obcego, to także skuteczna strategia dla starszych dzieci i osób dorosłych, co jest związane z tworzeniem poprzez gestykulację ucieleśnionych reprezentacji tych słów (Macedonia, 2014).

Wraz z rozwojem mowy dziecko zaczyna być gotowe na przejście na kolejny etap nabywania umiejętności językowych obejmujących wczesne umiejętności czytania i pisanie, powiązane ze sobą wspólnymi obszarami w mózgu (Rapp i Lipka, 2011). Możemy do nich zaliczyć umiejętność rozpoznawania i nazywania liter, znajomość odpowiedników liter i dźwięków (na przykład umiejętność połączenia głoski l z literą „l”), świadomość fonemiczną (na przykład rozbicie słowa „Ala” na fonemy /a/ /l/ /a/), znajomość koncepcji czytania, orientacji tekstu i struktury książki oraz wczesne pismo odręczne – powielanie wzoru literowego. Zatem zanim dziecko w pełni opanuje pisanie i czytanie musi nabyć wiele kompetencji, które dopiero odpowiednio powiązane mogą dać oczekiwane efekty (patrz ryc. 18). Co jednak bardzo ważne ogromne znaczenie mają tutaj także czynniki pozajęzykowe, między innymi motoryka mała (Le i in., 2021) składająca się z wielu umiejętności i zdolności: właściwe napięcie mięśniowe, lateralizacja, ruchy dłoni i palców, obserwacje sensoryczne, orientacja w czasie i przestrzeni, zdolności i umiejętności oceny narządu wzroku, wycucie

rytmu i motoryki małej – przewodnictwo wzrokowe, świadoma kontrola i koordynacja między ruchem dłoni, dłoni i palców, obu rąk i ramion oraz oczu (Randjelovic i in., 2019).



Rycina 18. Schemat architektury kognitywnej produkcji słowa pisanego. Umiejętność pisania składa się z wielu powiązanych ze sobą elementów zarówno motorycznych, jak i poznawczych. Dane pojęcie lub słowo wprawdzie musi trafić w postaci bodźca słuchowego lub wizualnego do mózgu, gdzie podlega wieloetapowemu przetwarzaniu, w wyniku którego człowiek jest gotowy przełożyć go na pismo ręczne. Podobnemu procesowi podlega także umiejętność pisania na klawiaturze. Zarówno nauka pisma ręcznego jak i na klawiaturze może mieć znaczenie dla rozwoju poznawczego (Alstad i in., 2015).

Opracowanie własne na podstawie: Purcell i in., 2011.

Nie powinno być zaskoczeniem, że motoryka mała stanowi istotny predyktor gotowości szkolnej (Cameron i in., 2012; Grissmer i in., 2010). Biorąc pod uwagę badania, jest istotnym czynnikiem w procesie nabywania umiejętności czytania (Suggate i in., 2019), a także umiejętności grafomotorycznych, które stanowią wstęp do nauki pisania i co zaskakujące są także skorelowane z umiejętnością czytania (Suggate i in., 2016). Niektóre

prace nawet wskazują, że umiejętności grafomotoryczne odgrywają większą rolę w wynikach czytania niż zręczność, prawdopodobnie ze względu na funkcjonalne znaczenie umiejętności grafomotorycznych dla pisania, a tym samym czytania (Suggate i in., 2018, 2019). W innych badaniach udowodniono, że motoryka mała jest związana z wynikami w nauce czytania (Cameron i in., 2012; Le i in., 2021; Macdonald i in., 2018), pisania (Cameron i in., 2012; Grissmer i in., 2010; Le i in., 2021) oraz rozwojem słownictwa (Suggate i Stoeger, 2014, 2017). Nie bez znaczenia jest także, że wczesne opanowanie tych umiejętności niesie ze sobą w konsekwencji sukcesy szkolne (Puranik i Lonigan, 2014). Co więcej, Hussein i inni zweryfikowali eksperymentalnie związek specyficznych trudności w uczeniu się ze sprawnością motoryki małej, wykazując że – zależnie od konkretnego rodzaju trudności – znaczna większość lub nawet wszystkie dzieci miały sprawność motoryki małej poniżej średniej (2020). Niemniej odpowiedni trening motoryczny może skutecznie poprawić umiejętności komunikacyjne dzieci (Gonzalez i in., 2019; LeBarton i in., 2015; Mavilidi i in., 2015; Skulmowski i Rey, 2018; Toumpaniari i in., 2015).

Nie jest to zaskakujące, że podobne mechanizmy zachodzą w przypadku matematyki, w końcu tak samo jak i język jest ona zakorzeniona w doświadczeniach cielesnych. Idea ucieleśnionych reprezentacji matematycznych (Domahs i in., 2010) przejawia się między innymi w powszechnym i naturalnym dla dzieci sposobie nabywania umiejętności liczenia poprzez operacje wykonywane na palcach. Wielokrotne powtórzenie tej sensomotorycznej praktyki prowadzi do przyswojenia sobie palców jako reprezentacji wielkości liczbowej (Fischer i in., 2020; Moeller i in., 2012; Morrissey i in., 2016) i ma znaczenie także dla dorosłych osób (Domahs i in., 2010; Newman i Soyulu, 2014), bowiem liczenie na palcach nie jest etapem przejściowym i jest blisko związane z przebiegiem obliczeń arytmetycznych wykonywanych w pamięci (Domahs, 2008; Wasner i in., 2014). Co ciekawe takie stwierdzenie poparte jest także międzykulturowymi różnicami (na przykład Chińczycy uczą się liczyć tylko na jednej ręce) w nawykach liczenia palców (Morrissey i in., 2016). W innym badaniu przeprowadzonym wśród dzieci przedszkolnych porównano relacje zachodzące pomiędzy motoryką małą i umiejętnościami liczenia opartymi na palcach oraz umiejętnościami numerycznymi nie związanymi z palcami, potwierdzono że związek między prakcją ręki, a umiejętnościami liczenia był całkowicie zapośredniczony przez umiejętności numeryczne oparte na palcach (Suggate i in., 2017). Do podobnych wniosków doszli Fischer i inni, którzy nie tylko wykazali, że związek między zręcznością, a umiejętnością liczenia był zapośredniczony przez reprezentacje liczb oparte na palcach, ale także, że nie zaobserwowano

tego dla umiejętności grafomotorycznych (2020). A zatem praktyka ręki jest ściśle związane z wczesnym rozwojem umiejętności numerycznych poprzez liczenie numeryczne oparte na palcach, które pomaga w zdobywaniu matematycznych reprezentacji umysłowych. (Suggate i in., 2017).

Poznanie matematyczne zatem jest związane z reprezentacjami dłoni i motoryki małej w mózgu, które stanowią rusztowanie dla wiedzy matematycznej (Klichowski i Króliczak, 2017; Klichowski i Przybyła, 2017; Marghetis i Nunez, 2013; Nieder, 2016; Riemer i in., 2016; Rugani i in., 2017). I tak jak język, tak samo przetwarzanie liczb zachodzi w jakimś stopniu w tych samych strukturach neuronowych co ruchy palcami (Andres i in., 2012; Artemenko i in., 2022; Berteletti i Booth, 2015; Friedrich i Friederici, 2013; Krinzinger i in., 2011; Proverbio i Carminati, 2019; Tschenstcher i in., 2012). Dlatego na przykład uszkodzenie w obrębie lewej kory ciemieniowej może prowadzić jednocześnie do apraksji palca jak i akalkulii (Proverbio i Carminati, 2019). Co więcej, analiza fMRI aktywacji korowych obszarów motorycznych udowodniła, że już samo bierne obserwowanie liczb pobudza korę motoryczną odpowiedzialną za ruchy palców podczas liczenia na nich (Tschenstcher i in., 2012). Dodatkowo wykazano, że lateralizacja aktywacji korowej odzwierciedla wybór ręki od której badani rozpoczynają liczenie – u osób rozpoczynających liczenie od prawej dłoni zaobserwowano aktywację lewej kory przedruchowej (dla małych liczb), a u osób zaczynających od lewej dłoni – prawej kory przedruchowej. Zatem jak sugerują także autorzy badania behawioralnego procesy arytmetyczne są indywidualnie zlateralizowane (Morrisey i in., 2020), co wynika z indywidualnych nawyków liczenia palców (Tschenstcher i in., 2012).

Związane jest to także z mentalną linią liczbową (ang. *mental number line*), czyli reprezentacją liczb ułożonych według wielkości – od lewej do prawej (Dahaene, 2011) i efektu SNARC (*Spatial Numerical Association of Response Codes*). I choć jest to jedynie przestrzenne wyobrażenie, to jest powiązane z motoryką małą. Badania pokazują, że ludzie w naturalny sposób decydują o przyporządkowaniu małych liczb do lewej strony, a dużych do prawej (Rugani i in., 2017). W przeprowadzonym eksperymencie zadaniem uczestników było kierowanie palcami piłek do bramki zgodnie z kierunkiem wskazywanym przez strzałkę – w po prawej stronie stołu lub lewej. W kilku próbach testowych zamiast strzałki pokazywano im małą (2) lub dużą (8) cyfrę i pozwalano skierować piłkę do wybranej przez siebie bramki. Okazało się, że uczestnicy częściej i szybciej kopali piłkę do bramki lewej przy małej liczbie, a do prawej przy dużej liczbie. Co więcej, istnieją także koncepcje odwzorowań

przestrzennych obejmujących związek między liczbą a przestrzenią pionową oraz bliską/daleką (Winter i in., 2015). Ten przykład (odnoszący się również do poznania cielesnego) pokazuje, że powiązania motoryki małej z umiejętnościami matematycznymi to nie tylko liczenie na palcach, a dużo szerszy wachlarz zachowań motorycznych.

Ponadto analogicznie do związków z językiem zweryfikowano wpływ gestów na nabywanie kompetencji matematycznych. Broaders i inni sprawdzili czy włączenie gestów do instrukcji sprzyja uczeniu się rozwiązywania zadań matematycznych (2007). Po przeprowadzonej interwencji okazało się, że dzieci, którym przekazywano komunikat, aby gestykulowały chętnie przekazywały w ten sposób niewypowiedziane pomysły, a co za tym idzie były bardziej otwarte na instrukcje prowadzące do zrozumienia problemu. W innym badaniu porównano efekty uczenia się matematyki w grupie kontrolnej, w której nauczyciel przekazywał instrukcje słownie, oraz w grupie eksperymentalnej, w której nauczyciel wzbogacał przekaz o gestykulację. Analiza wyników ujawniła, że dzieci odnoszą korzyści z obserwowania, jak nauczyciele używają gestów, ponieważ zwiększa to skłonność dzieci do gestykulowania, co przekłada się na wyższe wyniki w nauce (Cook i Goldin-Meadow, 2006). Dodatkowo Brooks i Goldin-Meadow wykazali, że gesty, które nie odnoszą się do wiedzy i doświadczenia posiadanej przez uczniów, także pozytywnie wpływają na nabywanie umiejętności liczenia (2016), co jak sugerują autorzy może świadczyć o istnieniu równoległych mechanizmów leżących u podstaw wpływu ruchu na uczenie się matematyki u dzieci. Co więcej, Fischer i Brugger udowodnili, że różne ćwiczenia przestrzenne, w tym rysowanie i gestykulowanie pomagają tak samo dzieciom, jak i nauczycielom matematyki rozwiązywać zadania liczbowe (2011).

Badania pokazują również, że wyższe umiejętności motoryki małej skorelowane są z lepszymi efektami w nauce (Pitchford i in., 2016; Suggate i in., 2017, Fischer i in., 2018), szczególnie we wczesnych latach szkolnych i może stanowić predyktor osiągnięć w tym przedmiocie (Macdonald i in., 2018). Istotnym czynnikiem wpływającym na kompetencje matematyczne jest także grafomotoryka (Pitchford i in., 2016). Co więcej, jakość reprezentacji palców była lepszym predyktorem umiejętności matematycznych niż możliwości poznawcze. W innych eksperymentach wykazano, że gnozja palców, czyli umiejętność określania, który palec otrzymuje w danym momencie bodźce (na przykład jest dotykany), u dzieci przewiduje późniejsze wyniki matematyczne (Barrocas i in., 2020; Newman, 2016; Wasner i in., 2016; Zhang i in., 2020), potwierdzając tym samym raz jeszcze ideę reprezentacji liczb opartych na palcach (Asakawa i Sugimura, 2022). I choć w literaturze

możemy znaleźć przykłady przenoszenia koncepcji poznania cielesnego do praktyki edukacyjnej (Skulmowski i Rey, 2017, 2018), to jednak programy szkolne zasadniczo jej nie wspierają. Chociażby nie proponują rozwijania umiejętności matematycznych w oparciu o zadania powiązane z liczeniem na palcach (Boaler i Chen, 2017), mimo że wydają się pozostawiać ślady uczenia się w mózgu (Artemenko i in., 2022). Natomiast prace naukowe sugerują, że umiejętności motoryczne powinny znaleźć się w centrum interwencji edukacyjnych wspierających rozwój wczesnych umiejętności matematycznych (Pitchford i in., 2016). Na przykład rozwijanie zręczności jest niezbędne i kluczowe w skutecznym liczeniu na palcach (Boaler i Chen, 2017). Jednak jak badania naukowe dowodzą zręczność palców związana jest także z umiejętnościami matematycznymi wyższego rzędu (Asakawa i Sugimura, 2009). Co więcej, jeśli zmysł palców nie zostanie rozwinięty w pewnym wieku, to może mieć szkodliwy wpływ na późniejsze osiągnięcia szkolne (Newman, 2016).

Tymczasem liczne interwencje wykazują, że trening motoryki małej skutkuje lepszymi wynikami w nauce matematyki (Asakawa i in., 2019; Asakawa i Sugimura, 2009; Boaler i Chen., 2017; Gracia-Bafalluy i Noel, 2008; Novack i in., 2014). Asakawa i inni przeprowadzili na przykład eksperyment, w którym porównano zdolności arytmetyczne uczniów po szkoleniu motorycznym, ze zdolnościami uczniów, którzy czytali książkę (2019). Analiza wyników pokazała, że uczestnicy z grupy eksperymentalnej wykazali większą poprawę wydajności w zadaniu arytmetycznym. Opublikowano także pracę dotyczącą ośmiotygodniowej interwencji polegającej na treningu gnozji, w wyniku której dzieci zwiększyły swoje zdolności nie tylko w zakresie rozpoznawania palców, ale także matematyki (Gracia-Bafalluy i Noel, 2008). Jednak jak podkreślają autorzy musi to być bardzo intensywny trening, żeby dał efekty w zakresie kompetencji matematycznych. Inne badania potwierdzają, że trening postrzegania i reprezentowania ich palców prowadził do wyższych osiągnięć matematycznych, szczególnie w zakresie umiejętności liczenia i kolejności liczb (Boaler i Chen, 2017). Ponadto stymulowanie różnymi strategiami opartymi na manipulowaniu dłońmi wpływa korzystnie zarówno na sferę poznawczą, jak i motoryczną (Gracia-Bafalluy i Noel, 2008). Dzieje się tak dlatego, że w złożonym, rozwijającym się systemie nawet niewielkie zmiany w jednej dziedzinie mogą mieć daleko idące skutki dla rozwoju innych obszarów (Iverson, 2022). Zatem trening motoryki małej może stanowić ważny element procesu edukacji. Bardzo ważne jest jednak to, że stopień zaangażowania cielesnego nie powinien być traktowany jako wskaźnik „ucieleśnienia” formy nauczania, ani predyktor efektywności procesu uczenia się (Skulmowski i Rey, 2018), gdyż jak badania

pokazują motoryka mała jest silniej związana z umiejętnościami liczenia niż motoryka duża (Asakawa i Sugimura, 2011).

Podsumowując, coraz więcej odkryć sugeruje, że poznanie opiera się na doświadczeniach sensomotorycznych (Martzog i in., 2019), a nabywanie podstawowych kompetencji szkolnych – pisania, czytania i umiejętności matematycznych zachodzi w interakcji z opanowywaniem umiejętności motoryki małej (Asakawa i in., 2019; Asakawa i Sugimura, 2009; Boaler i Chen., 2017; Cameron i in., 2012; Donnelly i in., 2016; Gracia-Bafalluy i Noel, 2008; Gashaj i in, 2019; Grissmer i in., 2010; Le i in., 2021; Macdonald i in., 2018; Novack i in., 2014). Dodatkowo istnieją dowody, że efektywność procesu edukacyjnego angażującego dłoń jest wyższa niż w przypadku motoryki dużej (Grissmer i in., 2010; Macdonald i in., 2018, 2020). Dzieje się tak dlatego, że neuronalne sieci języka i liczenia są ściśle powiązane z prakcją ręki (Bidula i in., 2017; Klichowski i Króliczak, 2017, 2020; Klichowski i in., 2020; Krefta i in., 2015; Króliczak i in., 2020, 2021; Michałowski i in., 2022; Portwood, 2012; Przybylski and Króliczak, 2017; Styrcowiec i in., 2019), wobec czego stymulując motorykę jednocześnie stymulowana jest sfera kognitywna. A zatem działanie i poznanie wchodzi ze sobą w silne interakcje.

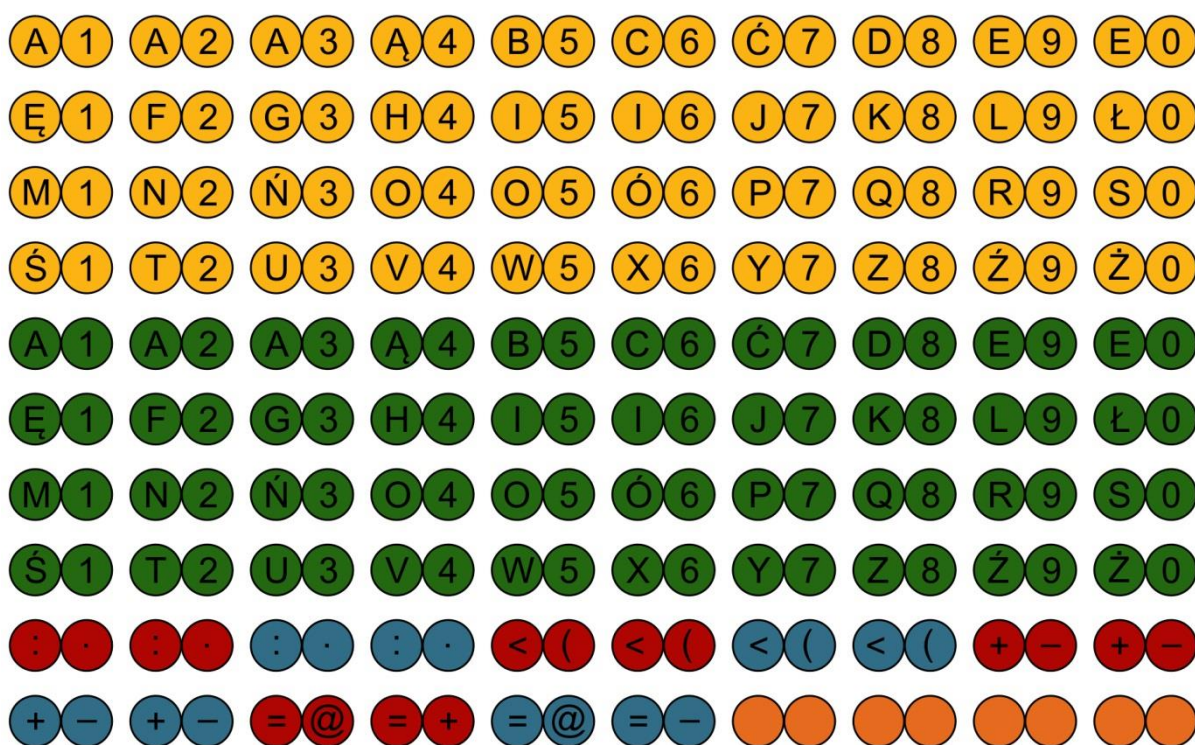
Jednak rzeczywistość szkolna nie odzwierciedla tych związków, separując rozwój motoryczny od poznawczego (Boaler i Chen, 2017). Dlatego autorzy licznych publikacji podkreślają potrzebę znaczących zmian w podejściu do nauczania i programie szkolnym (Asakawa i Sugimura, 2022; Boaler i Chen, 2017; Pitchford i in., 2016; Shapiro i Stolz, 2019; Van der Fels i in., 2014). I choć wciąż nie ma jednoznacznej odpowiedzi jakie dokładnie czynniki i mechanizmy są odpowiedzialne za wpływ prakcji na wyniki w nauce i potrzeba dobrze zaprojektowanych badań, aby odpowiedzieć na to pytanie (Donnelly i in., 2016; Macdonald i in., 2018), to mimo wszystko wydaje się, że najlepszym kierunkiem w celu maksymalizacji skuteczności procesu edukacji jest integrowanie zadań poznawczych z manipulacją dłońmi, zwłaszcza ze złożonymi umiejętnościami motorycznymi (Van der Fels i in., 2014), na przykład poprzez włączenie ich do toku lekcji przedmiotowych. Potwierdzają to także badania nad funkcjami poznawczymi, zgodnie z którymi motoryka mała istotnie koreluje z funkcjami wykonawczymi (Oberer i in., 2017). Co więcej, nieustrukturyzowane zajęcia w czasie wolnym wydają się być predyktorami funkcji wykonawczych (Barker i in., 2014), które najintensywniej rozwijają się właśnie we wczesnych etapach szkolnych (Bidzan-Bluma i Lipowska, 2018). Wobec powyższych faktów zasadne wydaje się być zminiaturyzowanie piłek edukacyjnych Eduball, tworząc tym samym propozycję metodyczną

mini-Eduball łączącą manipulowanie dłońmi z treściami dydaktycznymi, która może dać jeszcze lepsze efekty niż dotychczas zaobserwowaliśmy w przypadku dużych piłek Eduball. Opiszę ją szczegółowo na kolejnych stronach.

1.5. Założenia metody mini-Eduball

Koncepcja metody mini-Eduball co do ogólnej zasady opiera się na podobnych założeniach jak wcześniejsza metoda Eduball. A zatem wykorzystuje zestaw 100 piłek z nadrukowanymi cyframi, literami alfabetu i znakami działań matematycznych w pięciu kolorach do gier łączących aspekty poznawcze z motorycznymi. I choć można będzie ją potencjalnie wykorzystywać w różnych przestrzeniach i przez różne osoby, to w sposób szczególny dedykowana jest dzieciom na pierwszym etapie edukacyjnym, realizującym zajęcia w placówkach szkolnych. Jednakże ze względu na miniaturyzację piłek teraz będzie mogła być wprowadzona podczas lekcji i przerw międzylekcyjnych w klasie. Zmianie ulegnie też układ nadruków oraz materiał piłek i co oczywiste także ich rozmiar, co w konsekwencji powoduje konieczność modyfikacji propozycji gier i zabaw. Poniżej przedstawię założenia metody mini-Eduball odnosząc się do podstaw teoretycznych, na których jest oparta.

Przede wszystkim zestaw mini-Eduball, wzorując się na Eduball, składa się ze 100 piłek w pięciu różnych kolorach z nadrukowanymi znakami. Jednakże w tym przypadku piłeczki są miękkie, a ich rozmiar jest dopasowany do dłoni (patrz ryc. 19). Wyglądem przypominają popularne i powszechnie używane piłeczki antystresowe. W przekroju są pełne – w środku nie ma pustej przestrzeni. Wykonane są w całości z tworzywa sztucznego (poliuretanu) w postaci miękkiej, elastycznej pianki, w związku z czym można je z łatwością zgniatać i dzięki temu pewnie chwycić ręką, a jednocześnie są przyjazne użytkownikom. Materiał zapewnia też pewne cechy fizyczne piłek, które można wykorzystywać w grach, jak na przykład sprężystość, dzięki której piłeczki się odbijają od twardych powierzchni. Co więcej, typowo dla piłki mają kształt idealnej kuli, która umożliwia swobodne toczenie. Dodatkowo ich powierzchnia jest gładka, co powoduje, że każde, nawet drobne przyłożenie siły wprowadza je w ruch, dlatego wymagają dużej precyzji prowadzenia, aby utrzymać je pod kontrolą. Pierwsze prototypowe zestawy piłek mini-Eduball zostały wyprodukowane w 2020 roku, a dwa lata później objęto je ochroną patentową (numer zgłoszenia wzoru użytkowego 015004237).



Rycina 19. Zestaw piłek mini-Eduball. Pojedyncza piłeczka waży około 20 gramów i ma średnicę 6 centymetrów. W ramach jednego zestawu znajduje się po 40 piłek w żółtym i zielonym kolorze, po osiem czerwonych i niebieskich oraz cztery pomarańczowe piłki bez żadnych nadruków. Na każdej zielonej i żółtej piłeczce znajduje się nadruk z literą z jednej strony (poza wybranymi samogłoskami każda litera polskiego alfabetu występuje dwukrotnie – raz na żółtej i raz na zielonej piłce) i cyfrą z drugiej (w obu kolorach każda cyfra pojawia się czterokrotnie). W przeciwieństwie do dużych piłek Eduball nadruki wykonane są jedynie po dwóch przeciwnych stronach piłki, a alfabet naniesiony jest w postaci tylko i wyłącznie wielkich liter. Z kolei na czerwonych i niebieskich piłkach umieszczone są znaki działań matematycznych oraz znak poczty elektronicznej.

W dzisiejszych czasach coraz więcej gier i zabaw wykorzystuje nowoczesne technologie. I choć trudno poddać w wątpliwość ich liczne zalety, to wiążą się z nimi także negatywne konsekwencje – jak między innymi niekorzystne dla człowieka „pukanie” opuszkami palców w nieprzystosowane do tego – twarde ekrany, co może skutkować dysfunkcjami motorycznymi, a nawet zmianami w architekturze neuronalnej (Klichowski i Patricio, 2017). Na szczęście równolegle rozwijane są metody opierające się na środkach

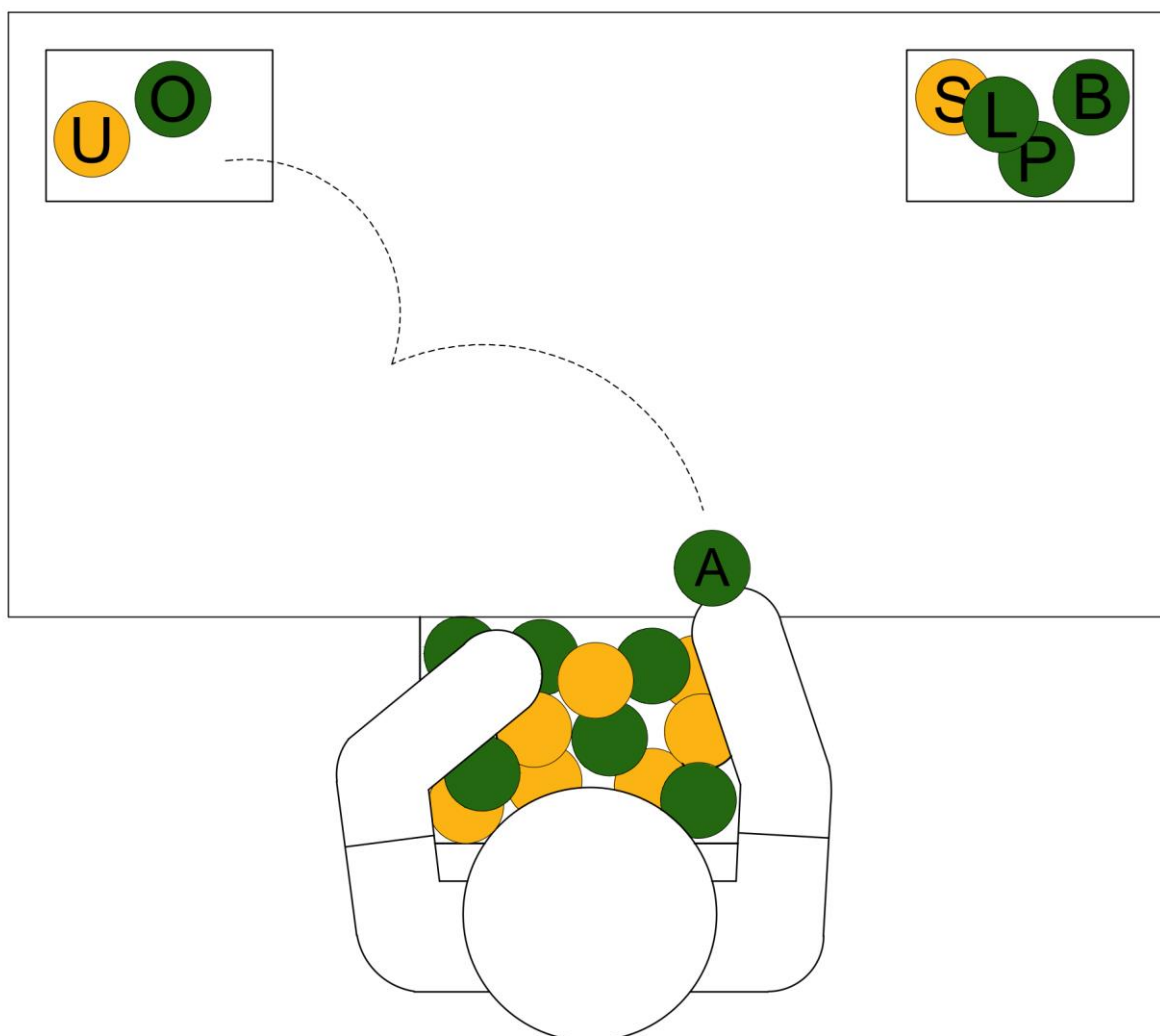
dydaktycznych związanych z bardziej naturalnym dla dziecka ruchem. Prowadzone są liczne badania, w których różnego rodzaju gry i zadania z piłką wprowadzane są jako czynnik eksperymentalny mający, zgodnie z hipotezami, zaowocować zmianami w sferze poznawczej. Poza naszymi badaniami nad Eduball, na przykład Westendorp i inni wykazali, że 16-tygodniowy program zajęć wychowania fizycznego oparty na grach z użyciem piłki u dzieci z zaburzeniami uczenia się wpływa na umiejętności gry w piłkę i że jest ona skorelowana pozytywnie z umiejętnością rozwiązywania problemów (2014). W innym badaniu sprawdzono skuteczność 16-tygodniowego bilateralnego treningu koordynacyjnego z piłki nożnej i koszykówki w zakresie poprawy funkcji poznawczych. Okazało się, że takie regularne lekcje wpłynęły na znaczną poprawę zdolności koncentracji i skupienia uwagi w stosunku do osiągnięć uczniów z grupy kontrolnej (Chen i in., 2021). Z kolei Akin i inni przeprowadzili eksperyment, w którym porównali efekty zajęć wychowania fizycznego prowadzonego w tradycyjny sposób z programem opartym na zadaniach z wykorzystaniem różnego typu piłek (między innymi piłki do koszykówki, siatkówki, piłki ręcznej, piłki nożnej, tenisowej) (2019). Po zakończeniu 10-tygodniowej interwencji okazało się, że uczniowie z grupy eksperymentalnej, w stosunku do dzieci z grupy kontrolnej, w sposób istotny poprawili zręczność, koordynację kończyn górnych oraz wrażliwość i integrację motorki małej, co – jak sugerują autorzy – przekłada się na umiejętność pisanie. Weryfikowano również wpływ interwencji opartych na piłce na rozwój językowy dzieci z dysleksją i innymi zaburzeniami rozwojowymi, wykazując ich skuteczność (Goodmon i in., 2014; Schilling i in., 2003).

Nieco mniej badań prowadzi się z wykorzystaniem małych piłek. Nieliczne prace wykazują, że ćwiczenia z piłkami antystresowymi zmniejszają stres, strach, drażliwość i nerwowość (Cirik i in., 2022; Nurdina i in., 2022; Srivarsan i in., 2021). Dużo wątpliwości jednak budzi ich wpływ na funkcje poznawcze (Stalvey i Brasell, 2006; por. Amico i Schaefer, 2020). Jednocześnie wiele eksperymentów wykazuje, że ściskanie piłki w ściśle określony sposób może przynieść pozytywne skutki. Na przykład leworęczne ściskanie piłki w badaniu Noufi i Zeev-Wolf przez neurotypowych uczestników (u których język był zlateralizowany lewostronnie) w trakcie wykonywania zadania oceny semantycznej pokazało, że tego typu strategia poprawia szybkość i dokładność rozumienia metafor (2021). A zatem jest to prosta i skuteczna metoda aktywacji prawej półkuli. Bardzo ciekawych informacji dostarczyło także badanie, w którym uczestnicy ściskali miękką lub twardą piłkę niedominującą ręką podczas wypełniania testów. Analiza wyników ujawniła, że osoby z

grupy ściskającej miękką piłkę generowali bardziej oryginalne i różnorodne pomysły (Kim, 2015). Stalvey i inni przeprowadzili podobny eksperyment, w którym uczestnicy ściskali piłkę podczas zajęć językowych przez siedem tygodni (2006). Badacze obserwowali ich przez trzy poprzedzające tygodnie oraz w trakcie interwencji. Okazało się, że korzystanie z piłek antystresowych pozytywnie wpłynęło na zmniejszenie rozproszenia uwagi, także w samoocenie uczniów. Dodatkowo poprawili swoje umiejętności pisania. Badania pokazują, że tego typu strategie przynoszą korzystne efekty między innymi w kreatywności werbalnej (Turner i in., 2017), promowaniu strategii maksymalizacji nagrody (Harle i Sanfey, 2015), kreatywnym myśleniu (Goldstein i in., 2010), zmniejszaniu werbalno-analitycznego zaangażowania w planowanie motoryczne i w związku z tym wyższej wydajności motorycznej (Hoskens i in., 2020). Jednak istnieją też eksperymenty, które pokazują, że tego typu zadanie może nie przynosić żadnych korzyści (Hoskens i in., 2021; Mirifar i in., 2022). Wciąż brakuje badań, które by wyjaśniły dokładne związki pomiędzy taką manipulacją piłką a procesami poznawczymi. Jednak w świetle tych doniesień można stwierdzić, że ściśle określone warunki manipulacją piłką – jak na przykład wykonywanie zadania wskazaną ręką, ściskanie w odpowiednim tempie podczas przetwarzania informacji w umyśle, czy też wykorzystanie piłki z właściwego materiału, może zwiększyć aktywację w korze półkuli przeciwnej (asymetrię aktywności korowej) do dłoni operującej piłką (Hirao i Masaki, 2018), co w dalszym efekcie może mieć wpływ emocjonalny, behawioralny i poznawczy (Noufi i Zeev-Wolf, 2021).

To ściśle określenie warunków znajdzie swoje odzwierciedlenie w metodzie mini-Eduball – w precyzyjnych opisach zasad gier, które dopiero zostaną opracowane i poddane badaniom. Wszak celem jest takie zaprojektowanie zabaw, aby jednocześnie pozwalały włączać i w efekcie nabywać szeroką gamę umiejętności i wiedzy przewidzianych programem szkolnym oraz wymagały ruchów dłońmi, które będą stymulowały odpowiednie ośrodki korowe. Głównym założeniem tej metody, stanowiącej formę treningu poznawczo-motorycznego jest symultaniczne wykonywanie czynności poznawczych wraz z prakcją ręki. A zatem ma się opierać na grach, które będą łączyły różne zadania poznawcze, zwłaszcza polegające na rozwiązywaniu problemów matematycznych i językowych, z jednoczesną manipulacją piłkami (patrz ryc. 20). Będzie to możliwe dzięki nadrukowanym na piłkach znakom – cyfrom, liczbom, znakom działań matematycznych oraz poczty elektronicznej. W zabawach będzie można użyć także podstawek, aby czasowo unieruchomić piłkę oraz pojemników służących do różnego rodzaju działań polegających na segregowaniu i tworzeniu

określonych zbiorów z piłeczek. Wśród zadań poznawczych możemy między innymi wyróżnić: wykonywanie działań matematycznych, przetwarzanie w pamięci alfabetu, dzielenie liter na spółgłoski i samogłoski, ale także przetrzymywanie pewnych informacji w pamięci, czy też postępowanie według określonych zasad i analizowanie względem nich informacji umieszczonych na piłkach. Z kolei do zadań motorycznych między innymi zaliczamy: toczenie piłki wskazanymi paluszkami, wyszukiwanie dłońmi piłek, chwytanie, rzucanie kozłem, Jednak, tak jak w przypadku dużych piłek Eduball, nie jest to zamknięty zbiór czynności i zadań, a zasady motoryczne będzie można dowolnie łączyć z poznawczymi dostosowując gry do potrzeb i możliwości ucznia oraz aktualnie przerabianego materiału. Co więcej, gry będą wymagały używania ręki dominującej i niedominującej w określony przez zasady gry sposób, dzięki czemu odpowiednie obszary w mózgu zostaną aktywowane. Na przykład w tym samym czasie uczestnik gry będzie musiał dodawać do siebie liczby znajdujące się na piłkach oraz przetaczać piłeczkę za pomocą dwóch palców lewej ręki. Ponadto gry mają stanowić zabawę, dzięki czemu proces edukacji będzie mógł przebiegać w pozytywnej atmosferze, tak samo jak w przypadku Eduball (Cichy i in., 2022a).

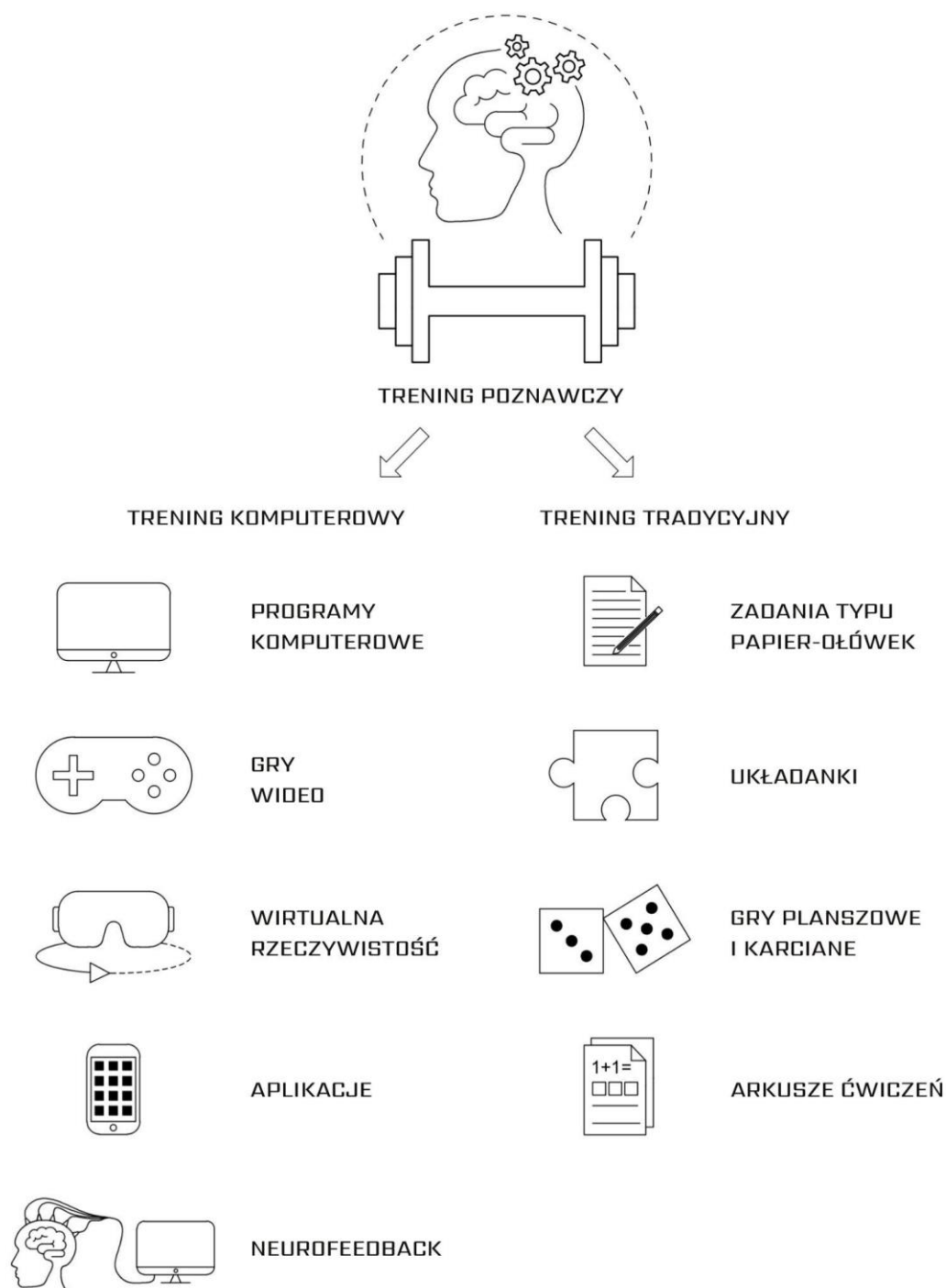


Rycina 20. Przykład gry mini-Eduball. Zadaniem uczestnika gry jest wrzucenie piłek znajdujących się w dużym pudle (liczbę piłek można dostosować) przez rzut kozłem do dwóch mniejszych pojemników stojących w pewnej odległości (uzależnionej od umiejętności danego dziecka). Podczas wrzucania piłek należy przestrzegać określonej zasady – na przykład piłeczki z samogłoskami chwytemy prawą ręką (bądź lewą – zależnie od lateralizacji ciała uczestnika) i wrzucamy do pojemnika stojącego po lewej stronie, a spółgłoski lewą dłonią do pojemnika po prawej stronie. Sekwencja działań obejmuje: chwycenie piłki dowolną ręką, obrócenie piłki tak, żeby było widać literę, analiza znaku znajdującego się na piłce, podjęcie decyzji odnośnie zasady, chwycenie piłki właściwą ręką, rzut kozłem do odpowiedniego pojemnika – powtórzone tyle razy ile piłeczek znajduje się w pudle.

U wszystkich ludzi w trakcie rozwoju budowany jest zestaw, w dużej mierze identycznych, rusztowań sieciowych, a później wraz z doświadczeniami życiowymi danej osoby obwody neuronowe ulegają indywidualnemu dostosowaniu (BICCN, 2021). Zatem dzięki plastyczności mózgu, poprzez odpowiedni trening stymulację lub po prostu doświadczenia, można je modyfikować i wzmacniać. Im więcej właściwej stymulacji, tym szybciej zajdą zmiany. Są jednak pewne fazy rozwoju kiedy układ nerwowy jest bardziej

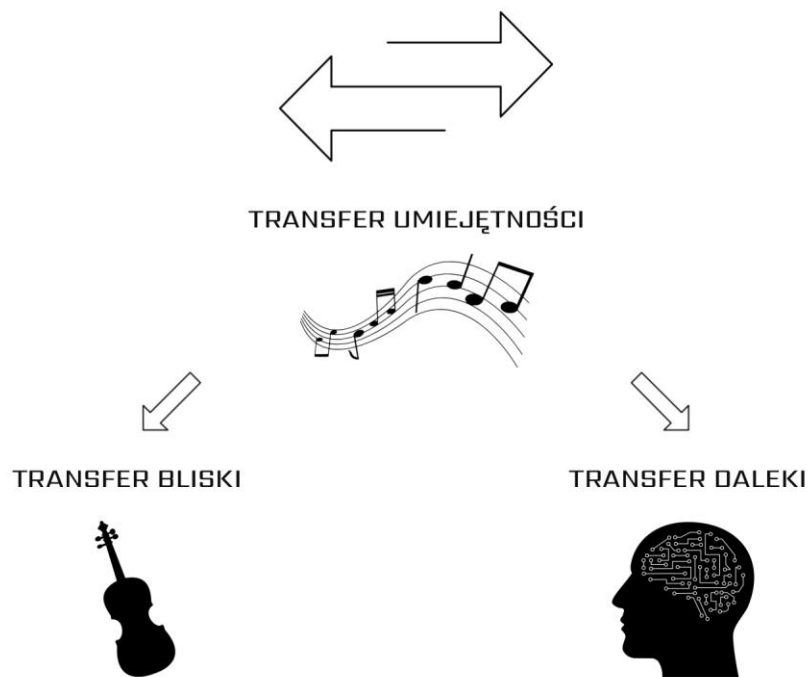
podatny na taką reorganizację. Istnieje pogląd, że takim szczególnym okresem dla rozwoju zdolności motorycznych i poznawczych jest wiek od piątego do dziesiątego roku życia (Diamond, 2000). Odwołując się do tego stwierdzenia Van der Fels i inni dokonali przeglądu systematycznego, na podstawie którego stwierdzili, że istnieje silniejszy związek między podstawowymi kategoriami umiejętności motorycznych i poznawczych u dzieci przed okresem dojrzewania w porównaniu z dziećmi w okresie dojrzewania (powyżej 13 lat) (2014). Co więcej, zasugerowali, że interwencje w zakresie jednej domeny (poznawczej lub motorycznej) mogą wspierać rozwój w obu tych sferach, zwłaszcza u dzieci w wieku przedpokwitaniowym.

Człowiek uczy się poprzez różnego rodzaju działanie, a aby nabyć biegłość i wprawę w danym zakresie zazwyczaj potrzebny jest trening tych umiejętności. Badania pokazują, że właściwy trening może wzmocnić nie tylko zdolności percepcyjne i motoryczne, ale także poznawcze – pamięć, uwagę (Seitz, 2018), a zwłaszcza funkcje wykonawcze (Howard-Jones, 2014a). W ostatnich latach możemy obserwować wzrastające zainteresowanie różnego rodzaju treningami poznawczymi (inaczej treningami umysłu), które według autorów mają prowadzić do wyraźnej poprawy funkcjonowania umysłowego (patrz ryc. 21). Jednak poglądy na ich efektywność są sprzeczne. Szczególnie branża programów komputerowych poprawiających funkcje poznawcze to potężna gałąź biznesu, kusząca obiecującymi efektami, na które często jednak nie ma poparcia w danych empirycznych (Owen i in., 2010). Jednocześnie badania pokazują, że dobrze przygotowany trening poznawczy jest skuteczną strategią zarówno dla osób funkcjonujących typowo (Wass, 2015; Carpenter i in., 2016; Estrada-Plana i in., 2021; Shati i in., 2015; Sittiprapaporn, 2020a; Nouchi i in., 2013; Reijnders i in., 2017; Nozawa i in., 2015), jak i z różnego rodzaju zaburzeniami, deficytami czy też specyficznymi trudnościami w nauce (Wiest i in., 2020; Shema-Shiratzky i in., 2019; Ko i in., 2020; Krzystanek i in., 2020; Popova i in., 2018; Jurigova i in., 2021; Sittiprapaporn, 2020b; Moreau i Waldie, 2016; Yang i in., 2017), ale także sprawdza się jako forma doskonalenia umiejętności u osób już będących w danym zakresie ekspertami, jak na przykład zawodowi sportowcy (Seitz, 2018). Co więcej, można go z powodzeniem stosować wobec osób w każdym wieku – od najmłodszych, w okresie wczesnego rozwoju (Wass, 2015), przez dzieci szkolne (Carpenter i in., 2016; Sittiprapaporn, 2020a), dorosłych (Nouchi i in., 2013; Reijnders i in., 2017), aż do osób starszych (Estrada-Plana i in., 2021; Shati i in., 2015; Nozawa i in., 2015).



Rycina 21. Trening mózgu. Umysł można trenować, tak jak mięsień. Do praktykowania takiego treningu zazwyczaj nie potrzeba żadnych szkoleń i certyfikatów, zatem może je prowadzić każdy. Jednocześnie naturalną potrzebą człowieka jest chęć bycia inteligentniejszym i sprawniejszym poznawczo. Nie dziwi zatem, że przez lata powstało wiele powszechnie stosowanych form treningu poznawczego: układanki, arkusze ćwiczeń, zadania typu papier-ołówek oraz gry planszowe i karciane (Carpenter i in., 2016; Estrada-Plana i in., 2020; Kang i in., 2019; Sobkow i in., 2019). W ostatnim czasie szczególnie szybko rozwijają się wszystkie formy treningu skomputeryzowanego, jednak często tego typu interwencjom zarzuca się, że nie spełniają kryteriów treningu poznawczego – jak na przykład angażowanie funkcji poznawczych (Nęcka, 2018).

Badania pokazują, że praktykowanie zapamiętywania pojedynczego wymiaru bodźca za pomocą jednego zadania prowadzi do uczenia się, które jest w większości specyficzne dla tego zadania (Seitz, 2018). Jednak celem treningu poznawczego nie jest poprawa w wytrenowanym zadaniu, tylko transfer, czyli przeniesienie efektów ze wzmacnianej zdolności poznawczej do zadań nietrenowanych (patrz ryc. 22) (Kirk i in., 2015), co może prowadzić do zmian behawioralnych, funkcjonalnych, a nawet neuroanatomicznych (Rabipour i Raz, 2012). Innymi słowy wzmocnienie ogólnych mechanizmów poznawczych danej domeny jest produktem ubocznym treningu w zakresie czynności specyficznych dla tej domeny (Taatgen, 2016). Dzieje się tak dlatego, że trening umysłu może zmienić podstawowe procesy mózgowo, co z kolei wpłynie korzystnie na wykonywanie różnorodnych zadań opierających się na tych zdolnościach poznawczych (Seitz, 2018). Trwa jednak debata na temat tego, czy pomiędzy niezwiązanymi ze sobą domenami może zachodzić daleki transfer umiejętności (Renshaw i in., 2019; Sala i in., 2018, 2019; Smid i in., 2020, por. Dege, 2021; Karbach i Unger, 2014; Taatgen., 2021). Prawdopodobieństwo wystąpienia transferu zależy od tego w jakim stopniu domena źródłowa ma wspólne cechy z docelową, wobec tego transfer bliski będzie występować często, a daleki zdecydowanie rzadziej (Sala i in., 2019). Najbardziej wpływową i systematyczną próbą uzyskania dalekiego transferu umiejętności jest właśnie trening poznawczy (Strobach i Karbach, 2016).



Rycina 22. Transfer wprawy. Transfer umiejętności to uogólnienie umiejętności nabytych podczas treningu w różnych dziedzinach (Sala i in., 2019). Koncepcja transferu odwołuje się do idei, zgodnie z którą umiejętności składają się z prymitywnych elementów przetwarzania informacji, które przenoszą i porównują pojedyncze fragmenty informacji niezależnie od konkretnej zawartości tych informacji. W każdym kroku poszczególnego zadania potrzebnych jest kilka tych elementów, zatem proces uczenia się łączy te elementy w coraz większe, ale wciąż niezależne od kontekstu jednostki. Jeśli różne zadania wykorzystują identyczne elementy wiedzy wówczas wyuczenie jednego zadania spowoduje, że mogą one być transferowane do drugiego zadania (Taatgen, 2013; Taatgen, 2021). Rozróżniamy transfer bliski, czyli uogólnienie umiejętności w podobnych domenach oraz daleki – zachodzący pomiędzy domenami, które nie są ze sobą powiązane lub są ze sobą bardzo słabo powiązane (Nęcka, 2018). Dla przykładu skrzypek ćwiczący dany utwór muzyczny po pierwsze osiągnie efekty ćwiczenia tego utworu – będzie potrafił go lepiej zagrać, ale z dużym prawdopodobieństwem przełoży się to na jego ogólne umiejętności grania na skrzypkach, które będzie można zauważyć w odtwarzaniu innych utworów. Natomiast jeśli w konsekwencji wpłynie to na inne domeny – na przykład umiejętność skupiania uwagi (nie tylko podczas grania danego utworu), to wówczas możemy mówić o transferze dalekim.

W ścisłym rozumieniu treningu poznawczego zakłada się, że ogólne zdolności poznawcze lub przynajmniej niektóre podstawowe mechanizmy poznawcze (np. pamięć robocza, hamowanie i szybkość przetwarzania) można poprawić poprzez aktywne zaangażowanie w ćwiczenia wymagające poznawczo (Sala i in., 2019), a zatem dotyczy tylko sfery kognitywnej. Tymczasem w ostatnich latach badania pokazały, że niektóre podstawowe zdolności poznawcze, w tym te związane z szybkością przetwarzania, pamięcią roboczą, zdolnościami percepcyjnymi, uwagą i ogólną inteligencją, można poprawić poprzez dedykowany trening behawioralny i co więcej efekty przekładają się w konsekwencji na lepsze osiągnięcia szkolne (Shawn Green i in., 2019). Wpisuje się to w szersze rozumienie

treningu poznawczego, który wykracza poza ścisłe ramy oddziaływań kognitywnych i zawiera w sobie także ćwiczenia, które nie są zadaniami umysłowymi, lecz mają na celu poprawę właśnie funkcji poznawczych – między innymi mindfulness, gry wideo, interwencje muzyczne, ale także ćwiczenia fizyczne. Wykazuje się skuteczność tego typu programów integrujących zadania z różnych domen (Falbo i in., 2016; Gervasi i in., 2020; Heisz i in., 2017; Kao i in., 2018; Oertel-Knöchel i in., 2014; Pesce i in., 2016; Rahe i in., 2015a, 2015b; Yuzaidey i in., 2018), wskazując jednocześnie, że mogą wywołać korzystne zmiany w aktywności metabolicznej mózgu (Rahe i in., 2015b; Styliadis i in., 2015) oraz neuroplastyczność (Amo i in., 2017; De Fano i in., 2019; Lauenroth i in., 2016). I choć nie mieszczą się w wąskim rozumieniu treningu poznawczego, to co najmniej mają wiele punktów styczności. Co więcej, wiele tego typu interwencji stosowanych jest w kontekstach edukacyjnych (Shawn Green i in., 2019). Jednak duża część realizowanych programów odbywa się jedynie w ramach eksperymentów i nadal brakuje metod opartych na symultanicznych zadaniach motoryczno-poznawczych, które można by wykorzystać w rzeczywistości szkolnej (Cone i in., 2009).

Tymczasem liczne prace sugerują, że włączenie dwuzadaniowych ćwiczeń motoryczno-poznawczych do treningu mózgu, tj. treningu mózgu opartego na ruchu, jest bardzo korzystne dla uczniów (Beck i in., 2016; Donnelly i in., 2016; Have i in., 2018; Mullender-Wijnsma i in., 2019; Norris i in., 2019; Schmidt i in., 2020; Vaquero-Solis i in., 2019; Watson i in., 2017). Nie powinno to dziwić, bowiem jak już opisałam we wcześniejszym fragmencie, podstawowe umiejętności szkolne oparte są na podobnych sieciach neuronalnych co umiejętności motoryczne, szczególnie praktyka ręki. Co więcej, zarówno aktywność fizyczna pozytywnie wpływa na funkcjonowanie poznawcze, jak i trening motoryczny wspiera nabywanie zdolności poznawczych (Moreau i in., 2015). Zatem wydaje się, że idealnym rozwiązaniem jest połączenie zadań motorycznych z poznawczymi dla uzyskania efektu synergii (Moreau i Conway, 2014). I choć tego typu powiązania mogą wiązać się z kosztami podwójnego błędu, to mimo to badania, przeglądy i metaanalizy porównujące trening motoryczny lub poznawczy z treningiem motoryczno-poznawczym wykazują, że integrację aktywności fizycznej z zadaniami umysłowymi może cechować wyższa efektywność zarówno w zakresie funkcjonowania poznawczego (Bo i in., 2019; Lauenroth i in., 2016; Law i in., 2014; Lussier i in., 2017; Schmidt i in., 2020; Stanmore i in., 2017; Yeh i in., 2019), jak i motorycznego (Ghai i in., 2017; Purnamasari i in., 2020; Schmidt i in., 2020), zwłaszcza dla rozwijających się dzieci, dla których tego typu aktywności, ze

względu na jeszcze wiele niezautomatyzowanych procesów, są naturalne. Lecz bardzo ważne jest to, aby przebiegał w ściśle kontrolowanych i celowo zaprojektowanych warunkach (Cichy i in., 2022b), tak jak ma to miejsce w przypadku dużych piłek Eduball.

Nie mniej istotne jest takie prowadzenie nauczania, aby odbywało się ono w pozytywnej atmosferze. Jak badania pokazują, lęk ma negatywny wpływ na poziom osiągnięć szkolnych, bowiem zaburza procesy poznawcze, które mają kluczowe znaczenie dla uczenia się (Howard-Jones, 2014a). W szczególny sposób to dotyczy matematyki (Dowker i in., 2016; Luttenberger i in., 2018; Punaro i Reeve, 2012). Niezbędne zatem wydaje się wprowadzanie strategii, które zarówno zmieniają nastawienie dzieci, ale jednocześnie wpłyną na pozytywne nastawienie nauczycieli, którzy sami często boją się matematyki (Dowker i in., 2016), co stanowi istotny czynnik wywołujący lęk u uczniów (Luttenberger i in., 2018). Rozwiązaniem może być wprowadzanie zabawowej formy pracy, która poza budowaniem korzystnej atmosfery, dodatkowo pozytywnie wpływa zarówno na rozwój poznawczy (Diamond, 2012), jak i fizyczny (Burns i in., 2017).

Innym, bardzo ważnym założeniem tak metody Eduball, jak i mini-Eduball jest spostrzeżenie, że ciało człowieka charakteryzuje asymetria funkcjonalna. Innymi słowy każdy człowiek w toku rozwoju podlega procesowi ustalania lateralizacji, czyli dominacji jednej strony ciała nad drugą, która wyraża się na przykład w preferowanej ręce podczas takich czynności jak pisanie czy trzymanie różnych obiektów (Króliczak i in., 2021). Tak samo zlateralizowany jest mózg, a właściwie procesy w nim zachodzące – między innymi matematyczne (Morrisey i in., 2020) i językowe (Noufi i Zeev-Wolf, 2021), w tym umiejętność pisania (Planton i in., 2017). Podczas gdy większość rodzajów treningu fizycznego charakteryzuje jednostronność ruchów (Farthing i Zehr, 2014), zwiększając jeszcze bardziej asymetrię funkcjonalną (Mattes i in., 2018), Eduball przeciwnie – wręcz niejako zmusza dzieci do treningu obustronnego (Cichy i in., 2022c). Takie podejście sprzyja całościowemu rozwojowi ciała i mózgu (Bazyler i in., 2014), a co w przypadku mini-Eduball najważniejsze – niedominującej ręki (Kirby i in., 2019; Stockel i Weigelt, 2014), gdyż jak badania pokazują trening ręki niedominującej może, jako efekt transferu międzypółkulowego (Jaśkowski, 2009; Witkowski i in., 2018, 2020), przyczyniać się do poprawy sprawności ręki dominującej (Philip i Frey, 2016; Sandve i in., 2021; Schweiger i in., 2021).

Z kolei główną różnicą pomiędzy metodą Eduball, a mini-Eduball i przy okazji jednym z podstawowych założeń tej ostatniej, jest dedykowana przestrzeń zastosowania. Bowiem do tej pory duże piłki wykorzystywane były głównie podczas zajęć wychowania

fizycznego w ramach interdyscyplinarnego modelu tego przedmiotu. Tymczasem małe piłeczki mogą być używane w klasie podczas lekcji przedmiotowych, a nawet przerw międzylekcyjnych. Tym samym stanowiąc nie tylko sposób na wprowadzenie, doskonalenie czy powtórkę nabytych już treści, ale także swoistą rozgrzewkę mózgu przed kolejnymi wyzwaniami poznawczymi czekającymi na uczniów w trakcie lekcji. Wobec tego, zamiast włączać podstawowe treści dydaktyczne do wychowania fizycznego, to aktywność fizyczna może być włączona do lekcji przedmiotowych (ang. *classroom-based physical activity*) w klasycznym i powszechnym – stacjonarnym podejściu do edukacji, wprowadzając jednocześnie dodatkową aktywność fizyczną w postaci stymulacji motoryki małej. Co więcej, metoda jest prosta zarówno we wprowadzaniu jej do szkoły jak i w stosowaniu. Poza zestawem piłek, podstawek i pojemników nie wymaga dodatkowego sprzętu, ani specjalnej czy też drogiej aparatury, wobec czego nie generuje dodatkowych kosztów. Piłki można łatwo przechowywać w niedużym pojemniku, a aby rozpocząć grę wystarczy go otworzyć i ewentualnie wyjąć potrzebne piłki. W związku z tym ani nie trzeba przygotowywać sali do zabawy, ani uczeń czy też nauczyciel nie musi się przebierać. Dlatego mini-Eduball doskonale nadaje się do krótkich, nawet kilkuminutowych aktywizacji. Ponadto nauczyciel nie musi się obawiać, że przeznaczą czas na aktywność fizyczną, podczas gdy nie nadążą z realizacją materiału dydaktycznego, gdyż może go nauczać za pośrednictwem piłek. W efekcie mini-Eduball to pierwsza strategia łącząca ruch dłoni i poznanie w trakcie przerw międzylekcyjnych. Niemniej jej forma umożliwia dużo szersze zastosowanie niż tylko szkolne – doskonale się nadają do samodzielnej zabawy – czy też w parach, bądź mniejszych grupach – w domu, w świetlicach szkolnych, a nawet w szpitalu, czy też dla osób dorosłych w biurach. Innymi słowy mogą się znaleźć wszędzie tam, gdzie człowiek chce pobudzić swój mózg do bardziej optymalnego działania.

Najczęściej podstawowe treści akademickie włączane są do wychowania fizycznego, tak jak ma to miejsce w przypadku Eduball. Nie ma w tym nic dziwnego, bowiem odwrócenie tego kierunku wiąże się z licznymi wyzwaniami (Stylianou i in., 2016). W ostatnim czasie liczne prace poświęcono zagadnieniu wdrażania programów aktywizacji ruchowej w sali w ciągu dnia szkolnego (Carlson i in., 2017; Ellis i in., 2018; Michael i in., 2019; Quarmbay i in., 2019; Turner i in., 2019; Vazou, 2019; Webster i in., 2017). Na przykład Macdonald i inni przeprowadzili badanie, w którym zapytano nauczycieli szkół podstawowych o ich opinie na temat barier w zapewnianiu aktywności fizycznej w klasie (2021). Do najczęściej wymienianych czynników należały: niewystarczający czas, ograniczone możliwości

szkoleniowe, ograniczone zasoby, stosunek wychowawców do aktywności fizycznej i ich pewność siebie. W innej pracy, skupiającej się na wychowaniu przedszkolnym, wskazano na brak czasu nauczycieli w ciągu dnia, ograniczone możliwości szkolenia i rozwoju zawodowego, ograniczoną dostępność dzieci i przedszkoli do naturalnego środowiska, obawy dotyczące bezpieczeństwa zgłaszane przez wychowawców jako ograniczeniu w zapewnianiu udziału w zajęciach aktywnych fizycznie przedszkolnych, a także brak ustandaryzowanego programu nauczania i kontekstowego kształcenia nauczycieli oraz brak zaufania ze strony nauczycieli (Mavilidi i in., 2021). Z kolei Michael i inni dokonali przeglądu systematycznego, w którym przeanalizowali nie tylko bariery, ale także facylitatory wprowadzania programów aktywności fizycznej w klasie szkolnej (2019). Wśród czynników sprzyjających znalazły się: dostępność zasobów, wsparcie administracyjne, postrzegana wartość aktywności fizycznej, a także zintegrowanie z treściami dydaktycznymi oraz kluczowy czynnik – łatwość wdrożenia programu. Natomiast do ograniczeń zaliczyli: brak czasu, zasobów i miejsca, brak wsparcia nauczyciela ze strony szkoły i twórców programu, brak motywacji nauczyciela, a także ponownie trudności z wdrażaniem. Nie dziwi zatem, że przy małej liczbie propozycji metodycznych nauczyciele rzadko sięgają po tego typu programy.

Aktywność fizyczną w klasie nauczycy najczęściej dzielą na: aktywne przerwy – krótkie okresy aktywności fizycznej pomiędzy lekcjami przedmiotowymi oraz lekcje aktywne fizycznie – zintegrowaną aktywność fizyczną podczas lekcji przedmiotowych (Webster i in., 2015). W praktyce, nauczyciele – o ile już decydują się na wprowadzenie ruchu w klasie – to zazwyczaj odbywa się to w formie aktywnych przerw, których celem jest chwila oddechu od treści dydaktycznych (Lengel i Kuczala, 2010). Jak badania pokazują tego typu rozwiązania są wykonalne dla nauczycieli i akceptowalne dla uczniów, jednak mimo wszystko nie są pozbawione ograniczeń i trudności we wdrażaniu (Watson i in., 2019). Takim wyzwaniem jest na przykład zapewnienie zajęć, które nie wymagają rekonfiguracji sali lekcyjnej (Donnelly i Lambourne, 2011). Z drugiej strony aktywne przerwy w klasie skutecznie zwiększają aktywność fizyczną dzieci, równoległe poprawiając wyniki w zakresie zachowania w klasie (Broad i in., 2021; Watson i in., 2017b), koncentracji, wynikach w rozwiązywaniu problemów arytmetycznych (Donnelly i Lambourne, 2011), a także postawę wobec aktywności fizycznej (Glapa i in., 2018; Popeska i in., 2018). Wystarczą nawet cztery minuty ruchu, żeby uzyskać takie efekty, a jednocześnie mogą stanowić dla nauczycieli atrakcyjną strategię zwiększania dziennej aktywności fizycznej dzieci w godzinach szkolnych. Przykładem takiego programu może być FUNtervals, czyli 4-minutowe zajęcia

interwałowe o wysokiej intensywności, które wykorzystują działania całego ciała w celu uzupełnienia fabuły (zamiast instrukcji dotyczących ćwiczeń, dzieci „odgrywają” krótkie historie) (Ma i in., 2015b), powodując poprawę uwagi (Ma i in., 2015a). I choć badania pokazują, że korzystne byłoby zwiększenie czasu przeznaczonego na aktywność fizyczną, to jednak w przepelnionych programach nauczania nie ma miejsca na dłuższe przerwy (Howie i in., 2014). Niemniej aktywne przerwy pomimo swoich walorów nadal są propozycją separującą ruch od poznania.

Tymczasem nieliczne prace porównujące różne formy łączenia aktywności fizycznej z treściami dydaktycznymi w klasie pokazują, że największe korzyści przynosi ścisła integracja obu domen, jak w lekcjach aktywnych fizycznie. Są to na ogół lekcje przedmiotowe realizowane przez nauczyciela, które wykorzystują umiarkowanie energiczne ruchy uczniów podczas powtórek lub nauczania podstawowych treści akademickich (Bartholomew i Jowers, 2011). Takie podejście jest preferowane przez uczniów (Bartholomew i Jowers, 2011; Donnelly i Lambourne, 2011; Schmidt i in., 2019) nie wymaga dodatkowego czasu na przygotowanie nauczyciela oraz skutkują lepszymi wynikami w nauce, a oprócz tego szkoły mogą za ich pomocą rozwiązać kilka problemów zdrowotnych (Donnelly i Lambourne, 2011). Ponadto badania pokazują, że zapewniają realne podejście do poprawy sprawności, funkcji poznawczych (funkcje wykonawcze, uwaga, percepcja, pamięć robocza), a ostatecznie osiągnięć w nauce (Magistro i in., 2022). Co więcej, szereg przeglądów systematycznych i metaanaliz sugeruje, że włączenie aktywności fizycznej do zajęć w klasie nie tylko poprawia osiągnięcia w nauce (Norris i in., 2020; Singh i in., 2019; Watson i in., 2017), ale także zachowanie w klasie (Watson i in., 2017) oraz ma pozytywny wpływ na aktywność fizyczną (Norris i in., 2020). Na przykład w badaniu Mavilidi i Vazou 560 uczniów w wieku 9 – 11 lat zostało podzielonych na trzy grupy: aktywność fizyczna zintegrowana z nauką, aktywne przerwy oraz grupa kontrolna z tradycyjnymi lekcjami (2021). Po zakończeniu ośmioletniej interwencji okazało się, że integracja aktywności fizycznej z treściami dydaktycznymi przyniosła największą poprawę w wynikach w nauce matematyki. Do podobnych wniosków doszli Egger i inni w eksperymencie weryfikującym wpływ jakościowo różnych przerw na wyniki poznawcze dzieci (2019). Grupa z dużym wysiłkiem fizycznym i zaangażowaniem poznawczym odniosła największe korzyści motoryczno-poznawcze w 20-tygodniowym programie, w porównaniu do grup z dużym wysiłkiem fizycznym i niskim zaangażowaniem poznawczym oraz niskim wysiłkiem fizycznym i dużym zaangażowaniem poznawczym. A zatem lekcje aktywne fizycznie wydają

się oferować synergiczne korzyści w odniesieniu do rozwoju poznawczego i motorycznego (Bartholomew i Jowers, 2011; Macdonald i in., 2021), które są kluczowe dla optymalnego rozwoju we wczesnych latach (Magistro i in., 2022). W odpowiedzi wiele grup badawczych pracuje nad połączeniem interwencji związanych z aktywnością fizyczną z treściami akademickimi, jednak wciąż brakuje metod, które byłyby na tyle łatwe we wdrażaniu, a później w stosowaniu, żeby stały się powszechne.

Istnieje także inny podział aktywności fizycznej w klasie – Watson i inni oprócz aktywnych przerw i lekcji aktywnych fizycznie wyróżnili także aktywne przerwy skoncentrowane na programie nauczania (2017a). I choć jest to najmniej znane podejście do wprowadzania ruchu w proces dydaktyczny, to ma wiele walorów, bowiem łączy zalety krótkich oddziaływań z zaletami symultanicznych aktywności motoryczno-poznawczych. Co więcej, jak badania pokazują nauczyciele preferują łączenie przerw aktywnych fizycznie z treściami dydaktycznymi (McMullen i in., 2014). Jedną z najbardziej znanych tego typu form aktywności jest amerykański program TAKE 10!, który pokazuje, że integracja ruchu z zadaniami poznawczymi w klasach szkół podstawowych jest wykonalna, a jednocześnie pomaga uczniom skupić się na nauce i umożliwia im osiągnięcie lepszych poziomów aktywności fizycznej (Kibbe i in., 2011). Jednak pytanie, jakie konkretne formy przerw na aktywność ruchową byłyby najbardziej korzystne dla rozwoju poznawczego dzieci, nadal pozostaje bez odpowiedzi. Niezbędne są badania porównujące zarówno wpływ różnych aktywności fizycznych na wyniki poznawcze (Vazou i in., 2016), jak i weryfikujące zapotrzebowanie poznawcze jako cechę jakościową aktywności fizycznej (Egger i in., 2018). Mavilidi i inni przeprowadzili w tym celu eksperyment, w którym porównali wpływ różnych rodzajów przerw – aktywność fizyczna, aktywność fizyczna zintegrowana z zadaniami z matematyki oraz same zadania matematyczne na funkcjonowanie poznawcze (2020). Przez cztery tygodnie we wszystkich grupach uczniowie trzy razy w tygodniu byli zaangażowani w pięciominutowe przerwy w klasie. Po zakończeniu interwencji okazało się, że przerwy na aktywność fizyczną ze zintegrowanymi treściami matematycznymi i bez nich skutecznie poprawiły zachowanie dzieci podczas wykonywania zadań i wyniki w nauce.

Jednak przerwy mogą pełnić także rolę rozgrzewki mózgu. W końcu tak jak sportowiec rozgrzewa mięśnie przed wysiłkiem fizycznym, tak samo można „rozgrzać” mózg przed wysiłkiem poznawczym. Aby sprawdzić jaki czas rozgrzewki byłby optymalny dla funkcji poznawczych Chang i inni przeprowadzili metaanalizę nielicznych eksperymentów poświęconych tego typu interwencjom i zasugerowali, że aby pozytywnie wpłynąć na funkcje

poznawcze bezpośrednio po aktywności fizycznej potrzebne są sesje aktywności fizycznej trwające dłużej niż 11 minut (2012). Jednakże biorąc pod uwagę napięty program edukacji i wynikający z tego ograniczony czas w szkole Schmidt i inni zweryfikowali czy 10-minutowa interwencja może być wystarczająca (2016). Zespół dokonał porównania pomiędzy czterema warunkami: grupa kombinowana (aktywność fizyczna z dużymi wymaganiami poznawczymi), grupa poznawcza (siedzący tryb życia z dużymi wymaganiami poznawczymi), grupa fizyczna (aktywność fizyczna z niskimi wymaganiami poznawczymi) i grupa kontrolna (siedzący tryb życia z niskimi wymaganiami poznawczymi). Interwencja trwała tylko 10 minut, a testy przeprowadzono tuż przed i zaraz po niej. Wyniki pokazały, że zaangażowanie poznawcze w przeciwieństwie do aktywności fizycznej miało pozytywny wpływ na skupioną uwagę dzieci i szybkość przetwarzania, co sugeruje, że krótka – 10-minutowa czynność angażująca poznawczo przyczynia się do skupienia uwagi dzieci w szkole podstawowej. Niemniej, jak podkreślają autorzy, należy zauważyć, że główny efekt w projekcie 2×2 zawsze wynika z połączenia dwóch warunków eksperymentalnych. Oznacza to, że główny efekt wysokiego zaangażowania poznawczego jest również napędzany przez warunek: aktywność fizyczna z dużymi wymaganiami poznawczymi. Do odwrotnych wniosków doszli Egger i inni w podobnym eksperymencie, lecz o dłuższym – 20-minutowym czasie interwencji, wskazując wręcz, że wysokie zaangażowanie kognitywne może negatywnie wpłynąć na funkcje poznawcze (2018). Być może, jak sugerują autorzy, 20 minut to zbyt długi okres i zasoby poznawcze w tym czasie zdążą się już w jakimś stopniu wyczerpać. I choć większość badań wykazujących pozytywne efekty aktywności fizycznej i wysokiego zaangażowania poznawczego wykorzystywała czas trwania od 10 do 15 minut (Benzing i in., 2016; Schmidt i in., 2016; Vazou i Smiley-Oyen, 2014), to kwestia czynników wpływających na optymalne przygotowanie mózgu do wysiłku poznawczego nadal pozostaje otwarta (Infantes-Paniagua i in., 2021). Jednak odpowiedź na nią miałaby duże znaczenie praktyczne w środowisku edukacyjnym, a w szczególności przy projektowaniu szkolnych programów aktywności fizycznej ukierunkowanych na uwagę dzieci (Schmidt i in., 2016).

Takich wniosków mogą dostarczyć badania z metodą mini-Eduball jako czynnikiem eksperymentalnym. Szczegółowe opracowanie gier mini-Eduball pozwoliłoby zweryfikować czy taka forma treningu motoryczno-poznawczego stymulującego prakcję ręki może być skuteczną strategią przygotowywania do wysiłku poznawczego. Po zakończeniu badania stanowiącego przedmiot niniejszej pracy rozpoczęliśmy przygotowanie eksperymentu w warunkach naturalnych. Interwencją, która potrwa od marca do czerwca bieżącego roku,

zostały objęte dzieci z pierwszych klas szkoły podstawowej. W kolejnych badaniach można by także zweryfikować czy połączenie gier mini-Eduball z metodami nieinwazyjnej stymulacji mózgu online – między innymi przezczaszkową stymulacją prądem stałym (tDCS, ang. *transcranial Direct-Current Stimulation*) lub też stymulacją dudnieniami synchronicznymi (BB, ang. *binaural beats*) może wzmocnić efekty poznawcze. Jeszcze innym – potencjalnym obszarem jest wykorzystanie metody mini-Eduball jako formy terapii dla dzieci i dorosłych z różnego rodzaju problemami w nauce, zaburzeniami i niepełnosprawnościami.

1.6. Podsumowanie

Reasumując, dotychczas nie przeprowadzono żadnych badań nad wpływem udziału w grach opartych na tak zmodyfikowanych piłkach Eduball na funkcjonowanie kognitywne. Dlatego celem tej pracy jest zweryfikowanie założeń dotyczących metody mini-Eduball, a także odpowiedź na pytanie czy czynności wykonywane bezpośrednio przed wysiłkiem poznawczym, jak na przykład w trakcie przerwy międzylekcyjnej, wpływają na procesy umysłowe stanowiące fundament dla osiągnięć szkolnych. Stawiam hipotezę, że gry mini-Eduball, w których zadania wymagają jednoczesnego zaangażowania umysłowego oraz motoryki małej, stymulują te procesy bardziej niż gry czysto poznawcze lub tylko ruchowe, a także że mogą powodować nawet lepsze efekty niż techniki stymulacji mózgu wykorzystujące urządzenia elektroniczne – jak stymulacja dudnieniami czy też przezczaszkowa stymulacja prądem stałym. Wyniki badań mogą zatem wnieść nowe informacje do wiedzy o relacjach zachodzących pomiędzy jednoczesną stymulacją motoryki małej i umysłu, a procesami poznawczymi. Z kolei w warstwie aplikacyjnej pomogą w opracowaniu szczegółów metody mini-Eduball, co w efekcie pozwoli przygotować ją do rozpoczęcia eksperymentów w warunkach naturalnych, a w dalszej konsekwencji umożliwi wdrożenie jej w szkołach. W kolejnym rozdziale opiszę szczegółowo wykorzystane w tym celu metody badań i zastosowaną procedurę.

2. Metody

2.1. Uczestnicy

W eksperymencie wzięło udział 90 polskojęzycznych, zdrowych neurologicznie studentów z kilku państwowych uczelni (Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Politechnika Poznańska, Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu) w wieku od 18 do 25 roku życia ($M = 21,94$; $SD = 1,76$). Wymaganą liczebność próby obliczono za pomocą programu G*Power (wersja 3.1.9.6) przyjmując następujące założenia: błąd pierwszego rodzaju (α) ustalono na poziomie 0,05, błąd drugiego rodzaju (β) ustalono na poziomie 0,20, moc ($1 - \beta$) ustalono na poziomie 0,8, wielkość efektu (η^2p) ustalono na poziomie 0,4, liczba zmiennych towarzyszących: 1. Uzyskana szacowana minimalna wielkość próby dla sześciu grup to co najmniej 86 uczestników łącznie. Informacja o badaniu została upowszechniona w Internecie oraz przekazana drogą mailową. Osoby zainteresowane udziałem w badaniu zostały poproszone o przesłanie maila do badacza. W odpowiedzi otrzymały opis badania (patrz aneks) oraz informację, iż mogą uczestniczyć w tym projekcie tylko jeśli nie występują u nich żadne z wymienionych w formularzu przeciwwskazań, co będą musieli potwierdzić wraz z wyrażeniem świadomej zgody w formie pisemnej bezpośrednio przed przystąpieniem do eksperymentu (patrz aneks). W formularzu zgłoszeniowym zawarto kryteria włączenia: (1) wiek w przedziale 18–25 lat; (2) status studenta, a także kryteria wyłączenia: (1) przyjmowanie leków wpływających na funkcjonowanie układu nerwowego; (2) spożycie w przeciągu 24 godzin poprzedzających badanie substancji psychoaktywnych; (3) spożycie w dniu badania napoju zawierającego kofeinę; (4) przebyta lub czynna choroba neurologiczna; (5) poważniejszy uraz głowy; (6) choroby lub schorzenia uniemożliwiające udział w aktywności fizycznej z małymi piłkami; (7) ciąża, które zostały zweryfikowane raz jeszcze bezpośrednio przed badaniem. W przypadku grupy TS, w której badani byli poddani przezczaszkowej stymulacji prądem stałym dodatkowe kryteria wyłączenia stanowiły: (1) doznanie napadu (na przykład drgawek) podczas badania; (2) posiadanie metalowych elementów w głowie; (3) posiadanie rozrusznika serca.

Ze względu na charakter zadań (wykonywanych ręką dominującą lub niedominującą) w jednej z grup, konieczne było także ustalenie lateralizacji uczestników. Poza własną deklaracją, w której 78 uczestników zadeklarowało się jako praworęczni, a 12 jako leworęczni, prosiliśmy także o wypełnienie poprawionego edynburskiego kwestionariusza ręczności (EHI, ang. *revised Edinburgh Handedness Inventory*) opracowanego przez

Oldfielda (1971) (patrz aneks). Stosując następujące kryteria oceny: +100 oznacza całkowitą dominację prawej ręki, -100 całkowitą dominację lewej ręki, a wskaźnik między +33,3 a -33,3 wskazuje na mieszaną ręczność, zweryfikowaliśmy deklaracje uczestników (średni iloraz lateralizacji [LQ, ang. *Laterality Quotient*] = 73,03; wynik lateralizacji [LS, ang. *Laterality Score*] = 47), potwierdzając zgodność deklaracji z wynikiem formularza.

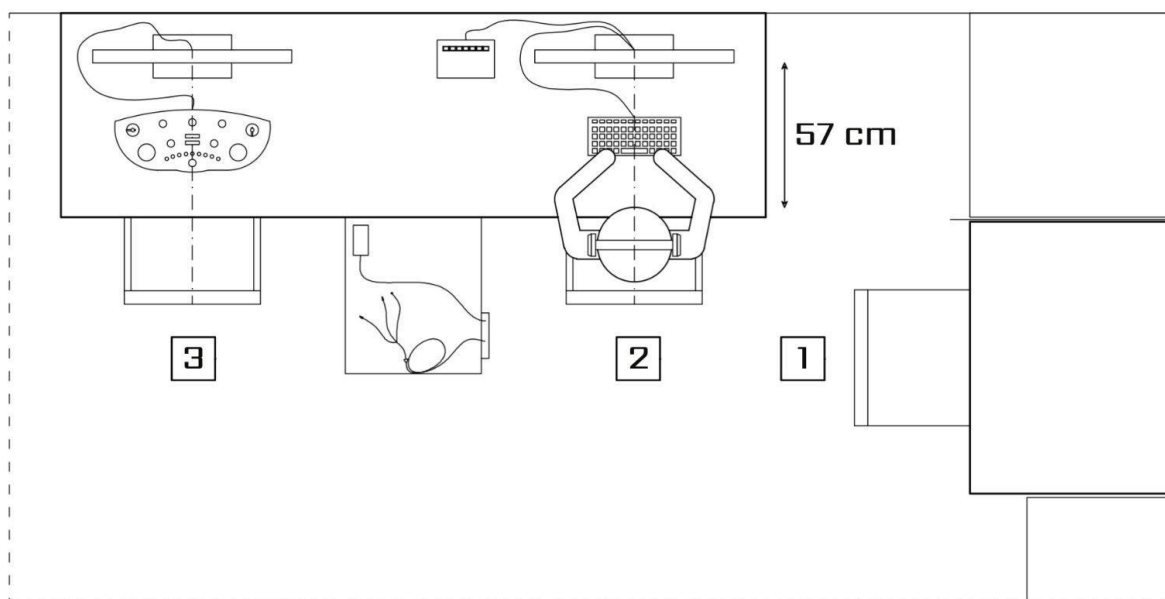
Po weryfikacji kryteriów studenci zostali losowo przydzieleni do grupy kontrolnej NB – normalna przerwa (ang. *normal break*) oraz pięciu grup eksperymentalnych: 3D – układanka 3D; BB – stymulacja dudnieniami (ang. *binaural beats*); EB – piłki mini-Eduball; TB – tradycyjne piłki (ang. *traditional balls*); TS – stymulacja przezczaszkowa (ang. *transcranial stimulation*); przy zachowaniu balansu płciowego (w każdej grupie było 10 kobiet i 5 mężczyzn). Dokładnie 24 godziny przed badaniem wszyscy uczestnicy dostali wiadomość tekstową na telefon z informacjami dotyczącymi badania i przypomnieniem o konieczności powstrzymania się w tym okresie czasu od picia napojów zawierających kofeinę oraz różnego rodzaju substancji psychoaktywnych. Rekompensatą za wysiłek przybycia do pracowni i poświęcenia czasu była książka o teoretycznych podstawach metody mini-Eduball, którą otrzymał każdy uczestnik.

2.2. Procedura

Badanie zostało ocenione i pozytywnie zaopiniowane przez Komisję Etyczną Wydziału Studiów Edukacyjnych Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu w dniu 22 października 2021 roku (decyzja nr WSE-KEdsPB-01/2021/2022 i WSE-KEdsPB-01a/2021/2022). Procedura i wszystkie manipulacje były prowadzone zgodnie z zasadami tak zwanej Deklaracji Helsińskiej. Ze względu na trwającą pandemię przygotowanie laboratorium oraz samo badanie przebiegało zgodnie z zasadami sanitarnymi określonymi w Zarządzeniu nr 291/2020/2021 Kanclerza Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu z dnia 23 września 2021 roku w sprawie wytycznych sanitarnych obowiązujących przy organizacji zajęć dydaktycznych w semestrze zimowym roku akademickiego 2021/2022. Ponadto, mając na uwadze specyfikę sytuacji badania oraz kontakt z aparaturą badawczą obowiązywały dodatkowe zasady (patrz aneks). Przed rozpoczęciem przeprowadzania badania wraz z zespołem dokonaliśmy wstępnej rejestracji w bazie AsPredicted (#83788).

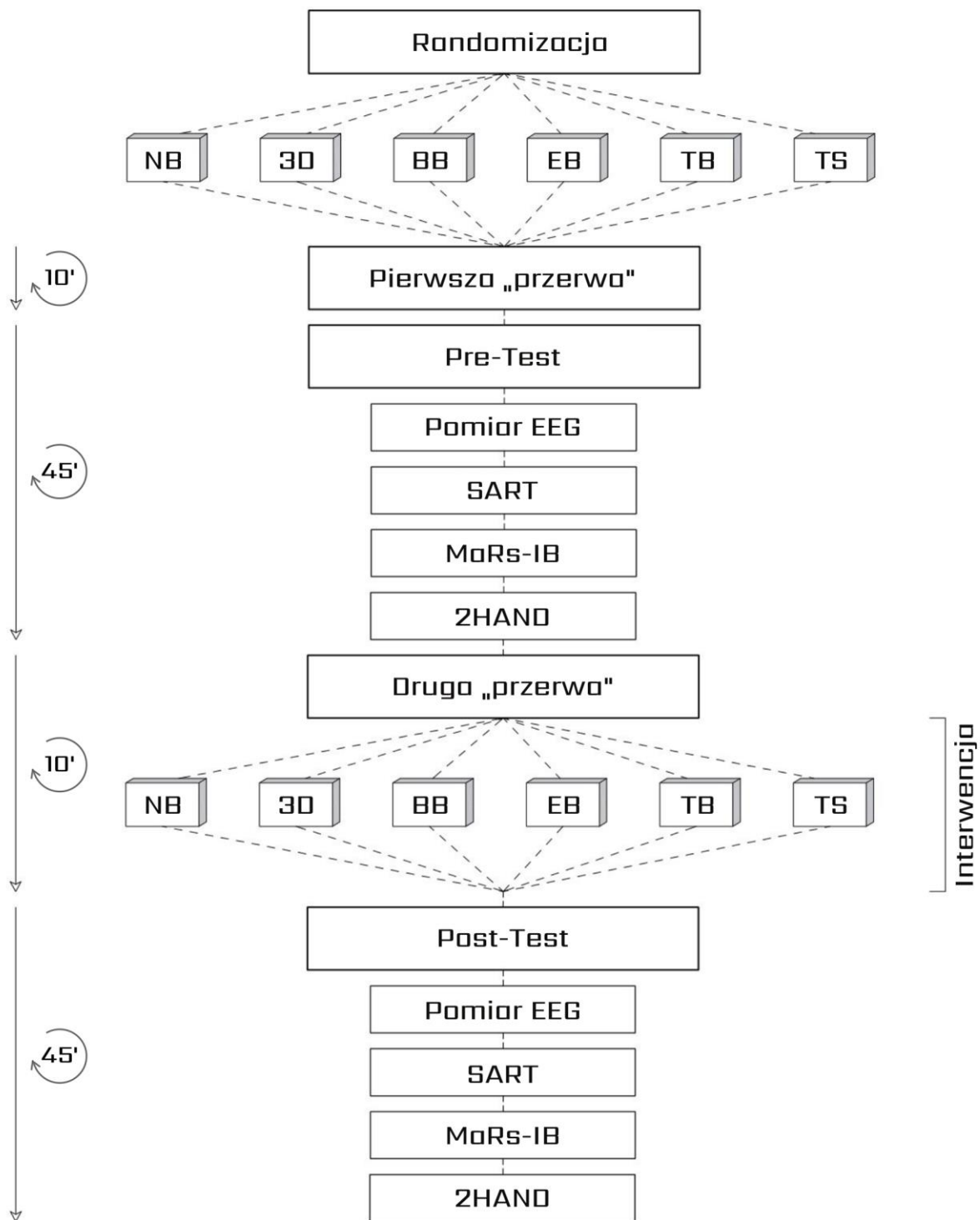
Eksperyment przeprowadzaliśmy od lutego do czerwca 2022 roku w warunkach laboratoryjnych (patrz ryc. 23) w Pracowni Badań nad Procesem Ucznienia się znajdującej się na Kampusie Szamarzewo Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza. Zgodnie z procedurą

(wynikającą z pandemii) przed przyjściem badanego każdorazowo pomieszczenie było wietrzone, przedmioty których dotykali badani dezynfekowane, a na krzesła okrywane jednorazowym podkładem medycznym. W trakcie eksperymentu poza badanym w laboratorium znajdowali się tylko eksperymetatorzy. Bezpośrednio przy wejściu znajdowało się dodatkowo miejsce, gdzie badani dezynfekowali dłonie, zakładali odpowiednie maseczki, zdejmowali kolczyki, a także gdzie mogli zostawić swoje rzeczy. Po wprowadzeniu uczestnika w podstawowe informacje o badaniu oraz upewnieniu się, że wszystko jest dla niego zrozumiałe badany był proszony o przeczytanie i podpisanie wszystkich dokumentów oraz wyrażenie świadomej zgody na udział w eksperymencie.



Rycina 23. Przestrzeń laboratorium. W pomieszczeniu znajdowały się trzy stanowiska dostosowane do przewidzianych procedurą zadań, które wykonywali uczestnicy.

Procedura odzwierciedlała znany ze szkół podział na jednostki czasowe zaangażowania poznawczego w formie 45-minutowych lekcji oraz 10-minutowych przerw (patrz ryc. 24). Badanie rozpoczynało się przy stanowisku nr 1 (patrz ryc. 23), gdzie wszyscy uczestnicy spędzali pierwszą przerwę w dokładnie taki sam sposób – siedząc przy stoliku i czytając po cichu, we własnym tempie tekst na tablicie. Po upływie 10 minut byli proszeni o przejście do stanowiska nr 2, gdzie odbywała się pierwsza część zadań poznawczych – tak zwanej lekcji składająca się z pomiaru EEG oraz dwóch testów poznawczych: Sustained Attention to Response Task oraz test matryc Matrix Reasoning Item Bank. Następnie badany zajmował miejsce przy stanowisku nr 3, gdzie wykonywał zadania związane z testem motorycznym 2HAND. Po ukończeniu ostatniego testu uczestnik wracał do stanowiska nr 1, gdzie odbywała się druga „przerwa”, w trakcie której w grupie kontrolnej badani ponownie czytali tekst na tablicie przez 10 minut, a w pozostałych pięciu grupach był wprowadzany czynnik eksperymentalny. W ostatniej części badania uczestnicy ponownie brali udział w identycznym zestawie testów oraz pomiarze jak przed drugą „przerwą”. Wszystkie elementy procedury opiszę szczegółowo w następnych podrozdziałach utrzymując kolejność chronologiczną eksperymentu.

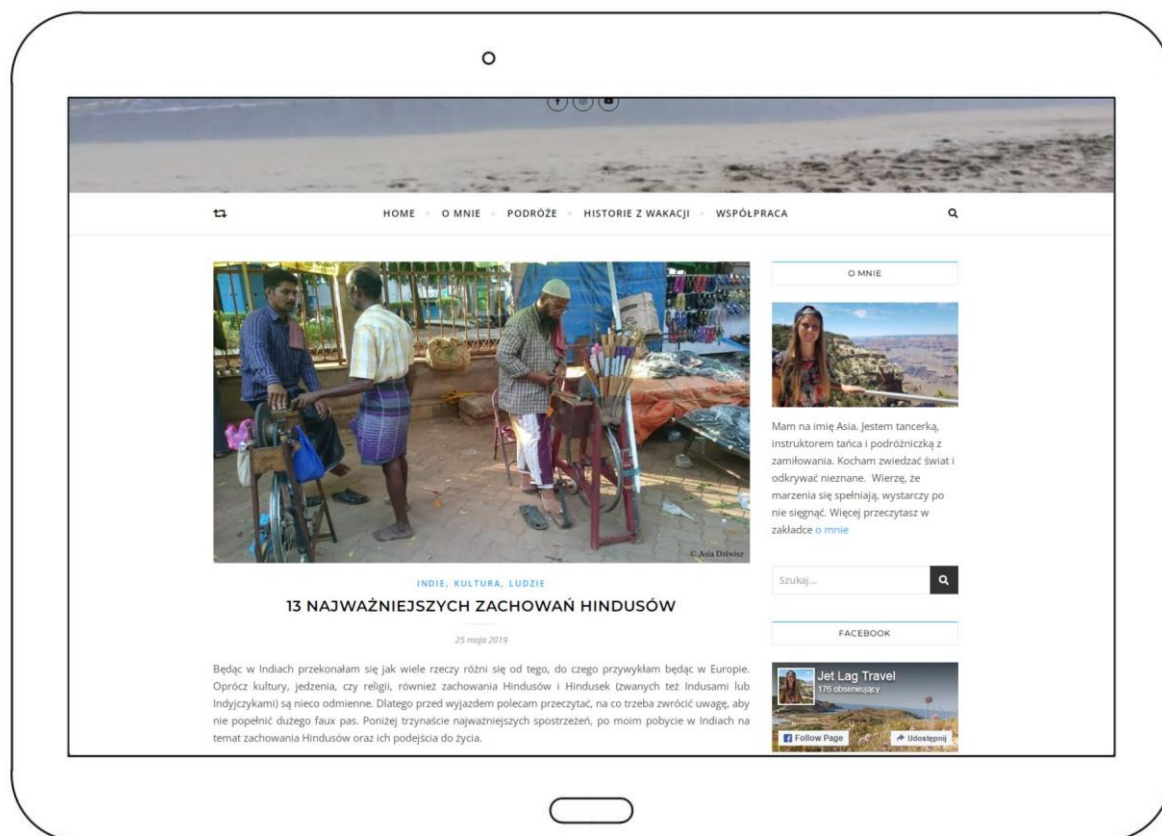


Rycina 24. Procedura eksperymentu. Uczestnicy zostali przydzieleni w sposób zrandomizowany do równolicznych grup eksperymentalnych. Procedura badania składała się z 4 części – dwóch dziesięciminutowych „przerw” oraz dwukrotnie powtórzonych serii testów poznawczych i motorycznych, które zarówno w pre-teście jak i w post-teście odbyły się w identycznej kolejności: pomiar EEG, test Sustained Attention to Response Task, test matryc Matrix Reasoning Item Bank i na końcu test 2HAND. Czynniki eksperymentalne zostały wprowadzone podczas drugiej „przerwy” w pięciu z sześciu grup.

2.3. Pierwsza „przerwa”

Wszyscy uczestnicy rozpoczęli badanie przy pierwszym stanowisku, gdzie odbywała się tak zwana pierwsza – pasywna „przerwa” (Wilson i in., 2016). Głównym celem tej części procedury było zredukowanie efektów zróżnicowanych aktywności podjętych przez badanych tuż przed przyjściem do laboratorium. Prosiłiśmy uczestników o zajęcie wygodnej pozycji siedzącej, a następnie wybranie, zgodnie ze swoimi preferencjami i zainteresowaniami, jednego z dziesięciu wgranych na tablecie artykułów (patrz aneks) i czytanie go po cichu przez 10 minut, w taki sposób jakby czytali go dla siebie i swojej przyjemności. Informowaliśmy także, że jeśli skończą czytać dany artykuł przed upływem czasu, to należy wybrać kolejny i kontynuować czytanie, aż nie przekażę komunikatu, że minęło 10 minut.

Artykuły dobraliśmy zgodnie z przyjętymi kryteriami: (1) polskojęzyczny; (2) popularnonaukowy; (3) o zróżnicowanej tematyce dotyczącej powszechnych zainteresowań studentów (tematyka podróżnicza, psychologiczna, ciekawostki kulturowe i ze świata nauki); (4) kilkunastosekondowe – zajmujące około kilkunastu minut czytania; (5) znajdujące się na ogólnodostępnych stronach. Wszystkie artykuły wyeksportowaliśmy do formatu pdf bezpośrednio z witryn internetowych, pozostawiając ich układ (patrz ryc. 25), tak aby jak najściślej odwzorować przeglądanie stron na smartfonie lub tablecie przez uczniów i studentów w trakcie przerw.



Rycina 25. Sposób prezentowania artykułów podczas pierwszej „przerwy”. Uczestnicy czytali artykuły wyświetlane na tablecie (Galaxy Tab 4 10.1 LTE, SM-T535). W jego pamięci zapisane było 10 plików bezpośrednio pobranych za pomocą opcji „drukuj” ze stron internetowych, dzięki czemu zachowały oryginalny układ – wraz z nagłówkami, pojawiającymi się komunikatami i reklamami.

2.4. Testy

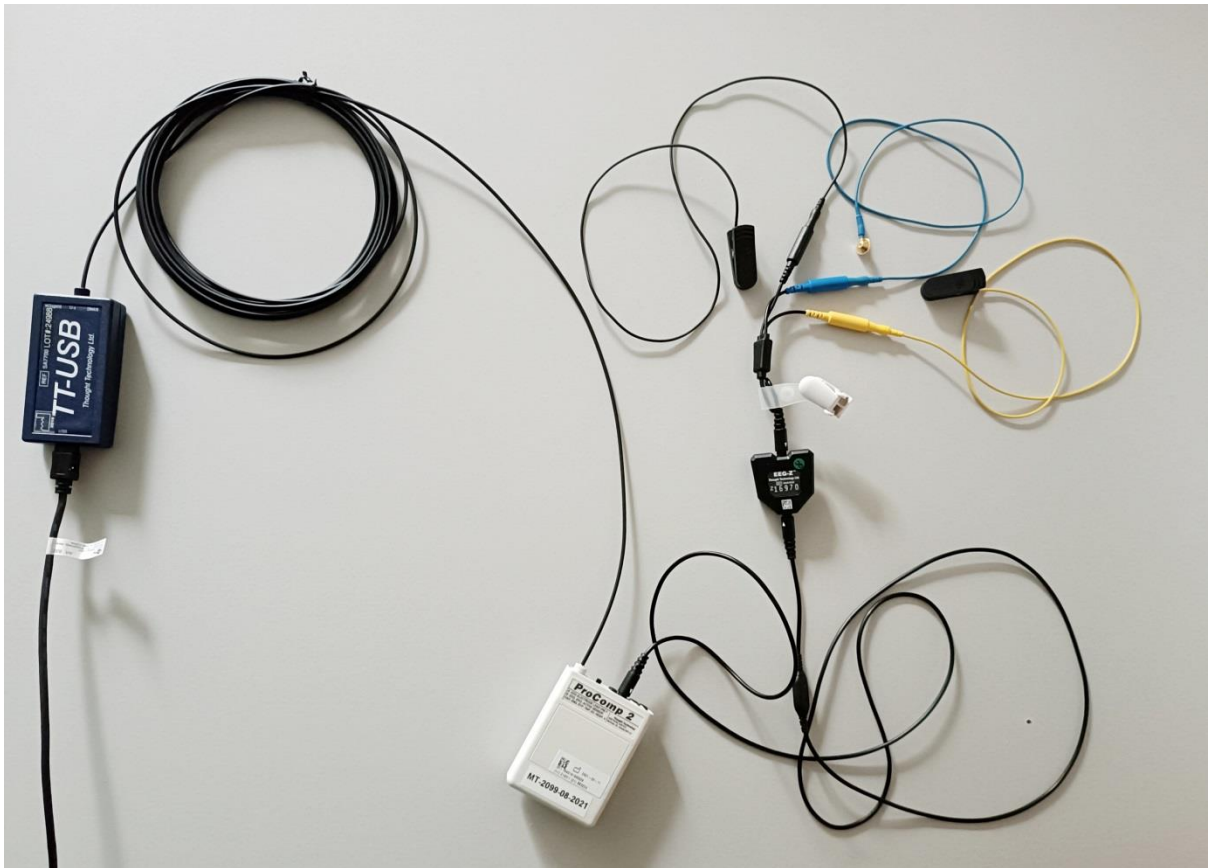
Przeprowadzane w niniejszym badaniu testy można podzielić najprościej na dwie kategorie – testy poznawcze oraz test motoryczny. W takiej też kolejności zostały zastosowane w opisanym wcześniej procedurze. Pierwszy z nich – pomiar EEG nie jest w swojej istocie testem poznawczym, jednak dokonując odpowiedniej – ilościowej analizy sygnału do obliczenia stosunku Theta-Beta może pełnić taką rolę. Tym samym wykorzystaliśmy go w tym badaniu jako biomarker kontroli poznawczej. Jednocześnie w inny – behawioralny sposób mierzyliśmy uwagę ciągłą i selektywną u badanego za pomocą testu Sustained Attention to Response Task. Dodatkowo, odwołując się do założeń opisanego wcześniej dalekiego transferu chcieliśmy zbadać także zmiany w inteligencji płynnej i umiejętności rozumowania abstrakcyjnego. Przykładem takiego testu jest wybrany przez nas test matryc Matrix Reasoning Item Bank. Jako ostatni w procedurze zastosowaliśmy test 2HAND sprawdzający umiejętności koordynacyjne, którym dysponują nasi partnerzy naukowcy z Akademii

Wychowania Fizycznego we Wrocławiu, dzięki czemu mogliśmy go wypożyczyć i wykorzystać w niniejszym badaniu.

2.4.1. Pomiar EEG

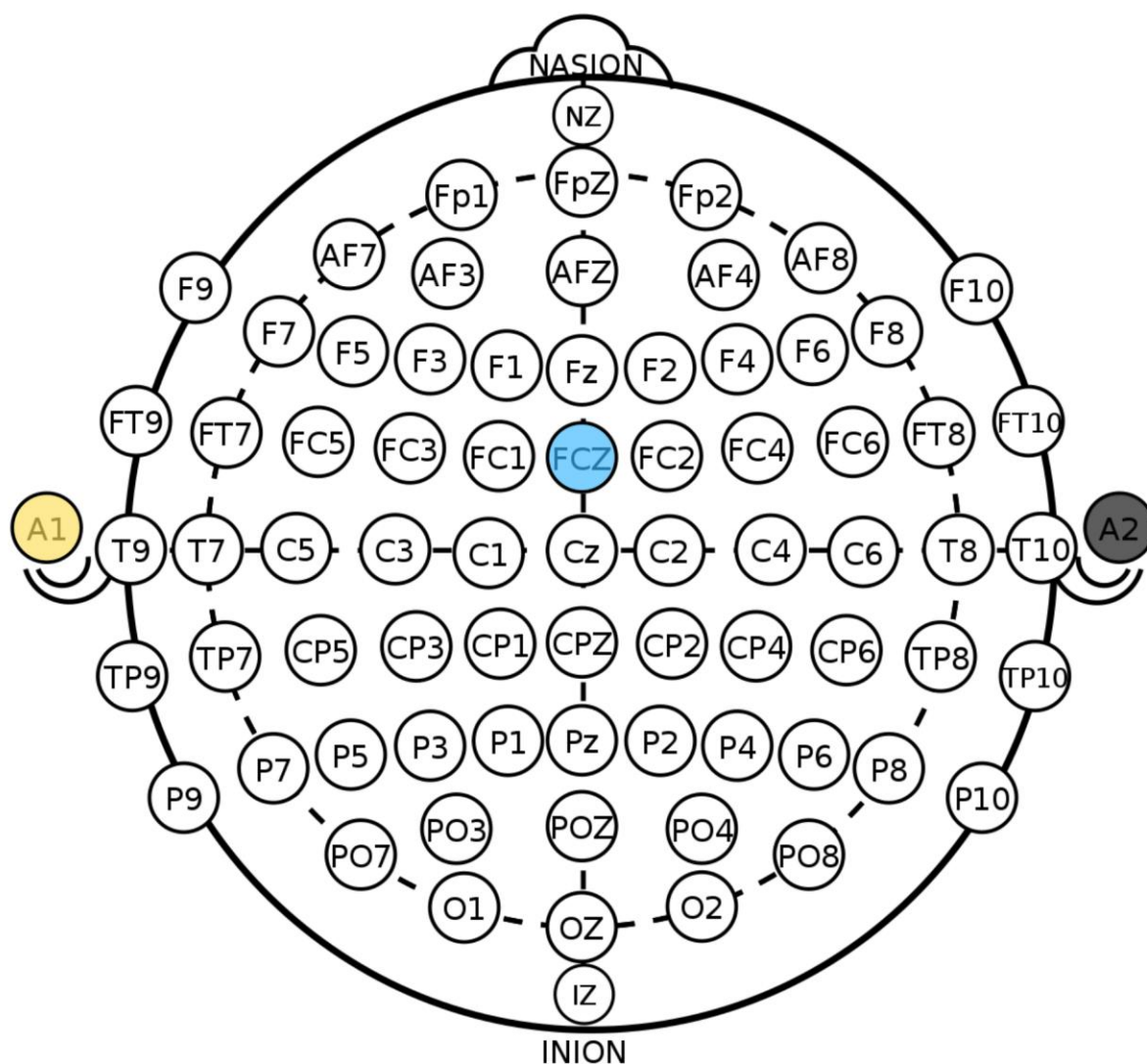
Pomiar EEG jest powszechnie stosowaną nieinwazyjną metodą diagnostyczną, która pozwala zbadać bioelektryczną czynność mózgu. Stosuje się go w celu wykrycia różnego rodzaju nieprawidłowości w funkcjonowaniu ośrodkowego układu nerwowego, a u osób zdrowych jako metodę neuroobrazowania pozwalającą na obserwację czynności mózgu podczas przeprowadzania wybranych procesów. Może być przeprowadzany w spoczynku, ale także w innych stanach, na przykład podczas wykonywania zadań poznawczych, w trakcie których urządzenie rejestruje zapis fal mózgowych. Informacje o czynności elektrycznej mózgu zbierane są poprzez specjalne elektrody, które przesyłają surowe dane, które podlegają wzmocnieniu, a w przypadku ilościowego EEG – które tutaj wykorzystaliśmy – także szybkiej transformacji Fouriera (przekształceniu w widmo mocy wyrażone w $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$), w celu statystycznej obróbki danych. Jednym ze wskaźników, które można dzięki temu wyliczyć jest współczynnik Theta/Beta lub inaczej stosunek Theta/Beta (TBR, ang. theta/beta ratio), odzwierciedlający poziom kontroli poznawczej. Bardziej szczegółowo mówiąc niższy TBR jest markerem wyższej kontroli uwagi (Angelidis i in., 2016), kontroli wykonawczej (Angelidis i in., 2018; van Son i in., 2019) oraz przetwarzania poznawczego (Clarke i in., 2019).

Klasyczne badanie EEG przeprowadza się zazwyczaj z użyciem 19 elektrod mokrych (pomiędzy skórę, a elektrodę wstrzykuje się specjalny żel). W badaniach naukowych, w których bardzo istotne jest zarejestrowanie sygnału z dużą dokładnością przestrzenną, korzysta się także z aparatów EEG połączonych nawet z 128 czy 256, a nawet 512 elektrodami. Przygotowania do takiego badania zajmuje bardzo dużo czasu, bowiem każda elektroda musi być odpowiednio przymocowana. Jednak istnieją także aparaty EEG z mniejszą liczbą elektrod, również suchych – niewymagających stosowania specjalnego czepka i żelu, dzięki czemu ten proces jest w znaczący sposób skrócony. W tym badaniu użyliśmy właśnie takiej, certyfikowanej aparatury EEG-Biofeedback połączonej z trzema elektrodami (patrz ryc. 26).



Rycina 26. Aparatura EEG. W skład w zastosowanej w tym badaniu aparatury EEG-Biofeedback wchodzi: elektrody AgCl, czujnik EEG-Z – jednocześnie przedwzmacniacz sygnału oraz urządzenie służące pomiaru impedancji (EEG-Z sensor, Thought Technology), koder (ProComp 2, Thought Technology) oraz złącze światłowodowe (TT USB, Thought Technology). Aktywność bioelektryczna mózgu była rejestrowana przez trzy elektrody: niebieską – miseczkową, która stanowiła elektrodę czynną (większość rejestrowanej aktywności pochodzi z lokalizacji tej elektrody) oraz dwie klipsowe pełniące rolę uziemienia i punktu referencyjnego dla elektrody aktywnej (miejsce względnie nieaktywne).

Pomiar został przeprowadzony przy drugim stanowisku, gdzie do komputera Dell OptiPlex 7490 AIO podłączyliśmy aparaturę EEG-Biofeedback. Badani po zajęciu miejsca przy drugim stanowisku byli informowani o przebiegu badania, a następnie za pomocą miary wyznaczaliśmy punkt umiejscowienia elektrody aktywnej za pomocą pasty ścierniej (Nuprep Weaver & Company) przygotowaliśmy skórę i przyczepialiśmy elektrody (patrz ryc. 27). Po umocowaniu i weryfikacji impedancji na wszystkich elektrodach (poziom impedancji ustalono poniżej 5 k Ω), korzystając z opracowanego przez producenta oprogramowania protokołu diagnozy EEG, następował pomiar. Odbywał się w trzech warunkach, z czego każdy trwał przez 60 sekund: (1) oczy otwarte (EO, ang. *eyes opened*), stan spoczynku (SR, ang. *state rest*); (2) oczy zamknięte (EC, ang. *eyes closed*), stan spoczynku; (3) czytanie po cichu (SR, ang. *silent reading*) – oczy otwarte, skupienie na zadaniu poznawczym (CS, ang. *cognitive state*). W ostatnim warunku prosiliśmy uczestników o czytanie po cichu tekstu (patrz aneks) który był wyświetlony na ekranie komputera Apple iMac 21.5 znajdującym się w odległości 57 centymetrów od oczu badanego (artkuł został podzielony na kolumny dopasowane do wielkości ekranu, tym samym prezentowany był na jednej stronie i nie wymagał przewijania). Przed każdym warunkiem powtarzaliśmy uczestnikowi raz jeszcze na czym będzie polegało jego zadanie. Aby ograniczyć artefakty w zapisie EEG prosiliśmy także o siedzenie w bezruchu (w szczególności nieporuszanie głową, ustami i językiem) oraz ograniczenie mrugania. W celu upewnienia się, że badany jest gotowy, każdorazowo zadawaliśmy pytanie czy możemy zacząć. Jeśli był gotowy, wówczas przekazywaliśmy informację, że zaczynam pomiar, jednak uruchamialiśmy go po upływie pięciu sekund. Oprogramowanie automatycznie kończyło zbieranie danych w danym warunku po upływie 60 sekund.



Rycina 27. Umiejscowienie elektrod w pomiarze EEG. Elektrody zostały umieszczone zgodnie z systemem 10-10. W punkcie FCz (zazwyczaj stosowany w rejestracji jednokanałowej u osób dorosłych w celu diagnozy zaburzeń uwagi) za pomocą pasty klejąco-przewodzącej (Ten20, Weaver & Company) przytwierdzaliśmy elektrodę AgCl. Na płatkę lewego ucha umieszczaliśmy elektrodę odniesienia, a na płatkę prawego ucha znajdowało się uziemienie (M. Thompson i L. Thompson, 2003).

Dane EEG rejestrowaliśmy przy częstotliwości próbkowania 256 Hz. Pomiar z punktu FCz został odniesiony do pomiarów z płatków usznych. Zgodnie z zaleceniami producenta oprogramowania korekty artefaktów ocznych i mięśniowych dokonaliśmy manualnie w segmentach pięciosekundowych. Wyjściowe dane EEG po transformacji Fouriera zostały podzielone przez oprogramowanie Biograph Infiniti na pasma: (1) Delta (1–4 Hz); (2) Theta (4–8 Hz); Alpha (8–12 Hz); SMR (12–15 Hz); Beta 1 (15–18 Hz); High Beta (18–30 Hz), na podstawie których został wyliczony współczynnik Theta/Beta osobno dla każdego warunku (współczynnik theta/beta obliczono dzieląc bezwzględną moc theta przez bezwzględną moc beta 1). Ze względu na brak jednakowych standardów w przyjmowaniu zakresu fal,

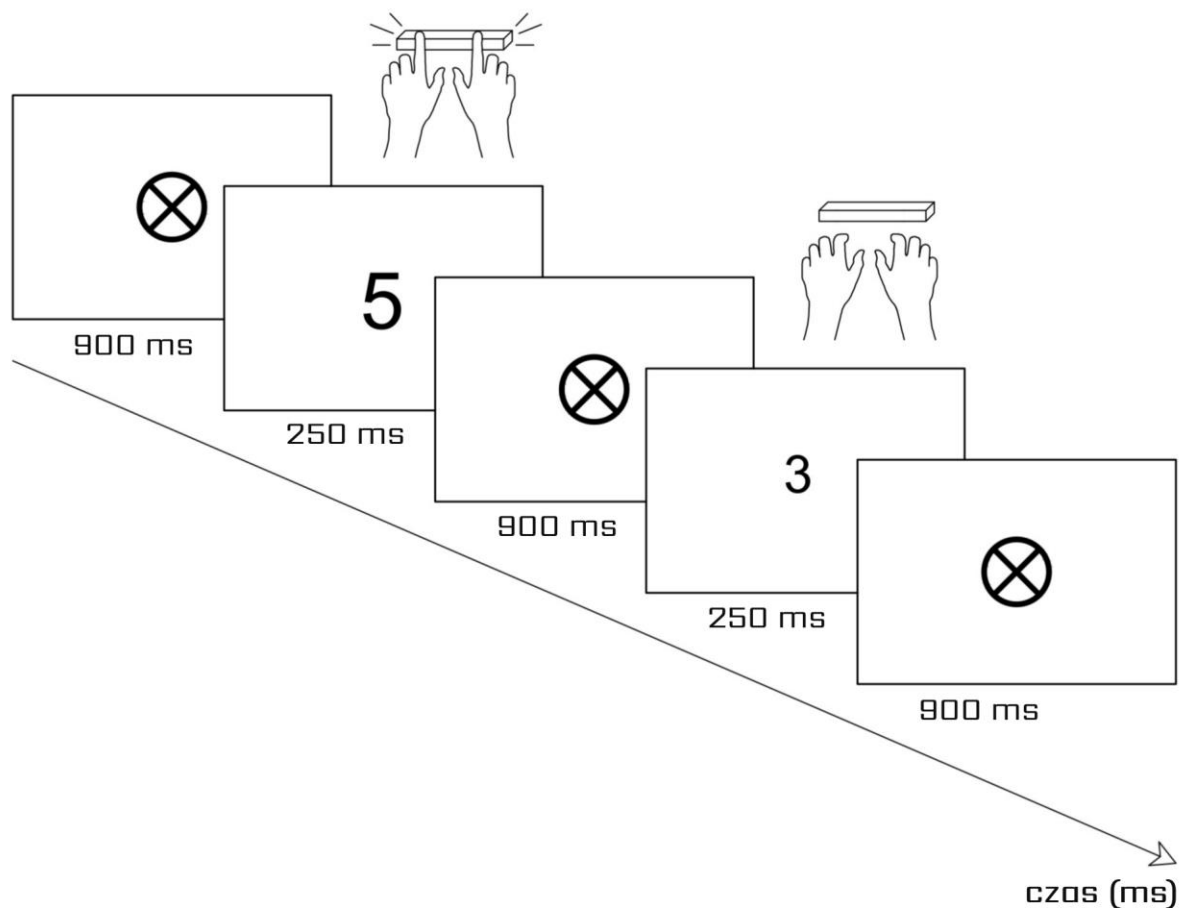
dokonałiśmy drugiej analizy, w której dla fal beta 1 ustawiliśmy ręcznie zakres od 13 do 30 Hz, dla którego oprogramowanie automatycznie przeliczyło współczynnik Theta/Beta w każdym warunku. Następnie wyliczyliśmy uśredniony współczynnik Theta/Beta dla wszystkich warunków (oczy otwarte, oczy zamknięte i koncentracja uwagi na zadaniu poznawczym) w danym pomiarze dla obu zakresów fal Beta.

2.4.2. Test Sustained Attention to Response Task

Test Sustained Attention to Response Task (SART) należy do zadań typu Continuous Performance Task (CPT) mierzących uwagę ciągłą i selektywną uczestnika, powszechnie stosowanych od lat 50-tych ubiegłego wieku w badaniach naukowych na całym świecie. Istnieje wiele odmian testu CPT, zróżnicowanych między sobą długością i rodzajem stosowanych bodźców, lecz wszystkie polegają na wykonywaniu zadań o tym samym charakterze. W każdym z nich uczestnikowi przez kilka-kilkadziesiąt minut prezentowana jest seria szybko zmieniających, powtarzalnych bodźców (wizualnych lub dźwiękowych). Zależnie od wybranego paradygmatu zadaniem uczestnika jest reagowanie lub wstrzymanie reakcji gdy pojawi się wybrany, relatywnie rzadko występujący bodziec. Zatem test można zaliczyć do popularnych zadań Go/NoGo i polega na reagowaniu i hamowaniu swoich reakcji w odpowiedzi na poszczególne bodźce. Test można dostosowywać do potrzeb badań zmieniając rodzaj bodźca (na przykład dla dzieci w wieku przedszkolnym bardziej odpowiednie będą konkretne obrazki niż abstrakcyjne symbole w postaci często stosowanych cyfr i liter) i długość jego trwania, a także czas całego testu.

Test SART został stworzony przez Robertsona wraz z zespołem w 1997 roku. Test w oryginalnej wersji trwa około 4,3 minuty i składa się z 225 prób. Każda próba ma długość 1150 ms. Podczas pierwszych 250 milisekund każdej próby na środku monitora prezentowany jest albo bodziec Go, reprezentowany przez liczby z zakresu od 1 do 9 z wyłączeniem „3”, albo bodziec No-Go, reprezentowany przez cyfrę „3”, po których następuje maska (krzyżyk wpisany w okrąg) prezentowana przez 900 ms. Stosunek bodźców Go do No-Go wynosi 8 do 1 (200 z 225) oraz No-Go do Go 1 do 8 (25 z 225). Cyfry prezentowane są w kolorze białym na czarnym tle czcionką o losowym rozmiarze 120, 100, 94, 72 i 48 punktów. Bodźce liczbowe są prezentowane w sposób pseudorandomizowany (każda cyfra pojawia się 25-krotnie i nigdy dana cyfra nie powtarza się bezpośrednio). Zadaniem uczestnika jest odpowiadanie na bodźce Go poprzez naciśnięcie spacji na klawiaturze oraz powstrzymanie się od reakcji w przypadku gdy na ekranie pojawia się cyfra „3” (patrz ryc. 28). Uczestnicy są

instruowani, aby kładli równy nacisk na jak najszybsze reagowanie i utrzymywanie wysokiej dokładności. Czas odpowiedzi dla każdej próby jest rejestrowany przez komputer. Test poprzedzony jest serią ćwiczeniową składającą się z 18 prób, w tym dwóch No-Go.



Rycina 28. Schemat prezentowania bodźców w teście SART. Na ekranie komputera centralnie w punkcie fiksacji wyświetlane są przez 250 milisekund cyfry w interwałach co 900 milisekund (czas wyświetlania maski). Zadaniem uczestnika jest nacisnąć spację za każdym razem gdy pojawi się cyfra z zakresu 1–2 oraz 4–9 oraz powstrzymanie się od reakcji, gdy na ekranie pojawi się cyfra „3”. Uczestnik w każdej próbie ma 1150 milisekund na reakcję.

W eksperymencie użyliśmy testu SART online, udostępnionego na platformie Psytoolkit do nieodpłatnego wykorzystania w niekomercyjnych badaniach (Stoet, 2010, 2017). Autorzy opracowali i umieścili na stronie kod, który można zgodnie z potrzebami edytować. Ze względu na różnice względem pierwowzoru wprowadziliśmy niewielkie zmiany w kodzie (usunęliśmy komunikat zwrotny wyświetlany po popełnionym błędzie), tak aby był identyczny z oryginalnym testem użytym w badaniu przez Robertsona (patrz aneks). Do przeprowadzenia badania użyliśmy wersji 3.4.0 w przeglądarce Firefox. Uczestnicy wykonywali zadanie na komputerze Apple iMac 21.5, siedząc w odległości 57 centymetrów

od 21,5-calowego ekranu (dystans mierzony pomiędzy oczami uczestnika, a ekranem). Zostali poinstruowani, aby odpowiadali na klawiaturze poprzez naciśnięcie spacji dwoma wskazującymi palcami (patrz ryc. 28). Ze względu na ryzyko zakłócenia ciszy przez dźwięki dochodzące z zewnątrz, prosiliśmy uczestników o założenie słuchawek wyciszających.

Psytoolkit rejestrował standardowe dla testu SART dane: czas reakcji na poszczególne bodźce (RT, ang. *reaction time*) oraz poprawność odpowiedzi (ACC, ang. *accuracy*). Na ich podstawie wyliczyliśmy procentową poprawność reakcji dla wszystkich (200) bodźców Go (ACC_Go) oraz osobno (25) bodźców No-Go (ACC_No_Go), a także średni czas reakcji dla bodźców Go (Mean_RT_Go). Ponadto, dzieląc poprawność reakcji na bodźce No-Go przez średni czas reakcji na bodźce Go pomnożone 1000 razy, obliczyliśmy wskaźnik umiejętności (Skill_Index), który w lepszy sposób reprezentuje efektywność wykonania zadania (Jonker i in., 2013), gdzie wyższy wynik oznacza lepsze wykonanie testu. Ze wszystkich analiz wyłączyliśmy odpowiedzi na bodźce Go, których czasy reakcji leżały powyżej lub poniżej dwóch odchyłeń standardowych.

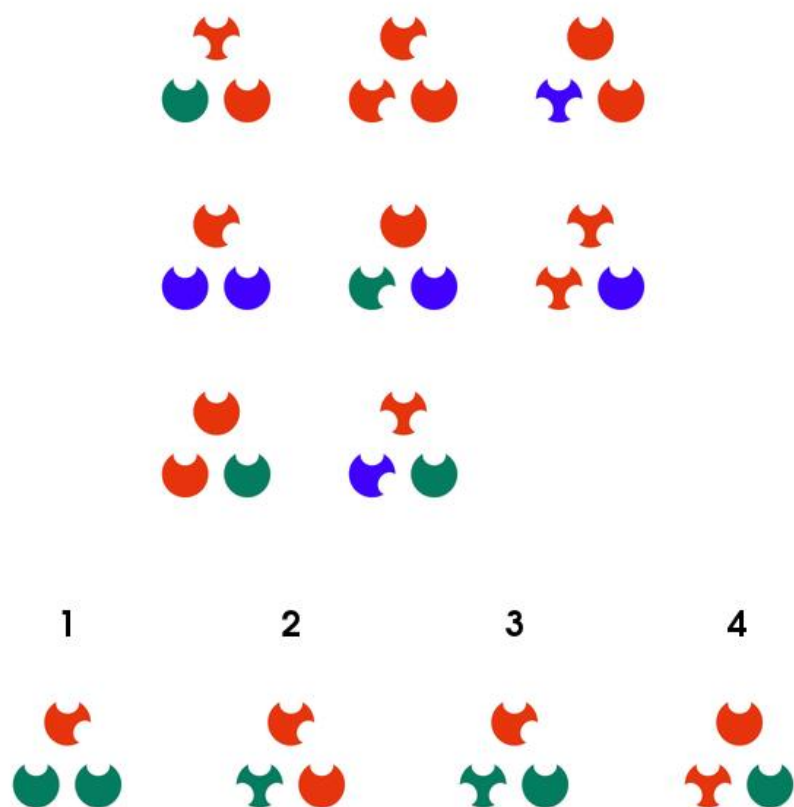
2.4.3. Test Matrix Reasoning Item Bank

Test matryc Matrix Reasoning Item Bank (MaRs-IB) bada rozumowanie abstrakcyjne uczestników w wieku 11–33 lat. Został stworzony przez zespół naukowców pod kierownictwem Sarah-Jayne Blakemore w odpowiedzi na brak ogólnodostępnych testów, które nie byłyby typowym testem IQ (Chierchia i in., 2019). Istnieje wiele testów mierzących inteligencję płynną, do najbardziej znanych można zaliczyć test Wechslera lub test matryc Ravena, jednak ze względu na charakter diagnostyczny wymagają one wykształcenia psychologicznego i jednocześnie są dość drogie i niewygodnym rozwiązaniem, bowiem za każdy arkusz testowy trzeba osobno zapłacić, a także w większości nie są one dostępne w formie cyfrowej, zatem wymagają pojedynczych analiz rozwiązań. Test matryc MaRs-IB jest darmowy, w pełni przygotowany do użytkowania w formie cyfrowej i nie będąc typowym testem psychometrycznym nie wymaga od badaczy posiadania dyplomu magistra psychologii. Autorzy udostępniają go do zastosowań naukowych w racjonalności Open Science Framework na zasadzie prawa cytatu.

Test MaRs-IB został zaprojektowany analogicznie do testu Raven's Progressive Matrices (Raven, 2009), który opiera się na zadaniach wymagających rozumowania abstrakcyjnego i służy do badania inteligencji płynnej (podstawowego składnika ogólnych zdolności poznawczych) (Burke, 1972). Jedną z jego wersji jest stosowana w badaniach z

dorośli uczestnikami Advanced Progressive Matrices, składająca się z 36 prób (Raven i in., 1998). W każdej próbie uczestnik widzi osiem wzorów geometrycznych ułożonych (zgodnie z nieznanym zestawem reguł) w macierz 3×3 , w której brakuje prawego dolnego elementu. Zadanie polega na dopasowaniu prawidłowego brakującego wzoru z zestawu ośmiu możliwych dopasowań. Jaeggi i inni podzielili matryce na dwa równie trudne zestawy po 18 macierzy, tak aby można je było wykorzystywać w badaniach z pomiarem bazowym lub z testem pre- i post-testem (2014).

MaRs-IB podobnie składa się z matrycy trzy na trzy zawierające abstrakcyjne kształty w ośmiu z dziewięciu komórek, podczas gdy jedna komórka w prawym dolnym rogu matrycy jest pusta (patrz ryc. 29). Jednak w przeciwieństwie do testu Matrycy Ravena, w tym przypadku uczestnicy muszą zidentyfikować brakujący kształt z zestawu tylko czterech możliwych alternatyw. Ponadto matryce MaRs-IB są kolorowe i mogą zmieniać się w czterech wymiarach: kolorze, rozmiarze, położeniu i kształcie. Chierchia i inni stworzyli trzy zestawy testów z przeciwwagą (formularz testowy 1, formularz testowy 2 i formularz testowy 3) z 80 ponumerowanymi macierzami, różniącymi się w każdym teście tylko dokładnie zastosowanym kształtem. Dlatego wybrane formularze testowe mogą być używane jako pre- i post-test. Elementy te są dostępne bezpłatnie do celów niekomercyjnych (<https://osf.io/g96f4/>) i można je wybrać zgodnie z potrzebami konkretnego badania – trudnością i czasem trwania zadania.

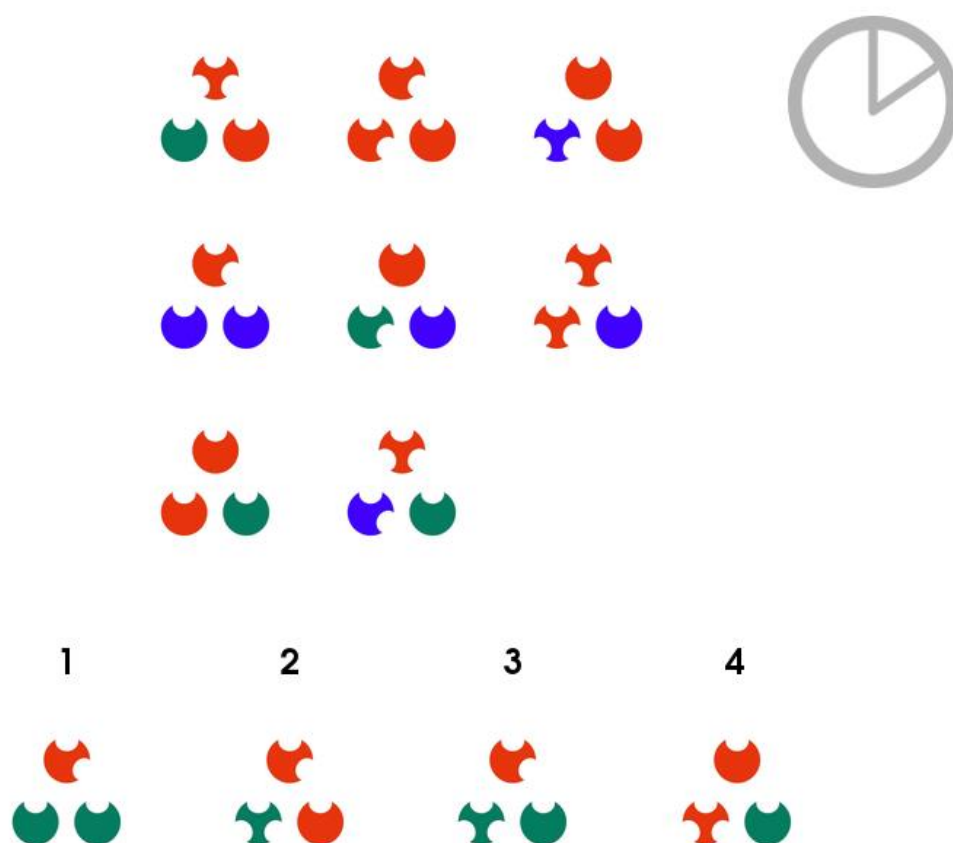


Rycina 29. Przykładowe zadanie w teście matryc MaRs-IB. Zadaniem uczestnika jest znalezienie zasad, zgodnie z którą wzory geometryczne w ośmiu komórkach są przekształcone i dopasowanie jednej z czterech odpowiedzi w puste pole tak, aby wybrany układ stanowił kontynuację zasad i uzupełniał matrycę.

Wzorując się na zasadach testu Raven's Advanced Progressive Matrices wybraliśmy 18 najtrudniejszych matryc z dwóch formularzy testowych. W tym celu uszeregowaliśmy macierze według liczby przekształceń – od największej do najmniejszej (liczba przekształceń, a co za tym idzie trudności, dla kolejnych macierzy między testami jest stała, tj. macierz nr 75 w postaci testu 1. ma taką samą liczbę przekształceń jak w testach 2. i 3.). Następnie wybraliśmy 18 macierzy z największą liczbą przekształceń (od 5 do 8 przekształceń) i ułożyliśmy je w kolejności numerycznej: 14, 21, 24, 26, 29, 30, 35, 36, 44, 45, 46, 52, 54, 55, 64, 66, 75, 78. Aby dokonać wyboru formularzy testowych porównaliśmy w parach średnią poprawność odpowiedzi udzielonych na wybrane przez nas macierze pomiędzy formularzami. Najmniejsze różnice odnotowano między testem 2. a testem 3., dlatego wybraliśmy osiemnaście macierzy (o numerach wskazanych powyżej) z testu 2. jako pre-test i analogicznie osiemnaście z testu 3. jako post-test. Ponieważ w danej macierzy nie ma z góry ustalonej kolejności odpowiedzi do wyboru, sami je zrandomizowaliśmy poprzez wybór nie

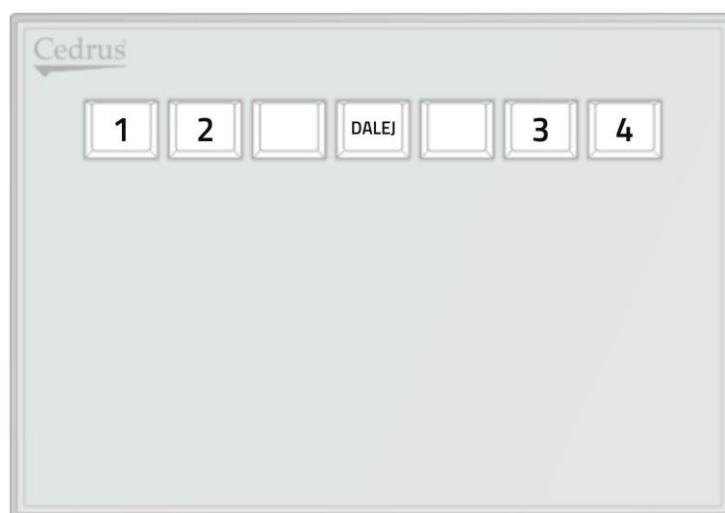
unikalnych liczb za pomocą generatora liczb (<https://generatorliczb.pl/>). Tych samych matryc użyliśmy także w innym badaniu (Klichowski i in., 2023).

Test rozpoczął się od przekazania instrukcji oraz zaprezentowania przykładowej matrycy wydrukowanej na papierze. Następnie badany w ramach ćwiczeń wypełniał dwie treningowe próby w programie SuperLab 6.1.2. Jeśli wszystko było zrozumiałe mógł przystąpić do właściwej części testu składającej się z 18 prób. Matryce były prezentowane w tej samej kolejności dla wszystkich uczestników. Na wypełnienie każdej z nich było 60 sekund. Po upływie 50 sekund na ekranie pojawiał się symbol zegarka (patrz ryc. 30), aby poinformować badanego o tym, że zostało 10 sekund do końca zadania. Badani mogli udzielić odpowiedzi w każdym momencie, przechodząc tym samym do kolejnej matrycy. Natomiast jeśli w przeciągu minuty nie udzielili odpowiedzi, to po upływie tego czasu program automatycznie przechodził do prezentowania następnej matrycy.



Rycina 30. Symbol zegara na matrycy w teście MaRs-IB. Po upływie 50 sekund w prawym górnym rogu matrycy pojawiał się symbol zegara. Symbol był widoczny od tego momentu aż do przejścia do kolejnej matrycy.

Uczestnicy siedzieli w uprzednio zajętej pozycji podczas testu SART (w odległości 57 centymetrów od oczu do ekranu monitora) ze słuchawkami wyciszającymi na uszach, rozwiązując zadania na tym samym komputerze Apple iMac 21.5. Matryce były prezentowane za pomocą programu SuperLab 6.1.2 na 21,5-calowym ekranie udzielając odpowiedzi za pomocą specjalnego panelu odpowiedzi (patrz ryc. 31). Na podstawie zapisanych przez oprogramowanie SuperLab danych obliczyliśmy czas wykonania całego testu – wszystkich 18 prób (RT_Test), procentowo wyrażony stosunek poprawnie udzielonych odpowiedzi do wszystkich prób (ACC) oraz średnią czasu odpowiedzi, liczoną tylko dla matryc, które parami w pre-teście i post-teście dany uczestnik rozwiązał poprawnie (Mean_RT_Correct). Matryce w obu pomiarach stanowiły – tak jak to opisałam wyżej – analogicznie powiązane pary o identycznym poziomie i rodzaju trudności, (to znaczy że matryca prezentowana w piątej próbie w pre-teście różniła się jedynie dokładnie zastosowanym kształtem względem post-testu), wobec czego można je było porównać. A zatem, aby obliczyć tę zmienną zestawiliśmy parami odpowiedzi udzielone w obu pomiarach, po czym wyłączyliśmy z dalszej analizy te matryce, które dany uczestnik rozwiązał poprawnie tylko w jednym pomiarze. Następnie obliczyliśmy średnią czasu reakcji dla pozostałych odpowiedzi osobno w pre-teście i post-teście. Próby z czasem odpowiedzi poniżej 250 milisekund zostały wyłączone z analiz.



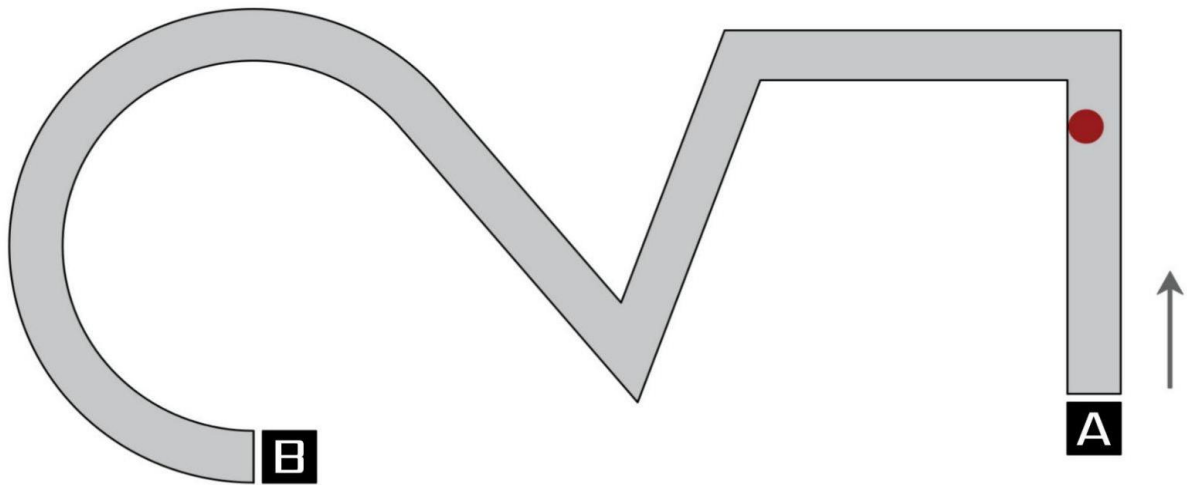
Rycina 31. Panel odpowiedzi wykorzystywany podczas testu MaRs-IB. Uczestnicy w teście MaRs-IB do udzielania odpowiedzi używali certyfikowanego pada (Cedrus RB-730) opracowanego specjalnie do badań naukowych prowadzonych z wykorzystaniem programu SuperLab 6.1.2. Klawiatura pada składa się z siedmiu przycisków, jednak podczas badania wykorzystaliśmy tylko pięć z nich – po dwa brzegowe z cyframi oznaczającymi numer odpowiedzi i środkowy służący do przejścia i tym samym rozpoczęcia właściwej części testu i pomiaru.

2.4.4. Test 2HAND

Test 2HAND jest jednym z testów należących do Vienna Test System (VTS) opracowanym przez Schuhfried Test Company w Austrii (Schuhfried 2000). Służy do badania koordynacji wzrokowo-ruchowej: oko-ręka i ręka-ręka. Powszechnie stosuje się go w psychologii klinicznej oraz zdrowotnej, psychologii ruchu drogowego, a także psychologii sportu. Jest wystandaryzowanym narzędziem przeznaczonym do diagnozy osób w szerokim przedziale wiekowym (od 14 roku życia) o różnym poziomie wykształcenia. Test 2HAND przeprowadzany jest na komputerze na podstawie licencjonowanego oprogramowania i specjalnego panelu odpowiedzi połączonego z komputerem (patrz ryc. 32a). Składa się łącznie z sześciu alternatywnych formularzy testowych, które różnią się sposobem sterowania (joysticki lub pokrętła) oraz liczbą prób. Niezależnie od wersji, zadaniem uczestnika jest przeprowadzenie czerwonej kropki od punktu A do punktu B przez wyznaczony tor, który składa się z trzech sekcji (odwrócone L, kształt litery V, łuk kołowy), stawiających różne wymagania dotyczące koordynacji ręki lub rąk (patrz ryc. 32b). Celem jest ukończenie wszystkich prób w jak najkrótszym czasie (liczony jest czas przejścia od punktu A do punktu B), jednocześnie popełniając jak najmniej błędów, czyli przekroczeń większej części powierzchni kropki przez linię toru. Każdorazowo błędy komunikowane są przez sygnał dźwiękowy.



(a)



(b)

Rycina 32. Test 2HAND VTS. (a) Test 2HAND jest przeprowadzany z użyciem specjalnie opracowanego panelu odpowiedzi, na którym znajdują się joysticki i pokręta służące do sterowania kropką. (b) Zadanie w każdej próbie polega na przeprowadzeniu kropki przez identyczny tor zaczynając od prawej strony, gdzie znajduje się punkt A, do lewej gdzie znajduje się punkt B.

W eksperymencie uczestnicy wykonywali wersję S4 testu 2HAND składającą się z 10 identycznych prób, w których uczestnik do sterowania kropki posługuje się pokrętłami. Ruchy poziome są kontrolowane przez lewe pokrętło sterowania, a ruchy pionowe przez prawe, a zatem aby kropka przemieszczała się diagonalnie należy użyć obu pokręteł jednocześnie. Uczestnicy byli poinstruowani, że zadanie należy wykonać jak najszybciej i jednocześnie popełniając jak najmniej błędów. Test poprzedzała faza treningowa, w której zależnie od czasu trwania popełnionych błędów uczestnicy wykonywali od dwóch do czterech prób. W zadaniu nie było limitu czasowego. Uczestnicy wykonywali test siedząc na krześle przy stole w odległości 57 centymetrów od ekranu komputera Dell OptiPlex 7490 AIO, przed którym stał panel odpowiedzi umieszczony na osi monitor – uczestnik. W teście liczony są trzy zmienne: procentowy czas trwania błędu obliczony jako stosunek całkowitego czasu trwania błędu do całkowitego czasu trwania testu (PED, ang. *percent error duration*), średni czas trwania błędów mierzony w milisekundach (MED, ang. *mean error duration*), a także koordynacja oko-ręka (EHC, ang. *eye-hand coordination*), dla której miarę stanowi średni czas wykonania przejścia przez tor mierzony w milisekundach.

2.5. Druga „przerwa” – czynnik eksperymentalny

Podczas drugiej „przerwy” wprowadziliśmy czynnik eksperymentalny. Wszyscy uczestnicy po zakończeniu ostatniego testu proszeni byli o przejście do pierwszego stanowiska, przy którym już wcześniej czytali tekst na tablicie. We wszystkich grupach eksperymentalnych wprowadzono oddziaływanie, które wraz z przekazaniem instrukcji trwało 10 minut. W grupie 3D uczestnicy układali puzzle 3D; w grupie BB byli poddawani stymulacji dudnieniami; w grupie EB wykonywali zadanie z piłkami mini-Eduball; w grupie TB wykonywali zadanie z piłkami bez nadruków; w grupie TS byli poddawani stymulacji prądem stałym. Natomiast badani z grupy kontrolnej NB, tak jak podczas pierwszej przerwy, ponownie wybierali zgodnie ze swoimi preferencjami artykuł (z puli tych samych tekstów) i czytali go na tablicie przez 10 minut (uczestnicy nie byli ani aktywni fizycznie, ani nie wykonywali trudnych zadań poznawczych).

Czynniki eksperymentalne – opisane szczegółowo poniżej – dobraliśmy zgodnie z następującą logiką. Aby sprawdzić czy metoda mini-Eduball wywołuje efekty dzięki łączeniu w tym samym czasie zadań poznawczych z manualnymi, konieczne było znalezienie dwóch czynników. Pierwszego, który w identyczny sposób stymulowałby motorykę, ale jednocześnie zasoby poznawcze wykorzystywałby w minimalnym stopniu oraz drugiego

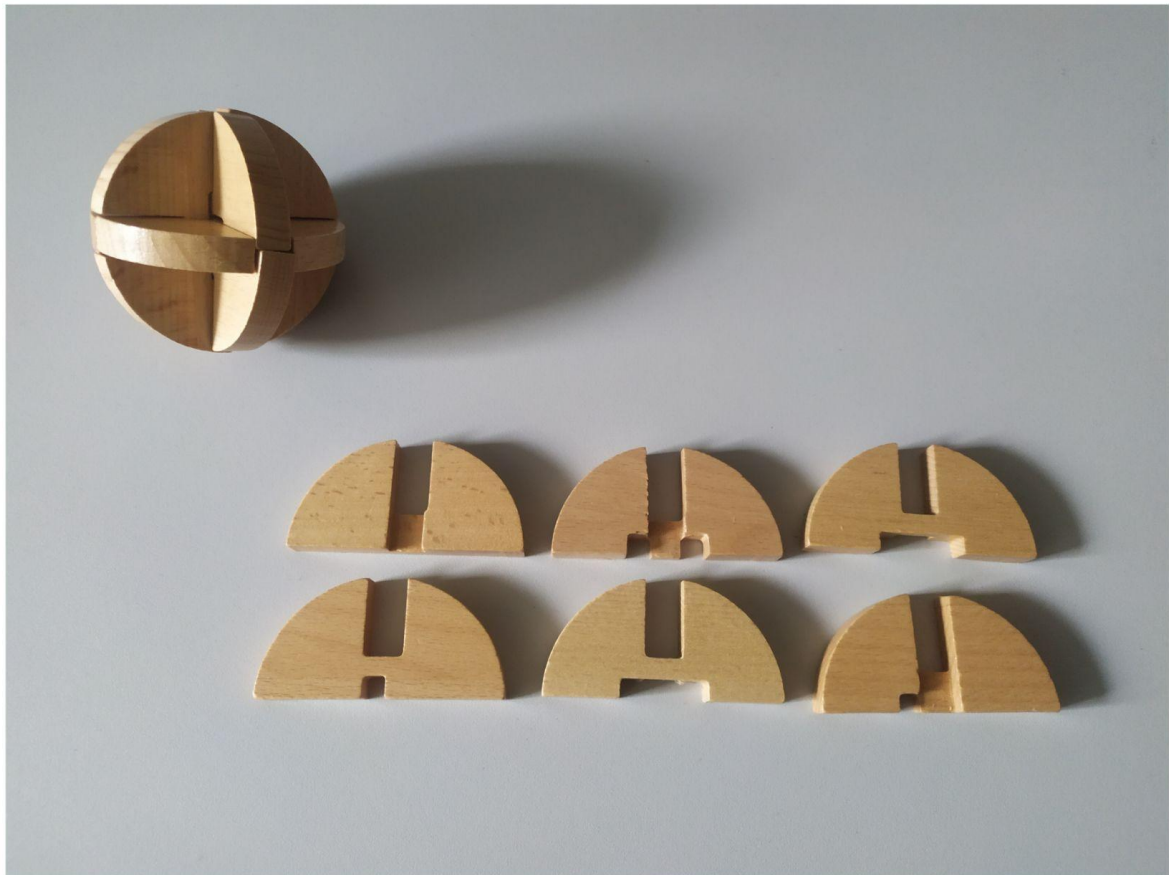
odwrotnego do pierwszego. Tym samym w pierwszym z nich chcieliśmy odzwierciedlić zadania motoryczne wykonywane przez uczestników z grupy mini-Eduball, ale w wersji pozbawionej zasad poznawczych – wymagających namysłu, jak na przykład obliczenia matematyczne. Dlatego opracowaliśmy analogiczny zestaw zadań wykonywanych na takich samych piłkach jak mini-Eduball, ale bez żadnych nadruków na ich powierzchniach. Natomiast drugi czynnik miał za zadanie stymulować poznawczo, ale wykorzystując minimalne zasoby motoryczne. Do takich zadań należą między innymi użyte w badaniu układanki 3D. Aby je ułożyć należy dokonywać wielu przekształceń i rotacji, ale głównie mentalnych, w trakcie których ręce pozostają przez większość czasu w bezruchu, wobec czego idealnie wpisały się w założenia dla tego czynnika. Ponadto chcieliśmy także porównać tworzoną przez nas metodę z innymi bardziej zaawansowanymi sposobami stymulacji, które są powszechnie stosowane i przy zachowaniu odpowiednich protokołów bezpieczne, ale wymagają użycia urządzeń elektrycznych. Pracownia Badań nad Procesem Uczenia się, w której jestem doktorantką, miała dostęp do stymulatora tDCS, a także prowadziła już wcześniej badania z wykorzystaniem stymulacji dudnieniami, dzięki czemu mogliśmy ich użyć w niniejszym eksperymencie.

2.5.1. Puzzle 3D

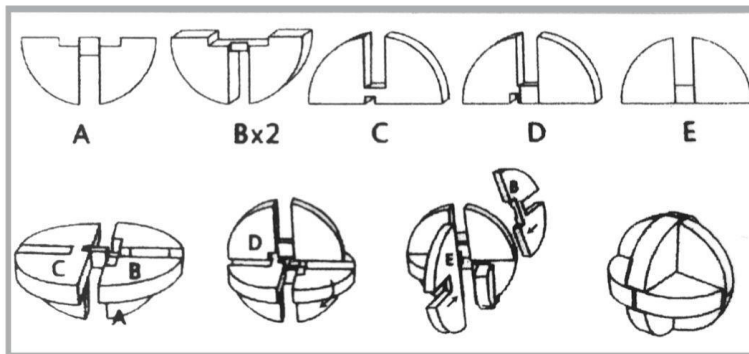
Puzzle 3D są powszechnie uznawane za formę stymulacji umysłu i ćwiczenie możliwości poznawczych. Wymagają zaangażowania różnych obszarów mózgu odpowiedzialnych między innymi za percepcję wzrokową, orientację przestrzenną, pamięć roboczą czy też zdolność dokonywania rotacji mentalnych. Jednocześnie wymagają jedynie bardzo niewielkiego zaangażowania motoryki małej. Co więcej, ważną cechą tego typu puzzli jest brak precyzyjnych instrukcji i algorytmu układania, bowiem ich główną ideą jest samodzielne rozwiązanie zagadki – jak połączyć lub rozdzielić poszczególne elementy. Układanki 3D są tanie i łatwo dostępne, co powoduje, że stanowią popularną rozrywkę, często traktowaną jako trening poznawczy. Na rynku istnieje wiele różnego rodzaju tego typu układanek przeznaczonych dla osób na wszystkich etapach rozwoju, wykonanych z różnych materiałów, a nawet zwizualizowanych w postaci gier komputerowych.

W eksperymencie użyliśmy drewnianej puzzli 3D firmy Yoku. Po ukończeniu wszystkich części pre-testu uczestnik przechodził do stanowiska, gdzie na stole już leżały przygotowane puzzle – jeden komplet rozłożony na pojedyncze elementy, a obok nich drugi – złożony w całość (patrz ryc. 33a). Badany był instruowany, że są to identyczne układanki i

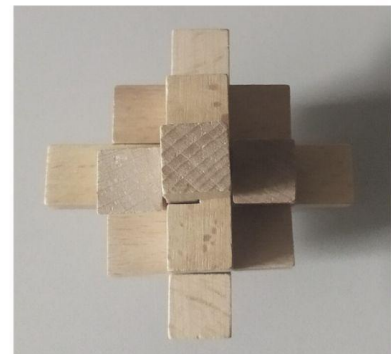
jego zadaniem jest ułożenie z sześciu drewnianych puzzli takiej samej kuli jak ta, który leży przed nim. Na wykonanie zadania miał dziewięć minut. Ułożona układanka pozostawała na stanowisku i była przez cały czas do dyspozycji uczestnika, tak aby mógł ją obracać i oglądać starając się znaleźć właściwy sposób połączenia elementów. Po upływie siedmiu i pół minuty przekazywaliśmy opracowaną przez producenta instrukcję (patrz ryc. 33b). Po upływie czasu, niezależnie od stanu wykonania zadania, prosiliśmy uczestników o odłożenie puzzli na stolik i przejście do kolejnego stanowiska. W razie gdyby uczestnik zdołał przed upływem dziewięciu minut ułożyć puzzle, mieliśmy przygotowaną w analogiczny sposób kolejną układankę 3D (patrz ryc. 33c).



(a)



(b)



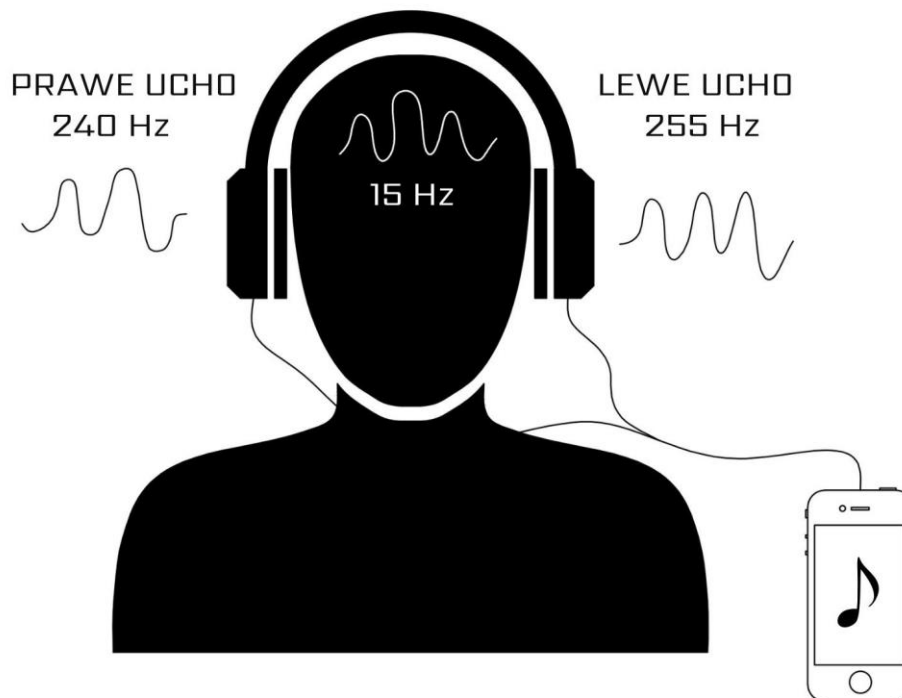
(c)

Rycina 33. Puzzle 3D. Układanki w całości wykonane są z drewna. Do każdej z nich opracowano graficzną instrukcję składania. (a) Podstawowym zadaniem uczestników było ułożenie z sześciu podobnych do siebie elementów (różniących się jedynie sposobem łączenia) prezentowanej obok „kuli”. Badany mógł dowolnie manipulować wszystkimi klockami, pod warunkiem, że nie rozłoży układanki. (b) Pod koniec czasu przeznaczanego na zadanie uczestnicy dostawali syntetyczną instrukcję. (c) W razie gdyby badany ułożył przed czasem pierwszą układankę przygotowana była kolejna, bardziej skomplikowana, składająca się z większej liczby elementów.

2.5.2. Dudnienia synchroniczne

Stymulacja dudnieniami synchronicznymi (BB, ang. *binaural beats*) należy do grupy nieinwazyjnych metod stymulacji mózgu. Stanowi popularną metodę wspierania kognitywnego podczas wykonywania różnego rodzaju zadań. Nie wymaga żadnej specjalistycznej aparatury, jedynie smartfona czy też innego urządzenia które będzie pełniło rolę odtwarzacza muzyki (lub też innego rodzaju dźwięków, na przykład w postaci szumu) oraz słuchawek. Dlatego często stosowana jest w domach czy w pracy przez indywidualnych użytkowników. Polega na transmitowaniu dźwięków o innej częstotliwości do prawego i innej do lewego ucha. Różnica w częstotliwościach odzwierciedla częstotliwości fal w mózgu, dlatego przykładowo aby osiągnąć stan relaksu zbliżonego do medytacji do uszu podaje się dźwięki o różnicy odzwierciedlającej fale theta w zakresie do 4 do 8 Hz (na przykład 240 Hz do prawego ucha i 244 do lewego). Natomiast do wspomaganie procesów poznawczych stosowane są dudnienia o różnicy częstotliwości w zakresie od 13 do 30 Hz (Klichowski i in., 2023). Szeroką gamę opracowanych w ten sposób ścieżek dźwiękowych można znaleźć w Internecie na różnego rodzaju powszechnie dostępnych stronach i portalach, jak chociażby Spotify czy YouTube. Istnieją nawet w pełni darmowe aplikacje, w które umożliwiają użytkownikowi wybór długość trwania stymulacji oraz zakres częstotliwości dudnień.

W niniejszym badaniu użyliśmy ścieżki dźwiękowej o różnicy 15 Hz, przygotowanej przez mojego promotora do innego – wcześniej przeprowadzonego eksperymentu (Klichowski i in., 2023), stosując ją w dokładnie taki sam sposób. Uczestnicy z grupy BB siadali swobodnie przy stanowisku i byli instruowani o przebiegu stymulacji dźwiękami. Ich zadanie opierało się na spędzeniu dziewięciu minut ze słuchawkami na uszach. Słuchawki nauszne (Street 2 Power Bass, Kruger&Matz) były podłączone za pomocą kabla do smartfona (iPhone 5s). Ze względu na celową prezentację dźwięków o danej częstotliwości w każdej ze słuchawek (patrz ryc. 34), bardzo ważne było, aby uczestnicy właściwie założyli słuchawki, dlatego każdorazowo to weryfikowaliśmy. Następnie włączaliśmy nagranie i prosiliśmy o wyregulowanie głośności, tak aby dźwięki były dobrze słyszalne, ale nie powodowały dyskomfortu. Po upływie czasu przekazywaliśmy informację, że mogą zdjąć słuchawki i przechodzili do kolejnego stanowiska.



Rycina 34. Stymulacja dudnieniami synchronicznymi. Uczestnik w prawym uchu słyszał dźwięki o częstotliwości 240 Hz, natomiast w lewym o częstotliwości 255 Hz.

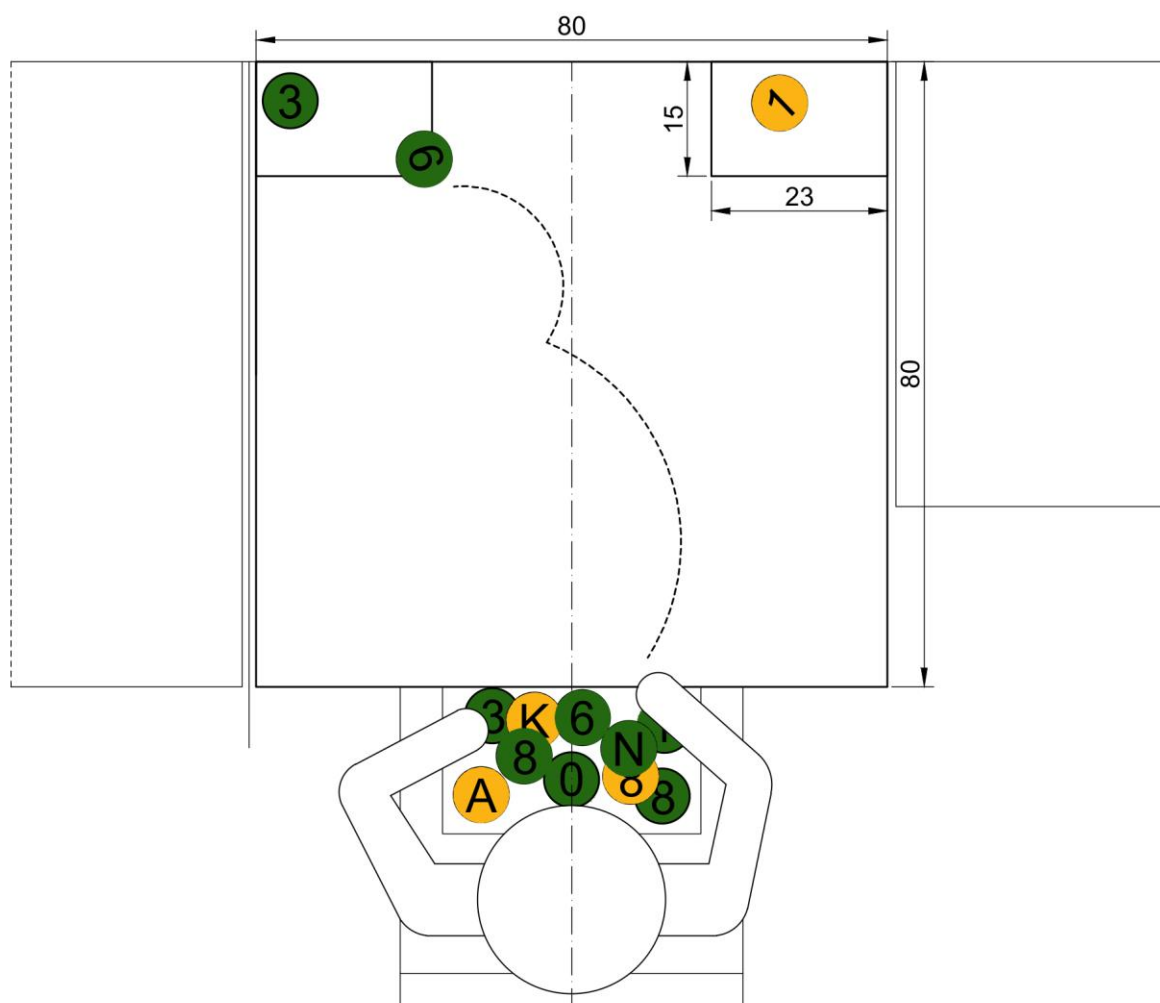
2.5.3. mini-Eduball

W grupie mini-Eduball czynnik eksperymentalny stanowił autorski program treningu motoryczno-poznawczego oparty na manipulacjach dłońmi oraz jednoczesnym rozwiązywaniu zadań matematycznych i językowych w postaci gier mini-Eduball. Podstawą do opracowania zadań była teoria dotycząca treningów poznawczych, ale także scenariusze zabaw z dużymi piłkami Eduball. A zatem czynności wykonywane z małymi piłkami odwzorowują w pewnym stopniu zadania stawiane uczestnikom gier Eduball. Do przeprowadzenia gier podczas eksperymentu użyliśmy wybranych piłek z jednego zestawu mini-Eduball wraz z podstawkami pod piłki i dodatkowych pudełek. Uczestnicy podczas wykonywania zadań przez cały czas siedzieli na krześle przy stoliku, po bokach którego znajdowały się przegrody (patrz ryc. 23). Przed rozpoczęciem gier byli informowani, że szczegółowe instrukcje będą im przekazywane na bieżąco, a także że jedyna ogólna zasada, którą należy respektować to staranie się, aby wszystkie zadania wykonywać jak najszybciej.

Ze względu na celowe zaprojektowanie gier tak aby stymulowały rękę dominującą lub niedominującą, przed rozpoczęciem badania zweryfikowaliśmy lateralizację ręki badanych. Wszyscy uczestnicy z grupy mini-Eduball zadeklarowali się jako osoby praworęczne, co zostało także potwierdzone przez EHI (LQ = 97,86; LS = 62,67) (Oldfield, 1971). Wobec

tego faktu każdorazowo stosowaliśmy jednakowy scenariusz – opracowany dla osób praworęcznych, tym samym uczestnicy wykonywali dokładnie takie same polecenia w identycznej kolejności.

W pierwszej grze badany brał na kolana pudło z zielonymi i żółtymi piłkami (zielone: A-1, A-3, E-9, G-3, I-6, K-8, N-2, S-0, Z-8; żółte: A-2, D-8, M-1, K-8), które miał poprzez rzut kozłem wrzucić do dwóch mniejszych pudełek stojących na stole (patrz ryc. 35). W celu przekazania jak najbardziej precyzyjnej i zrozumiałej instrukcji prezentowaliśmy na przykładzie jednej (dodatkowej) piłki jak wygląda prawidłowy rzut. Zadanie należało wykonać zgodnie z zasadą, że piłki, na których znajdują się cyfry podzielne przez „3” trzeba wrzucić prawą ręką do lewego pudełka, a niepodzielne lewą ręką do prawego pudełka. W przypadku, gdy uczestnik źle wycelował i piłka nie trafiła do pudełka, mógł ją wówczas już zignorować. Do wyjęcia piłeczki z pudełka i obrócenia jej można było wykorzystywać obie dłonie. Zadanie kończyło się wraz z rzuceniem ostatniej piłki z dużego pudła.

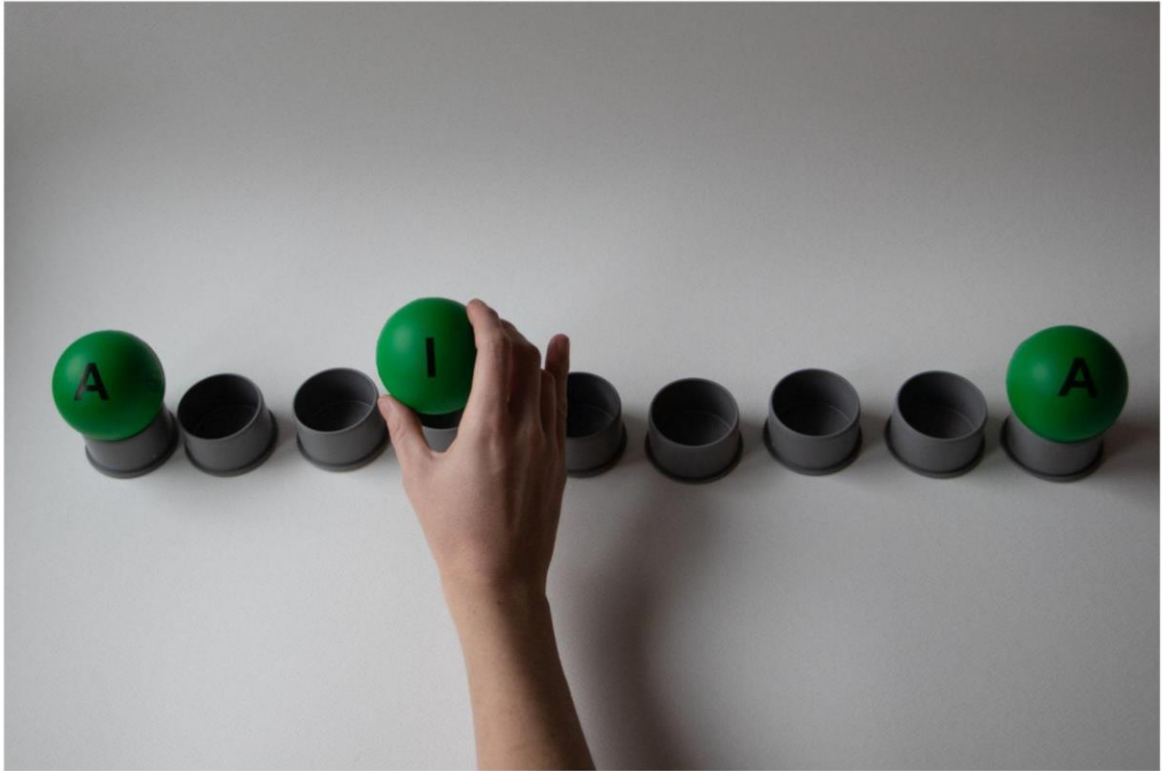


Rycina 35. Gra mini-Eduball „Podzielne – niepodzielne”. Zadaniem uczestnika było wrzucenie 13 piłek, znajdujących się w dużym pudle, do pudełek stojących przy tylnej krawędzi stołu w przeciwległych rogach. Dwa identyczne pudełka o wymiarach 23x15x12 centymetrów były umiejscowione w narożnikach blatu stołu o wymiarach 80x80 centymetrów przy tylnej krawędzi stołu.

W kolejnej grze ponownie wykorzystywany był ten sam zestaw piłek, które przesytywaliśmy z powrotem do dużego pudła znajdującego się na kolanach uczestnika. Po czym kładliśmy na stole przed uczestnikiem kartkę z hasłem (patrz ryc. 36a) oraz ułożone w szeregu dziewięć podkładek do piłki. Zadaniem badanego było rozszyfrowanie hasła, wiedząc że liczba oznacza kolejność litery w alfabecie oraz ułożenie z liter na zielonych piłkach (A-1, A-3, E-9, G-3, I-6, K-8, N-2, S-0, Z-8) zaszyfrowanego słowa, używając do tego tylko prawej ręki (patrz ryc. 36b).

1	7	14	9	5	18	23	11	1
---	---	----	---	---	----	----	----	---

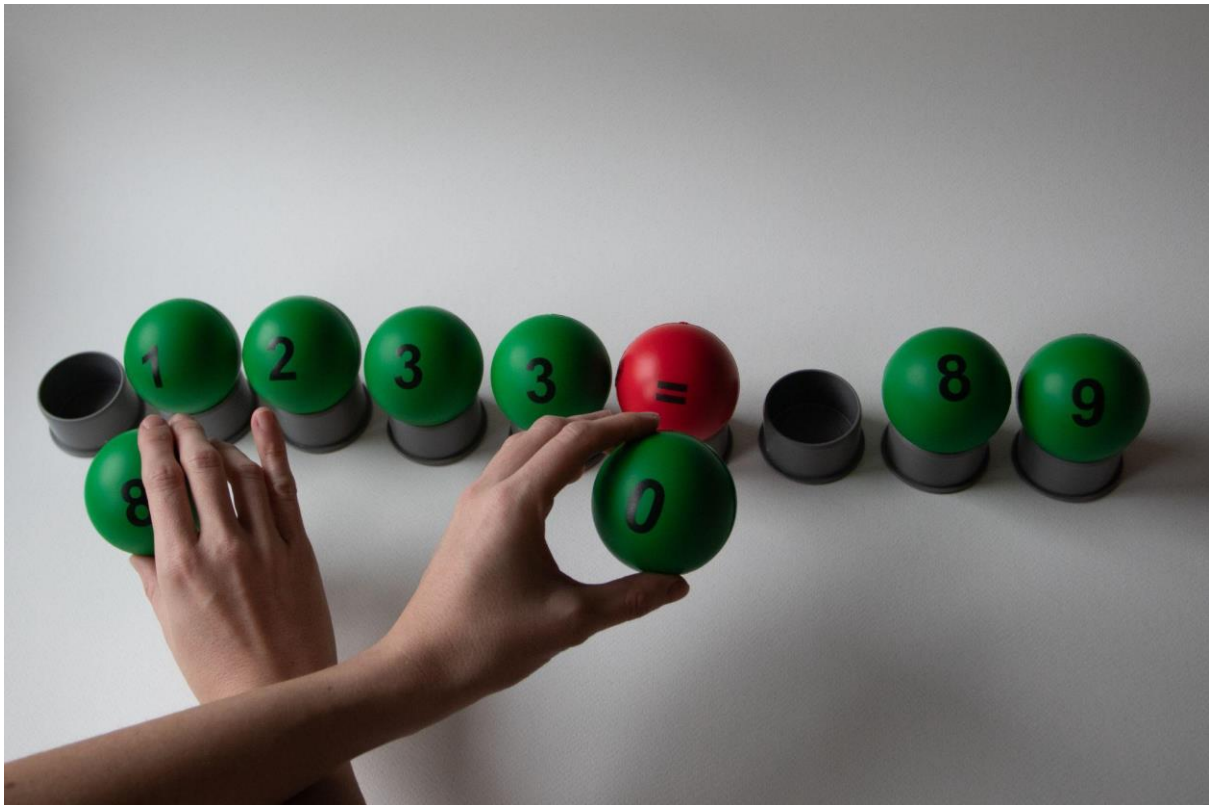
(a)



(b)

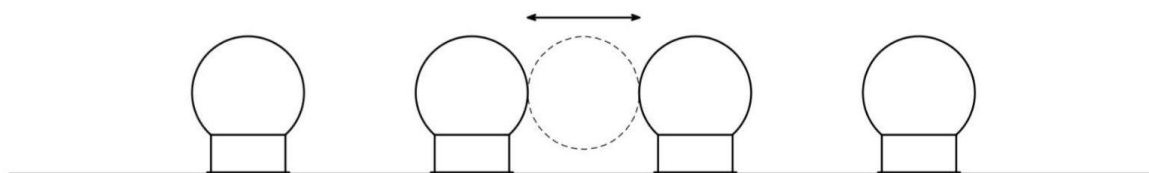
Rycina 36. Gra mini-Eduball „Rozszyfrowywanie hasła”. (a) Uczestnicy dostawali wydrukowane na kartce słowo „Agnieszka” zaszyfrowane za pomocą liter oznaczających kolejność litery w alfabecie bez polskich znaków (na przykład liczba 14 oznaczała literę „n”). (b) Na stole leżały podkładki pod piłki, na których badani musieli umiejscowić piłki z odpowiednimi literami.

Po ułożeniu słowa zbieraliśmy pudełko i prosiliśmy uczestnika o obrócenie tylko prawą dłonią wszystkich piłek tak, aby widział cyfry, a następnie za pomocą dwóch dłoni pozamieniane ich miejscami (nie ruszając podkładek z miejsca i trzymając w jednym czasie w dłoni tylko jedną piłkę), tak aby tworzyły ciąg rosnący. Po ułożeniu ich w kolejności rosnącej zabieraliśmy piłkę I-6 i wprowadzaliśmy w jej miejsce czerwoną piłkę ze znakiem równości. Wówczas instruowaliśmy badanego, żeby dokonał jednej zamiany dwóch piłek, tak aby suma cyfr po jednej stronie znaku równości była równa sumie cyfr po drugiej stronie (patrz ryc. 37)

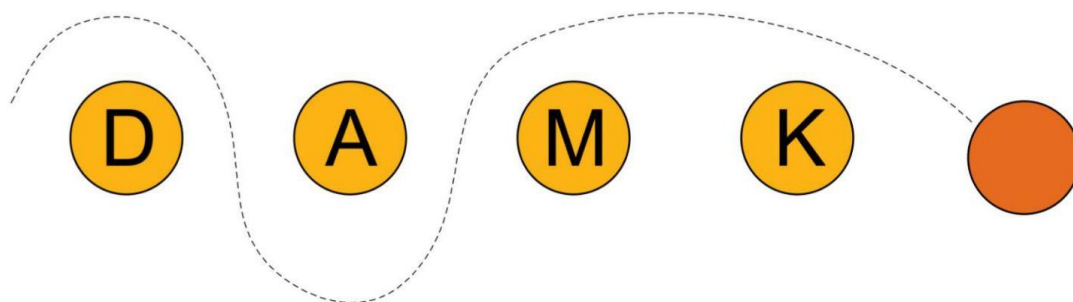


Rycina 37. Gra mini-Eduball „Równanie”. Zadaniem można było rozwiązać na dwa sposoby – albo poprzez zamianę piłki z cyfrą „0” z piłką z cyfrą „8” lub piłki z cyfrą „1” z piłką z cyfrą „9”.

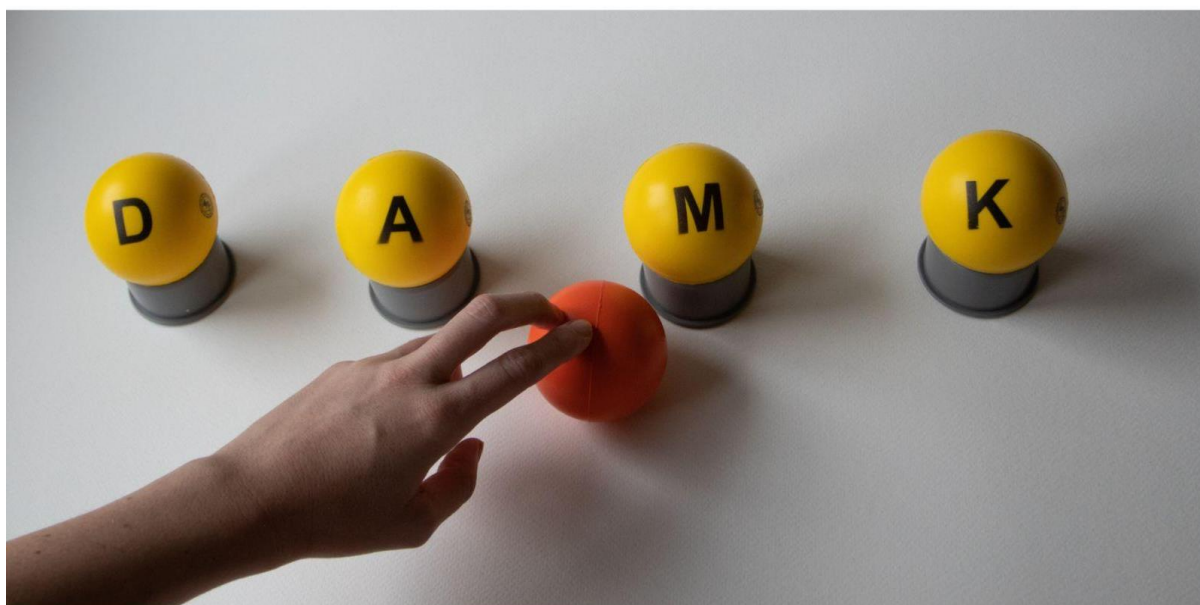
Do kolejnej gry pozostawialiśmy na stole tylko cztery podkładki pod piłki (w odległości jednej piłki między sobą) i kładliśmy na nich żółte piłeczki z literami (patrz ryc. 38a). Zadaniem badanego było przetoczenie pomarańczowej piłeczki omijając spółgłoski z góry (od dalszej strony względem uczestnika), a samogłoski od dołu (od bliższej strony względem uczestnika) (patrz ryc. 38b). Piłeczkę należało toczyć za pomocą dwóch palców (patrz ryc. 38c), tak aby przez cały czas chociaż jeden palec pozostawał w kontakcie z piłką. Tym samym celem było toczenie piłki, a nie popychanie jej, co prezentowaliśmy podczas przekazywania instrukcji. Dodatkowo piłkę należało na tyle precyzyjnie toczyć, żeby nie przesunąć którejs z żółtych piłeczek na podkładkach. Badany zaczynał prawą ręką od prawej strony, następnie wracał nią do punktu startu, po czym zmieniał rękę i wykonywał tę samą czynność lewą dłonią od lewej strony i ponownie wracał do lewej strony.



(a)



(b)



(c)

Rycina 38. Gra mini-Eduball „Toczenie piłki”. (a) Na podkładkach znajdowały się żółte piłki z literami (od lewej: D, A, M, K) umieszczone w odległości jednej piłki między nimi. (b) Uczestnik toczył piłkę w sposób zbliżony do slalomu, jednak nie omijał piłki raz po jednej, a raz po drugiej stronie, tylko zgodnie z przekazaną zasadą. (c) Zadanie polegało na toczeniu piłki za pomocą dwóch palców – wskazującego i środkowego.

W ostatniej grze kładliśmy na stole przygotowany wcześniej zestaw przytwierdzonych do podkładki podstawkach pod piłki wraz z ułożonymi piłeczkami (patrz ryc. 39). Podobnie jak w poprzednim zadaniu, uczestnik musiał toczyć piłeczkę za pomocą dwóch palców, jednak tym razem toczył żółtą piłeczkę Z-8 po wierzchu szeregu piłeczek wykonując przy tym zadania matematyczne. Zaczynał prawą dłonią od prawej strony dodając do liczby osiem (znajdującej się na toczonej piłce) pojedynczo cyfry na piłkach przez które w danym momencie przetaczał piłeczkę Z-8. Następnie wracał prawą dłonią odejmując pojedynczo kolejne liczby od liczby „8”. Na koniec przekładał piłkę na lewą stronę i lewą dłonią tocząc wykonywał działanie mnożenia. Wyniki każdorazowo należało podać na głos.



Rycina 39. Gra mini-Eduball „Działania matematyczne”. Na podkładkach znajdowało się w szeregu pięć żółtych piłek (od lewej: A-3, B-5, N-2, P-7, Ł-0), a po bokach czerwone (po prawej stronie na dole znak dodawania, na górze logo, po lewej stronie na górze znak mnożenia, a na dole odejmowania).

2.5.4. Tradycyjne piłki

W grupie tradycyjne piłki wykorzystaliśmy identyczne jak w mini-Eduball poliuretanowe piłeczki w tych samych kolorach, w tym samym rozmiarze, różniące się tylko jednym aspektem – brakiem nadruków (patrz ryc. 40). Zadania postawione uczestnikom odzwierciedlały motoryczne zasady gier ze scenariusza w grupie mini-Eduball. Natomiast

zasady poznawcze w tym przypadku opierały się na bardzo prostych, wręcz automatycznych czynnościach. Z tego względu wykonanie polecenia przez uczestnika zajmowało mu mniej czasu. W związku z tym większość zadań była powtarzana dwukrotnie – raz prawą ręką, raz lewą, niwelując tym samym konieczność dostosowania gier do lateralizacji badanego. A zatem wszyscy uczestnicy w tej grupie wykonywali identyczne polecenia, w analogicznej kolejności do scenariusza gier mini-Eduball.

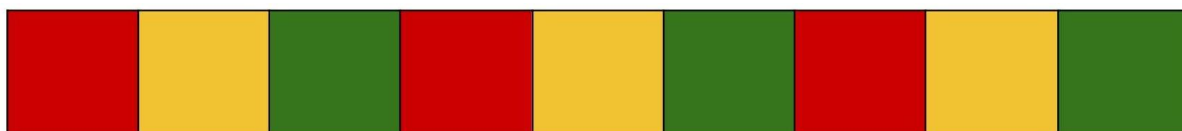


Rycina 40. Tradycyjne piłki. Wykorzystane w tej grupie 24 piłki w pięciu różnych kolorach (sześć czerwonych, cztery niebieskie, cztery pomarańczowe, cztery zielone i sześć żółtych) miały średnicę 60 milimetrów. Zostały wykonane z miękkiej i elastycznej pianki poliuretanowej.

W pierwszej grze badany brał na kolana pudło z wszystkimi piłkami, które miał poprzez rzut kozłem wrzucić do dwóch mniejszych pudełek stojących na stole (w dokładnie takim samym układzie jak w przypadku gry w mini-Eduball). Zadanie należało wykonać zgodnie z zasadą, że zielone piłki trzeba wrzucić prawą ręką do lewego pudełka, a pozostałe – lewą ręką do prawego pudełka. Po rzuceniu ostatniej piłki z dużego pudełka przesypywaliśmy wszystkie piłeczki z powrotem do dużego pudła i badany wykonywał zadanie jeszcze raz ze zmienioną zasadą – do prawego pudełka wrzucał lewą ręką czerwone piłki, a do lewego

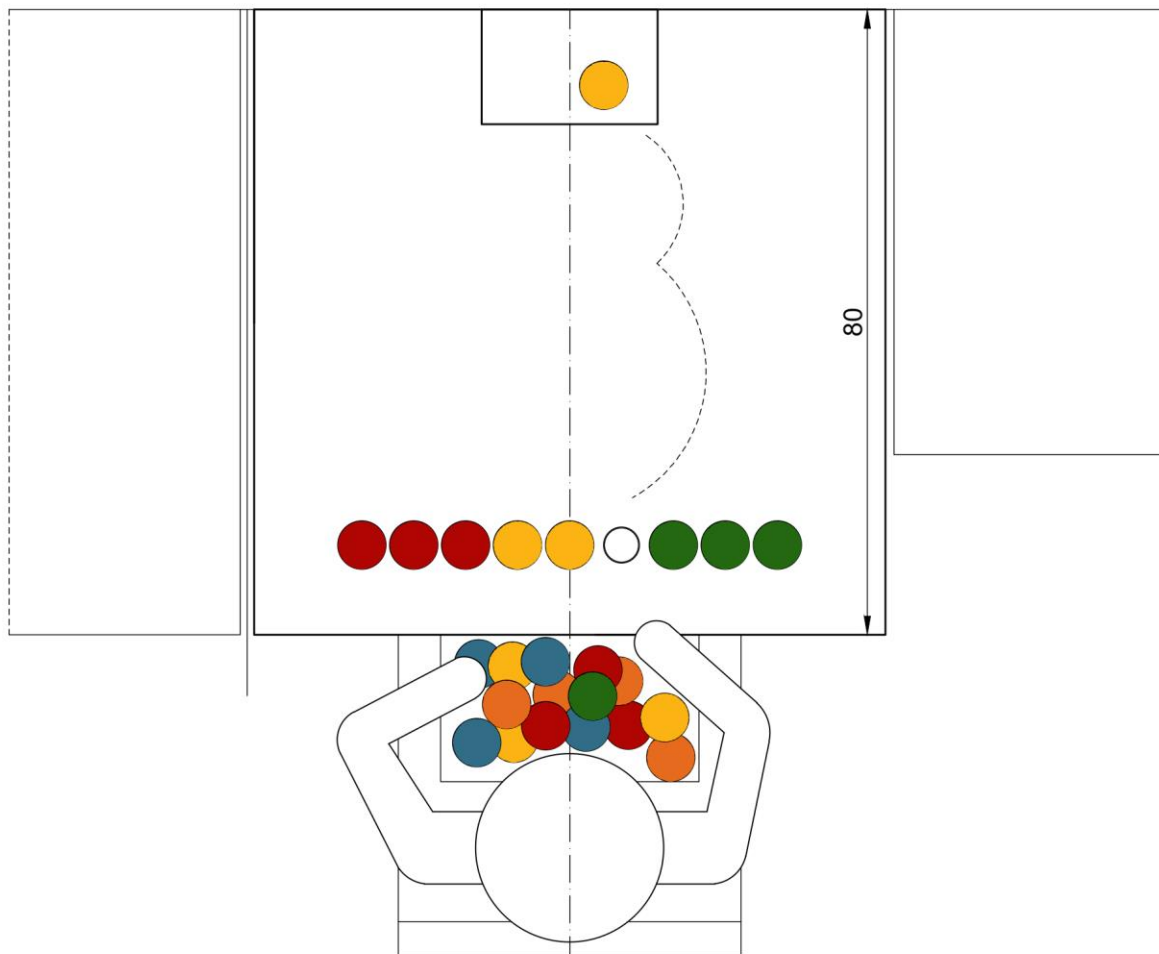
pudełka prawą ręką resztę. W przypadku, gdy uczestnik źle wycelował i piłka nie trafiła do pudełka, mógł ją wówczas już zignorować. Do wyjęcia piłeczki z pudełka i obrócenia jej można było wykorzystywać obie dłonie.

Po rzuceniu ostatniej piłki przesyrywaliśmy je ponownie do dużego pudła znajdującego się na kolanach badanego, a na stole kładliśmy kartkę z ciągiem kolorowych kwadratów (patrz ryc. 41) i układaliśmy w szeregu dziewięć podstawek pod piłki. Zadanie polegało na odwzorowaniu układu kolorów znajdującego się na kartce za pomocą piłek układanych na podkładkach. Polecenie było wykonywane dwukrotnie – wpierw prawą ręką, po czym uczestnik sam odkładał za pomocą tej samej dłoni piłki do dużego pudła, a następnie lewą ręką.



Rycina 41. Wzór układu kolorów wykorzystany w zadaniu w grupie tradycyjne piłki. Na kartce znajdowało się dziewięć kwadratów wypełnionych naprzemiennie trzema kolorami, zgodnymi z kolorystyką piłek (czerwony, żółty, zielony).

Następne zadanie uczestnika polegało na zamianie piłek miejscami na podkładkach, tak aby były ułożone kolorami od lewej strony: najpierw czerwone, potem żółte, a najbardziej po prawej stronie zielone. Czynności należało wykonać za pomocą dwóch dłoni, natomiast w jednym czasie w dłoni można było mieć tylko jedną piłkę. Dodatkowo podstawek nie wolno było ruszać z miejsca. Po ukończeniu zadania, czyli ułożeniu piłek zgodnie z ilustracją, badany wrzucał kozłem piłki leżące na podstawkach do złożonych ze sobą (włożonych jedno w drugie) pudełek znajdujących się przy tylnej krawędzi stołu (patrz ryc. 42). Wówczas zabieraliśmy wszystkie pudła z piłkami i pięć z dziewięciu podstawek na bok.



Rycina 42. Rzut kozłem – zadanie w grupie tradycyjne piłki. Po zakończeniu zamieniania piłek miejscami, tak aby były ułożone kolejno kolorami, uczestnik wrzucał kozłem piłeczki leżące na podstawkach. Dwa pudełka o wymiarach 23x15x12 centymetrów (jedno włożone w drugie) stały na końcu stołu o szerokości 80 centymetrów.

Następnie na stole przed uczestnikiem układaliśmy na podstawkach cztery żółte piłki w odległości jednej piłki między nimi. Zadaniem badanego było przetoczenie za pomocą dwóch palców (wskazującego i środkowego) pomarańczowej piłeczki omijając slalomem (raz jednej, raz drugiej strony) żółte piłeczki. Przez cały czas chociaż jeden palec musiał pozostawać w kontakcie z piłką, tak aby jej nie popychać tylko toczyć, co prezentowaliśmy podczas przekazywania instrukcji. Dodatkowo piłkę należało precyzyjnie toczyć, żeby nie przesunąć którejs z żółtych piłeczek na podkładkach. Badany zaczynał prawą ręką od prawej strony, następnie wracał nią do punktu startu, po czym zmieniał rękę i kontynuował toczenie lewą dłonią od prawej do lewej strony i z powrotem. Kolejno przekładał piłeczkę na lewą stronę i wykonywał tę samą czynność jeszcze raz, najpierw prawą, a potem lewą ręką (łącznie pokonując odcinek ośmiokrotnie).

Ostatnie zadanie polegało na przetoczeniu pomarańczowej piłeczki po żółtych piłkach umieszczonych na przytwierdzonych do podkładki podstawkach pod piłki. Analogicznie do grupy mini-Eduball badany musiał toczyć piłeczkę za pomocą dwóch palców uważając, aby nie spadła lub nie zrzuciła znajdujących się pod nią piłek. Zaczynał prawą ręką od prawej strony, wracał nią do punktu startu i kontynuował lewą ręką ponownie tocząc piłeczkę w obie strony. W sytuacji gdy piłka spadła, wówczas kładł ją w to miejsce, w którym skończył i toczył ją dalej.

2.5.5. Przechaszkowa stymulacja prądem stałym

Przechaszkowa stymulacja prądem stałym (tDCS, ang. *transcranial direct current stimulation*), to metoda nieinwazyjnej stymulacji mózgu. W latach 60. przeprowadzono badania, w których wykazano, że przechaszkowe zastosowanie prądu stałego może modulować aktywność ludzkiego mózgu. Polega na zmianie potencjału spoczynkowego błony komórkowej poprzez dostarczenie prądu o niskim natężeniu do kory mózgu. Prąd jest doprowadzany przez anodę do katody (od elektrody dodatniej do ujemnej), dlatego zależnie od rozmieszczenia elektrod można wpływać na zwiększenie lub zmniejszenie pobudliwości korowej. Po okresie niemalże zapomnienia, w ostatnich dwóch dekadach metoda stanowiła przedmiot żywego zainteresowania naukowców prowadzących badania na całym świecie. Wykazano jej pozytywne skutki zarówno u osób zdrowych jak i chorych (między innymi w zakresie funkcjonowania poznawczego i motorycznego), w efekcie czego została spopularyzowana i wprowadzona do powszechnego użytku przez praktyków prowadzących terapię i neurorehabilitację. W Polsce, przez brak regulacji prawnych, neuroterapię może prowadzić każdy (Szewczyk i in., 2016). A zatem przechaszkowa stymulacja prądem stałym jest powszechnie dostępna, wymaga jedynie zakupienia urządzenia. Istnieje wiele różnych protokołów terapii, różniących się czasem trwania i natężeniem prądu, niemniej w większość badań prowadzi się stymulację prądem o gęstości pomiędzy 0,029 a 0,08 mA/cm² (Nitsche i in., 2008).

W tym eksperymencie zastosowaliśmy procedurę stymulacji anodowej z wykorzystaniem certyfikowanego urządzenia tDCS, który dostarczał 0,6 mA prądu stałego (minimalną wartość natężenia dla utrzymania się efektu po stymulacji) przez dziewięć minut (patrz ryc. 43). Tym samym stanowiło to ładunek o wartości 0,324 Coulomba (zgodnie ze wzorem: $Q = I \times t$, gdzie Q – ładunek [C], I – natężenie prądu [A], t – czas [s]; $Q = 0,0006 \times 540 = 0,324 C$), a zatem zostały spełnione wszystkie standardy bezpieczeństwa

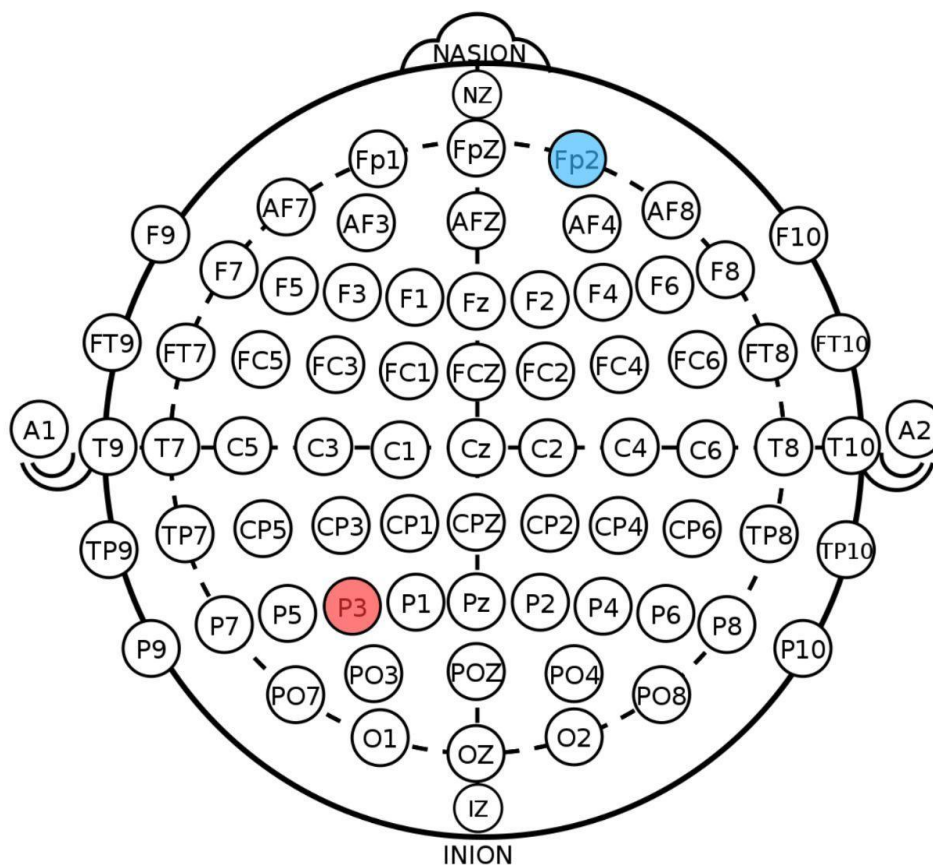
dla przeczaszkowej stymulacji prądem stałym (≤ 40 min, ≤ 4 miliamperów, $\leq 7,2$ kulomba) (Bikson i in., 2016). Natężenie prądu było stopniowo zwiększane przez pierwsze 10 sekund stymulacji oraz zmniejszane przez ostatnie 10 sekund, w celu przyzwyczajenia i odzwyczajenia do odczucia, które może powodować stymulacja – na przykład mrowienia, które często występuje w miejscu przyłożenia elektrod.



Rycina 43. Urządzenie do przeczaszkowej stymulacji prądem stałym. Certyfikowane urządzenie Brain Premier E1 (Caputron) składa się ze stymulatora prądu, który umożliwia ustawienie czasu stymulacji i natężenia prądu oraz dwóch okrągłych elektrod o powierzchni 12,57 cm² (średnica – 1,5 cala) połączonych ze stymulatorem przez przewody.

Okrągłe elektrody umieszczaliśmy odpowiednio w P3 dla anody i Fp2 dla elektrody katodowej (patrz ryc. 44a) za pomocą specjalnej gumowej opaski (patrz ryc. 44b). Na elektrodach znajdowały się jednorazowe gąbeczki nasączone, bezpośrednio przed

przyłożeniem do skóry głowy uczestnika, solą fizjologiczną (patrz ryc. 44c). W trakcie stymulacji uczestnicy siedzieli na krześle patrząc na punkt fiksacji znajdujący się na ścianie przed nimi. Zostali poinstruowani, żeby nie myśleli o niczym konkretnym i odpoczywali. Każdorazowo przekazywaliśmy także informację, że w miejscu przyłożenia elektrod może ich lekko szczypać skóra. Po zakończonej stymulacji zdejmowaliśmy elektrody z głowy badanego i przemywaliśmy skórę, której dotykały czystą wodą.



(a)



(b)



(c)

Rycina 44. Elektrody tDCS. (a) Do stymulacji użyliśmy dwóch elektrod umieszczonych zgodnie z międzynarodowym system 10-10 dla EEG w punkcie Fp2 oraz P3. (b) Elektrody były przymocowane za pomocą specjalnego paska Caputron Universal Strap. (c) Bezpośrednio przed rozpoczęciem stymulacji na elektrodach mocowaliśmy gąbeczki (o tej samej powierzchni co elektroda) i wzorując się na zasadzie, że na 35 cm² gąbki należy zastosować od 10 do 15 ml soli fizjologicznej (przy czym większy komfort badanemu daje ilość z górnej granicy zakresu), nasączaliśmy każdą z nich pięcioma mililitrami soli (NaCl 0,9%, Braun).

2.6. Analiza danych

W niniejszym badaniu zmiennymi zależnymi były zdolności poznawcze (uwaga i rozumowanie abstrakcyjne) mierzone przed i po 10-minutowej interwencji za pomocą pomiaru EEG oraz testów SART i MaRs-IB, a także umiejętności motoryczne mierzone za pomocą testu 2HAND. Wszystkie zmienne wyrażono w średnich wynikach i obliczono oddzielnie dla poszczególnych grup przed i po teście. Zgodnie z prerejestracją badania (AsPredicted #83788), w pierwszym kroku analizy danych zastosowaliśmy dwustronny t-test dla prób zależnych w celu porównania zmian w wynikach we wszystkich zmiennych pomiędzy pre-testem, a post-testem. Po przeprowadzeniu analizy normalności rozkładu Shapiro-Wilka (patrz tabela 1) dobraliśmy odpowiednio do każdej porównywanej pary test Studenta (parametryczny test porównujący średnie arytmetyczne, zastosowany dla par porównań, dla których wynik testu Shapiro-Wilka był nieistotny – $p \geq 0,05$) lub Wilcozona (W , nieparametryczny test porównujący mediany, zastosowany dla par porównań, dla których wynik testu Shapiro-Wilka był istotny – $p < 0,05$). Wielkość efektu w obu t-testach wyliczyliśmy za pomocą d Cohena (Sawilowsky, 2009). Następnie obliczyliśmy zmiany między pomiarami po interwencji i pomiarami wyjściowymi (Δ) według wzoru: wynik z post-testu – wynik z pre-testu, po czym zastosowaliśmy dla nich test jedności wariancji Levene'a (patrz tabela 2). Na tej podstawie przeprowadziliśmy jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA, ang. *one-way analysis of variance*) odpowiednio Fishera (dla Δ , dla których wynik testu Levene'a był nieistotny – $p \geq 0,05$) lub Welch's (dla Δ , dla których wynik testu Levene'a był istotny – $p < 0,05$), w celu określenia istotnych różnic między grupami dla poszczególnych zmiennych. Tam gdzie było to konieczne przeprowadziliśmy dodatkowo test post-hoc z poprawką Tukeya, po czym obliczyliśmy szacowane średnie brzegowe (EMM, ang. *estimated marginal means*), a następnie w oparciu o nie przeprowadziliśmy analizę kowariancji (ANCOVA, ang. *analysis of covariance*), przyjmując wynik pre-testu jako zmienną towarzyszącą, a wynik post-testu jako zmienną zależną. Do tych obliczeń wykorzystaliśmy cząstkowy eta kwadrat (η^2p) do pomiaru wielkości efektu (Shevlin i Miles, 2000). Niezbędne testy post hoc przeprowadziliśmy z dodatkową poprawką Tukeya i ponownie z d Cohena. Szczegółowy opis wyników powyższych analiz zawarłam w kolejnym rozdziale. Wszystkie analizy statystyczne przeprowadziliśmy za pomocą *jamovi* dla Windowsa (wersja 2.3.21) (Fox i Weisberg, 2020; Kerby, 2014; Lenth, 2020; R Core Team, 2021; The jamovi project, 2022). Przyjęliśmy poziom istotności $\alpha = 0,05$.

Tabela 1. Test normalności rozkładu Shapiro-Wilka dla wszystkich par porównań przeprowadzonych w t-teście (pre-test – post-test).

Zmienna	Zmienna	<i>W</i>	<i>p</i>
NB_Pre_TBR_15_18	- NB_Post_TBR_15_18	0,974	0,917
NB_Pre_TBR_RS_EO_15_18	- NB_Post_TBR_RS_EO_15_18	0,949	0,511
NB_Pre_TBR_RS_EC_15_18	- NB_Post_TBR_RS_EC_15_18	0,966	0,801
NB_Pre_TBR_CS_SR_15_18	- NB_Post_TBR_CS_SR_15_18	0,928	0,258
NB_Pre_TBR_13_30	- NB_Post_TBR_13_30	0,939	0,372
NB_Pre_TBR_RS_EO_13_30	- NB_Post_TBR_RS_EO_13_30	0,957	0,632
NB_Pre_TBR_RS_EC_13_30	- NB_Post_TBR_RS_EC_13_30	0,954	0,596
NB_Pre_TBR_CS_SR_13_30	- NB_Post_TBR_CS_SR_13_30	0,857	0,022*
NB_Pre_SART_ACC_No_Go	- NB_Post_SART_ACC_No_Go	0,881	0,048*
NB_Pre_SART_ACC_Go	- NB_Post_SART_ACC_Go	0,791	0,003**
NB_Pre_SART_Mean_RT_Go	- NB_Post_SART_Mean_RT_Go	0,966	0,801
NB_Pre_SART_Skill_Index	- NB_Post_SART_Skill_Index	0,934	0,311
NB_Pre_MaRs_IB_ACC	- NB_Post_MaRs_IB_ACC	0,932	0,296
NB_Pre_MaRs_IB_RT_Test	- NB_Post_MaRs_IB_RT_Test	0,747	0,0008***
NB_Pre_MaRs_IB_Mean_RT_Correct	- NB_Post_MaRs_IB_Mean_RT_Correct	0,864	0,028*
NB_Pre_VTS_EHC	- NB_Post_VTS_EHC	0,916	0,168
NB_Pre_VTS_PED	- NB_Post_VTS_PED	0,886	0,057
NB_Pre_VTS_MED	- NB_Post_VTS_MED	0,883	0,053
3D_Pre_TBR_15_18	- 3D_Post_TBR_15_18	0,965	0,771
3D_Pre_TBR_RS_EO_15_18	- 3D_Post_TBR_RS_EO_15_18	0,908	0,125
3D_Pre_TBR_RS_EC_15_18	- 3D_Post_TBR_RS_EC_15_18	0,947	0,484
3D_Pre_TBR_CS_SR_15_18	- 3D_Post_TBR_CS_SR_15_18	0,949	0,506
3D_Pre_TBR_13_30	- 3D_Post_TBR_13_30	0,951	0,548
3D_Pre_TBR_RS_EO_13_30	- 3D_Post_TBR_RS_EO_13_30	0,918	0,178
3D_Pre_TBR_RS_EC_13_30	- 3D_Post_TBR_RS_EC_13_30	0,945	0,448
3D_Pre_TBR_CS_SR_13_30	- 3D_Post_TBR_CS_SR_13_30	0,93	0,274
3D_Pre_SART_ACC_No_Go	- 3D_Post_SART_ACC_No_Go	0,902	0,100
3D_Pre_SART_ACC_Go	- 3D_Post_SART_ACC_Go	0,772	0,002**
3D_Pre_SART_Mean_RT_Go	- 3D_Post_SART_Mean_RT_Go	0,792	0,003**
3D_Pre_SART_Skill_Index	- 3D_Post_SART_Skill_Index	0,946	0,459
3D_Pre_MaRs_IB_ACC	- 3D_Post_MaRs_IB_ACC	0,941	0,389
3D_Pre_MaRs_IB_RT_Test	- 3D_Post_MaRs_IB_RT_Test	0,953	0,577
3D_Pre_MaRs_IB_Mean_RT_Correct	- 3D_Post_MaRs_IB_Mean_RT_Correct	0,947	0,480
3D_Pre_VTS_EHC	- 3D_Post_VTS_EHC	0,964	0,757
3D_Pre_VTS_PED	- 3D_Post_VTS_PED	0,897	0,085
3D_Pre_VTS_MED	- 3D_Post_VTS_MED	0,881	0,049*
BB_Pre_TBR_15_18	- BB_Post_TBR_15_18	0,924	0,223
BB_Pre_TBR_RS_EO_15_18	- BB_Post_TBR_RS_EO_15_18	0,973	0,893
BB_Pre_TBR_RS_EC_15_18	- BB_Post_TBR_RS_EC_15_18	0,932	0,288
BB_Pre_TBR_CS_SR_15_18	- BB_Post_TBR_CS_SR_15_18	0,942	0,408
BB_Pre_TBR_13_30	- BB_Post_TBR_13_30	0,907	0,121
BB_Pre_TBR_RS_EO_13_30	- BB_Post_TBR_RS_EO_13_30	0,939	0,371
BB_Pre_TBR_RS_EC_13_30	- BB_Post_TBR_RS_EC_13_30	0,96	0,691
BB_Pre_TBR_CS_SR_13_30	- BB_Post_TBR_CS_SR_13_30	0,91	0,135
BB_Pre_SART_ACC_No_Go	- BB_Post_SART_ACC_No_Go	0,972	0,884
BB_Pre_SART_ACC_Go	- BB_Post_SART_ACC_Go	0,609	0,00003***

Tabela 1. – kontynuacja

Zmienna	Zmienna	W	p
BB_Pre_SART_Mean_RT_Go	- BB_Post_SART_Mean_RT_Go	0,584	0,00002***
BB_Pre_SART_Skill_Index	- BB_Post_SART_Skill_Index	0,978	0,955
BB_Pre_MaRs_IB_ACC	- BB_Post_MaRs_IB_ACC	0,95	0,520
BB_Pre_MaRs_IB_RT_Test	- BB_Post_MaRs_IB_RT_Test	0,941	0,390
BB_Pre_MaRs_IB_Mean_RT_Correct	- BB_Post_MaRs_IB_Mean_RT_Correct	0,942	0,413
BB_Pre_VTS_EHC	- BB_Post_VTS_EHC	0,882	0,050
BB_Pre_VTS_PED	- BB_Post_VTS_PED	0,934	0,312
BB_Pre_VTS_MED	- BB_Post_VTS_MED	0,941	0,399
EB_Pre_TBR_15_18	- EB_Post_TBR_15_18	0,948	0,498
EB_Pre_TBR_RS_EO_15_18	- EB_Post_TBR_RS_EO_15_18	0,969	0,847
EB_Pre_TBR_RS_EC_15_18	- EB_Post_TBR_RS_EC_15_18	0,98	0,969
EB_Pre_TBR_CS_SR_15_18	- EB_Post_TBR_CS_SR_15_18	0,923	0,216
EB_Pre_TBR_13_30	- EB_Post_TBR_13_30	0,962	0,721
EB_Pre_TBR_RS_EO_13_30	- EB_Post_TBR_RS_EO_13_30	0,933	0,304
EB_Pre_TBR_RS_EC_13_30	- EB_Post_TBR_RS_EC_13_30	0,977	0,948
EB_Pre_TBR_CS_SR_13_30	- EB_Post_TBR_CS_SR_13_30	0,934	0,312
EB_Pre_SART_ACC_No_Go	- EB_Post_SART_ACC_No_Go	0,935	0,328
EB_Pre_SART_ACC_Go	- EB_Post_SART_ACC_Go	0,539	0,000007***
EB_Pre_SART_Mean_RT_Go	- EB_Post_SART_Mean_RT_Go	0,952	0,560
EB_Pre_SART_Skill_Index	- EB_Post_SART_Skill_Index	0,938	0,361
EB_Pre_MaRs_IB_ACC	- EB_Post_MaRs_IB_ACC	0,939	0,375
EB_Pre_MaRs_IB_RT_Test	- EB_Post_MaRs_IB_RT_Test	0,975	0,927
EB_Pre_MaRs_IB_Mean_RT_Correct	- EB_Post_MaRs_IB_Mean_RT_Correct	0,951	0,576
EB_Pre_VTS_EHC	- EB_Post_VTS_EHC	0,938	0,358
EB_Pre_VTS_PED	- EB_Post_VTS_PED	0,826	0,008**
EB_Pre_VTS_MED	- EB_Post_VTS_MED	0,794	0,003**
TB_Pre_TBR_15_18	- TB_Post_TBR_15_18	0,977	0,946
TB_Pre_TBR_RS_EO_15_18	- TB_Post_TBR_RS_EO_15_18	0,933	0,300
TB_Pre_TBR_RS_EC_15_18	- TB_Post_TBR_RS_EC_15_18	0,977	0,948
TB_Pre_TBR_CS_SR_15_18	- TB_Post_TBR_CS_SR_15_18	0,88	0,047*
TB_Pre_TBR_13_30	- TB_Post_TBR_13_30	0,967	0,810
TB_Pre_TBR_RS_EO_13_30	- TB_Post_TBR_RS_EO_13_30	0,953	0,570
TB_Pre_TBR_RS_EC_13_30	- TB_Post_TBR_RS_EC_13_30	0,958	0,663
TB_Pre_TBR_CS_SR_13_30	- TB_Post_TBR_CS_SR_13_30	0,904	0,108
TB_Pre_SART_ACC_No_Go	- TB_Post_SART_ACC_No_Go	0,955	0,609
TB_Pre_SART_ACC_Go	- TB_Post_SART_ACC_Go	0,911	0,140
TB_Pre_SART_Mean_RT_Go	- TB_Post_SART_Mean_RT_Go	0,952	0,551
TB_Pre_SART_Skill_Index	- TB_Post_SART_Skill_Index	0,936	0,330
TB_Pre_MaRs_IB_ACC	- TB_Post_MaRs_IB_ACC	0,916	0,169
TB_Pre_MaRs_IB_RT_Test	- TB_Post_MaRs_IB_RT_Test	0,858	0,023*
TB_Pre_MaRs_IB_Mean_RT_Correct	- TB_Post_MaRs_IB_Mean_RT_Correct	0,974	0,924
TB_Pre_VTS_EHC	- TB_Post_VTS_EHC	0,873	0,037*
TB_Pre_VTS_PED	- TB_Post_VTS_PED	0,976	0,935
TB_Pre_VTS_MED	- TB_Post_VTS_MED	0,953	0,569
TS_Pre_TBR_15_18	- TS_Post_TBR_15_18	0,954	0,588
TS_Pre_TBR_RS_EO_15_18	- TS_Post_TBR_RS_EO_15_18	0,961	0,717
TS_Pre_TBR_RS_EC_15_18	- TS_Post_TBR_RS_EC_15_18	0,835	0,011*
TS_Pre_TBR_CS_SR_15_18	- TS_Post_TBR_CS_SR_15_18	0,9	0,096

Tabela 1. – kontynuacja

Zmienna	Zmienna	W	p
TS_Pre_TBR_13_30	- TS_Post_TBR_13_30	0,846	0,015*
TS_Pre_TBR_RS_EO_13_30	- TS_Post_TBR_RS_EO_13_30	0,958	0,651
TS_Pre_TBR_RS_EC_13_30	- TS_Post_TBR_RS_EC_13_30	0,736	0,0006***
TS_Pre_TBR_CS_SR_13_30	- TS_Post_TBR_CS_SR_13_30	0,967	0,819
TS_Pre_SART_ACC_No_Go	- TS_Post_SART_ACC_No_Go	0,944	0,435
TS_Pre_SART_ACC_Go	- TS_Post_SART_ACC_Go	0,908	0,126
TS_Pre_SART_Skill_Index	- TS_Post_SART_Skill_Index	0,955	0,611
TS_Pre_SART_Mean_RT_Go	- TS_Post_SART_Mean_RT_Go	0,639	0,00006***
TS_Pre_MaRs_IB_ACC	- TS_Post_MaRs_IB_ACC	0,953	0,574
TS_Pre_MaRs_IB_RT_Test	- TS_Post_MaRs_IB_RT_Test	0,961	0,705
TS_Pre_MaRs_IB_Mean_RT_Correct	- TS_Post_MaRs_IB_Mean_RT_Correct	0,863	0,027*
TS_Pre_VTS_EHC	- TS_Post_VTS_EHC	0,905	0,115
TS_Pre_VTS_PED	- TS_Post_VTS_PED	0,882	0,050
TS_Pre_VTS_MED	- TS_Post_VTS_MED	0,973	0,905

NB – grupa kontrolna; *3D* – grupa puzzle *3D*; *BB* – grupa stymulacja dudnieniami; *EB* – grupa mini-Eduball; *TB* – grupa z tradycyjnymi piłkami; *TS* – grupa stymulacja przezczaszkowa; *Pre* – pre-test; *Post* – post-test; *TBR* – stosunek Theta/Beta; *RS* – stan spoczynku; *CS* – skupienie na zadaniu poznawczym; *EO* – oczy otwarte; *EC* – oczy zamknięte; *SR* – czytanie po cichu; *15_18* – *TBR* dla Beta w zakresie od 15 do 18 Hz; *13_30* – *TBR* dla Beta w zakresie od 13 do 30 Hz; *SART* – test Sustained Attention to Response Task; *ACC* – poprawność odpowiedzi; *No_Go* – bodźce No-Go; *Go* – bodźce Go; *Mean_RT_Go* – średni czas reakcji dla bodźców Go; *Skill_Index* – wskaźnik umiejętności; *MaRs_IB* – test Matrix Reasoning Item Bank; *RT_Test* – czas wykonania całego testu; *Mean_RT_Correct* – średni czas odpowiedzi na matryce parami (w pre-teście i post-teście) poprawnie wykonane; *VTS* – test 2HAND; *EHC* – koordynacja oko-ręka; *PED* – procentowy czas trwania błędów; *MED* – średni czas trwania błędów. Gwiazdki wskazują istotne różnice z wartościami p: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Tabela 2. Test jedności wariancji Levene'a dla wszystkich zmiennych analizowanych w jednoczynnikowej analizie wariancji.

Zmienna	<i>F</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>p</i>
Δ_TBR_15_18	1,97	5	84	0,091
_RS_EO_15_18	2,77	5	84	0,023*
_RS_EC_15_18	0,96	5	84	0,449
_CS_SR_15_18	0,32	5	84	0,901
Δ_TBR_13_30	0,40	5	84	0,850
_RS_EO_13_30	2,30	5	84	0,052
_RS_EC_13_30	0,57	5	84	0,723
_CS_SR_13_30	0,46	5	84	0,802
Δ_SART				
_ACC_No_Go	0,47	5	84	0,799
_ACC_Go	1,31	5	84	0,267
_Mean_RT_Go	3,38	5	84	0,008**
_Skill_Index	0,20	5	84	0,961
Δ_MaRs_IB				
_ACC	0,65	5	84	0,660
_RT_Test	0,64	5	84	0,673
_Mean_RT_Correct	1,03	5	84	0,407
Δ_VTS				
_EHC	0,67	5	84	0,645
_PED	2,94	5	84	0,017*
_MED	4,33	5	84	0,001**

Δ — Zmiany/Delta obliczone według wzoru: wyniki post-testu – wyniki pre-testu; TBR – stosunek Theta/Beta; RS – stan spoczynku; CS – skupienie na zadaniu poznawczym; EO – oczy otwarte; EC – oczy zamknięte; SR – czytanie po cichu; 15_18 – TBR dla Beta w zakresie od 15 do 18 Hz; 13_30 – TBR dla Beta w zakresie od 13 do 30 Hz; SART – test Sustained Attention to Response Task; ACC – poprawność odpowiedzi; No_Go – bodźce No-Go; Go – bodźce Go; Mean_RT_Go – średni czas reakcji dla bodźców Go; Skill_Index – wskaźnik umiejętności; MaRs_IB – test Matrix Reasoning Item Bank; RT_Test – czas wykonania całego testu; Mean_RT_Correct – średni czas odpowiedzi na matryce parami (w pre-teście i post-teście) poprawnie wykonane; VTS – test 2HAND; EHC – koordynacja oko-ręka; PED – procentowy czas trwania błędu; MED – średni czas trwania błędów. Gwiazdki wskazują istotne różnice z wartościami *p*: **p* < 0,05, ***p* < 0,01.

3. Wyniki

3.1. Pomiar EEG

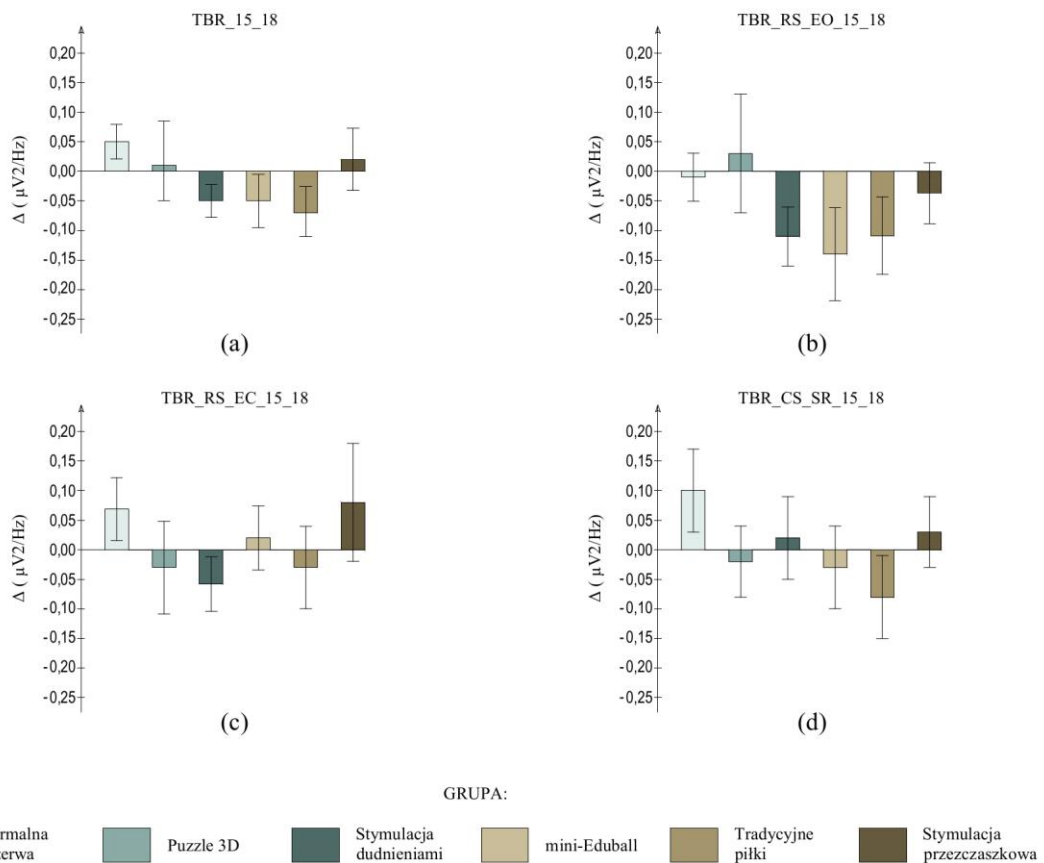
3.1.1. Pomiar EEG – Theta/Beta obliczone dla fal Beta w zakresie 15–18 Hz

Średni stosunek Theta/Beta dla wszystkich grup w pre-teście dla całego pomiaru EEG wynosił $2,43 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$ (dla poszczególnych grup: NB – $2,39 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; 3D – $2,35 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; BB – $2,73 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; EB – $2,47 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; TB – $2,39 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; TS – $2,22 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$). Po drugiej przerwie nieznacznie spadł do $2,41 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$ – w trzech grupach (BB, EB, TB) zmalał, a w pozostałych trzech (NB, 3D, TS) wzrósł (patrz tabela 3). Jednak w żadnej z grup nie jest to istotna zmiana (patrz ryc. 45a). Najwyższą – uśrednioną dla wszystkich grup – wartość stosunku Theta/Beta osiągnięto w warunku oczu otwarte i wynosiła $2,46 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$ (dla poszczególnych grup: NB – $2,39 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; 3D – $2,38 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; BB – $2,82 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; EB – $2,47 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; TB – $2,43 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; TS – $2,25 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$). W post-teście spadła we wszystkich grupach poza puzzlami 3D (patrz tabela 3), uzyskując średnio $2,39 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$. Największa różnica wystąpiła w grupie mini-Eduball (spadek o $0,14$), niemniej nie jest to istotna różnica, a jedynie trend ($p = 0,082$), o małej wielkości efektu ($d = 0,48$). Trend wystąpił także w grupie stymulacja dudnieniami ($p = 0,052$), przy średniej wielkości efektu ($d = 0,55$). Tym samym w żadnej z grup różnica nie jest istotna (patrz ryc. 45b). W warunku oczu zamknięte średni stosunek Theta/Beta dla wszystkich grup w pre-teście wyniósł $2,42 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$ (dla poszczególnych grup: NB – $2,40 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; 3D – $2,39 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; BB – $2,71 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; EB – $2,50 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; TB – $2,38 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; TS – $2,12 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$) i w post-teście nie zmienił się – malejąc trzech grupach (3D, BB, TB) i wzrastając w pozostałych trzech (NB, EB, TS) (patrz tabela 3). Różnice te są nieistotne (patrz ryc. 45c). Identyczny wynik w pierwszym pomiarze uzyskano w ostatnim warunku – czytanie po cichu, bowiem wynosił $2,42 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$ (dla poszczególnych grup: NB – $2,37 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; 3D – $2,36 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; BB – $2,67 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; EB – $2,44 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; TB – $2,38 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; TS – $2,31 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$). Natomiast w drugim pomiarze nieznacznie wzrósł do wartości $2,43 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$, ponownie malejąc w połowie grup (3D, EB, TB) i rosnąc w drugiej połowie (NB, BB, TS) (patrz tabela 3). Jednak w żadnej z grup nie jest to istotna różnica (patrz ryc. 45d). Co więcej, żadne Δ nie różnią się między grupami w sposób istotny (patrz tabela 4; ryc. 46).

Tabela 3. Średnia i odchylenie standardowe w pomiarze EEG (Beta przyjęte w zakresie 15–18 Hz) w pre-teście i post-teście oraz wyniki t-testu dla par zmiennych.

Zmienna	EEG - TBR (Beta w zakresie 15-18 Hz)							
	Pre-Test		Post-Test		<i>t</i> Studenta / <i>W</i> Wilcoxon	<i>p</i>	Średnia różnica	<i>d</i> Cohena
	Średnia	SD	Średnia	SD				
Grupa NB								
TBR_15_18	2,39	0,45	2,44	0,49	-1,47	0,163	-0,05	-0,38
<i>_RS_EO_15_18</i>	2,39	0,46	2,38	0,44	0,20	0,843	0,01	0,05
<i>_RS_EC_15_18</i>	2,40	0,60	2,47	0,66	-1,07	0,301	-0,06	-0,28
<i>_CS_SR_15_18</i>	2,37	0,40	2,47	0,51	-1,50	0,156	-0,10	-0,39
Grupa 3D								
TBR_15_18	2,35	0,64	2,36	0,68	-0,15	0,883	-0,01	-0,04
<i>_RS_EO_15_18</i>	2,38	0,59	2,41	0,68	-0,34	0,740	-0,03	-0,09
<i>_RS_EC_15_18</i>	2,39	0,75	2,36	0,74	0,39	0,699	0,03	0,10
<i>_CS_SR_15_18</i>	2,36	0,70	2,34	0,74	0,34	0,742	0,02	0,09
Grupa BB								
TBR_15_18	2,73	0,47	2,68	0,48	1,65	0,122	0,05	0,43
<i>_RS_EO_15_18</i>	2,82	0,53	2,72	0,47	2,12	0,052	0,11	0,55
<i>_RS_EC_15_18</i>	2,71	0,48	2,65	0,48	1,34	0,201	0,06	0,35
<i>_CS_SR_15_18</i>	2,67	0,50	2,69	0,58	-0,21	0,834	-0,02	-0,06
Grupa EB								
TBR_15_18	2,47	0,65	2,42	0,68	1,11	0,287	0,05	0,29
<i>_RS_EO_15_18</i>	2,47	0,59	2,33	0,60	1,87	0,082	0,14	0,48
<i>_RS_EC_15_18</i>	2,50	0,87	2,51	0,95	-0,32	0,751	-0,02	-0,08
<i>_CS_SR_15_18</i>	2,44	0,61	2,42	0,56	0,35	0,732	0,03	0,09
Grupa TB								
TBR_15_18	2,39	0,54	2,32	0,53	1,55	0,143	0,07	0,40
<i>_RS_EO_15_18</i>	2,43	0,58	2,31	0,53	1,68	0,116	0,11	0,43
<i>_RS_EC_15_18</i>	2,38	0,57	2,35	0,65	0,44	0,666	0,03	0,11
<i>_CS_SR_15_18</i>	2,38	0,56	2,30	0,52	73,00	0,478	0,05	0,22
Grupa TS								
TBR_15_18	2,22	0,54	2,25	0,49	-0,41	0,685	-0,02	-0,11
<i>_RS_EO_15_18</i>	2,25	0,60	2,21	0,52	0,67	0,511	0,04	0,17
<i>_RS_EC_15_18</i>	2,12	0,54	2,19	0,59	-0,77	0,451	-0,08	-0,20
<i>_CS_SR_15_18</i>	2,31	0,57	2,34	0,51	58,00	0,932	-0,02	-0,03

NB – grupa kontrolna; *3D* – grupa puzzle 3D; *BB* – grupa stymulacja dudnieniami; *EB* – grupa mini-Eduball; *TB* – grupa z tradycyjnymi piłkami; *TS* – grupa stymulacja przezczaszkowa; *TBR* – stosunek Theta/Beta; *RS* – stan spoczynku; *CS* – skupienie na zadaniu poznawczym; *EO* – oczy otwarte; *EC* – oczy zamknięte; *SR* – czytanie po cichu; *15_18* – TBR dla Beta w zakresie od 15 do 18 Hz.

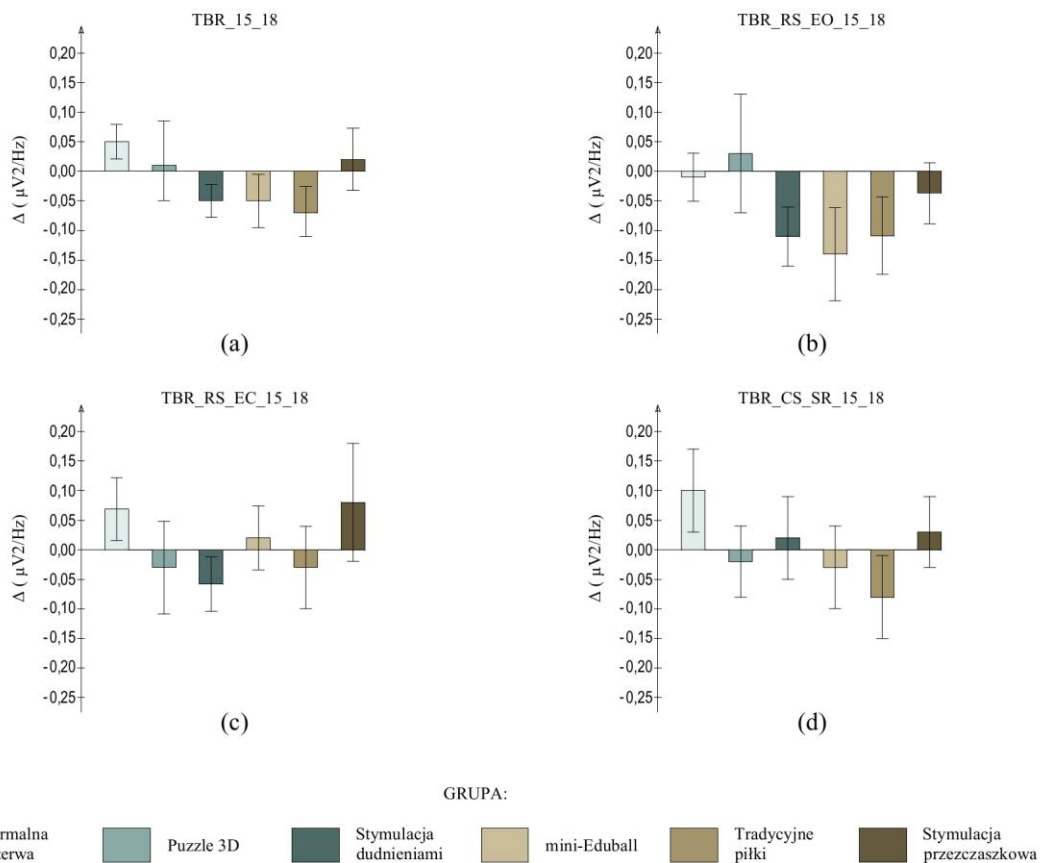


Rycina 45. Zmiany stosunku Theta/Beta pomiędzy post-testem a pre-testem, dla Beta w zakresie 15–18 Hz. Żaden ze sposobów spędzania przerwy nie wpływa istotnie na zmianę stosunku Theta/Beta. (a) Uśrednione różnice między post-testem a pre-testem dla całego pomiaru (we wszystkich trzech warunkach) w poszczególnych grupach. (b) Różnice w warunku oczu otwarte. (c) Różnice w warunku oczu zamknięte. (d) Różnice w warunku czytanie po cichu. Δ – Zmiany/Delta obliczone według wzoru: wyniki post-testu – wyniki pre-testu. Słupki błędów przedstawiają standardowe błędy średnich.

Tabela 4. Porównanie między grupami średnich różnic w wynikach pomiędzy post-testem a pre-testem (Δ) w pomiarze EEG (Beta przyjęte w zakresie 15–18 Hz) – wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA).

Zmienna		<i>F</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>p</i>
Δ TBR_15_18	Fisher's	1,066	5	84	0,385
_RS_EO_15_18	Welch's	0,951	5	38,8	0,46
_RS_EC_15_18	Fisher's	0,633	5	84	0,675
_CS_SR_15_18	Fisher's	0,846	5	84	0,521

F – wartość testu *F* ANOVA; *df1* – stopnie swobody między grupami; *df2* – stopnie swobody wewnątrz grup; Δ – Zmiany/Delta obliczone według wzoru: wyniki post-testu – wyniki pre-testu; TBR – stosunek Theta/Beta; RS – stan spoczynku; CS – skupienie na zadaniu poznawczym; EO – oczu otwarte; EC – oczu zamknięte; SR – czytanie po cichu; 15_18 – TBR dla Beta w zakresie od 15 do 18 Hz.



Rycina 46. Międzygrupowe porównanie Δ (średnich różnic między wynikami w pomiarach w post-teście i pre-teście) stosunku Theta/Beta, dla Beta w zakresie 15–18 Hz. W żadnym z warunków grupy nie różnią się istotnie między sobą. **(a)** Porównanie różnic pomiędzy grupami dla całego pomiaru (we wszystkich trzech warunkach). **(b)** Porównanie różnic pomiędzy grupami w warunku oczy otwarte. **(c)** Porównanie różnic pomiędzy grupami w warunku oczy zamknięte. **(d)** Porównanie różnic pomiędzy grupami w warunku czytanie po cichu. Δ — Zmiany/Delta obliczone według wzoru: wyniki post-testu – wyniki pre-testu. Słupki błędów przedstawiają standardowe błędy średnich.

3.1.2. Pomiar EEG – Theta/Beta obliczone dla fal Beta w zakresie 13–30 Hz

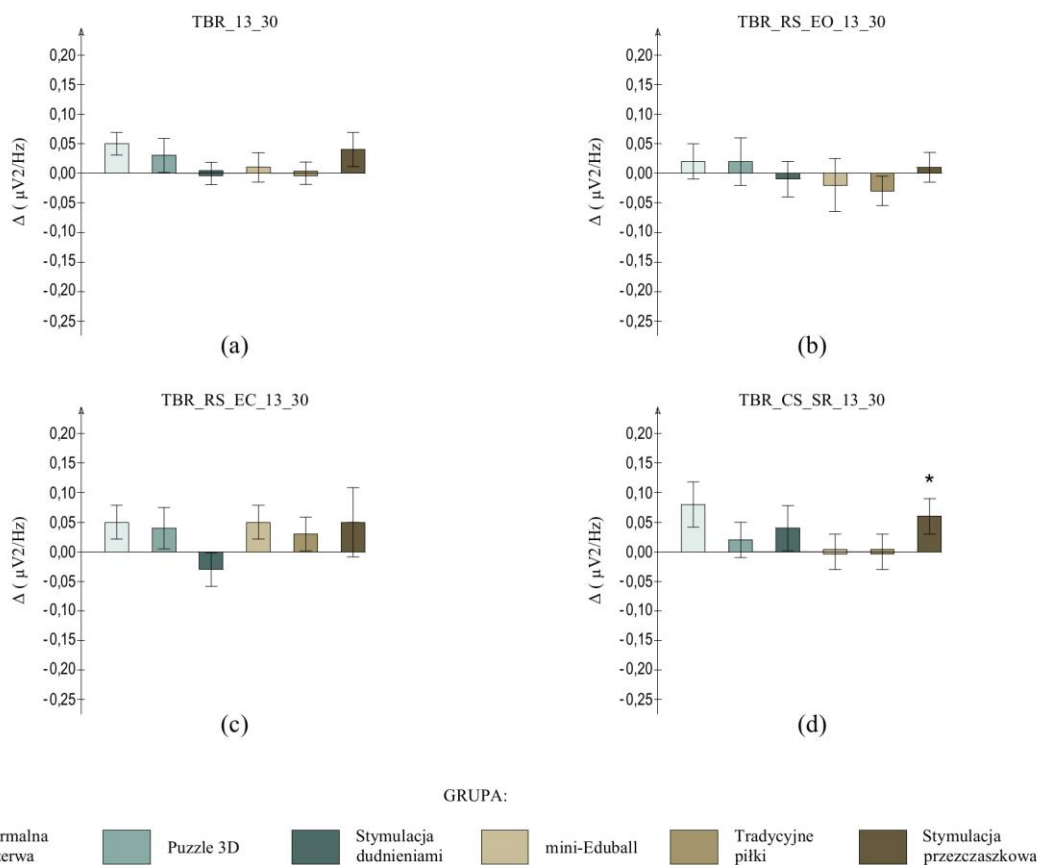
W drugiej analizie stosunku Theta/Beta, w której przyjęto Beta o szerszym zakresie – od 13 do 30 Hz, średnia wartość dla wszystkich grup w całym pierwszym pomiarze (we wszystkich trzech warunkach) była znacząco niższa i wynosiła 1,22 $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$ (dla poszczególnych grup: NB – 1,20 $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$; 3D – 1,19 $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$; BB – 1,35 $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$; EB – 1,24 $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$; TB – 1,19 $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$; TS – 1,12 $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$). Po drugiej przerwie wynik nieznacznie spadł osiągając wartość 1,24 $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$, co odzwierciedlało wzrost w czterech grupach (NB, 3D, EB, TS). Natomiast w pozostałych dwóch grupach (BB, TB) współczynnik nie zmienił się pozostając na tym samym poziomie co przed interwencją (patrz tabela 5). W grupie kontrolnej z normalną przerwą wystąpił trend ($p = 0,052$) przy średniej sile efektu ($d = -0,55$), jednakże żadna ze zmian nie jest istotna (patrz ryc. 47a). Analogicznie do analizy EEG dla Beta w węższym zakresie, w pierwszym warunku – oczy otwarte średnia wartość stosunku Theta/Beta była najniższa i

wyniosła $1,20 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$ (dla poszczególnych grup: NB – $1,20 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; 3D – $1,19 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; BB – $1,35 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; EB – $1,19 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; TB – $1,18 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; TS – $1,10 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$). Średni wynik post-testu pozostał bez zmian. Niemniej, dla połowy grup (NB, 3D, TS) wzrósł, a dla drugiej połowy (BB, EB, TB) zmalał (patrz tabela 5), przy czym nie są to istotne różnice (patrz ryc. 47b). W drugim warunku – oczy zamknięte na początku stosunek Theta/Beta wynosił średnio dla wszystkich grup $1,23 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$ (dla poszczególnych grup: NB – $1,21 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; 3D – $1,21 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; BB – $1,36 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; EB – $1,29 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; TB – $1,19 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; TS – $1,10 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$), a po drugiej przerwie – $1,26 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$. We wszystkich grupach, poza stymulacją dudnieniami współczynnik wzrósł (patrz tabela 5), jednak nie są to istotne zmiany (patrz ryc. 47c). Średni stosunek Theta/Beta dla wszystkich grup w ostatnim warunku – czytanie po cichu wynosił przed interwencją $1,22 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$ (dla poszczególnych grup: NB – $1,20 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; 3D – $1,18 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; BB – $1,35 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; EB – $1,24 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; TB – $1,19 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$; TS – $1,16 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$). Po niej wzrósł do $1,26 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$. W grupie tradycyjne piłki nie odnotowano zmian, a we wszystkich pozostałych nastąpił wzrost współczynnika (patrz tabela 5). Największa różnica (wzrost o $0,06 \mu\text{V}^2/\text{Hz}$) wystąpiła w grupie stymulacja przezczaszkowa i przy średniej wielkości efektu ($d = -0,64$) jest istotna ($p = 0,027$), co stanowi jedyną istotną różnicę w pomiarze (patrz ryc. 47d). Międzygrupowa analiza Δ wykazała, że w żadnej ze zmiennych nie występują istotne zmiany pomiędzy grupami (patrz tabela 6; ryc. 48).

Tabela 5. Średnia i odchylenie standardowe w pomiarze EEG (Beta przyjęte w zakresie 13–30 Hz) w pre-teście i post-teście oraz wyniki t-testu dla par zmiennych.

Zmienna	EEG - TBR (Beta w zakresie 13-30 Hz)							
	Pre-Test		Post-Test		<i>t</i> Studenta / <i>W</i> Wilcoxona	<i>p</i>	Średnia różnica	<i>d</i> Cohena
	Średnia	SD	Średnia	SD				
Grupa NB								
TBR_13_30	1,20	0,21	1,25	0,25	-2,12	0,052	-0,05	-0,55
<i>_RS_EO_13_30</i>	1,20	0,18	1,21	0,21	-0,64	0,535	-0,02	-0,16
<i>_RS_EC_13_30</i>	1,21	0,32	1,25	0,37	-1,69	0,113	-0,05	-0,44
<i>_CS_SR_13_30</i>	1,20	0,20	1,28	0,26	28,50	0,078	-0,05	-0,05
Grupa 3D								
TBR_13_30	1,19	0,28	1,22	0,31	-0,94	0,365	-0,03	-0,24
<i>_RS_EO_13_30</i>	1,19	0,26	1,21	0,29	-0,47	0,648	-0,02	-0,12
<i>_RS_EC_13_30</i>	1,21	0,39	1,25	0,39	-1,03	0,319	-0,04	-0,27
<i>_CS_SR_13_30</i>	1,18	0,27	1,20	0,29	-0,68	0,507	-0,02	-0,18
Grupa BB								
TBR_13_30	1,35	0,25	1,35	0,26	0,07	0,943	0,00	0,02
<i>_RS_EO_13_30</i>	1,35	0,29	1,33	0,29	0,54	0,601	0,01	0,14
<i>_RS_EC_13_30</i>	1,36	0,25	1,33	0,25	0,97	0,349	0,03	0,25
<i>_CS_SR_13_30</i>	1,35	0,24	1,39	0,30	-1,05	0,314	-0,04	-0,27
Grupa EB								
TBR_13_30	1,24	0,33	1,25	0,34	-0,52	0,611	-0,01	-0,13
<i>_RS_EO_13_30</i>	1,19	0,27	1,17	0,31	0,35	0,734	0,02	0,09
<i>_RS_EC_13_30</i>	1,29	0,49	1,34	0,50	-1,61	0,130	-0,05	-0,41
<i>_CS_SR_13_30</i>	1,24	0,29	1,25	0,26	-0,13	0,898	0,00	-0,03
Grupa TB								
TBR_13_30	1,19	0,24	1,19	0,23	-0,12	0,908	0,00	-0,03
<i>_RS_EO_13_30</i>	1,18	0,25	1,15	0,24	1,05	0,311	0,03	0,27
<i>_RS_EC_13_30</i>	1,19	0,26	1,22	0,29	-1,05	0,310	-0,03	-0,27
<i>_CS_SR_13_30</i>	1,19	0,24	1,19	0,21	0,00	1,000	0,00	0,00
Grupa TS								
TBR_13_30	1,12	0,25	1,16	0,25	38,00	0,229	-0,03	-0,37
<i>_RS_EO_13_30</i>	1,10	0,26	1,11	0,24	-0,27	0,787	-0,01	-0,07
<i>_RS_EC_13_30</i>	1,10	0,26	1,16	0,36	56,00	0,842	-0,01	-0,07
<i>_CS_SR_13_30</i>	1,16	0,25	1,22	0,26	-2,47	0,027*	-0,06	-0,64

NB – grupa kontrolna; *3D* – grupa puzzle 3D; *BB* – grupa stymulacja dudnieniami; *EB* – grupa mini-Eduball; *TB* – grupa z tradycyjnymi piłkami; *TS* – grupa stymulacja przezczaszkowa; *TBR* – stosunek Theta/Beta; *RS* – stan spoczynku; *CS* – skupienie na zadaniu poznawczym; *EO* – oczy otwarte; *EC* – oczy zamknięte; *SR* – czytanie po cichu; *13_30* – TBR dla Beta w zakresie od 13 do 30 Hz. Gwiazdki wskazują istotne różnice z wartościami *p*: **p* < 0,05; ***p* < 0,01; ****p* < 0,001.

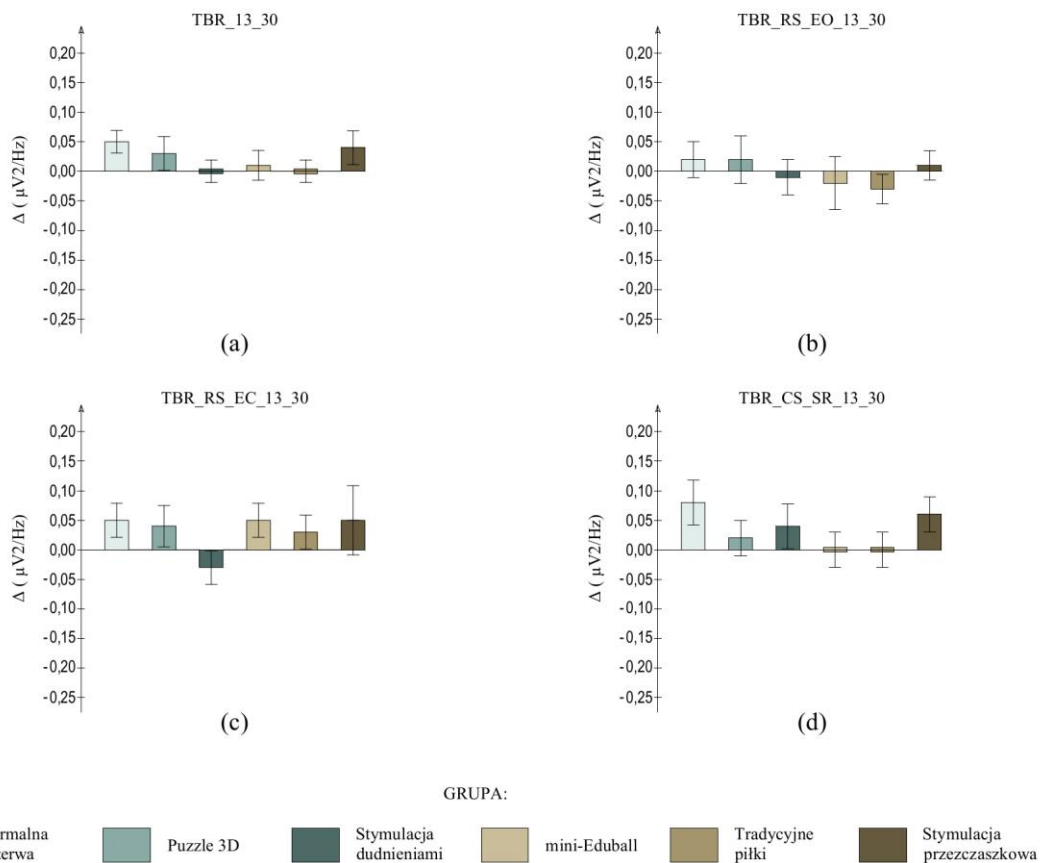


Rycina 47. Zmiany stosunku Theta/Beta pomiędzy post-testem a pre-testem, dla Beta w zakresie 13-30 Hz. Jedynie przeczaszkowa stymulacja prądem stałym istotnie różnicuje średnie w warunku czytanie po cichu. **(a)** Uśrednione różnice między post-testem a pre-testem dla całego pomiaru (we wszystkich trzech warunkach) w poszczególnych grupach. **(b)** Różnice w warunku oczy otwarte. **(c)** Różnice w warunku oczy zamknięte. **(d)** Różnice w warunku czytanie po cichu. Δ — Zmiany/Delta obliczone według wzoru: wyniki post-testu – wyniki pre-testu. Słupki błędów przedstawiają standardowe błędy średnich. Gwiazdki wskazują istotne różnice z wartościami p : $*p < 0,05$.

Tabela 6. Porównanie między grupami średnich różnic w wynikach pomiędzy post-testem a pre-testem (Δ) w pomiarze EEG (Beta przyjęte w zakresie 13–30 Hz) – wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA).

Zmienna		F	$df1$	$df2$	p
Δ TBR_13_30	Fisher's	0,684	5	84	0,637
_RS_EO_13_30	Fisher's	0,334	5	84	0,891
_RS_EC_13_30	Fisher's	0,699	5	84	0,626
_CS_SR_13_30	Fisher's	0,924	5	84	0,47

F – wartość testu F ANOVA; $df1$ – stopnie swobody między grupami; $df2$ – stopnie swobody wewnątrz grup; Δ – Zmiany/Delta obliczone według wzoru: wyniki post-testu – wyniki pre-testu; TBR – stosunek Theta/Beta; RS – stan spoczynku; CS – skupienie na zadaniu poznawczym; EO – oczy otwarte; EC – oczy zamknięte; SR – czytanie po cichu; 13_30 – TBR dla Beta w zakresie od 13 do 30 Hz.



Rycina 48. Międzygrupowe porównanie Δ (średnich różnic między wynikami w pomiarach w post-teście i pre-teście) stosunku Theta/Beta, dla Beta w zakresie 13-30Hz. W żadnym z warunków grupy nie różnią się istotnie między sobą. **(a)** Porównanie różnic pomiędzy grupami dla całego pomiaru (we wszystkich trzech warunkach). **(b)** Porównanie różnic pomiędzy grupami w warunku oczy otwarte. **(c)** Porównanie różnic pomiędzy grupami w warunku oczy zamknięte. **(d)** Porównanie różnic pomiędzy grupami w warunku czytanie po cichu. Δ — Zmiany/Delta obliczone według wzoru: wyniki post-testu – wyniki pre-testu. Słupki błędów przedstawiają standardowe błędy średnich.

3.2. Test Sustained Attention to Response Task

W teście SART analizie zostały poddane cztery zmienne. Dla pierwszej z nich – poprawności reakcji na bodźce No-Go średnia wyniku dla wszystkich grup w pre-teście wyniosła 55,55 % (dla poszczególnych grup: NB – 46,93%; 3D – 58,13%; BB – 52,80%; EB – 66,93%; TB – 59,20%; TS – 49,33%). W post-teście wzrosła o nieco ponad 4 punkty procentowe do 59,56%. W dwóch grupach odnotowano spadek – w grupie mini-Eduball o 4,8 punkta procentowego, a w grupie tradycyjne piłki o 1,07. Jednakże wynik grupy mini-Eduball (62,13%) wciąż stanowi wartość wyższą niż średnia dla wszystkich grup. Pozostałe grupy poprawiły swoje wyniki (patrz tabela 7). Największa zmiana (wzrost o 11,73 punkta procentowego) nastąpiła w grupie stymulacji przeczaszkowej i jest to jedyna istotna ($p = 0,019$; $d = -0,69$) różnica w tej zmiennej (patrz ryc. 49a). Poza nią w dwóch grupach

(3D, BB) wystąpiły trendy o średniej sile efektu (patrz tabela 7). W drugiej zmiennej – opisującej poprawność reakcji na bodźce Go – średnia przed interwencją wyniosła 99,03% (dla poszczególnych grup: NB – 97,73%; 3D – 99,00%; BB – 99,37%; EB – 99,67%; TB – 99,53%; TS – 98,87%), a po niej nieznacznie spadła do 98,97%. W dwóch grupach (BB, EB) odnotowano spadek, a w pozostałych wzrost (patrz tabela 7). W żadnej z grup różnica nie jest istotna (patrz ryc. 49b), jedynie w grupie kontrolnej wystąpił trend ($p = 0,065$) o średniej sile efektu ($d = -0,67$). W kolejnej zmiennej – średni czas reakcji na bodźce Go dla wszystkich grup w pierwszym pomiarze wyniósł 369,18 milisekundy (dla poszczególnych grup: NB – 353,97 milisekundy; 3D – 383,27 milisekundy; BB – 381,05 milisekundy; EB – 375,01 milisekundy; TB – 362,85 milisekundy; TS – 358,95 milisekundy). Natomiast w drugim pomiarze pogorszył się o 9,94 milisekundy. Tylko w dwóch grupach (3D, TB) wystąpiło skrócenie czasu reakcji, w pozostałych – wydłużył się (patrz tabela 7). Niemniej w żadnej z grup nie wyniki nie różnią się istotnie (patrz ryc. 49c). Średni wynik dla wskaźnika umiejętności przed drugą przerwą wyniósł 149,48 (dla poszczególnych grup: NB – 131,39; 3D – 152,08; BB – 136,01; EB – 178,59; TB – 162,94; TS – 135,89), za to w testach wykonanych po niej wzrósł do 155,73. Jedyna istotna różnica ($p = 0,013$) w tej zmiennej występuje w grupie puzzle 3D (patrz ryc. 49d). Jednocześnie jest to największy wzrost (o 23,47) wskaźnika umiejętności o średniej sile efektu ($d = -0,73$). Niewiele mniejszy wzrost (o 20,37) odnotowano w grupie stymulacja przezczaszkowa, jednak stanowi tylko trend ($p = 0,054$) o średniej sile efektu ($d = -0,54$). Wskaźnik umiejętności wzrósł także w grupie kontrolnej i stymulacja dudnieniami, natomiast w pozostałych dwóch (EB, TB) spadł (patrz tabela 7). Lecz w obu przypadkach wynik post-testów (160,51) wciąż przewyższa średni rezultat dla wszystkich grup – dla grupy mini-Eduball o 4,78, a dla grupy tradycyjne piłki o 2,26.

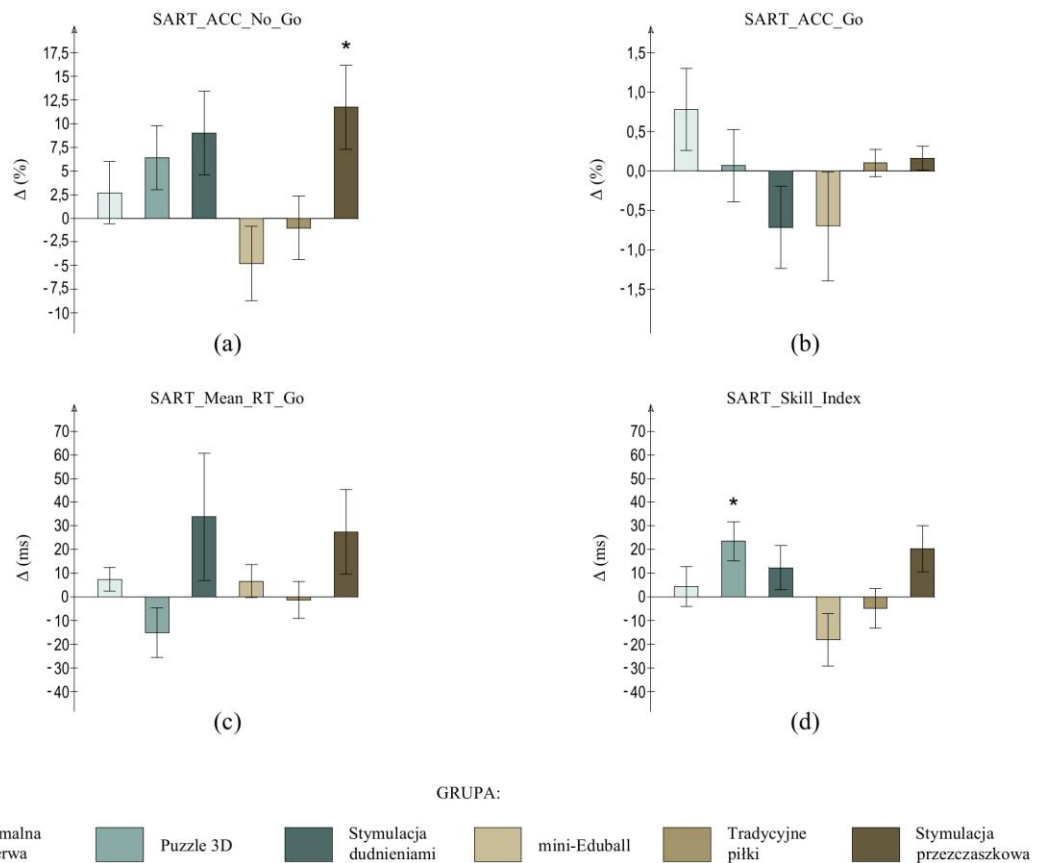
Ponadto średnie różnice w Δ między grupami w przypadku zmiennych: poprawność odpowiedzi na bodźce No-Go oraz wskaźnik umiejętności są istotne (patrz tabela 8, ryc. 50b-c). W przypadku pierwszej z nich analiza post-hoc wykazała, że istotnie ($p = 0,03$) różniącymi się grupami są mini-Eduball oraz stymulacja przezczaszkowa (patrz tabela 9). Co ważne, Tabela 10 pokazuje, że na ten efekt wpłynął wynik pre-testu. Po skorygowaniu modelu różnica pozostała istotna ($p_{tukey} = 0,027$) przy dużej sile efektu (patrz tabela 11; ryc. 50a). Natomiast Tabela 12 pokazuje, że analiza post-hoc dla zmiennej wskaźnik umiejętności ujawniła, że istotne różnice występują między dwiema parami grup: puzzle 3D – mini-Eduball (różnica wyniosła 41,55) oraz mini-Eduball – stymulacja przezczaszkowa (różnica

wyniosła 38,45). Jednak wieloczynnikowa analiza kowariancji wykazała, że efekt ten jest zależny od wyniku pre-testu (patrz tabela 13). Po skorygowaniu modelu różnice zmalały (patrz tabela 14) i jedynie różnica pomiędzy grupami puzzle 3D i mini-Eduball pozostała istotna (patrz ryc. 50d).

Tabela 7. Średnia i odchylenie standardowe w teście SART w pre-teście i post-teście oraz wyniki t-testu dla par zmiennych.

Zmienna	SART							
	Pre-Test		Post-Test		<i>t</i> Studenta / <i>W</i> Wilcoxona	<i>p</i>	Średnia różnica	<i>d</i> Cohena
	Średnia	SD	Średnia	SD				
Grupa NB								
_ACC_No_Go	46,93	26,47	49,60	26,22	52,00	0,666	-2,00	-0,13
_ACC_Go	97,73	2,96	98,50	1,93	9,00	0,065	-1,00	-0,67
_Mean_RT_Go	353,97	40,59	361,34	49,03	-1,43	0,174	-7,37	-0,37
_Skill_Index	131,39	69,88	135,76	61,88	-0,52	0,611	-4,37	-0,13
Grupa 3D								
_ACC_No_Go	58,13	18,38	64,53	20,11	-1,92	0,075	-6,40	-0,50
_ACC_Go	99,00	0,93	99,07	2,07	19,00	0,411	-0,50	-0,31
_Mean_RT_Go	383,27	57,75	368,12	45,50	78,00	0,330	6,44	0,30
_Skill_Index	152,08	47,38	175,55	51,13	-2,83	0,013*	-23,47	-0,73
Grupa BB								
_ACC_No_Go	52,80	18,90	61,87	28,20	-2,13	0,052	-9,07	-0,55
_ACC_Go	99,37	1,29	98,63	3,20	31,00	0,328	0,50	0,38
_Mean_RT_Go	381,05	58,15	414,81	139,69	60,00	1,000	0,12	0,00
_Skill_Index	136,01	36,70	148,31	54,28	-1,34	0,202	-12,31	-0,35
Grupa EB								
_ACC_No_Go	66,93	15,82	62,13	26,83	1,22	0,244	4,80	0,31
_ACC_Go	99,67	0,65	98,97	2,55	24,00	0,436	0,50	0,33
_Mean_RT_Go	375,01	36,41	381,60	52,68	-0,98	0,343	-6,59	-0,25
_Skill_Index	178,59	40,70	160,51	65,92	1,63	0,125	18,08	0,42
Grupa TB								
_ACC_No_Go	59,20	11,92	58,13	18,88	0,32	0,755	1,07	0,08
_ACC_Go	99,53	0,67	99,63	0,48	-0,56	0,582	-0,10	-0,15
_Mean_RT_Go	362,85	26,23	362,48	36,86	0,05	0,963	0,36	0,01
_Skill_Index	162,94	28,82	157,99	42,39	0,59	0,566	4,96	0,15
Grupa TS								
_ACC_No_Go	49,33	18,86	61,07	26,12	-2,66	0,019*	-11,73	-0,69
_ACC_Go	98,87	2,45	99,03	2,31	-1,10	0,290	-0,17	-0,28
_Mean_RT_Go	358,95	49,62	386,39	99,01	35,00	0,169	-6,08	-0,42
_Skill_Index	135,89	45,89	156,26	56,34	-2,11	0,054	-20,37	-0,54

NB – grupa kontrolna; *3D* – grupa puzzle 3D; *BB* – grupa stymulacja dudnieniami; *EB* – grupa mini-Eduball; *TB* – grupa z tradycyjnymi piłkami; *TS* – grupa stymulacja przezczaszkowa; *ACC* – poprawność reakcji; *No_Go* – bodźce No-Go; *Go* – bodźce Go; *Mean_RT_Go* – średni czas reakcji dla bodźców Go; *Skill_Index* – wskaźnik umiejętności. Gwiazdki wskazują istotne różnice z wartościami *p*: **p* < 0,05.

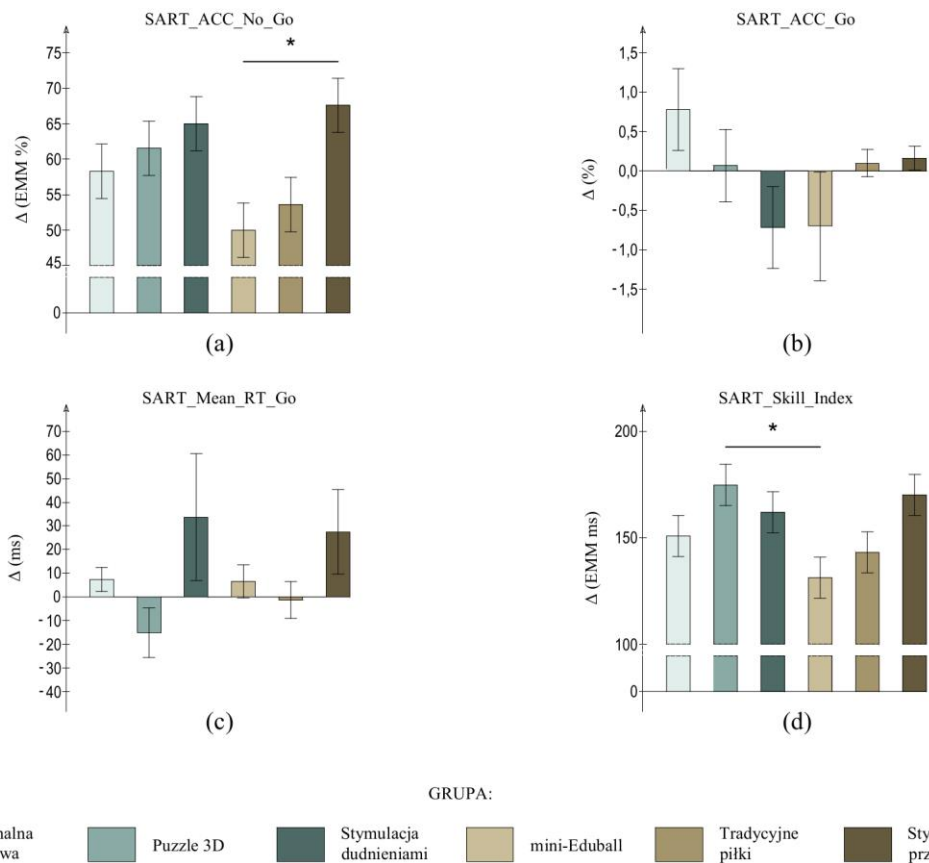


Rycina 49. Zmiany poziomu wykonania testu SART pomiędzy post-testem a pre-testem. Przeczaszkowa stymulacja prądem stałym oraz puzzle 3D pozytywnie wpływają na wyniki w jednej ze zmiennych (poprawność reakcji na bodźce No-Go w grupie TS i wskaźnik umiejętności w grupie 3D) w teście uwagi. **(a)** Różnice w poprawności reakcji na bodźce No-Go. **(b)** Różnice w poprawności reakcji na bodźce Go. **(c)** Różnice w średnim czasie reakcji dla bodźców Go. **(d)** Różnice we wskaźniku umiejętności. Δ — Zmiany/Delta obliczone według wzoru: wyniki post-testu – wyniki pre-testu. Słupki błędów przedstawiają standardowe błędy średnich. Gwiazdki wskazują istotne różnice z wartościami p : * $p < 0,05$; ** $p < 0, 01$; *** $p < 0, 001$.

Tabela 8. Porównanie między grupami średnich różnic w wynikach pomiędzy post-testem a pre-testem (Δ) w teście SART – wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA).

Zmienna		F	$df1$	$df2$	p
Δ SART					
_ACC_No_Go	Fisher's	2,763	5	84	0,023*
_ACC_Go	Fisher's	1,499	5	84	0,199
_Mean_RT_Go	Welch's	1,393	5	38,2	0,249
_Skill_Index	Fisher's	2,944	5	84	0,017*

F – wartość testu F ANOVA; $df1$ – stopnie swobody między grupami; $df2$ – stopnie swobody wewnątrz grup; Δ – Zmiany/Delta obliczone według wzoru: wyniki post-testu – wyniki pre-testu; SART – test Sustained Attention to Response Task; ACC – poprawność reakcji; No_Go – bodźce No-Go; Go – bodźce Go; Mean_RT_Go – średni czas reakcji dla bodźców Go; Skill_Index – wskaźnik umiejętności. Gwiazdki wskazują istotne różnice z wartościami p : * $p < 0,05$.



Rycina 50. Międzygrupowe porównanie Δ (średnich różnic między wynikami w pomiarach w post-teście i pre-teście) wyników lub – tam gdzie to jest konieczne – szacunkowych wyników post-testu z testu SART. (a) Porównanie szacunkowych wyników post-testu pomiędzy grupami w poprawności reakcji na bodźce No-Go. (b) Porównanie różnic pomiędzy grupami w poprawności reakcji na bodźce Go. (c) Porównanie różnic pomiędzy grupami w średnim czasie reakcji na bodźce Go. (d) Porównanie szacunkowych wyników post-testu pomiędzy grupami we wskaźniku umiejętności. Δ — Zmiany/Delta obliczone według wzoru: wyniki post-testu – wyniki pre-testu. Słupki błędów przedstawiają standardowe błędy średnich. Gwiazdki wskazują istotne różnice z wartościami p : $*p < 0,05$.

Tabela 9. Porównanie między poszczególnymi grupami średnich różnic w wynikach pomiędzy post-testem a pre-testem (Δ) w zmiennej: poprawność reakcji na bodźce No-Go w teście SART – wyniki testu post-hoc.

		NB	3D	BB	EB	TB	TS
NB	Średnia różnica	—	-3,73	-6,40	7,47	3,73	-9,07
	p_{tukey}	—	0,981	0,835	0,726	0,981	0,535
3D	Średnia różnica		—	-2,67	11,20	7,47	-5,33
	p_{tukey}		—	0,996	0,296	0,726	0,916
BB	Średnia różnica			—	13,90	10,13	-2,67
	p_{tukey}			—	0,108	0,408	0,996
EB	Średnia różnica				—	-3,73	-16,53
	p_{tukey}				—	0,981	0,03*
TB	Średnia różnica					—	-12,80
	p_{tukey}					—	0,167
TS	Średnia różnica						—
	p_{tukey}						—

NB – grupa kontrolna; 3D – grupa puzzle 3D; BB – grupa stymulacja dudnieniami; EB – grupa mini-Eduball; TB – grupa z tradycyjnymi piłkami; TS – grupa stymulacja przezczaszkowa. Gwiazdki wskazują istotne różnice z wartościami p_{tukey} : * $p < 0,05$.

Tabela 10. Wyniki wieloczynnikowej analizy kowariancji (ANCOVA) dla poprawności reakcji na bodźce No-Go w teście SART. Wynik z pre-testu został ustawiony jako współzmienna, natomiast z post-testu jako zmienna zależna.

	Suma kwadratów	Średni kwadrat	F	df	p	η^2p
Pre_SART_ACC_No_Go	33223	33223	154,84	1	1e-16***	0,651
Grupa	3001	600	2,80	5	0,022*	0,144
Reszty	17809	215		83		

Pre – pre-test; SART – test Sustained Attention to Response Task; ACC – poprawność reakcji; No_Go – bodźce No-Go. Gwiazdki wskazują istotne różnice z wartościami p : * $p < 0,05$; *** $p < 0,001$.

Tabela 11. Porównanie między poszczególnymi grupami średnich oszacowanych wyników dla zmiennej: poprawność reakcji na bodźce No-Go w teście SART – wyniki analizy post-hoc.

Porównanie		Średnia różnica	<i>t</i>	<i>p</i> _{Tukey}	<i>d</i> Cohena	
Grupa	Grupa					
NB	-	3D	-3,15	-0,58	0,992	-0,22
	-	BB	-6,09	-1,14	0,866	-0,42
	-	EB	8,51	1,52	0,654	0,58
	-	TB	4,37	0,80	0,966	0,30
	-	TS	-8,94	-1,67	0,555	-0,61
3D	-	BB	-2,94	-0,55	0,994	-0,20
	-	EB	11,66	2,16	0,268	0,80
	-	TB	7,52	1,41	0,723	0,51
	-	TS	-5,79	-1,07	0,891	-0,40
BB	-	EB	14,6	2,67	0,094	1,00
	-	TB	10,47	1,95	0,382	0,72
	-	TS	-2,85	-0,53	0,995	-0,19
EB	-	TB	-4,14	-0,77	0,972	-0,28
	-	TS	-17,45	-3,14	0,027*	-1,19
TB	-	TS	-13,31	-2,46	0,148	-0,91

NB – grupa kontrolna; 3D – grupa puzzle 3D; BB – grupa stymulacja dudnieniami; EB – grupa mini-Eduball; TB – grupa z tradycyjnymi piłkami; TS – grupa stymulacja przezczaszkowa; Gwiazdki wskazują istotne różnice z wartościami *p*_{Tukey}: **p* < 0,05.

Tabela 12. Porównanie między poszczególnymi grupami średnich różnic w wynikach pomiędzy post-testem a pre-testem (Δ) w zmiennej: wskaźnik umiejętności w teście SART – wyniki testu post-hoc.

		NB	3D	BB	EB	TB	TS
NB	Średnia różnica	—	-19,10	-7,94	22,45	9,33	-16,00
	<i>p</i> _{Tukey}	—	0,688	0,990	0,523	0,980	0,823
3D	Średnia różnica		—	11,20	41,60	28,43	3,10
	<i>p</i> _{Tukey}			—	0,956	0,024*	0,259
BB	Średnia różnica			—	30,40	17,27	-8,06
	<i>p</i> _{Tukey}				—	0,194	0,772
EB	Średnia różnica				—	-13,12	-38,45
	<i>p</i> _{Tukey}					—	0,915
TB	Średnia różnica					—	-25,33
	<i>p</i> _{Tukey}						—
TS	Średnia różnica						—
	<i>p</i> _{Tukey}						—

NB – grupa kontrolna; 3D – grupa puzzle 3D; BB – grupa stymulacja dudnieniami; EB – grupa mini-Eduball; TB – grupa z tradycyjnymi piłkami; TS – grupa stymulacja przezczaszkowa. Gwiazdki wskazują istotne różnice z wartościami *p*_{Tukey}: **p* < 0,05.

Tabela 13. Wyniki wieloczynnikowej analizy kowariancji (ANCOVA) dla zmiennej: wskaźnik umiejętności w teście SART. Wynik z pre-testu został ustawiony jako współzmienna, natomiast z post-testu jako zmienna zależna.

	Suma kwadratów	Średni kwadrat	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	η^2p
Pre_SART_Skill_Index	155668	155668	121,64	1	1e-16***	0,594
Grupa	15600	3120	2,44	5	0,041*	0,128
Reszty	106215	1280		83		

Pre – pre-test; *SART* – test Sustained Attention to Response Task; *Skill_Index* – wskaźnik umiejętności. Gwiazdki wskazują istotne różnice z wartościami *p*: **p* < 0,05; ****p* < 0,001.

Tabela 14. Porównanie między poszczególnymi grupami średnich oszacowanych wyników dla zmiennej: wskaźnik umiejętności w teście SART – wyniki analizy post-hoc.

Grupa	Porównanie		Średnia różnica	<i>t</i>	<i>p</i> _{tukey}	<i>d</i> Cohena
	Grupa	Grupa				
NB	-	3D	-20,71	-1,57	0,619	-0,58
	-	BB	-8,3	-0,64	0,988	-0,23
	-	EB	-18,79	1,38	0,741	0,53
	-	TB	6,88	0,52	0,995	0,19
	-	TS	-16,35	-1,25	0,81	-0,46
3D	-	BB	12,41	0,95	0,933	0,35
	-	EB	39,5	2,98	0,042*	1,10
	-	TB	27,59	2,11	0,294	0,77
	-	TS	4,36	0,33	0,999	0,12
BB	-	EB	27,09	2,00	0,351	0,76
	-	TB	15,18	1,15	0,861	0,42
	-	TS	-8,05	-0,62	0,99	-0,23
EB	-	TB	-11,91	-0,91	0,944	-0,33
	-	TS	-35,14	-2,60	0,11	-0,98
TB	-	TS	-23,23	-1,75	0,502	-0,65

NB – grupa kontrolna; *3D* – grupa puzzle 3D; *BB* – grupa stymulacja dudnieniami; *EB* – grupa mini-Eduball; *TB* – grupa z tradycyjnymi piłkami; *TS* – grupa stymulacja przeczaszkowa. Gwiazdki wskazują istotne różnice z wartościami *p*_{tukey}: **p* < 0,05.

3.3. Test Matrix Reasoning Item Bank

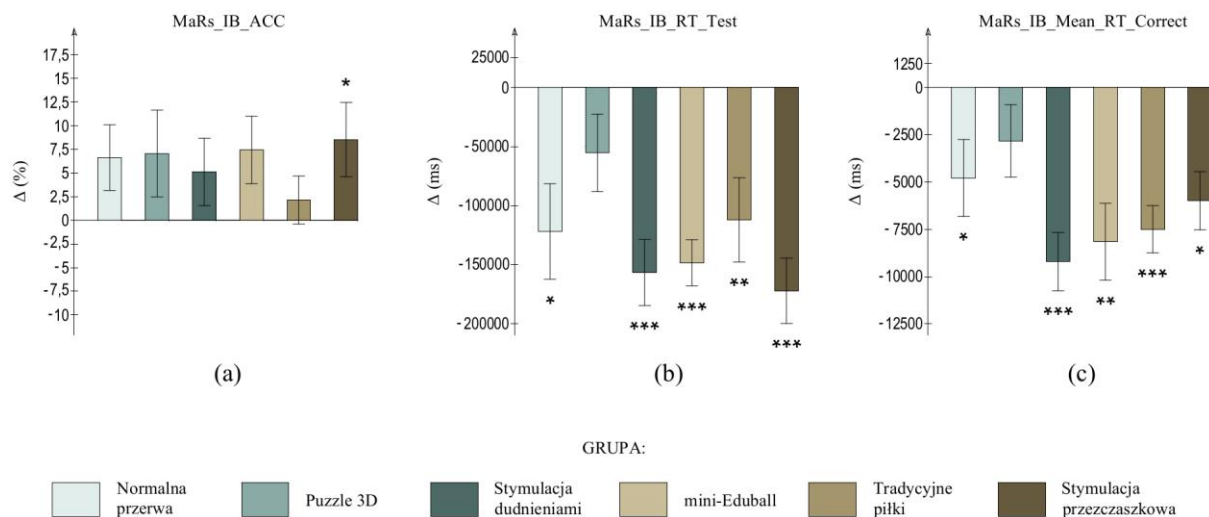
Pierwsza zmienna w teście MaRs-IB analizowała poprawność odpowiedzi na matryce. Średnio w pre-teście wyniosła 59,82 % (dla poszczególnych grup: NB – 58,15%; 3D – 57,41%; BB – 61,11%; EB – 58,89%; TB – 61,11%; TS – 62,22%), a w post-teście wzrosła do 65,99%. Wszystkie grupy poprawiły swój wynik, jednak największa zmiana (wzrost o 8,52 punkta procentowego) nastąpiła w grupie stymulacja przeczaszkowa i jest to jedyna istotna różnica (*p* = 0,047), a siła tego efektu jest średnia (*d* = -0,56). Niemniej w dwóch innych grupach – mini-Eduball oraz kontrolnej – zaobserwowano trend o średniej sile efektu (patrz tabela 15). W tym samym czasie wyniki pozostałych grup (3D, BB, TB) nie różniły się

istotnie między pomiarami (patrz ryc. 51a). Średni czas wykonania całego testu przed drugą przerwą wyniósł 636012,68 milisekundy (dla poszczególnych grup: NB – 666725,13 milisekundy; 3D – 648047,93 milisekundy; BB – 624911,4 milisekundy; EB – 624136,13 milisekundy; TB – 607797,47 milisekundy; TS – 644458 milisekundy), a po niej 507494,06. We wszystkich grupach uległ skróceniu i tylko w jednej – puzzle 3D – nie jest istotny (patrz ryc. 51b). Co więcej, w trzech z nich (BB, EB, TS) siła efektu jest duża (patrz tabela 15). W ostatniej zmiennej – średni czas odpowiedzi na matryce parami (w pre-teście i post-teście) poprawnie wykonane – ponownie wystąpił progres z 34341,75 milisekundy w pierwszym pomiarze (dla poszczególnych grup: NB – 35209,81 milisekundy; 3D – 34108,68 milisekundy; BB – 34493,58 milisekundy; EB – 35637,28 milisekundy; TB – 34028,84 milisekundy; TS – 32572,3 milisekundy), do 27765,13 milisekundy w drugim. Podobnie jak w średnim czasie wykonania całego testu, tutaj także wszystkie grupy poprawiły swój wynik i jedynie w grupie puzzle 3D ta zmiana nie jest istotna (patrz ryc. 51c). Dla dwóch grup (NB, TS) siła efektu jest średnia, a dla pozostałych duża (patrz tabela 15). Statystyki międzygrupowej analizy Δ wykazują, że w żadnej ze zmiennych nie występują istotne zmiany pomiędzy grupami (patrz tabela 16; ryc. 52).

Tabela 15. Średnia i odchylenie standardowe w teście MaRs-IB w pre-teście i post-teście oraz wyniki t-testu dla par zmiennych.

Zmienna	MaRs-IB							
	Pre-Test		Post-Test		<i>t</i> Studenta / <i>W</i> Wilcoxona	<i>p</i>	Średnia różnica	<i>d</i> Cohena
	Średnia	SD	Średnia	SD				
	Grupa NB							
_ACC	58,15	19,00	64,81	21,89	-1,94	0,073	-6,67	-0,50
_RT_Test	666725,13	146905,28	544671,60	149173,07	104,00	0,010*	155303,75	0,73
_Mean_RT_Correct	35209,81	9673,61	30476,48	8768,73	98,00	0,030*	5700,73	0,63
	Grupa 3D							
_ACC	57,41	19,66	64,44	25,96	-1,52	0,150	-7,04	-0,39
_RT_Test	648047,93	170724,05	590200,07	183742,49	1,77	0,099	57847,87	0,46
_Mean_RT_Correct	34108,68	9447,66	31298,76	11481,86	1,41	0,179	2809,91	0,37
	Grupa BB							
_ACC	61,11	20,03	66,30	18,72	-1,40	0,182	-5,19	-0,36
_RT_Test	624911,40	87077,66	466329,40	122139,73	5,66	0,00006***	158582,00	1,46
_Mean_RT_Correct	34493,58	6855,28	25330,07	6830,57	6,19	0,00002***	9163,51	1,60
	Grupa EB							
_ACC	58,89	23,46	66,30	23,24	-2,07	0,058	-7,41	-0,53
_RT_Test	624136,13	170113,75	475640,07	159375,99	7,58	0,000003***	148496,07	1,96
_Mean_RT_Correct	35637,28	8575,91	26929,56	8688,42	4,14	0,001**	8707,72	1,11
	Grupa TB							
_ACC	61,11	16,80	63,33	21,39	-0,86	0,405	-2,22	-0,22
_RT_Test	607797,47	146730,14	495056,40	140360,82	105,00	0,008**	125883,00	0,75
_Mean_RT_Correct	34028,84	7509,69	25957,35	5660,74	6,51	0,00002***	8071,49	1,74
	Grupa TS							
_ACC	62,22	23,12	70,74	25,33	-2,18	0,047*	-8,52	-0,56
_RT_Test	644458,00	158960,70	473066,80	168898,47	6,22	0,00002***	171391,20	1,61
_Mean_RT_Correct	32572,30	12147,13	26598,58	9768,14	104,00	0,010*	7305,96	0,73

NB – grupa kontrolna; *3D* – grupa puzzle *3D*; *BB* – grupa stymulacja dudnieniami; *EB* – grupa mini-Eduball; *TB* – grupa z tradycyjnymi piłkami; *TS* – grupa stymulacja przezczaszkowa; *ACC* – poprawność odpowiedzi; *RT_Test* – czas wykonania całego testu; *Mean_RT_Correct* – średni czas odpowiedzi na matryce parami (w pre-teście i post-teście) poprawnie wykonane. Gwiazdki wskazują istotne różnice z wartościami *p*: **p* < 0,05; ***p* < 0,01; ****p* < 0,001.

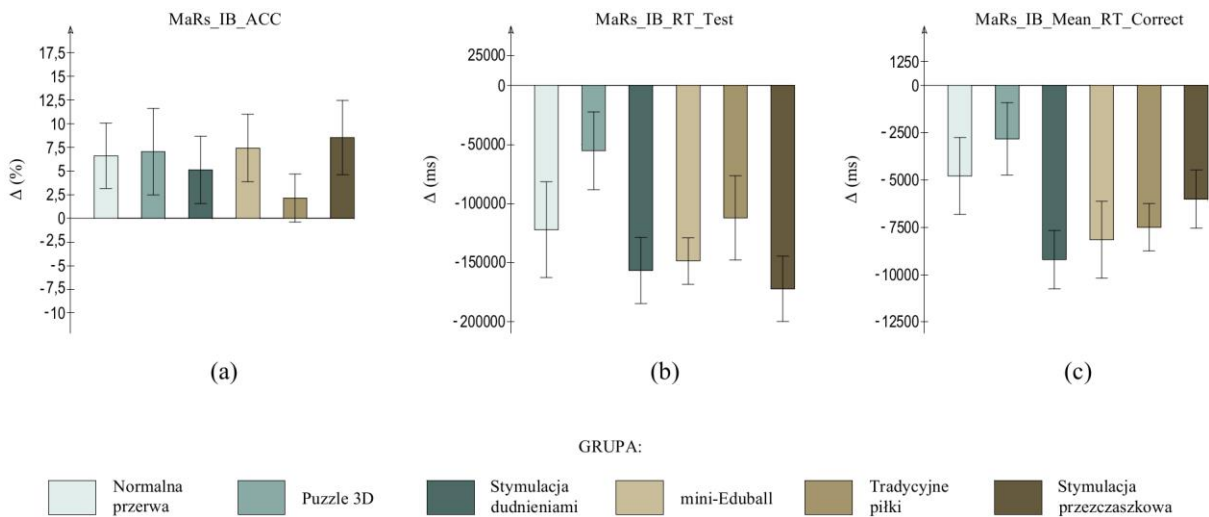


Rycina 51. Zmiany poziomu wykonania testu MaRs-IB pomiędzy post-testem a pre-testem. We wszystkich grupach, poza puzzlami 3D, czas wykonania całego testu oraz średniego czasu odpowiedzi na matrycę w post-teście jest istotnie krótszy. **(a)** Wzrost poprawności odpowiedzi na matryce. **(b)** Skrócenie czasu wykonania całego testu. **(c)** Skrócenie średniego czasu odpowiedzi na matryce wykonane parami (w pre-teście i post-teście) poprawnie. Δ — Zmiany/Delta obliczone według wzoru: wyniki post-testu – wyniki pre-testu. Słupki błędów przedstawiają standardowe błędy średnich. Gwiazdki wskazują istotne różnice z wartościami p : $*p < 0,05$; $**p < 0,01$, $***p < 0,001$.

Tabela 16. Porównanie między grupami średnich różnic w wynikach pomiędzy post-testem a pre-testem (Δ) w teście MaRs-IB – wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA).

Zmienna		F	$df1$	$df2$	p
Δ_MaRs_IB					
_ACC	Fisher's	0,362	5	84	0,873
_RT_Test	Fisher's	1,704	5	84	0,142
_Mean_RT_Correct	Fisher's	1,711	5	84	0,141

F – wartość testu F ANOVA; $df1$ – stopnie swobody między grupami; $df2$ – stopnie swobody wewnątrz grup; Δ – Zmiany/Delta obliczone według wzoru: wyniki post-testu – wyniki pre-testu; MaRs_IB – test Matrix Reasoning Item Bank; ACC – poprawność odpowiedzi; RT_Test – czas wykonania całego testu; Mean_RT_Correct – średni czas odpowiedzi na matryce parami (w pre-teście i post-teście) poprawnie wykonane.



Rycina 52. Międzygrupowe porównanie Δ (średnich różnic między wynikami w pomiarach w post-teście i pre-teście) wyników z testu MaRs-IB. W żadnej ze zmiennych grupy nie różnią się istotnie między sobą. (a) Porównanie różnic pomiędzy grupami w poprawności odpowiedzi. (b) Porównanie różnic pomiędzy grupami w czasie trwania całego testu. (c) Porównanie różnic pomiędzy grupami w średnim czasie odpowiedzi na matryce wykonane parami (w pre-teście i post-teście) poprawnie. Δ — Zmiany/Delta obliczone według wzoru: wyniki post-testu – wyniki pre-testu. Słupki błędów przedstawiają standardowe błędy średnich.

3.4. Test 2HAND

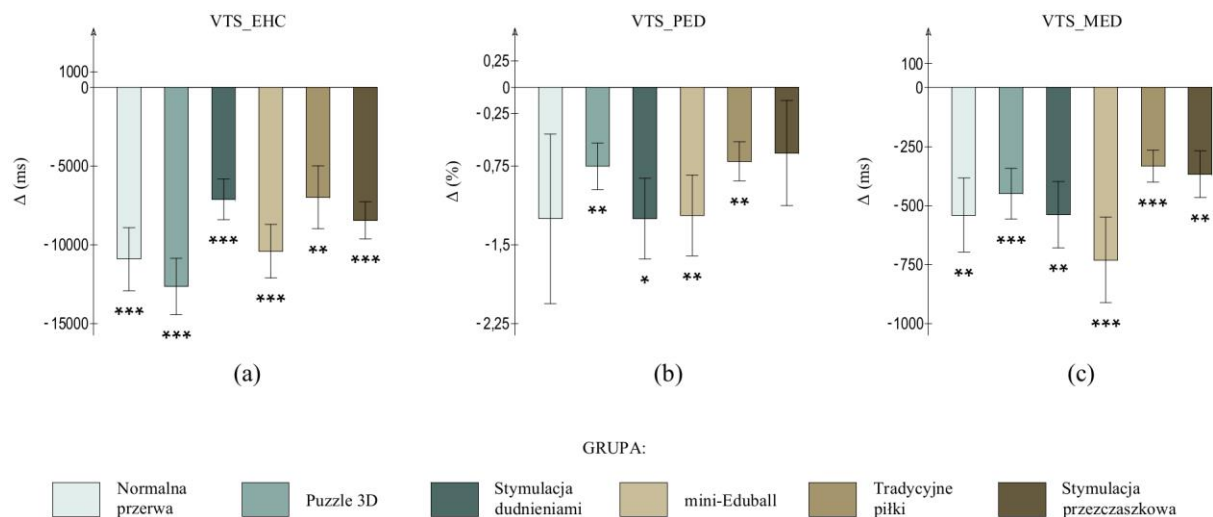
Średni czas wykonania przejścia przez tor – koordynacją oko-ręka dla wszystkich prób w pre-teście wyniósł 37632,1 milisekundy (dla poszczególnych grup: NB – 37821,6 milisekundy; 3D – 39423,07 milisekundy; BB – 32368,53 milisekundy; EB – 39368,6 milisekundy; TB – 37256,33 milisekundy; TS – 39554,47 milisekundy). W post-teście skrócił się do 28323,39 milisekundy. Wszystkie grupy znacząco poprawiły swoje wyniki (patrz tabela 17). Najmniejszą różnicę (skrócenie czasu o 6918,26 milisekundy) zaobserwowano w grupie tradycyjne piłki, jednak mimo to jest ona istotna ($p = 0,005$), a wielkość efektu średnia ($d = 0,78$). We wszystkich pozostałych grupach różnica jest istotna (patrz ryc. 53a), a siła efektu duża (patrz tabela 17). W drugiej analizowanej zmiennej – procentowy czas trwania błędów – średni wynik przed interwencją stanowiło 2,64% (dla poszczególnych grup: NB – 3,19%; 3D – 2,01%; BB – 3,26%; EB – 3,23%; TB – 1,87%; TS – 2,29%), a po zmniejszono się do 1,68%. W czterech grupach (3D, BB, EB, TB) zmiana ta jest istotna (patrz ryc. 53b). Ponadto w grupie stymulacja dudnieniami siła tego efektu jest średnia ($d = 0,75$), a w pozostałych trzech grupach duża (patrz tabela 17). Ostatnia zmienna analizująca średni czas trwania błędów na początku średnio wynosiła 890,37 milisekundy (dla poszczególnych grup: NB – 951,4 milisekundy; 3D – 798,07 milisekundy; BB – 960,27 milisekundy; EB – 1265,93 milisekundy; TB – 658,8 milisekundy; TS – 707,73 milisekundy). W drugim pomiarze

średnio uległa ponad dwukrotnemu skróceniu do 397,46 milisekundy. We wszystkich grupach zaobserwowano skrócenie czasu trwania błędów. Zdecydowanie największa zmiana nastąpiła w grupie mini-Eduball (skrócenie czasu o 804,75 milisekundy), jednak siła tego efektu jest tak samo duża jak w pozostałych grupach (patrz tabela 17). Wszystkie różnice są istotne (patrz ryc. 53c). Podsumowując – wiele pomiarów między pre-testem, a post-testem w teście 2HAND istotnie się różniło. Jednak międzygrupowa analiza Δ nie wykazała żadnych istotnych różnic między grupami (patrz tabela 18; ryc. 54).

Tabela 17. Średnia i odchylenie standardowe w teście 2HAND w pre-teście i post-teście oraz wyniki t-testu dla par zmiennych.

Zmienna	VTS - 2HAND							
	Pre-Test		Post-Test		<i>t</i> Studenta / W Wilcoxon	<i>p</i>	Średnia różnica	<i>d</i> Cohena
	Średnia	SD	Średnia	SD				
Grupa NB								
_EHC	37821,60	16051,99	26928,93	10811,80	5,46	0,00008***	10892,67	1,41
_PED	3,19	3,30	1,96	3,52	1,52	0,151	1,23	0,39
_MED	951,40	829,99	409,93	609,68	3,43	0,004**	541,47	0,88
Grupa 3D								
_EHC	39423,07	12562,35	26990,00	7630,06	7,00	0,000006***	12433,07	1,81
_PED	2,01	1,48	1,25	1,10	3,38	0,004**	0,76	0,87
_MED	798,07	678,47	349,93	364,04	120,00	0,00006***	423,75	1,00
Grupa BB								
_EHC	32368,53	9939,23	25344,00	6930,66	5,23	0,0001***	7024,53	1,35
_PED	3,26	1,96	2,00	1,96	2,92	0,011*	1,26	0,75
_MED	960,27	578,05	422,20	383,27	3,89	0,002**	538,07	1,00
Grupa EB								
_EHC	39368,60	9968,40	29055,93	7603,42	6,14	0,00003***	10312,67	1,59
_PED	3,23	2,64	2,01	2,26	111,00	0,004**	0,78	0,85
_MED	1265,93	1063,51	535,07	593,97	120,00	0,00006***	804,75	1,00
Grupa TB								
_EHC	37256,33	9180,70	30338,07	10046,68	107,00	0,005**	7320,75	0,78
_PED	1,87	0,97	1,17	0,85	3,90	0,002**	0,71	1,01
_MED	658,80	387,10	326,93	238,13	5,07	0,0002***	331,87	1,31
Grupa TS								
_EHC	39554,47	13309,67	31283,40	12524,54	6,48	0,00001***	8271,07	1,67
_PED	2,29	2,20	1,66	2,43	1,30	0,213	0,63	0,34
_MED	707,73	454,40	340,67	270,94	3,76	0,002**	367,07	0,97

NB – grupa kontrolna; *3D* – grupa puzzle 3D; *BB* – grupa stymulacja dudnieniami; *EB* – grupa mini-Eduball; *TB* – grupa z tradycyjnymi piłkami; *TS* – grupa stymulacja przezczaszkowa; *EHC* – koordynacja oko-ręka; *PED* – procentowy czas trwania błędu; *MED* – średni czas trwania błędów. Gwiazdki wskazują istotne różnice z wartościami *p*: **p* < 0,05; ***p* < 0,01, ****p* < 0,001.

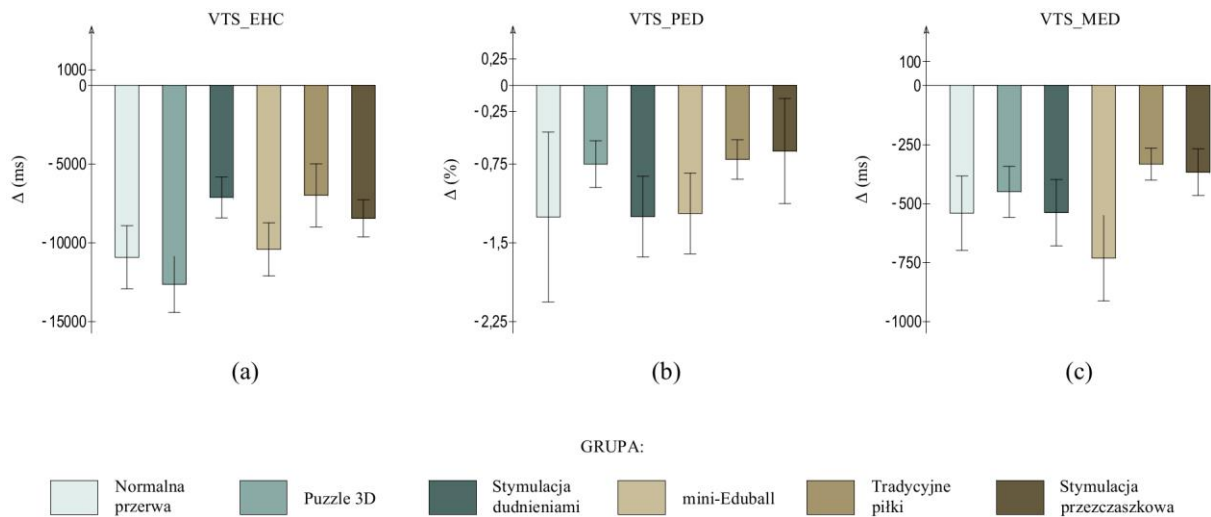


Rycina 53. Zmiany poziomu wykonania testu 2HAND pomiędzy post-testem a pre-testem. We wszystkich grupach koordynacja oko-ręka oraz średni czas trwania błędów w post-teście istotnie pozytywnie się różnią od wyników z pre-testu. **(a)** Poprawa koordynacji oko-ręka – skrócenie średniego czasu przejścia toru. **(b)** Zmniejszenie procentowego udziału błędów podczas przejść przez tor. **(c)** Skrócenie średniego czasu trwania błędów. Δ — Zmiany/Delta obliczone według wzoru: wyniki post-testu – wyniki pre-testu. Słupki błędów przedstawiają standardowe błędy średnich. Gwiazdki wskazują istotne różnice z wartościami p : $*p < 0,05$; $**p < 0,01$, $***p < 0,001$.

Tabela 18. Porównanie między grupami średnich różnic w wynikach pomiędzy post-testem a pre-testem (Δ) w teście 2HAND – wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA).

Zmienna		F	$df1$	$df2$	p
Δ_VTS					
$_EHC$	Fisher's	1,73	5	84	0,137
$_PED$	Welch's	0,533	5	37,9	0,75
$_MED$	Welch's	1,221	5	38,3	0,318

F – wartość testu F ANOVA; $df1$ – stopnie swobody między grupami; $df2$ – stopnie swobody wewnątrz grup; Δ – Zmiany/Delta obliczone według wzoru: wyniki post-testu – wyniki pre-testu; VTS – test 2HAND; EHC – koordynacja oko-ręka; PED – procentowy czas trwania błędów; MED – średni czas trwania błędów.



Rycina 54. Międzygrupowe porównanie Δ (średnich różnic między wynikami w pomiarach w post-teście i pre-teście) wyników z testu 2HAND. W żadnej ze zmiennych grupy nie różnią się istotnie między sobą. **(a)** Porównanie różnic pomiędzy grupami w koordynacji oko-ręka. **(b)** Porównanie różnic pomiędzy grupami w procentowym udziale błędów w czasie przejścia torów. **(c)** Porównanie różnic pomiędzy grupami w średnim czasie trwania błędów. Δ — Zmiany/Delta obliczone według wzoru: wyniki post-testu – wyniki pre-testu. Słupki błędów przedstawiają standardowe błędy średnich.

4. Dyskusja

Niniejsze badanie miało na celu zweryfikowanie przyjętych założeń względem tworzonej przez nasz zespół metody mini-Eduball. Jednocześnie stanowiło próbę rozstrzygnięcia, czy czynności wykonywane bezpośrednio przed zadaniem umysłowym mogą wpłynąć na poziom funkcjonowania poznawczego w trakcie niego. Na podstawie przeglądu aktualnej literatury postawiliśmy hipotezę, że gry mini-Eduball, w których zadania wymagają jednoczesnego zaangażowania umysłowego oraz motoryki małej, stymulują te procesy bardziej niż gry czysto poznawcze lub tylko ruchowe, a także że mogą powodować nawet lepsze efekty niż bardziej skomplikowane techniki stymulacji mózgu, które wykorzystują rozwiązania technologiczne według ściśle określonych protokołów, tak jak ma to miejsce w przypadku stymulacji dudnieniami oraz przezczaszkowej stymulacji prądem stałym. Jednak podsumowując wyniki pierwszego eksperymentu mini-Eduball nasza hipoteza nie została potwierdzona.

Bardziej szczegółowo mówiąc badanie ukazało, że grupa mini-Eduball różni się istotnie jedynie w dwóch z 18 zmiennych. Obie występują w teście SART – pierwszą z nich jest poprawność odpowiedzi na bodźce No-Go, a drugą wskaźnik umiejętności. Jednak co ważne, w obu przypadkach to właśnie grupa mini-Eduball jest istotnie gorsza. Przy czym dla bodźców No-Go ma to miejsce w porównaniu z grupą puzzle 3D, a dla wskaźnika umiejętności – z grupą stymulacja przezczaszkowa. Pierwotnie efekt ten uzyskano także we wskaźniku umiejętności między grupą puzzle 3D, a mini-Eduball. Natomiast dodatkowa analiza, w której wzięto pod uwagę różnice występujące w pre-teście sprawiła, że efekt zaniknął. Poza tymi parami nie wykazano żadnych innych istotnych różnic pomiędzy grupami. A zatem, można stwierdzić, że żaden ze sposobów spędzania „przerwy” nie różnicuje kontroli poznawczej weryfikowanej za pomocą stosunku Theta/Beta, umiejętności rozumowania abstrakcyjnego mierzonej przez test MaRs-IB czy też koordynacji oko-ręka sprawdzanej w teście 2HAND.

Niemniej pomimo tego, że istotne różnice międzygrupowe ograniczają się tylko do dwóch wymienionych wyżej przypadków, to trzeba podkreślić, że różnic wewnątrzgrupowych jest znacznie więcej. Poza pomiarem EEG, w którym istnieją jedynie pojedyncze trendy i tylko jeden istotny wzrost stosunku Theta/Beta (oznaczający pogorszenie kontroli poznawczej) w grupie stymulacja przezczaszkowa, we wszystkich pozostałych testach są one liczne. Najwięcej istotnych zmian odnotowano w teście 2HAND, w którym we wszystkich grupach

w przynajmniej dwóch z trzech analizowanych zmiennych wystąpiła istotna poprawa, a w czterech z nich: puzzlach 3D, stymulacji dudnieniami, mini-Eduball oraz tradycyjne piłki nawet we wszystkich trzech. Podobna sytuacja miała miejsce w teście MaRs-IB, w którym poza grupą puzzle 3D, w której zaobserwowano jedynie trend, cała reszta w drugim pomiarze istotnie poprawiła swoje wyniki w co najmniej dwóch z trzech zmiennych. Jednak – co bardzo ważne – przyczyną stojącą za tymi zmianami nie jest progres wynikający z wpływu stymulacji na funkcjonowanie uczestników, tylko najprawdopodobniej efekt uczenia się testów (ang. *practice/learning effect*), często obserwowany wobec testów, które są powtarzane w krótkim odstępie czasu (Estevis i in., 2012; Tao i in., 2019, Zheng i in., 2022). Wynika to z tego, że zarówno 2HAND jak i MaRs-IB, w charakterystyczny sposób dla testów tych typów, opierają się na pewnych zasadach i zależnościach, które w jakimś stopniu można szkolić – na przykład w teście 2HAND należy odpowiednio zsynchronizować jednoczesne kręcenie dwoma pokrętłami, co wraz z praktyką przychodzi z większą łatwością za czym idzie precyzja i szybkość wykonania testu. Dlatego uzyskanych w tych testach rezultatów nie można interpretować wprost jako poprawy funkcjonowania poznawczego lub motorycznego wynikającej z danego sposobu spędzania przerwy. Jednak warto zwrócić uwagę na pewne odstępstwa od ogólnych wyników uzyskanych dla wszystkich grup.

Natomiast jeśli chodzi o test SART, to trzeba wyraźnie zaznaczyć, że należy on do zadań typu Go/No-Go, w których nie obserwuje się efektu uczenia się (de Oliveira i in., 2014). Nie dziwi zatem, że to właśnie w nim wystąpiły najbardziej zróżnicowane wyniki. Przed wszystkim – ponownie podkreślając – to tu znaleźliśmy różnice międzygrupowe. Dodatkowo, w dwóch zmiennych średnie wyniki ze wszystkich grup w post-teście uległy poprawie, a dwóch innych pogorszeniu. Poza tym, zmiany wewnątrzgrupowe w obrębie poszczególnych zmiennych mają odmienny charakter – to znaczy, że w każdej zmiennej w części grup stanowią poprawę, a w drugiej części pogorszenie funkcjonowania poznawczego. Lecz poza kilkoma trendami istotne różnice są tylko w dwóch przypadkach. Istotny progres dla zmiennej poprawność odpowiedzi na bodźce No-Go jest w grupie stymulacja przezczaszkowa, a dla zmiennej wskaźnik umiejętności w grupie puzzle 3D, co jest spójne z wynikami analizy pomiędzy grupami.

4.1. Wpływ czynności wykonywanych bezpośrednio przed zadaniem na funkcjonowanie poznawcze

Podsumowując wyniki naszych badań – żadna z grup nie różniła się istotnie od grupy kontrolnej (normalna przerwa) w analizowanych zmiennych. A zatem można stwierdzić, że weryfikowane przez nas ćwiczenia – motoryczne, poznawcze oraz motoryczno-poznawcze – wykonywane podczas 10-miutowej przerwy nie wpłynęły istotnie na poziom funkcjonowania poznawczego w trakcie wykonywania zadania. Nasze badania wpisują się w aktualną dyskusję nad wpływem różnego rodzaju aktywnych przerw – wciąż nie wiadomo jak długo powinna trwać dana aktywność i jakie dokładnie mieć parametry, aby przyniosła zamierzony efekt dla funkcjonowania kognitywnego. Pewne jest tylko, że konkretne efekty zależą od wielu czynników, wśród których kluczowy jest czas trwania i intensywność wysiłku (Hillman i in., 2011; Infantes-Paniagua i in., 2021).

Zdefiniowanie optymalnego czasu trwania czy chociażby zweryfikowanie wpływu ustalonego w naszym eksperymencie okresu czasu (10 minut), nastrocza sporo trudności, bowiem doniesienia z różnych badań są sprzeczne. Z jednej strony badacze wykazują, że 10-minutowa aktywność nie wspiera procesów poznawczych (Chang i in., 2019; Schmidt i in., 2016; Wilson i in., 2015) i minimalnie powinna trwać 11 minut (Chang i in., 2012). A z drugiej inne prace dowodzą, że 10 minut ćwiczeń stanowi odpowiednią metodę natychmiastowej poprawy funkcji poznawczych (Hwang i in., 2016; Wilke i in., 2019). Zaskakujące jest, że w badaniu porównującym wpływ przerw aktywnych fizycznie o różnej długości na poprawę wydajności poznawczej wskazano, że to właśnie 10-minutowa przerwa przynosi najlepsze efekty (Howie i in., 2015). Jednocześnie istnieją dowody, że już sześć, a nawet cztery minuty aktywności fizycznej powodują zwiększenie uwagi i koncentracji (Buchele Harris i in., 2018; Ma i in., 2015a). Niemniej, niezależnie od toczącej się dyskusji wokół długości oddziaływania, trzeba podkreślić, że przerwy aktywne fizycznie nie powodują pogorszenia funkcji poznawczych, a w najgorszym razie nie wykazują żadnych efektów. Co więcej, liczne prace wykazują, że nawet jednorazowa aktywność fizyczna ma pozytywny wpływ na procesy umysłowe zachodzące bezpośrednio po ćwiczeniach (Bediz i in., 2016; Chang i in., 2019; Jager i in., 2014; Haverkamp i in., 2020; Heynes i in., 2019; Hillman i in., 2019; Moreau i Chou, 2019; Niemann i in., 2013; Palmer i in., 2013; Su i in., 2022; Tine i Butler., 2012), a jeszcze lepsze efekty można uzyskać wprowadzając dwie krótkie przerwy aktywne fizycznie w pewnym odstępie czasu (Altenburg i in., 2016). Natomiast, jeśli chodzi o intensywność wysiłku, to bardzo często wskazuje się, że za wyższą intensywnością idą

większe korzyści dla funkcjonowania poznawczego (Hillman i in., 2019). Wy tłumaczenie tego efektu stanowi fakt, że tylko wówczas obserwuje się zmiany neurofizjologiczne, jak między innymi wzrost poziomu BDNF (Chang i in., 2012; Ferris i in., 2007; Hwang i in., 2016), stojącego za wzmocnieniem mechanizmów neuroplastycznych w mózgu (McSween i in., 2019). Tymczasem wszystkie czynności motoryczne wykonywane podczas przerw w naszym eksperymencie należały do kategorii aktywności o niskiej intensywności wysiłku, nie zaskakuje zatem, że nie wykazaliśmy zmian w funkcjonowaniu poznawczym w tych grupach.

Nieco mniej uwagi poświęcono dotychczas przerwom łączącym zaangażowanie motoryczne z poznawczym lub angażujące tylko sferę poznawczą. Jednak w tym przypadku ustalenia są bardziej spójne. Schmidt i inni wykazali, że krótka – 10-minutowa czynność angażująca poznawczo z lub bez aktywności fizycznej przyczynia się do skupienia uwagi dzieci (2016). Do podobnych wniosków doszli Vazou i Smiley-Oyen (2014), a także Benzig wraz z zespołem odnośnie 15-minutowej przerwy o wysokim zaangażowaniu poznawczym i fizycznym (2016). Z kolei w badaniach zespołu Galloty stwierdzono, że tego typu aktywna przerwa trwając 50 minut powoduje gorsze efekty niż przerwa czysto poznawcza lub motoryczna (2012, 2015). Takie same wyniki uzyskała Egger z zespołem wobec 20-minutowej interwencji motoryczno-poznawczej (2018). Jednak w kolejnym badaniu ci sami badacze sprawdzili czy kilkunastotygodniowa interwencja oparta na dwóch 10-minutowych przerwach dziennie wykaże inne efekty (Egger i in., 2019), wykazując że to właśnie grupa z wysokim zaangażowaniem poznawczym i wysoką aktywnością fizyczną osiągnęła najlepsze wyniki w nauce i funkcjach wykonawczych. Biorąc pod uwagę wymienione dowody można przypuszczać, że tego typu przerwa, aby wpłynęła pozytywnie na funkcje poznawcze, nie powinna trwać dłużej niż kilkanaście minut. Może to być związane z wysokim obciążeniem poznawczym takich zadań, co omówię jeszcze bardziej szczegółowo w kolejnym podrozdziale.

4.2. Wpływ mini-Eduball na procesy poznawcze

Porównując grupę mini-Eduball z grupą kontrolną nie stwierdzono żadnych istotnych różnic. Ponadto ani w pomiarze EEG, ani w teście SART nie wykazano znaczących zmian. Natomiast rezultaty uzyskane w dwóch pozostałych testach – MaRs-IB oraz 2HAND należy potraktować jako efekt uczenia się testu. Co więcej jedyne istotne różnice międzygrupowe znalaziono właśnie pomiędzy grupą mini-Eduball, a dwiema innymi grupami w teście SART, w których grupa z interwencją mini-Eduball wykazała istotne pogorszenie względem nich. W

świetle powyższych faktów należy stwierdzić, że nasza hipoteza nie została potwierdzona i tym samym uczestnictwo w krótkich 10-minutowych ćwiczeniach motoryczno-poznawczych, jak mini-Eduball, wpływa neutralnie lub wręcz negatywnie na funkcjonowanie poznawcze podczas zadania wykonywanego bezpośrednio po nich.

Do identycznych wniosków doszli Egger wraz z zespołem w bardzo podobnym eksperymencie, w którym zweryfikowali wpływ czterech różnych interwencji (wysoka aktywność fizyczna i niskie zaangażowanie poznawcze, wysoka aktywność fizyczna i wysokie zaangażowanie poznawcze, niska aktywność fizyczna i wysokie zaangażowanie poznawcze, niska aktywność fizyczna i niskie zaangażowanie poznawcze) realizowanych w ramach przerwy, na funkcje wykonawcze dzieci (2018). W trzech warunkach nie zaobserwowano żadnych zmian, natomiast w ostatniej – czwartej grupie – z interwencją wymagającą wysokiego zaangażowania poznawczego i wysokiej aktywności fizycznej odnotowano pogorszenie. Gry mini-Eduball zostały opracowane w podobny sposób – wymagają jednocześnie wysokiego zaangażowania motorycznego jak i kognitywnego. Bardziej szczegółowo mówiąc w tym samym momencie trzeba wykonywać bardzo skomplikowane i raczej mało wytrenowane ruchy dłońmi oraz nieustannie wykonywać kolejne operacje w umyśle. Zatem można przypuszczać, że efekty obserwowane w obu badaniach mają to samo podłoże. Wydaj się, że zgodnie z teorią obciążenia poznawczego (ang. *cognitive load theory*) i wysokiej interaktywności zadania (ang. *interactivity*), jednoczesna stymulacja motoryczno-poznawcza, o wysokim stopniu złożoności, powoduje wykorzystanie znaczących zasobów poznawczych, a w dalszej konsekwencji ich wyczerpanie (Sweller, 2011). Wprawdzie w badaniu Egger interwencja trwała znacznie dłużej, jednak zastosowana była wobec dzieci, a nie tak jak w naszym przypadku wobec osób dorosłych. Co więcej w trakcie naszego eksperymentu zarówno przed jak i po grach z piłeczkami mini-Eduball uczestnicy wykonywali trudne zadania poznawcze i motoryczne, tym samym przez około półtorej godziny nieustannie korzystali ze swoich zasobów poznawczych.

W kontrze do takiego podejścia jest strategia polegająca na wprowadzaniu przerw w nauce, odwołująca się do efektu przerwy (ang. *spacing effect*). Zgodnie z nią sugeruje się, że proces uczenia się wyczerpuje zasoby pamięci roboczej, dlatego niezbędne jest przerywanie go w celu regeneracji zasobów umysłowych (Chen i in., 2018, 2020, 2021). Jednak sam fakt przerywania nauki nie spowoduje, że pojawi się efekt przerwy, bowiem różne negatywne czynniki mogą zaburzać – tak jak między innymi hałas w szkole (Kapler i in., 2015). Jednocześnie wprowadzając odpowiednie czynniki – na przykład ćwiczenia fizyczne – można

go także dodatkowo wspierać (Howard-Jones, 2014a). W naszym eksperymencie w każdej z grup wprowadziliśmy przerwę innego typu. We wszystkich grupach, poza mini-Eduball, polegały one na odpoczynku (stymulacja dudnieniami, stymulacja przezczaszkowa), w trakcie których wprowadziliśmy nieangażującą stymulację lub też na wykonywaniu zadania o niskim stopniu skomplikowania (grupa kontrolna – czytanie artykułu, puzzle 3D, tradycyjne piłki – proste gry motoryczne). Tym samym wedle zasad działania efektu przerwy uczestnicy mieli możliwość regeneracji swoich zasobów poznawczych. Jednak w grupie mini-Eduball, choć procedura była identyczna i pomiędzy pomiarami odbyła się 10-minutowa „przerwa”, to była na tyle angażująca, że z dużym prawdopodobieństwem można stwierdzić, że doprowadziła do odwrotnego efektu. Te odkrycia mają ogromne znaczenie dla implikacji praktycznych, bowiem metoda mini-Eduball nie może być dłużej traktowana jako rozgrzewka przed wysiłkiem poznawczym czy też forma przerwy międzylekcyjnej, tylko jako metoda uczenia się.

4.3. Wpływ tDCS na procesy poznawcze

Tym co wyróżnia grupę stymulacja przezczaszkowa na tle innych, to relatywnie dobre rezultaty uzyskane w testach poznawczych. I choć, tak jak już to zostało wcześniej wspomniane, w teście MaRs-IB wszystkie grupy poprawiły swoje wyniki, to grupa stymulacja przezczaszkowa jako jedyna uzyskała istotny progres we wszystkich trzech zmiennych. Co więcej, w zmiennej poprawność odpowiedzi w drugim pomiarze jako jedyna uzyskała istotnie lepszy wynik względem pierwszego. Dodatkowo trzeba podkreślić, że cały test w post-teście wykonała w istotnie krótszym czasie. A zatem przy szybszym odpowiadaniu jednocześnie poprawiła poprawność wykonania zadania. Ponadto także w teście SART w zmiennej poprawność odpowiedzi na bodźce No-Go grupa stymulacja przezczaszkowa jako jedyna uzyskała istotnie lepszy wynik. Wobec tego uzasadnionym się wydaje stwierdzenie, że stymulacja tDCS w jakimś stopniu wspiera procesy kognitywne. Z jednej strony nasze wyniki są zgodne z licznymi dowodami na to, że tDCS wzmacnia funkcje poznawcze (Brosnan i in., 2018; Chen i in., 2022; de Winckel i in., 2018; Dedoncker i in., 2016; Floel, 2014; Galli i in., 2021; Hill i in., 2016; Hsu i in., 2015; Pergher i in., 2022; Shin i in., 2015; por. Horvath i in., 2015). Z drugiej jednak, w tych rozważaniach nie można zapomnieć, że poza dwoma przypadkami w naszym eksperymencie nie wykazaliśmy istotnych różnic międzygrupowych, a zmiany w wynikach grupy tDCS są jedynie w

niewielkim stopniu lepsze niż pozostałych grup. Zatem zamiast mówić o istotnej poprawie zdolności poznawczych, obserwowany efekt należy raczej nazwać wspieraniem ich.

Powodem takiego subtelnego oddziaływania może być fakt, że zastosowana przez nas procedura tDCS należy do stymulacji typu offline, czyli poprzedzających wykonanie testu. I choć wykazano, że takie podejście może przynieść korzyści dla funkcjonowania poznawczego, to istnieją badania, które pokazują, że to stymulacja online, polegająca na modulowaniu pobudliwości korowej w trakcie zadania, prowadzi do lepszych wyników (Dedoncker i in., 2016; Oldrati i in., 2018; por. Westwood i Romani, 2017). Ponadto tDCS online można z łatwością łączyć z treningiem poznawczym, co wpływa nie tylko na jego skuteczność (Besson i in., 2020; Figeys i in., 2021; Ke i in., 2019; Manenti i in., 2018; Mancuso i in., 2016; Nissim i in., 2019; Weller i in., 2020), ale także trwałość efektów (de Aguiar i in., 2020; Pergher i in., 2022), a nawet prowadzić do dalekiego transferu – poprawy inteligencji płynnej (Brem i in., 2018). Jednocześnie biorąc pod uwagę, że tDCS pozytywnie wpływa na procesy kluczowe w nauce szkolnej prowadząc do poprawy zarówno umiejętności matematycznych (Hartmann i in., 2020; Kucian i in., 2022; Lazzaro i in., 2022), jak i językowych (Fiori i in., 2018; Junior i Alcanfor, 2023; Lazzaro i in., 2021a-b; Pisano i in., 2021; Reyes i in., 2021), pojawiają się sugestie, że taki trening połączony ze stymulacją online można by wykorzystać w edukacji. Co więcej wydaje się, że jest to możliwe, bowiem dowiedziono, że tDCS stosowany bez bezpośredniego nadzoru specjalisty przynosi dobre efekty i przy tym jest bezpieczny (Palm i in., 2018; Van de Winckel i in., 2018). Ponadto, choć w tym badaniu nie znaleźliśmy szczególnych efektów tDCS w zakresie zmiany funkcjonowania motorycznego, to jednak inne eksperymenty pokazują, że może przynosić korzyści również w tym obszarze (Aloi i in., 2021). Wydaje się zatem, że gdybyśmy połączyli stymulację tDCS z treningiem motoryczno-poznawczym (jakim jest na przykład mini-Eduball), to moglibyśmy uzyskać jeszcze lepsze efekty.

Z drugiej strony w kilku pracach wykazano, że efekt wywołany przez stymulację offline pojawia się nie bezpośrednio po niej, a w pewnym opóźnieniu – po godzinie, dobie, a nawet kilku dniach (Hsu i in., 2015; Leach i in., 2019; Oldrati i in., 2018; Pergher i in., 2022). Prawdopodobnym wyjaśnieniem tego zjawiska jest mechanizm krótkotrwałego przesunięcia pobudliwości stymulowanych obszarów kory odpowiedzialnych za konkretne zadania, który trwa od minuty do około godziny po zakończeniu stymulacji (Au i in., 2017). Tym samym tDCS offline może wzmocnić powtórkę neuronową (ang. *neural replay*), a w efekcie odgrywać istotną rolę we wspieraniu procesów konsolidacji. To stanowiłoby także

wytlumaczenie uzyskanych przez nas wyników w kolejnych testach poznawczych – w pomiarze EEG, który odbył się jako pierwszy w większości zmiennych nie pojawiła się żadna istotna zmiana, jedynie w jednej stwierdziliśmy wzrost stosunku Theta/Beta oznaczający pogorszenie uwagi. W kolejnym teście – SART grupa stymulacja przezczaszkowa już w większej części poprawiła swoje rezultaty, w tym w jednej zmiennej istotnie. Natomiast w ostatnim teście uzyskała najlepszy wynik uzyskując progres w każdej zmiennej. Możliwe, że wpływ na to miał opisany mechanizm. Dlatego gdyby zweryfikować zmianę funkcjonowania poznawczego w jeszcze większym odstępie czasowym, to może moglibyśmy zaobserwować większy efekt.

Jeszcze innym czynnikiem który mógłby istotnie wpłynąć na wzmocnienie funkcji poznawczych jest zastosowanie innych parametrów stymulacji. Trzeba bowiem pamiętać, że tDCS to szerokie pojęcie, które mieści w sobie między innymi różne strategie zmiany aktywności mózgu. Pierwszą z nich jest zwiększanie pobudliwości korowej za pomocą anody, co wpływa pozytywnie na wydajność i kontrolę poznawczą, a drugą hamowanie pobudliwości za pomocą katody (Weller i in., 2020). I choć stymulacja katodowa pozornie przynosi negatywny efekt, to jednak w pewnych sytuacjach jest bardzo pożądana – może być stosowana na przykład w celu względnego wzmocnienia innej funkcji mózgu (Prehn i Floel, 2015), przywracania homeostazy w obszarach nadmiernie aktywnych (Weller i in., 2020), czy też wspierania umiejętności hamowania odpowiedzi i kontroli impulsów (Friebs i in., 2021), która była jednym z kluczowych czynników w naszym badaniu. Dokładnie ją weryfikowaliśmy w teście SART poprzez zmienną poprawność reakcji na bodźce No-Go – uczestnicy musieli wyhamować swoją reakcję. Wyniki wykazały, że jedyną grupą, która odnotowała istotną poprawę w tej zmiennej, jest właśnie grupa stymulacja przezczaszkowa. Wydaje się zatem, że stymulacja tDCS mogła wpłynąć na umiejętność wyhamowania. Jednakże pewną trudność nastręcza szczegółowe porównanie rezultatów naszego eksperymentu z innymi badaniami, bowiem możliwości modyfikacji ustawień protokołu stymulacji jest niesamowicie dużo (między innymi dokładne umiejscowienie elektrod, ich wielkość, liczba, czas trwania stymulacji, czy też natężenie prądu). Dodatkowo drobna zmiana może wywołać zupełnie inny efekt (Friebs i in., 2021), wobec czego trudno o pewną powtarzalność. Nie dziwi zatem, że aktualnie trwa dyskusja na temat strategii stymulacji tDCS, wywoływanych przez nie zmian i ich podłoża, a wyniki z badań są niespójne (Westwood i Romani, 2017). Ciekawym kierunkiem w niej jest włączenie w obserwowane zmiany także parametrów fizjologicznych, jak na przykład wpływ tDCS na zwiększenie

ekspresji BDNF (Podda i in., 2016), czy też zwiększenie miejscowego przepływu krwi (Das i in., 2019). Niemniej potrzebne są kolejne dobrze zaprojektowane eksperymenty, które bardziej jednoznacznie rozstrzygną sporne kwestie i pozwolą wyjaśnić mechanizmy leżące u podłoża obserwowanych efektów.

4.4. Ograniczenia

Zdajemy sobie sprawę, że niniejsze badanie jest ograniczone kilkoma aspektami metodologicznymi. Przede wszystkim w eksperymencie wzięli udział tylko zdrowi neurologicznie studenci w przedziale wiekowym 18-25 lat. W rezultacie pewną wątpliwość budzi na ile wysnute wnioski można rozciągnąć na całą populację, szczególnie na takie grupy jak dzieci szkolne podlegające na różnych etapach intensywnemu rozwojowi w danych obszarach, czy też osoby starsze, u których pojawiają się choroby neurodegeneracyjne oraz obniżona sprawność motoryczna. Po drugie interwencja zawsze trwała 10 minut, a co więcej stanowiła jednorazową stymulację. Nie jest zatem jasne czy gdyby ten czas skrócić lub wydłużyć, lub też wprowadzić serię oddziaływań w kolejnych dniach, to czy nie zmieniłoby to istotnie wyników. Kolejną kwestią są mało liczne grupy, bowiem choć obliczenia w G*Power wykazały, że przyjęta liczebność grupy jest wystarczająca do osiągnięcia zamierzonej siły efektu, to należy mieć świadomość, że im próba jest mniejsza, tym większe ryzyko znaczącego wpływu wyników nietypowych. A zatem poszerzenie liczebności grupy badawczej mogłoby rozstrzygnąć (zarówno w jednym jak i drugim kierunku) licznie występujące w wynikach trendy. Innym problemem, który dostrzegamy jest także brak zróżnicowania kolejności wykonywania testów, co mogło wpływać na wyniki badania, na przykład poprzez zbyt dużą odległość w czasie pomiędzy interwencją, a ostatnim testem 2HAND. Innymi słowy efekt stymulacji mógł już zaniknąć lub zostać zniwelowany poprzez wykonanie wcześniejszego testu. Natomiast trzeba podkreślić, że na etapie opracowywania procedury mieliśmy świadomość tego zagrożenia. Jednakże uznaliśmy że wprowadzenie rotacji kolejności pomiarów jest związane z jeszcze większym ryzykiem, bowiem wówczas moglibyśmy zmierzyć wpływ nie interwencji, a raczej danego testu na kolejny. Dlatego mimo wszystko zdecydowaliśmy się na stały przebieg procedury. Ostatni aspekt dotyczy pomiaru EEG wykonanego z wykorzystaniem tylko jednej elektrody aktywnej. Z jednej strony takie rozwiązanie pozwoliło ograniczyć czas przygotowania i przymocowania aparatury do minimum, jednak z drugiej zastosowanie wielokanałowego EEG lub też innej techniki

neuroobrazowania pozwoliłoby uzyskać wyniki pracy poszczególnych obszarów mózgu, dzięki czemu można by wysunąć pełniejsze wnioski.

4.5. Dalsze kierunki badań

Choć uzyskane w tym badaniu wyniki nie potwierdziły naszej hipotezy, to poszerzyły wiedzę o wpływie metody mini-Eduball na funkcjonowanie poznawcze i motoryczne i inspirują do dalszych poszukiwań naukowych. Z pewnością warto kontynuować te eksploracje i modyfikując wybrane czynniki przeprowadzonego eksperymentu dalej prowadzić badania nad metodą mini-Eduball. Jednym z potencjalnych kierunków tych poszukiwań może być zmiana czasu trwania drugiej „przerwy” podczas, której wprowadzaliśmy czynnik eksperymentalny lub też zastąpienie jednorazowej interwencji dłuższą serią stymulacji. Ciekawych danych mogłoby także dostarczyć badanie podczas którego uczestnicy byłiby poddani stymulacji online, czyli w trakcie wykonywania zadań. Dzięki niedawno podjętej współpracy z Zakładem Akustyki na Wydziale Fizyki naszego uniwersytetu powstała także przestrzeń na empiryczne zweryfikowanie wpływu różnego rodzaju dźwięków na funkcjonowanie poznawcze. Tego rodzaju rozszerzenie niniejszego eksperymentu mogłoby rzucić nowe światło na wiedzę o efektach wywoływanych chociażby przez hałas podczas przerw w szkołach. Ponadto dotychczas w żadnym eksperymencie Eduball nie brano pod uwagę czynnika związanego z wpływem społecznym na jednostkę. Wprawdzie nowopowstałe małe piłeczki w przeciwieństwie do dużych mogą być używane w indywidualnych grach i zabawach, tak jak to miało miejsce w tym badaniu, jednak równie dobrze sprawdziłyby się w grach przeprowadzanych w parach lub nawet większych zespołach. Weryfikacja efektu wywołanego przez zmianę charakteru gry z wykonywanej samodzielnie na wieloosobową – grupową lub zespołową z pewnością dostarczyłaby cennych informacji. Podobnie, warto by było sprawdzić związki zachodzące pomiędzy metodą, a emocjami osób poddawanych stymulacji. W trakcie eksperymentu mogliśmy obserwować wpływ poszczególnych sposobów spędzania przerwy na emocje i zachowanie uczestników. Co więcej, każdego z nich po przeprowadzonym badaniu pytaliśmy o odczucia. Jednak nie zbieraliśmy w żaden sposób tych danych, wynikały one raczej z troski o samopoczucie badanych. Natomiast z czasem, zaczęliśmy dostrzegać dość wyraźną zależność pomiędzy spostrzeżeniami uczestników, a rodzajem zastosowanego w ich przypadku czynnika eksperymentalnego. Niestety ta refleksja pojawiła się zbyt późno, wobec czego nie mogliśmy już dodać dodatkowego arkusza ankiety, w której bezpośrednio po badaniu zapytalibyśmy o

subiektywny odbiór i odczuwane emocje. Natomiast w kolejnych eksperymentach warto by było wprowadzić ten element do procedury, czy to w formie właśnie ankiety, czy też w innej formie, na przykład fizjologicznych markerów poszczególnych emocji i stanów afektywnych.

4.6. Podsumowanie

Reasumując, wbrew naszym przypuszczeniom metoda mini-Eduball stosowana jako forma przygotowania do wysiłku kognitywnego nie wpływa pozytywnie na poprawę procesów poznawczych w trakcie zadania wykonywanego bezpośrednio po ćwiczeniach z piłkami. Tym samym nasza hipoteza nie została potwierdzona. Jednak, trzeba podkreślić, że przeprowadzony eksperyment w znaczący sposób poszerzył naszą wiedzę o wpływie metody na funkcjonowanie poznawcze i pozwolił wytyczyć kolejne kierunki badań. Mówiąc bardziej szczegółowo na podstawie niniejszego badania można sformułować przypuszczenie, że gry mini-Eduball są bardzo wymagające i angażują znaczącą część zasobów poznawczych, wobec czego nie można ich traktować jako przerwy pomiędzy lekcjami, ale raczej jako element lekcji czy też innej formy procesu uczenia się. Niemniej trzeba pamiętać, że niniejsze badanie jest pierwszym eksperymentem weryfikującym założenia tworzonej przez nas metody, dlatego stanowi punkt wyjścia do kolejnych eksploracji naukowych w tym zakresie. Poruszane tutaj zagadnienia nie są ani proste, ani jednoznaczne, wobec czego wymagają wielu wnikliwych i interdyscyplinarnych analiz. Bardzo ważną konkluzją płynącą z wyników badania jest fakt, że metoda mini-Eduball nie powoduje istotnego pogorszenia funkcjonowania poznawczego lub motorycznego. Wobec tego, możemy w ramach kolejnego etapu badań przeprowadzić eksperyment w szkole w warunkach naturalnych bez ryzyka, że poprzez wprowadzenie interwencji zaszkodzimy dzieciom. Z kolei kontynuując badania w warunkach laboratoryjnych warto byłoby sprawdzić efekty łączenia gier mini-Eduball ze stymulacją tDCS.

Spis rycin

Rycina 1. Rozwój motoryczny dziecka.	17
Rycina 2. Wpływ aktywności fizycznej na rozwój i funkcjonowanie człowieka w poszczególnych sferach.	19
Rycina 3. Budowanie szłaasu – przykład zabawy stymulującej wszystkie sfery rozwoju dziecka.	30
Rycina 4. Wybrane metody terapii pedagogicznej oparte na ruchu.	33
Rycina 5. Kontrowersje wokół Kinezylogii Edukacyjnej.	35
Rycina 6. Piłki Eduball.	37
Rycina 7. Przykłady gier eduball.	39
Rycina 8. Schemat eksperymentów Eduball.	44
Rycina 9. Efekty zajęć z piłkami Eduball.	46
Rycina 10. Eksperymenty Eduball dotyczące wpływu na funkcjonowanie motoryczne.	48
Rycina 11. Eksperymenty Eduball dotyczące wpływu na nabywanie wiedzy i wyniki w nauce.	51
Rycina 12. Typologia ruchu.	59
Rycina 13. Podział procesów wykonawczych.	61
Rycina 14. Ośrodkowy układ nerwowy.	63
Rycina 15. Zróznicowanie mózgu człowieka w stosunku do wybranych zwierząt.	65
Rycina 16. Podział funkcjonalny kory mózgu człowieka.	66
Rycina 17. Podstawowe elementy neuronalnej sieci prakcji ręki.	68
Rycina 18. Schemat architektury kognitywnej produkcji słowa pisanego.	73
Rycina 19. Zestaw piłek mini-Eduball.	80
Rycina 20. Przykład gry mini-Eduball.	84
Rycina 21. Trening mózgu.	86
Rycina 22. Transfer wprawy.	88
Rycina 23. Przestrzeń laboratorium.	100
Rycina 24. Procedura eksperymentu.	102
Rycina 25. Sposób prezentowania artykułów podczas pierwszej „przerwy”	104
Rycina 26. Aparatura EEG.	106
Rycina 27. Umiejscowienie elektrod w pomiarze EEG.	108
Rycina 28. Schemat prezentowania bodźców w teście SART.	110

Rycina 29. Przykładowe zadanie w teście matryc MaRs-IB.....	113
Rycina 30. Symbol zegara na matrycy w teście MaRs-IB.	114
Rycina 31. Panel odpowiedzi wykorzystywany podczas testu MaRs-IB.....	115
Rycina 32. Test 2HAND VTS.....	117
Rycina 33. Puzzle 3D.	121
Rycina 34. Stymulacja dudnieniami synchronicznymi.	123
Rycina 35. Gra mini-Eduball „Podzielne – niepodzielne”.....	125
Rycina 36. Gra mini-Eduball „Rozszyfrowywanie hasła”.....	126
Rycina 37. Gra mini-Eduball „Równanie”.....	127
Rycina 38. Gra mini-Eduball „Toczenie piłki”.....	128
Rycina 39. Gra mini-Eduball „Działania matematyczne”.....	129
Rycina 40. Tradycyjne piłki.	130
Rycina 41. Wzór układu kolorów wykorzystany w zadaniu w grupie tradycyjne piłki.....	131
Rycina 42. Rzut kozłem – zadanie w grupie tradycyjne piłki.....	132
Rycina 43. Urządzenie do przezczaszkowej stymulacji prądem stałym.	134
Rycina 44. Elektrody tDCS.	136
Rycina 45. Zmiany stosunku Theta/Beta pomiędzy post-testem a pre-testem, dla Beta w zakresie 15–18 Hz.	144
Rycina 46. Międzygrupowe porównanie Δ (średnich różnic między wynikami w pomiarach w post-teście i pre-teście) stosunku Theta/Beta, dla Beta w zakresie 15 –18 Hz.	145
Rycina 47. Zmiany stosunku Theta/Beta pomiędzy post-testem a pre-testem, dla Beta w zakresie 13-30 Hz.	148
Rycina 48. Międzygrupowe porównanie Δ (średnich różnic między wynikami w pomiarach w post-teście i pre-teście) stosunku Theta/Beta, dla Beta w zakresie 13-30Hz.	149
Rycina 49. Zmiany poziomu wykonania testu SART pomiędzy post-testem a pre-testem. ..	152
Rycina 50. Międzygrupowe porównanie Δ (średnich różnic między wynikami w pomiarach w post-teście i pre-teście) wyników lub – tam gdzie to jest konieczne – szacunkowych wyników post-testu z testu SART.	153
Rycina 51. Zmiany poziomu wykonania testu MaRs-IB pomiędzy post-testem a pre-testem.	159
Rycina 52. Międzygrupowe porównanie Δ (średnich różnic między wynikami w pomiarach w post-teście i pre-teście) wyników z testu MaRs-IB.	160

Rycina 53. Zmiany poziomu wykonania testu 2HAND pomiędzy post-testem a pre-testem.	162
Rycina 54. Międzygrupowe porównanie Δ (średnich różnic między wynikami w pomiarach w post-teście i pre-teście) wyników z testu 2HAND.	163

Spis tabel

Tabela 1. Test normalności rozkładu Shapiro-Wilka dla wszystkich par porównań przeprowadzonych w t-teście (pre-test – post-test).	138
Tabela 2. Test jedności wariancji Levene’a dla wszystkich zmiennych analizowanych w jednoczynnikowej analizie wariancji.....	141
Tabela 3. Średnia i odchylenie standardowe w pomiarze EEG (Beta przyjęte w zakresie 15–18 Hz) w pre-teście i post-teście oraz wyniki t-testu dla par zmiennych.	143
Tabela 4. Porównanie między grupami średnich różnic w wynikach pomiędzy post-testem a pre-testem (Δ) w pomiarze EEG (Beta przyjęte w zakresie 15–18 Hz) – wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA).	144
Tabela 5. Średnia i odchylenie standardowe w pomiarze EEG (Beta przyjęte w zakresie 13–30 Hz) w pre-teście i post-teście oraz wyniki t-testu dla par zmiennych.	147
Tabela 6. Porównanie między grupami średnich różnic w wynikach pomiędzy post-testem a pre-testem (Δ) w pomiarze EEG (Beta przyjęte w zakresie 13–30 Hz) – wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA).	148
Tabela 7. Średnia i odchylenie standardowe w teście SART w pre-teście i post-teście oraz wyniki t-testu dla par zmiennych.....	151
Tabela 8. Porównanie między grupami średnich różnic w wynikach pomiędzy post-testem a pre-testem (Δ) w teście SART – wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA). ...	152
Tabela 9. Porównanie między poszczególnymi grupami średnich różnic w wynikach pomiędzy post-testem a pre-testem (Δ) w zmiennej: poprawność reakcji na bodźce No-Go w teście SART – wyniki testu post-hoc.	154
Tabela 10. Wyniki wieloczynnikowej analizy kowariancji (ANCOVA) dla poprawności reakcji na bodźce No-Go w teście SART. Wynik z pre-testu został ustawiony jako współzmienna, natomiast z post-testu jako zmienna zależna.....	154
Tabela 11. Porównanie między poszczególnymi grupami średnich oszacowanych wyników dla zmiennej: poprawność reakcji na bodźce No-Go w teście SART – wyniki analizy post-hoc.	155
Tabela 12. Porównanie między poszczególnymi grupami średnich różnic w wynikach pomiędzy post-testem a pre-testem (Δ) w zmiennej: wskaźnik umiejętności w teście SART – wyniki testu post-hoc.....	155

Tabela 13. Wyniki wieloczynnikowej analizy kowariancji (ANCOVA) dla zmiennej: wskaźnik umiejętności w teście SART. Wynik z pre-testu został ustawiony jako współzmienna, natomiast z post-testu jako zmienna zależna.....	155
Tabela 14. Porównanie między poszczególnymi grupami średnich oszacowanych wyników dla zmiennej: wskaźnik umiejętności w teście SART – wyniki analizy post-hoc.	156
Tabela 15. Średnia i odchylenie standardowe w teście MaRs-IB w pre-teście i post-teście oraz wyniki t-testu dla par zmiennych.	158
Tabela 16. Porównanie między grupami średnich różnic w wynikach pomiędzy post-testem a pre-testem (Δ) w teście MaRs-IB – wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA).	159
Tabela 17. Średnia i odchylenie standardowe w teście 2HAND w pre-teście i post-teście oraz wyniki t-testu dla par zmiennych.	161
Tabela 18. Porównanie między grupami średnich różnic w wynikach pomiędzy post-testem a pre-testem (Δ) w teście 2HAND – wyniki jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA).	162

Aneks

Załącznik 1. Informacja dla uczestników badania

INFORMACJA DLA UCZESTNIKÓW BADANIA

Nazywam się Agnieszka Kruszwicka. Jestem doktorantką Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. W przypadku jakichkolwiek pytań można się ze mną kontaktować drogą mailową korzystając z adresu: agnieszka.kruszwicka@amu.edu.pl lub telefoniczną, pod numerem: 504164033.

Zwracam się do Państwa z prośbą o udział w eksperymencie dotyczącym powiązań motoryki małej z procesami poznawczymi. Jednym z urządzeń naukowych wykorzystywanych podczas tego badania będzie elektroencefalograf (EEG, ang. *Electroencephalograph*). Eksperyment polegać będzie na wykonywaniu zadań manualnych. W trakcie wykonywania zadania będzie Pan/Pani siedzieć przy stanowisku przeznaczonym do pracy z EEG.

EEG jest techniką nieinwazyjną, polegającą na rejestrowaniu pracy mózgu (tzw. fal mózgowych), za pomocą specjalnych elektrod umieszczonych na powierzchni skóry głowy. Badanie przeprowadzane będzie zgodnie z wytycznymi dotyczącymi bezpiecznej pracy z EEG.

EEG jest techniką w pełni bezpieczną, jednak niektóre czynniki mogą wpłynąć na wyniki zaburzając ich obraz, dlatego w badaniu nie mogą wziąć udziału osoby, które:

- przyjmują leki wpływające na funkcjonowanie układu nerwowego,
- spożyły w przeciągu 24 h poprzedzających badanie substancje psychoaktywne (np. alkohol, narkotyki),
- spożyły w dniu badania napoje zawierających kofeinę (np. kawa, napoje energetyzujące, mocny napar z czarnej herbaty),
- przebyły chorobę neurologiczną,
- doznały poważniejszego urazu głowy,
- chorują lub posiadają schorzenia uniemożliwiające im udział w aktywności fizycznej z małymi piłkami.

Pomimo, że ciąża nie stanowi przeciwwskazań do wykonania badania EEG, to jednak kobietom, które wiedzą, że są w ciąży nie rekomendujemy udziału w nim, aby nie podejmować niepotrzebnego wysiłku fizycznego i poznawczego.

Badanie EEG jest nieinwazyjne i bezbolesne, jednak zachęcamy Panią/Pana do zgłaszania eksperymentatorom wszelkich uwag na temat przyczyn ewentualnego niepokoju i dyskomfortu.

Instytucje wspierające to badanie nie ponoszą odpowiedzialności za ewentualne szkody wyrządzone w ich wyniku, nie płacą odszkodowań za doznane obrażenia i/lub nie pokrywają kosztów ich leczenia. Uczestnik tych badań musi posiadać także ubezpieczenie zdrowotne.

Badanie będzie trwać nie więcej niż 120 minut (w tym kilkuminutowe przerwy). Dokładniejsze instrukcje będą przedstawione bezpośrednio przed eksperymentem. W tym czasie, jak i po realizacji przewidzianych zadań, chętnie odpowiem na wszystkie pytania i wątpliwości.

Uczestnictwo w badaniu jest dobrowolne, anonimowe i nie niesie ze sobą żadnego ryzyka, a ochotnik/ochotniczka w każdym momencie może się wycofać. Wszelkie dane, mogące umożliwić ewentualną identyfikację konkretnej osoby, zostaną odpowiednio zakodowane i przechowywane będą w niedostępnych dla osób postronnych pomieszczeniach. Zebrane dane zostaną wykorzystane wyłącznie do celów naukowych. Dostęp do surowych danych będą mieć tylko ja oraz Kierownik Pracowni – prof. UAM dr hab. Michał Klichowski.

Ze względu na troskę o jakość badań, proszę nie ujawniać informacji o przebiegu eksperymentu przez okres jednego roku.

Jeżeli jesteście Państwo zainteresowani wynikami tych badań to proszę o kontakt.

Załącznik 2. Oświadczenie badanego

OŚWIADCZENIE OSOBY BADANEJ

zgoda na udział w badaniu oraz na przetwarzanie danych

Temat badań: *Miniaturyzacja piłek edukacyjnych Eduball: Studium pedagogiczne z zastosowaniem technik neuronauki poznawczej*

Nazwisko i imię osoby uczestniczącej w badaniu.....

Rok urodzenia Płeć (podkreśl) kobieta mężczyzna

Ręczność (podkreśl) praworęczność leworęczność

Zaznacz pola najlepiej opisujące, którą ręką wykonujesz wskazane w tabeli czynności:

ZAZNACZ POLA NAJLEPIEJ OPISUJĄCE, KTÓRĄ RĘKĄ WYKONUJESZ WSKAZANE W TABELI CZYNNOŚCI. ZOSTAW PUSTY WIERSZ JEDYNIĘ WTEDY, GDY NIE MASZ ŻADNEGO DOŚWIADCZENIA W WYKONYWANIU DANEJ CZYNNOŚCI.

	<i>Zawsze lewą</i>	<i>Zazwyczaj lewą</i>	<i>Brak preferencji</i>	<i>Zazwyczaj prawą</i>	<i>Zawsze prawą</i>
Pisanie					
Rzucanie					
Cięcie nożyczkami					
Używanie noża (bez widelca)					
Szczotkowanie zębów					
Używanie łyżki					
Zapalanie zapalki (ręka trzymająca zapalkę)					

Niniejszym oświadczam, że zostałem/zostałam szczegółowo poinformowany/poinformowana o sposobie przeprowadzenia badań i moim w nich udziale.

Rozumiem, na czym polega badanie i do czego potrzebna jest moja zgoda. Oświadczam, że otrzymałem/otrzymałam wyczerpujące, satysfakcjonujące mnie odpowiedzi na zadane pytania, dotyczące tego badania.

Zostałem/Zostałam poinformowany/poinformowana, że mogę odmówić uczestnictwa w badaniu w każdym momencie realizacji projektu badawczego.

Wyrażam opartą na przedstawionych mi informacjach zgodę na uczestnictwo w badaniu w terminie 20..... r.

Wyrażam także zgodę na nagranie ruchów moich rąk do pliku video (w nagraniu tym nie będzie widać mojej twarzy, a poza rękoma ewentualne elementy tułowia, nagrania posłużą do upewnienia się, iż eksperyment przebiegał zgodnie z założeniami procedury, a po opublikowaniu jego wyników zostanie zniszczony), oraz na przetwarzanie moich danych osobowych w zakresie niezbędnym do realizacji projektu badawczego, w którym biorę udział. Zostałem/łam poinformowany/a o tym, że moje dane będą zabezpieczone w taki sposób, aby zapewnić ich poufność oraz brak dostępu do nich osób nieupoważnionych. Zostałem/łam poinformowany/a o czasie przechowywania danych (w formie zagregowanej lub materiałów źródłowych).

Badacz: mgr inż. arch. Agnieszka Kruszwicka

.....

podpis badacza

.....

podpis osoby badanej

Poznań, 20..... r.

Załącznik 3. Zasady sanitarne obowiązujące przy przeprowadzaniu badań

Do pracowni wszystkie osoby mają wstęp na zasadach określonych w Zarządzeniu nr 291/2020/2021 Kanclerza Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu z dnia 23 września 2021 roku w sprawie wytycznych sanitarnych obowiązujących przy organizacji zajęć dydaktycznych w semestrze zimowym roku akademickiego 2021/2022, a zatem:

1. Przed wejściem do pracowni wszystkie osoby zobowiązane są do dezynfekcji rąk przy użyciu środków dezynfekujących umieszczonych przy drzwiach wejściowych, do zakrycia ust i nosa maseczką ochronną.
2. Do pracowni wstęp mają wyłącznie osoby bez objawów choroby infekcyjnej górnych dróg oddechowych (gorączka, kaszel, ból mięśni) oraz osoby nieobjęte kwarantanną albo izolacją domową.
3. W przypadku nagłego pogorszenia się stanu zdrowia uczestnika badań (kaszel, duszności, kłopoty z oddychaniem, ogólne złe samopoczucie) prowadzący badania kieruje go do wyznaczonego miejsca izolacji, informuje o tym dziekana i kierownika obiektu oraz informuje uczestnika badań o konieczności konsultacji medycznej.

Ponadto, ze względu na specyfikę sytuacji badania oraz kontakt z aparaturą badawczą w naszej pracowni obowiązują następujące, dodatkowe zasady:

1. Przed przybyciem badanego do pracowni jest ona gruntownie wietrzona przez co najmniej 15 minut, a w trakcie wietrzenia nikt nie przebywa w przestrzeni pokoju, w którym odbywa się badanie
2. Jeśli badany przybędzie do pracowni w maseczce niemedycznej otrzyma on odpowiednią maseczkę od badacza.
3. Przed wejściem do pomieszczenia, w którym będzie się odbywać badanie umieszczony będzie dozownik z płynem do dezynfekcji i badany zostanie poproszony o zdezynfekowanie rąk.
4. Materiałowa część krzesła będzie, przy badanym, pokrywana jednorazowym podkładem papierowym.
5. Wszystkie pozostałe elementy zostaną przed badaniem zdezynfekowane certyfikowanym płynem do dezynfekcji. Dotyczy to także sprzętu laboratoryjnego, piłek mini-EduBall oraz stanowiska z komputerem.
6. Badacze będą stosowali atestowane maseczki, które będą wymieniać przed przybyciem każdego uczestnika. Będą stosować także rękawiczki jednorazowe oraz starać się zachowywać dystans 1,5 m i bez względu na sytuację zawsze pozostaną w maseczkach.
7. W pomieszczeniu, w którym będzie realizowane badanie nigdy nie będą przebywać inne osoby niż dwójka badaczy oraz uczestnik badania.

Załącznik 4. Lista artykułów do wyboru do czytania podczas ‘przerwy’

1. 13 Najważniejszych zachowań Hindusów
<https://jetlagtravel.pl/13-najwazniejszych-zachowan-hindusow/> [dostęp: 14.01.2022]
2. 7 cech Hindusów, które doprowadzają mnie do szału (i 5, które w nich uwielbiam)
<https://kolemsietoczy.pl/hindusi-jacy-sa-indie-ludzie-zwyczajje-kultura-ciekawostki/>
[dostęp: 14.01.2022]
3. Dlaczego Mongołowie nie znają mongolskiego alfabetu?!
<https://kolemsietoczy.pl/dlaczego-mongolowie-nie-znaja-mongolskiego-alfabetu/>
[dostęp: 14.01.2022]
4. Jedzenie emocjonalne i inne podjadania. Jak poprawić swoje relacje z jedzeniem
<https://sensus.pl/rf/jedzem> [dostęp: 14.01.2022]
5. Koniec z akademią
<https://www.dwutygodnik.com/artykul/9776-koniec-z-akademia.html>
[dostęp: 14.01.2022]
6. Skarby rodzinne, czyli co wnosimy z domu rodzinnego
<https://charaktery.eu/artykul/skarby-rodzinne-czyli-co-wynosimy-z-domu-rodzinnego>
[dostęp: 14.01.2022]
7. Trening zdrowego snu
<https://charaktery.eu/artykul/trening-zdrowego-snu> [dostęp: 14.01.2022]
8. Wolni od perfekcjonizmu, wolni od oceniania
<https://charaktery.eu/artykul/wolni-od-perfekcjonizmu-wolni-od-ocenia>
[dostęp: 14.01.2022]
9. Odpoczynek w duchu lagom. Jak szwedzka filozofia może pomóc nam zamienić ponurą zimową aurę w czas regeneracji?
<https://charaktery.eu/artykul/odpoczynek-w-duchu-lagom-jak-szwedzka-filozofia-moze-pomoc-nam-zamienic-ponura-zimowa-aure-w-czas-regeneracji>
[dostęp: 14.01.2022]
10. To, co najważniejsze. Nasz subiektywny przegląd osiągnięć naukowych minionego roku
<https://kopalniawiedzy.pl/rok-2021-Teleskop-Webba-przeszczep-nerki-Dragon-Man-najwazniejsze,34628> [dostęp: 14.01.2022]

Załącznik 5. Artykuły do czytania przez uczestników podczas pomiaru EEG

Kino to nasza ucieczka czy ratunek? - rozmowa z socjologiem dr Tomaszem Sobierajskim

Czy pamięta Pan swoją pierwszą wizytę w kinie po pandemii? Jakie emocje temu towarzyszyły?

Tak! Pamiętam bardzo dobrze! Czułem się jakbym jechał na pierwszą randkę. Byłem podekscytowany i nie mogłem się doczekać. Uwielbiam ten moment, kiedy mogę zapaść się w miękkim fotelu i wyłączyć na dwie godziny od świata. Zaraz po pierwszym seansie pobiegłem do kasy i kupiłem bilet na kolejny. Zdałem sobie sprawę, że przez te kilkanaście miesięcy bardzo tęskniłem za kinem.

Dlaczego oglądanie filmu na wielkim ekranie może poprawić samopoczucie?

Bo tylko wielki ekran daje szansę na to, żeby nas naprawdę wciągnąć w opowieść! Dzięki czemu możemy się odprężyć, uwolnić emocje, poczuć wolność. I to jest ta bardzo rzadka okazja w naszym codziennym życiu, kiedy robimy tylko jedną rzecz naraz, po prostu oglądamy film. Skupiamy się niemalże wszystkimi zmysłami tylko na tym, co jest na ekranie. Nic nas nie rozprasza. No chyba, że osoba siedząca obok, która nie jest w stanie wytrzymać i podczas seansu sprawdza coś na telefonie.

Wielozadaniowość to nasza codzienność. Czy może mieć to jakieś negatywne konsekwencje?

Warto, żeby każdy z nas, kto ogląda cokolwiek w domu, na małym ekranie, zwrócił uwagę na to co w tym czasie robi. Po pierwsze, nie skupiamy się tylko na jednym ekranie, bo co chwila spoglądamy na ekran telefonu. Po drugie, odchodzimy od ekranu zrobić sobie herbatę lub kawę. Po trzecie, przyspieszamy akcję filmu, jeśli zaczyna nas nudzić. W efekcie robimy kilka rzeczy naraz, film „leci” gdzieś z boku, a nasze końcowe wrażenie jest takie, że niewiele wynieśliśmy z tego filmu i niewiele zapamiętaliśmy. Badacze z Uniwersytetu Stanforda określają takich ludzi jako „regular media multitasker”, czyli osoby, które korzystają z kilku mediów jednocześnie i nie są w stanie skupić się na żadnym.

Nomofobia i text neck to już choroby cywilizacyjne XXI wieku?

Z tego co wiem, to ani jedno ani drugie nie zostały sklasyfikowane jako choroby, niemniej w obu przypadkach można mówić o wyraźnym narastającym trendzie. Warto wyjaśnić, że nomofobia, to skrót od „no mobile phobia”, czyli uczucie rozdrażnienia, kiedy jesteśmy daleko od swojego smartfona. Szacuje się, że co drugi użytkownik telefonu komórkowego na świecie odczuwa dyskomfort, kiedy nie ma swojego telefonu pod ręką i nie może

zerknąć w swój mały ekranik. Text neck, czyli ból szyi spowodowany spowodowany trzymaniem głowy w nienaturalnej pozycji przez długi okres, w czasie przeglądania telefonu, jest syndromem, który sam w sobie nie jest chorobą, ale może prowadzić do chorób kręgosłupa w odcinku szyjnym.

Czy w Pana odczuciu kino jest jednym z ostatnich miejsc, w którym naprawdę można się zatracić, oderwać od smartfonu i otrzymywanych co chwilę powiadomień i wiadomości?

Może nie ostatnim, ale jednym z najpopularniejszych ostatnich miejsc. Badania pokazują, że najłatwiej ludzie zatracają się w obcowaniu ze sztuką. A kino jest sztuką. Ukojenie możemy znaleźć podczas wizyty w muzeum, w galerii, w teatrze, w operze. Ale są to miejsca, do których statystycznie ludzie chodzą bardzo rzadko. Natomiast Multikino odwiedzamy chętnie i często. We wszystkich tych miejscach korzystanie z telefonu jest niegrzeczne i nie na miejscu. Nawet jeśli próbujemy to robić, to jesteśmy przywoływani przez współoglądaczy, czy też współprzeżywaczy lub obsługę do tego, żeby wyłączyć telefon.

Badanie przeprowadzone przez University College London i Vue Entertainment dowodzą, że takie doświadczenia kulturowe jak kino pomagają utrzymać nas w dobrej kondycji. W jaki sposób?

Jestem wielkim fanem tych badań. Eksperyment został przeprowadzony na kilkudziesięcioosobowej grupie widzów kinowych, którzy przed i po seansie wypełniali kwestionariusze, a w czasie seansu mieli zamontowane czujniki biometryczne do śledzenia tętna, aktywności serca oraz temperatury ciała. Wszystko po to, żeby zmierzyć ich reakcje fizjologiczne. Wyniki okazały się fascynujące! Najbardziej podobał mi się wniosek, który mówił o tym, że oglądając film w kinie chudniemy! I to nie żart. Analiza tętna uczestników eksperymentu pokazała bowiem, że widzowie oglądając film mają nieco zwiększone tętno, które jest zbliżone do tętna, jakie mają osoby, które robią cardio o niskiej intensywności, ale przez długi czas. Tym samym, im dłuższy film, tym lepiej dla nas.

Kino od zawsze kojarzyło się z formą spędzania czasu z bliskimi – randka w kinie, wyjście z przyjaciółmi lub z rodziną. W jaki sposób badanie odnosi się do budowania więzi społecznych?

Badacze zwrócili uwagę na to, że kino realizuje nasze ludzkie, społeczne potrzeby na trzech poziomach: kulturowym, grupowym i koncentracji. Po pierwsze, jest nośnikiem kultury, ważnych treści, które pobudzają nas emocjonalnie i przenoszą – jak to określali badani – w inny świat. Niektórzy twierdzą, że kino jest dla nich transcendentnym przeżyciem. Po drugie, kino jest społeczne, ponieważ najczęściej chodzimy do kina w mniejszej lub większej

grupie, a w samym kinie spotykamy kolejne grupy, wokół kina tworzy się społeczność. Po trzecie, oglądanie filmu, o czym wspominałem już wcześniej, uwalnia nas od multitasking, który wyrządza nam więcej szkody niż pożytku.

Wyjście z kina to jedno, a co z osobami, które chodzą do kina same?

Mają się świetnie! Ja jestem taką osobą. Dla mnie wizyta w kinie to rodzaj misterium. Ja naprawdę zatracam się w opowieściach. Nie lubię, kiedy w kinie mnie coś lub ktoś rozprasza, a po seansie mam potrzebę, żeby побыć sam na sam z historią, którą zobaczyłem. Wyjątkiem są komedie i filmy z gatunku rozrywkowych – na te uwielbiam chodzić z przyjaciółmi!

Jak odniósłby się Pan do tego, że kino to nie terapia, ale może mieć terapeutyczną moc?

Bardzo podoba mi się to sformułowanie. Co ciekawe, spotkania w ramach tzw. kineoterapii mają zawsze grupowy charakter, co wskazuje na społeczną moc kina. Poza tym... niech podniesie rękę ta lub ten, kto nie poplakał sobie na filmie w kinie, kiedy nikt nie widział, choć na co dzień jest twardzielem lub twardzielką. Seans w kinie potrafi oczyścić z wielu złych emocji.

O czym powinniśmy pamiętać idąc do kina, żeby ta wizyta przyniosła nam jak najwięcej korzyści, o których nam Pan opowiedział?

Przed wszystkim powinniśmy powiedzieć sobie: Najbliższe dwie godziny są tylko dla mnie. Nie ma świata na zewnątrz, nie interesuje mnie czy pada śnieg, czy jest wielki upał, czy upadają rzędy, czy zaczęła się wojna. Jest tylko tu i teraz. Jestem ja i jest opowieść, którą ktoś pieczołowicie dla mnie przygotował. Jest ciemno, dzięki czemu mogę się skupić. Jest przytulnie. Nie ma świata zewnętrznego. Siadam w wygodnym fotelu, wyłączam telefon, głęboko oddycham i zatracam się w dźwięku, obrazie i opowieści.

Czy ma Pan jakieś kinowe plany na najbliższe tygodnie? W których filmach warto się zatracić, żeby wzmocnić naszą kondycję psychiczną i fizyczną?

Koniec roku to zawsze bardzo dobry czas dla kina, bo na ekrany wchodzi produkcje, które będą walczyć o Oscary. Bardzo jestem ciekawy filmu Ridely'a Scotta „Dom Gucci”. To fenomenalny reżyser, który potrafi wyczarować fantastyczny świat. Czuję, że to będzie naprawdę świetne kino.

Artykuł do czytania przez uczestników podczas pierwszego pomiaru EEG.

Jak długo żyli starożytni Rzymianie?

Urodziłeś się w starożytnym Rzymie i przeżyłeś pierwszy rok? Bravo! Przed Tobą jeszcze jakieś dwadzieścia lat życia. Oczywiście nie znaczy to, że nie możesz zostać "sędziwym" sześćdziesięcioletkiem. Potrzebujesz jednak dużo szczęścia. I czy naprawdę warto, skoro starość to choroba.

Przychodzisz na świat w starożytnym Rzymie. Powinieneś żyć średnio dwadzieścia jeden lat. Oczywiście, jeśli przetrwasz pierwsze godziny na tym leż padole. Wiadomo, duża śmiertelność niemowląt była wynikiem stanu ówczesnej medycyny, ale nie tylko. Zabijano dzieci „potworkowate” lub mające inne wady fizyczne. Niemowlęta duszono, topiono, sztyletowano...

Wstępna selekcja (prawie) naturalna

Nie było to bezprawne bestialstwo. Prawo Dwanastu Tablic nakazywało uśmiercanie dzieci z widocznymi deformacjami. Dla rzymskiego społeczeństwa przez całe stulecia było to oczywiste i naturalne. Ze zrozumieniem do tego procederu odnosił się słynny filozof Seneka Młodszy.

Zdrowe niemowlaki też nie mogły czuć się bezpiecznie. Ojciec mógł je zabić z byle powodu, uznając szkraba za owoc cudzołóstwa albo stwierdzając, że nie odpowiada mu płeć potomka. W I roku przed naszą erą niejaki Hilarion, robotnik zatrudniony w Aleksandrii, pisał do swojej żony: *Jeżeli szczęśliwie urodzisz, jeżeli będzie to chłopiec, zostaw go przy życiu, gdy dziewczynka – porzuć*. W innych częściach Cesarstwa Rzymskiego wcale nie było lepiej.

Porzucenie wprawdzie to nie zabójstwo, ale niemowlęta i tak zwykle umierały; albo z zimna i głodu, albo pożarte przez dzikie zwierzęta. Dopiero w IV wieku za sprawą chrześcijaństwa zaczęto karać dzieciobójstwo. Zakaz sprzedaży w niewolę znalezionych podrutków pochodzi zaś z 529 roku, kiedy zachodnia część Cesarstwa Rzymskiego należała już do historii.

Bardzo trudne dzieciństwo

Choroby i najbliżsi wybijali razem 36 procent nowonarodzonych. Reszta mogła się tylko cieszyć. Jeśli przeżyło się pierwszy, krytyczny rok, przyszłość wyglądała już lepiej. Przewidywana średnia wieku rosta – wynosiła wówczas już prawie trzydzieści trzy lata.

Ale statystyka dalej była bezlitosna. Dziesiątych urodzin dożywała mniej niż połowa dzieci. Dla tych, którym się to udało, przeciętny wiek zgonu szacowany był na czterdzieści cztery i pół roku.

Dwudziestoletni szczęściarz

Jeżeli miałeś dwadzieścia lat, mogłeś uważać się za szczęściarza – sześćdziesiąt procent Twoich rówieśników była już martwa. Co trzeci Rzymianin zaś dożywał trzydziestki. Mężczyźni ginęli na wojnach, kobiety umierały, rodząc dzieci. Oprócz tego na statystyki umieralności wpływała kara śmierci.

Czterdzieści lat minęło, jak jeden dzień – mógłby zanuć zaledwie co czwarty mieszkaniec Cesarstwa Rzymskiego. Ale wielu z tych, którzy dożyli tego pięknego wieku, powiedziałoby, że życie zaczyna się po czterdzieste. Niektórzy dopiero wtedy zaczynali dużą karierę, a nawet zostawali cesarzami, jak czterdziestoletni Marek Aureliusz (w 161 roku) czy czterdziestoosiemnioletni Septymiusz Sewer (w 193 roku).

Czy to już starość?

U zarania istnienia Rzymu za początek starości uważano czterdziesty szósty rok życia. Około czterdziestopięcioletni Scypion w przemówieniu do Hannibala nazywał siebie starym. Takie postrzeganie mogło brać się stąd, że w społeczeństwie zdecydowanie przeważały osoby młodsze. Łysiejący panowie i siwiejące matrony musiały wyróżniać się z tłumu.

Osoby, mające pięćdziesiąt lub więcej lat, stanowiły niespełna osiem procent społeczeństwa. Zgodnie z *Lex Iulia de maritandis ordinibus* kobiety po ukończeniu pięćdziesiątego roku życia były zwolnione z obowiązku trwania w małżeństwie. Większości i tak pozostawało jeszcze zaledwie kilka lat na tej ziemi.

Jeżeli znalazłeś się w gronie jedenastu procent szczęśliwców obchodzących sześćdziesiąte urodziny, to wszystko było możliwe! Warto pamiętać, że 192 roku Pertynaks został cesarzem w wieku sześćdziesięciu sześciu lat.

Nie znaczy to, że w rzymskiej historii brak osób, które żyły osiemdziesiąt lat. Przykładem choćby święta Helena, matka cesarza Konstantyna I. Jednak ta sztuka nie udała się żadnemu cesarzowi. Najbliżej byli Tyberiusz, zmarły w wieku siedemdziesięciu ośmiu lat i Gordian I, który popełnił samobójstwo w okolo siedemdziesiątej dziewiątej wiosny życia.

Skąd te dane?

Demografowie zajmujący się imperium rzymskim mają twardy orzech do zgryzienia, bo rozpiętość chronologiczna i geograficzna jest spora, a źródeł jak na lekarstwo. Najciekawszym, acz dyskusyjnym źródłem jest tak zwana Tablica Ulpiana. Jej autor, rzymski prawnik zmarły w 223 roku, opracował na potrzeby

ówczesnego systemu rentowego tablicę oczekiwanego czasu życia. Podane wyżej szczegóły są oparte na analizie Tablicy autorstwa amerykańskiego badacza Bruce'a Friera.

Nie wszyscy demografowie podchodzą z zaufaniem do Tablicy Ulpiana. Niektórym średnia wieku wydaje się zbyt niska. Tłumaczą to albo zarazą, która zebrała swoje żniwo krótko przed sporządzeniem zestawienia, albo tym, że dotyczyło ono tylko eks-niewolników, którzy mieli być beneficjentami systemu rentowego.

Niektórzy próbują korzystać z innych źródeł, między innymi ze spisów cenzusowych z Egiptu czy inskrypcji nagrobnych. Obok średniej życia starożytnych Rzymian, wynikającej z Tablicy Ulpiana, proponuje się inne wyliczenia, na przykład dwadzieścia sześć – trzydzieści lat albo precyzyjnie: dla kobiet dwadzieścia siedem, a dla mężczyzn trzydzieści siedem lat.

Czy trzydziestolatek był starem?

W starożytności przed długi czas uważano starość za chorobę. Dopiero pod wpływem słynnego lekarza Galena (II wiek naszej ery) zaczęto uznawać ją za naturalny etap życia.

Wbrew temu co sugeruje statystyka, Rzymianie za próg, od którego zaczyna się starość, uważali wiek około sześćdziesiąt – sześćdziesiąt sześć lat. Jest to zaskakujące bliskie współczesnej gerontologii. Nieprzypadkowo słynny rzymski mówca Ciceron napisał traktat o starości ukończony sześćdziesiąt jeden lat, dedykując go sześćdziesięcioczteroletniemu przyjacielowi Attykowi.

Nie należy jednak zapominać, że próg starości mógł różnić się w zależności od pozycji społecznej. Dystans ekonomiczny dzielący elity oraz plebs był ogromny. Tym samym warunki sanitarne, opieka medyczna i pożywienie bogaczy oraz biedaków determinowały długość i jakość ich życia.

Artykuł do czytania przez uczestników podczas drugiego pomiaru EEG.

Załącznik 6. Zmieniony kod testu SART zastosowany w badaniu

bitmaps

mask
titlescreen
instruction1
instruction2
instruction_real
mistake_wrong_press
mistake_missed
welldone_training
welldone_experiment
ready1
ready2
ready3

fonts

feedbackfont arial 20 ## first font is the default font in feedback
font1 arial 48 ## this and following font sizes are used in original study as well
font2 arial 72
font3 arial 94
font4 arial 100
font5 arial 120

task sart

```
keys space
set $current_digit &&mydigits remove first
set $random_font random 2 6
set $digit_size expression $random_font -1 ## for report in save line
font $random_font
show text $current_digit
readkey 1 250
show bitmap mask
if STATUS != TIMEOUT
  set $my_rt RT
fi
if STATUS == TIMEOUT
  readkey 1 900
  set $my_rt expression RT + 250
fi
## the whole intertrial interval is 1150 ms (250 + 900)
set $remaining_time expression 1150 - RT
## determine status of response and show feedback if necessary
set $mystatus 1 ## assume people respond correctly
if $current_digit == 3 && STATUS != TIMEOUT
  $mystatus = 0 ## pressed when there was a 3
  delay $remaining_time
fi
if $current_digit != 3 && STATUS == TIMEOUT
```

```

    $mystatus = 0 ## not pressed when there was no 3
fi
if $mystatus == 1
    delay $remaining_time ## only wait if there was no mistake
fi
## determine trial type (1=go,0=no-go)
set $trial_type 1
if $current_digit == 3
    set $trial_type 0
fi
save BLOCKNAME BLOCKNUMBER $trial_type $current_digit $digit_size $mystatus RT

```

```

block training
message titlescreen
message instruction1
message instruction2
set &&digitrange range 1 9
set &&mydigits &&digitrange times 2
set &&mydigits shuffle no_repeat
bitmap ready3
delay 1000
bitmap ready2
delay 1000
bitmap ready1
delay 1000
clear screen
delay 1000
clear screen
delay 1000
tasklist
    sart 18
end
delay 10000
feedback
    set &totalGo    count    ; select c2 == 1 && c3 == 1
    set &GoMistakes count    ; select c2 == 1 && c3 == 1 && c6 == 0
    set &GoMistakesP perc 16 ; select c2 == 1 && c3 == 1 && c6 == 0
    set &totalNoGo  count    ; select c2 == 1 && c3 == 0
    set &NoGoMistakes count    ; select c2 == 1 && c3 == 0 && c6 == 0
    set &NoGoMistakesP perc 2 ; select c2 == 1 && c3 == 0 && c6 == 0
    text align left
    text -200 -200 "Results in training block:"
    text -200 -150 &totalGo    ; prefix "Number Go trials:"
    text -200 -100 &GoMistakes ; prefix "Number Go mistakes:"
    text -200 -50  &GoMistakesP ; prefix "Go mistakes:" ; postfix "%"
    text -200 0    &totalNoGo  ; prefix "Number No Go trials:"
    text -200 50  &NoGoMistakes ; prefix "Number No Go mistakes:"
    text -200 100 &NoGoMistakesP ; prefix "No Go mistakes:" ; postfix "%"
    text -200 150 "Press space bar to continue"
end

```

message welldone_training

block realtest

message instruction_real

set &&digitrange range 1 9

set &&mydigits &&digitrange times 25

set &&mydigits shuffle no_repeat

bitmap ready3

delay 1000

bitmap ready2

delay 1000

bitmap ready1

delay 1000

tasklist

 sart 225

end

feedback

 set &totalGo count ; select c2 == 2 && c3 == 1

 set &GoMistakes count ; select c2 == 2 && c3 == 1 && c6 == 0

 set &GoMistakesP perc 200 ; select c2 == 2 && c3 == 1 && c6 == 0

 set &totalNoGo count ; select c2 == 2 && c3 == 0

 set &NoGoMistakes count ; select c2 == 2 && c3 == 0 && c6 == 0

 set &NoGoMistakesP perc 25 ; select c2 == 2 && c3 == 0 && c6 == 0

 text align left

 text -200 -200 "Results in second block:"

 text -200 -150 &totalGo ; prefix "Number Go trials:"

 text -200 -100 &GoMistakes ; prefix "Number Go mistakes:"

 text -200 -50 &GoMistakesP ; prefix "Go mistakes:" ; postfix "%"

 text -200 0 &totalNoGo ; prefix "Number No Go trials:"

 text -200 50 &NoGoMistakes ; prefix "Number No Go mistakes:"

 text -200 100 &NoGoMistakesP ; prefix "No Go mistakes:" ; postfix "%"

 text -200 150 "Press space bar to continue"

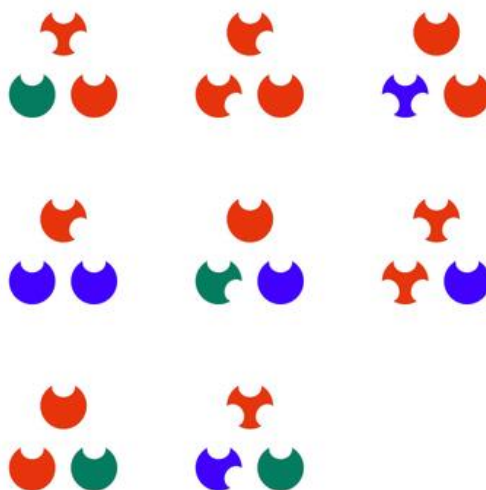
end

message welldone_experiment

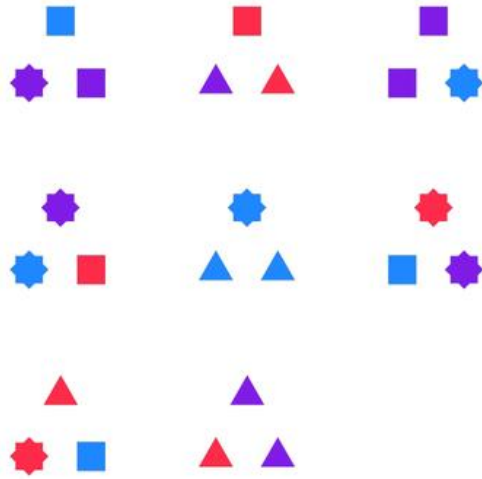
Załącznik 7. Matryce MaRs-IB użyte w badaniu

Matryce użyte w pre-teście:

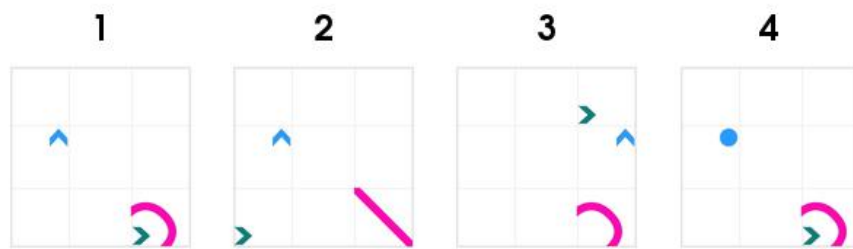
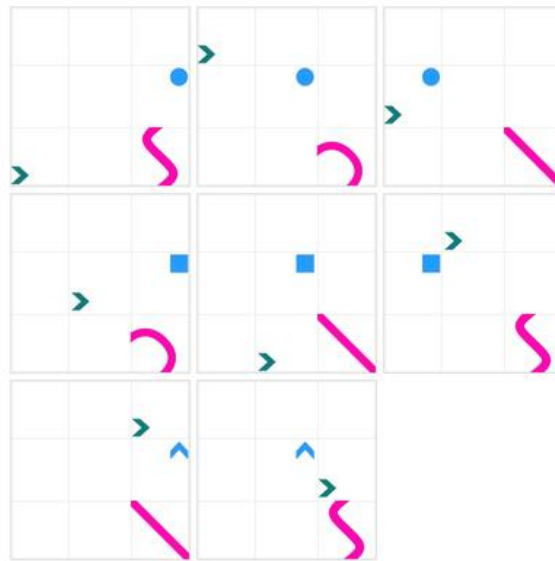
1. tf2_M14



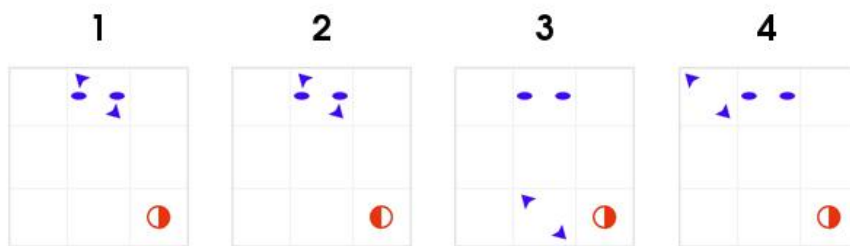
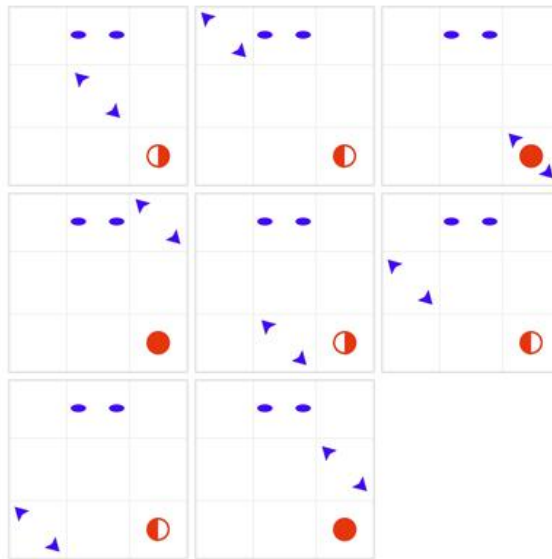
2. tf2_M21



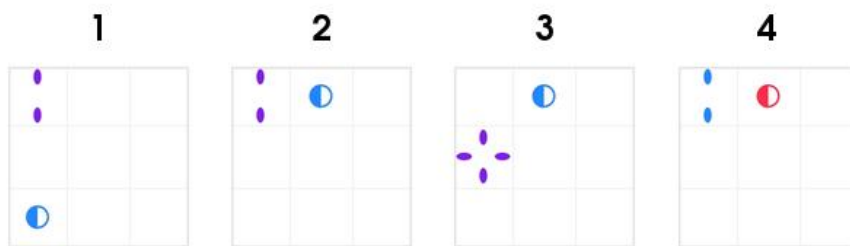
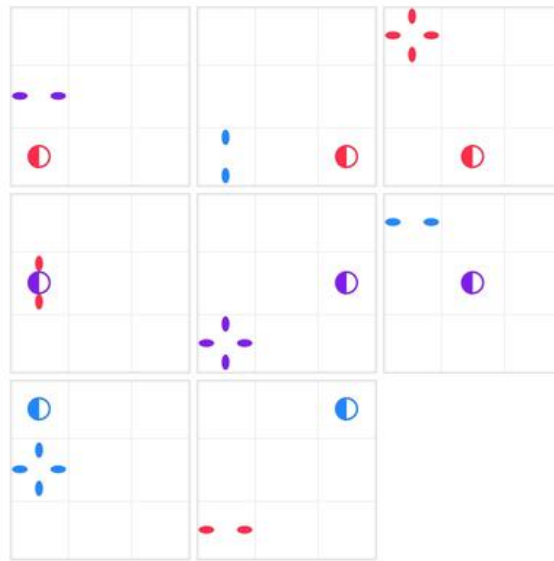
3. tf2_M24



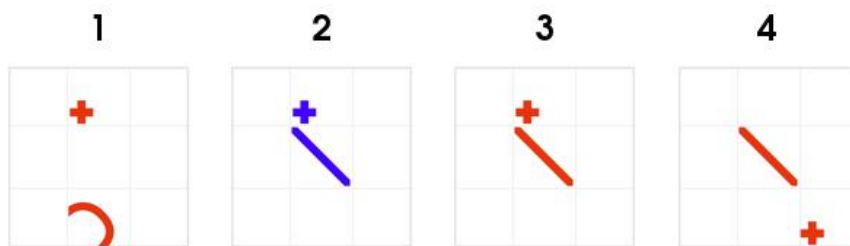
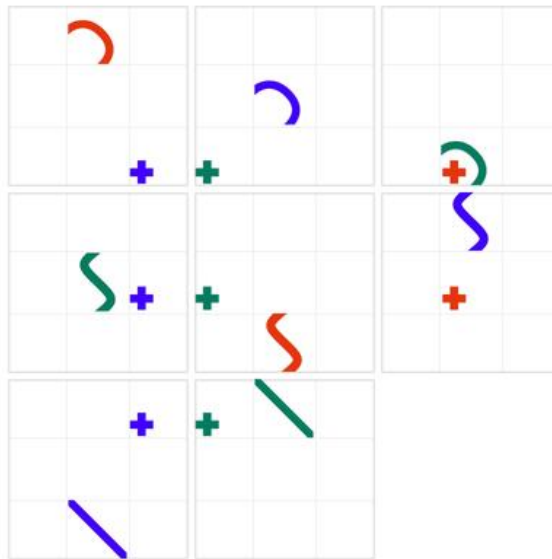
4. tf2_M26



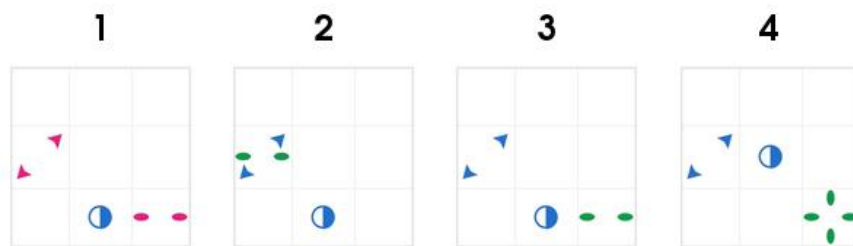
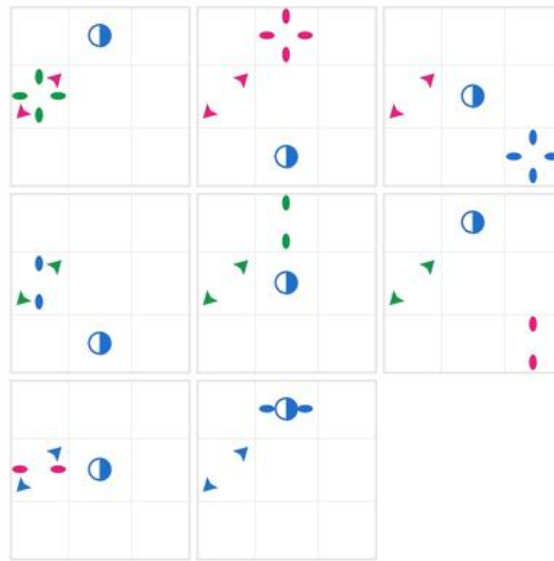
5. tf2_M29



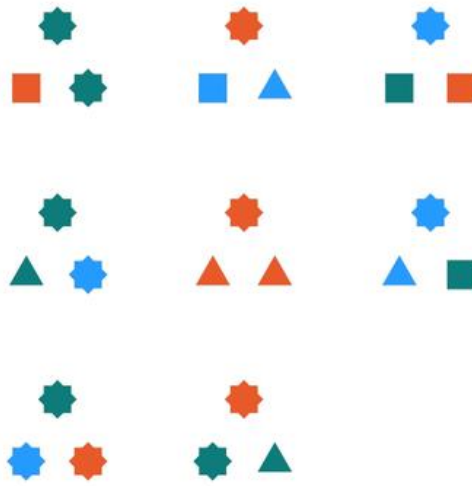
6. tf2_M30



7. tf2_M35



8. tf2_M36



1

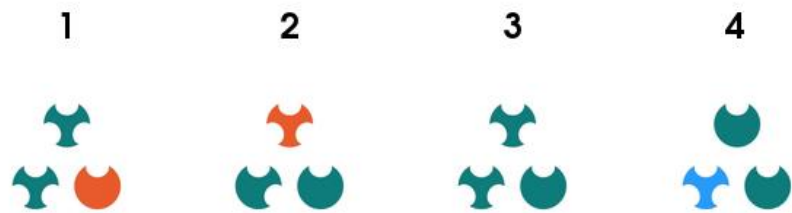
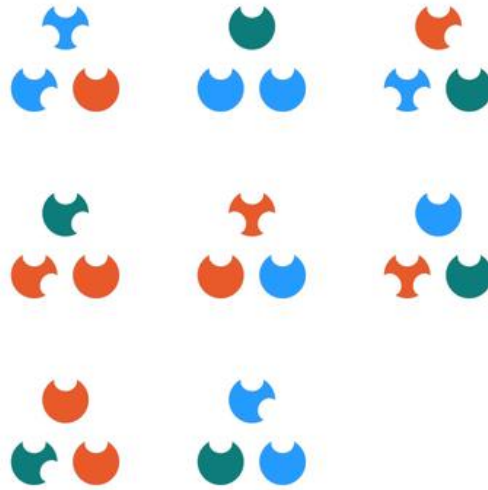
2

3

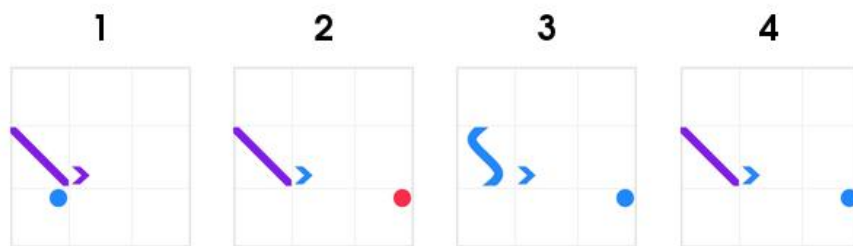
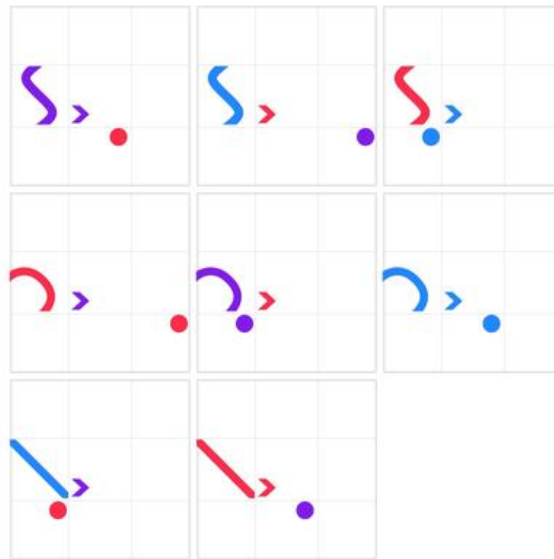
4



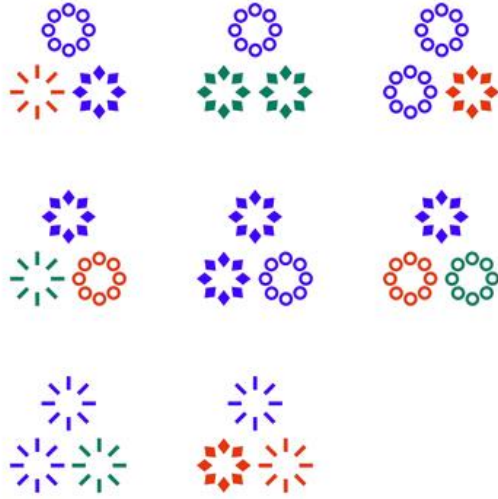
9. tf2_M44



10. tf2_M45



11. tf2_M46



1

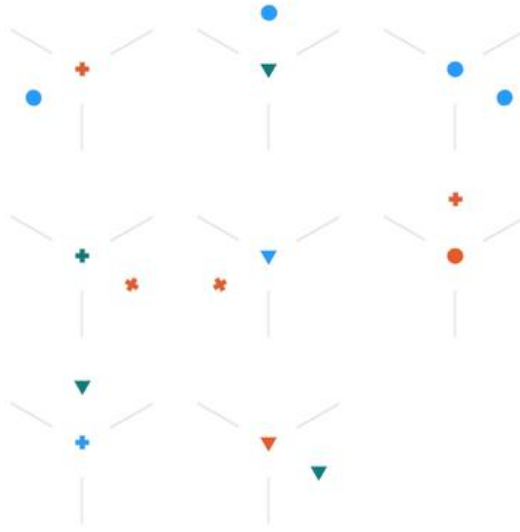
2

3

4



12. tf2_M52



1

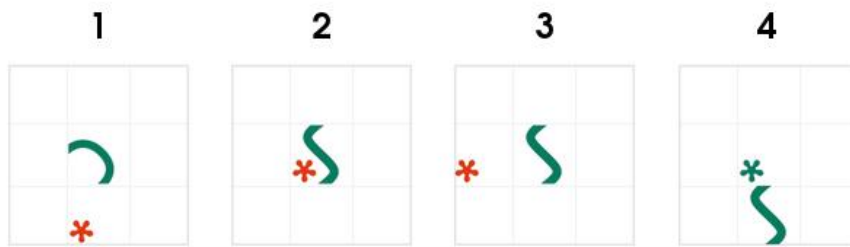
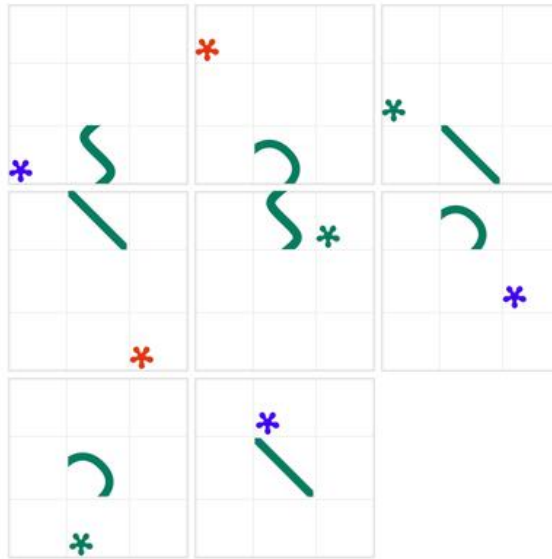
2

3

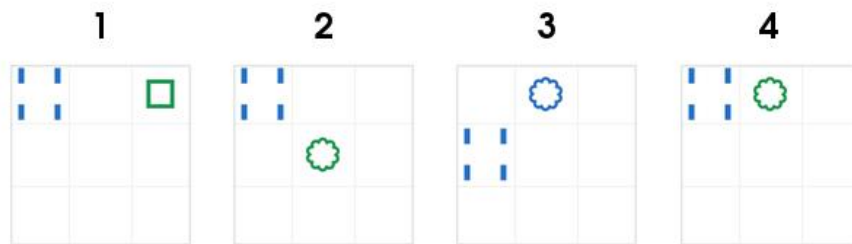
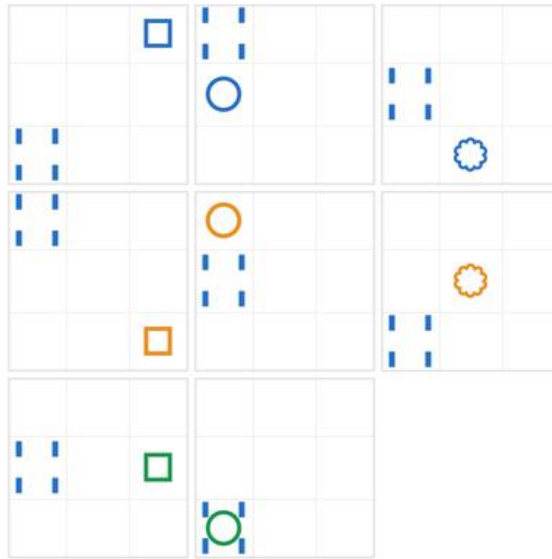
4



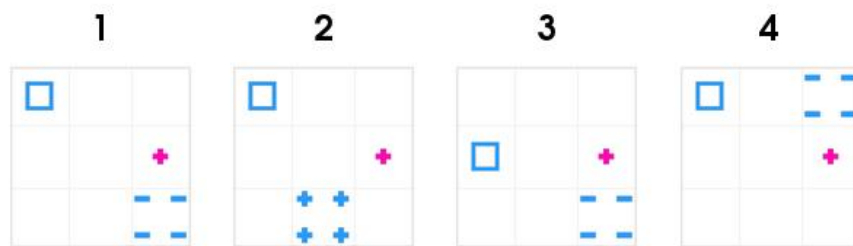
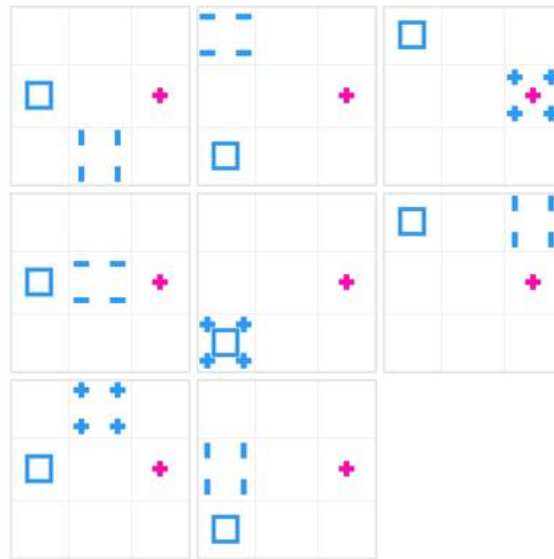
13. tf2_M54



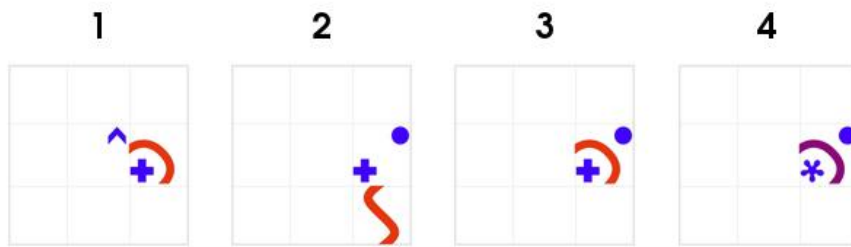
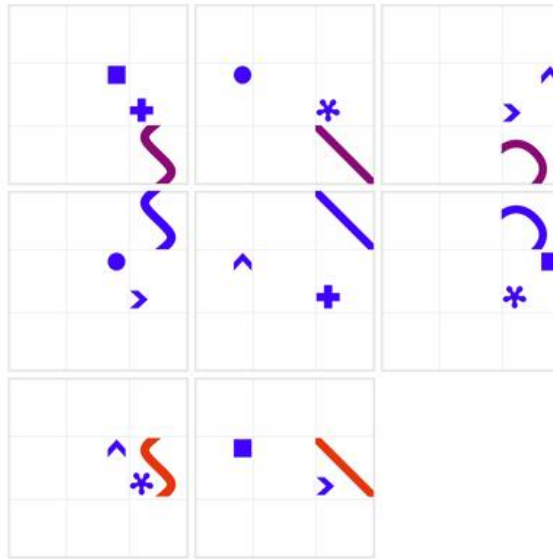
14. tf2_M55



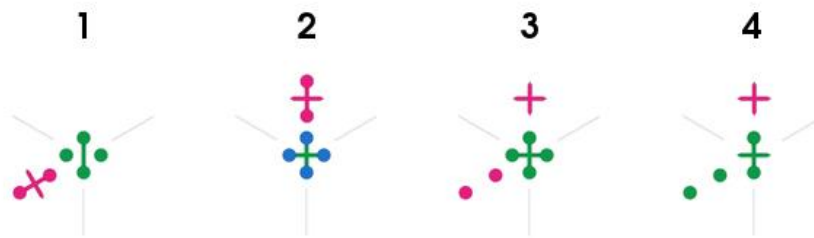
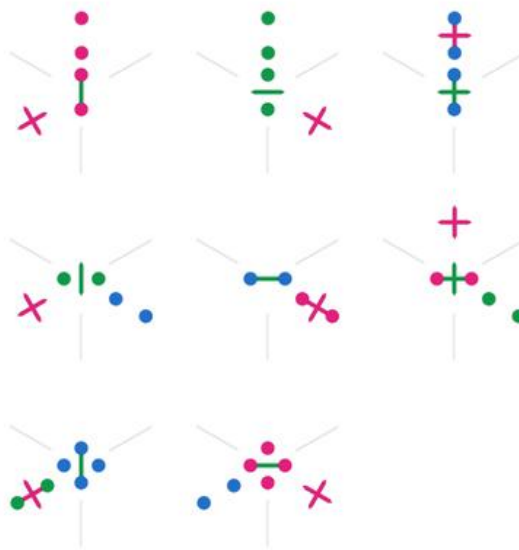
15. tf2_M64



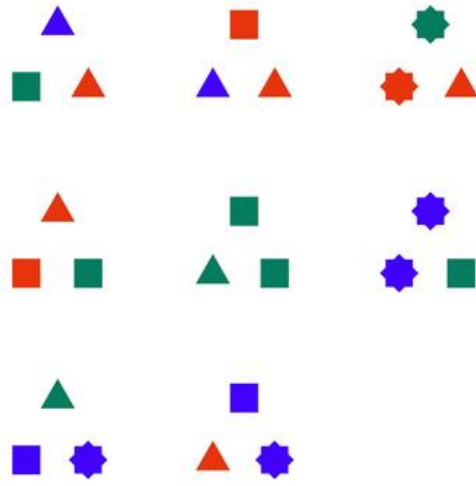
16. tf2_M66



17. tf2_M75

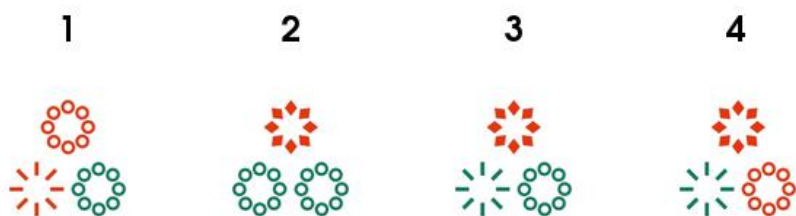
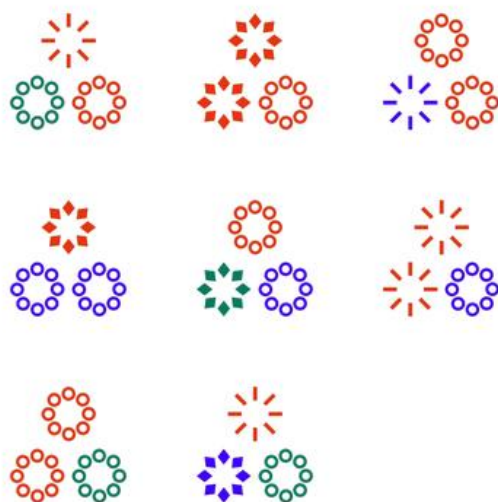


18. tf2_M78

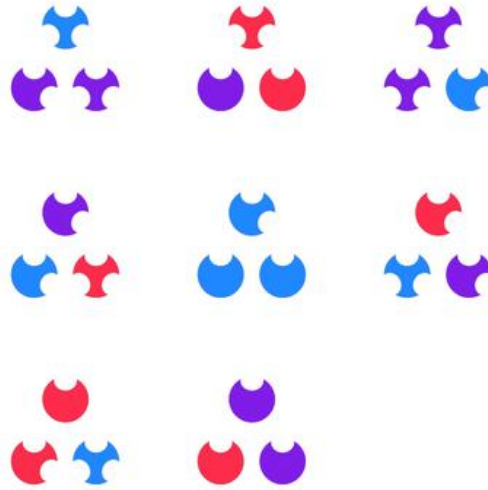


Matryce użyte w post-tescie:

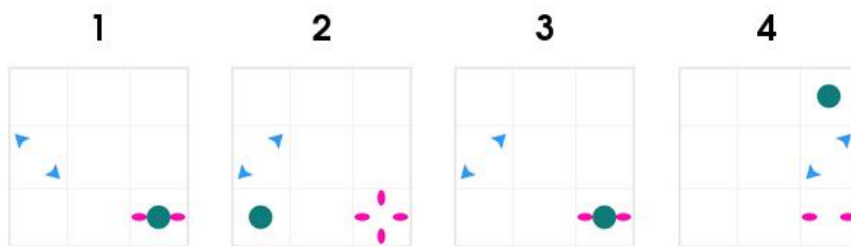
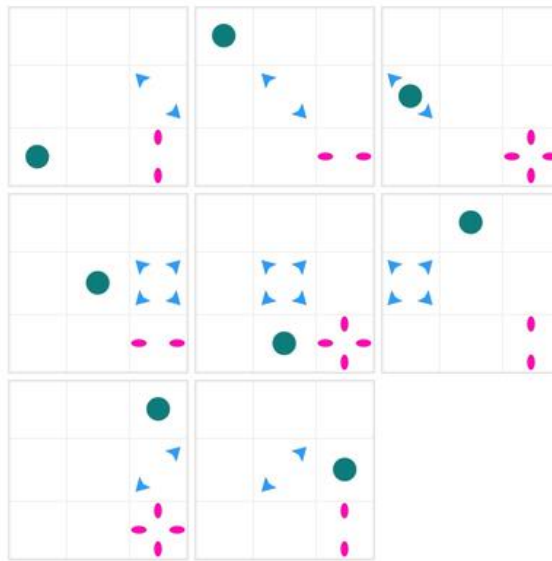
1. tf3_M14



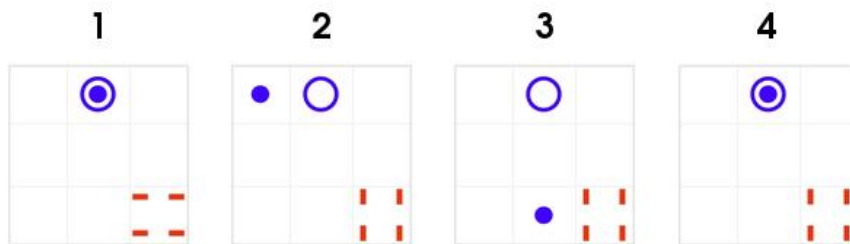
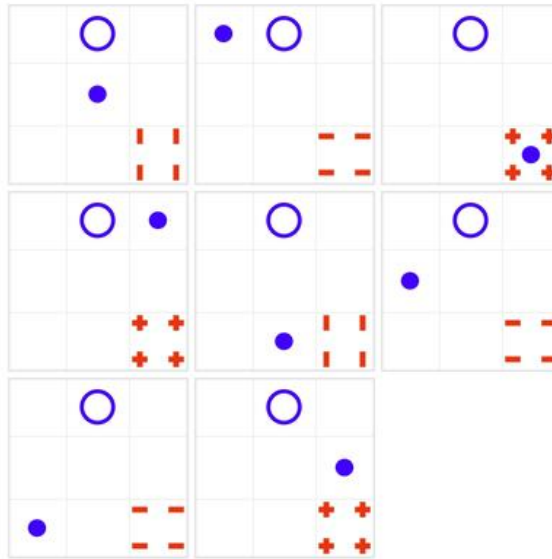
2. tf3_M21



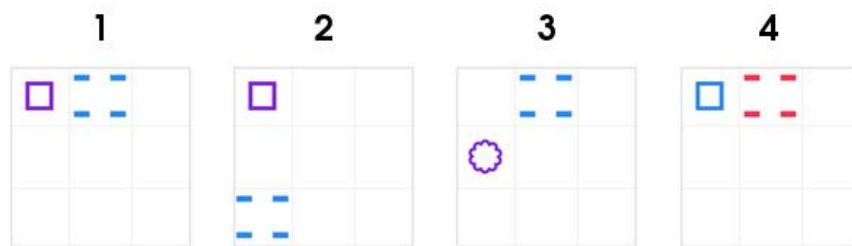
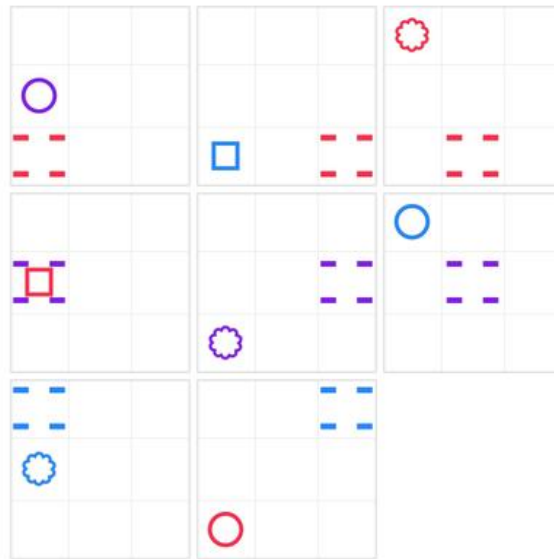
3. tf3_M24



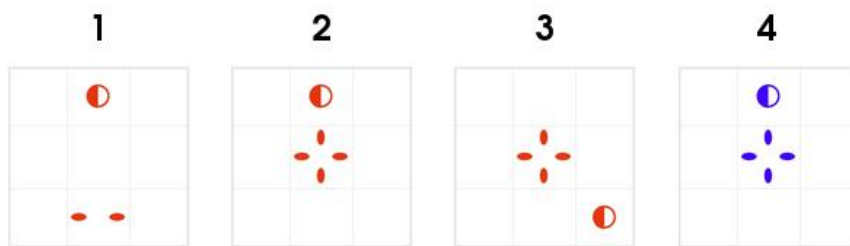
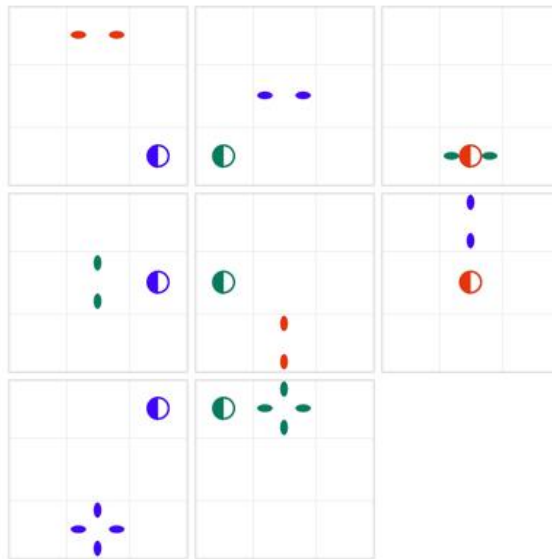
4. tf3_M26



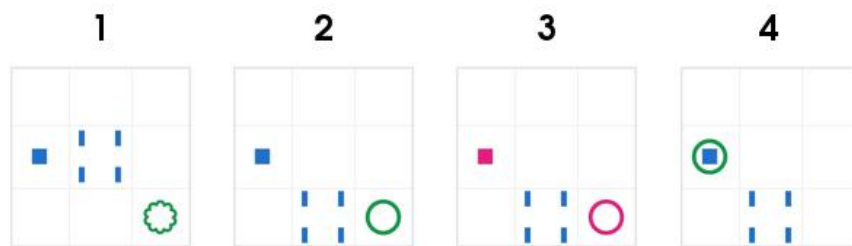
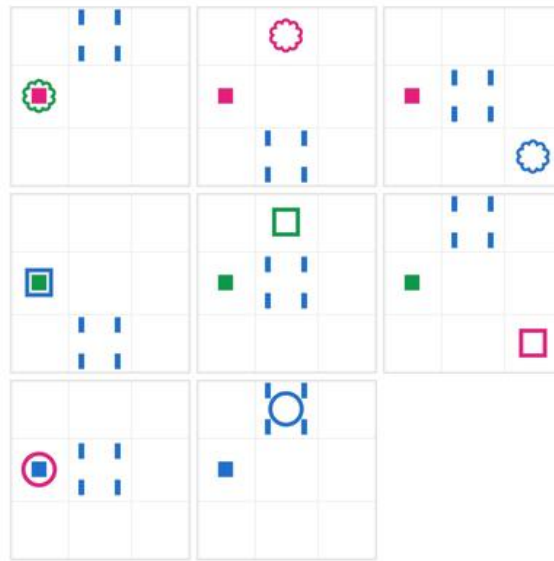
5. tf3_M29



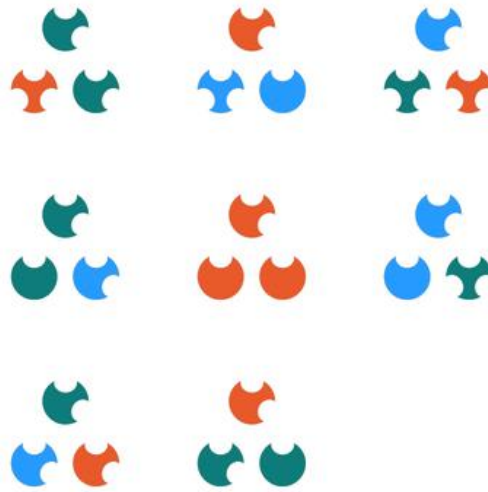
6. tf3_M30



7. tf3_M35



8. tf3_M36

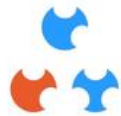


1

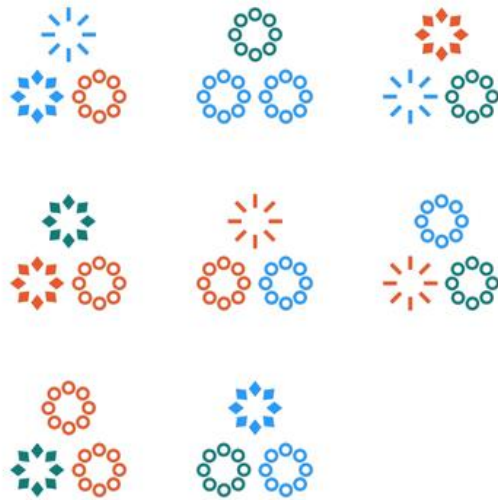
2

3

4



9. tf3_M44



1

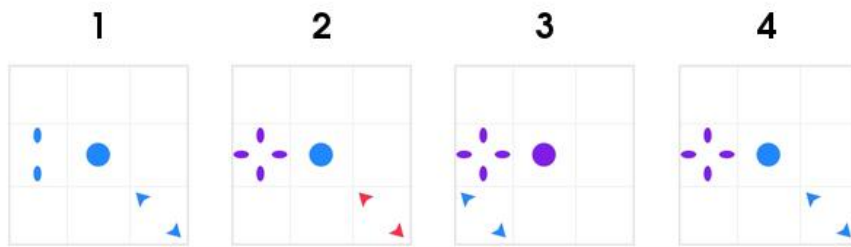
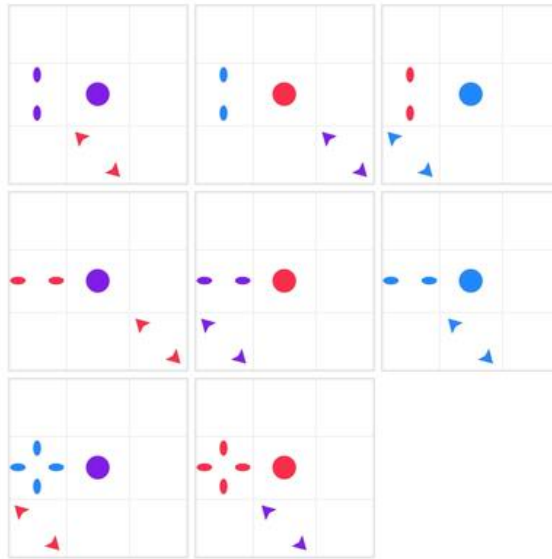
2

3

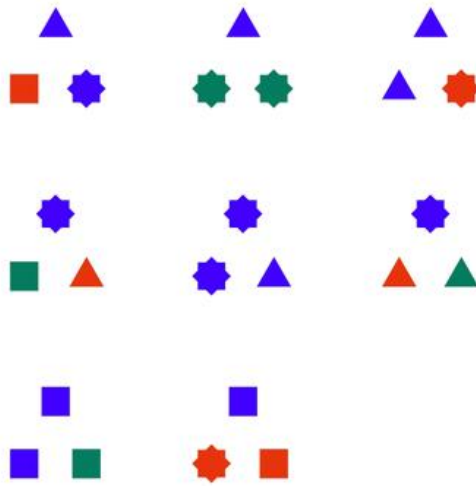
4



10. tf3_M45



11. tf3_M46

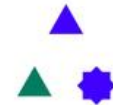
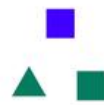
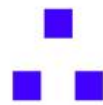
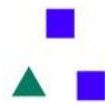


1

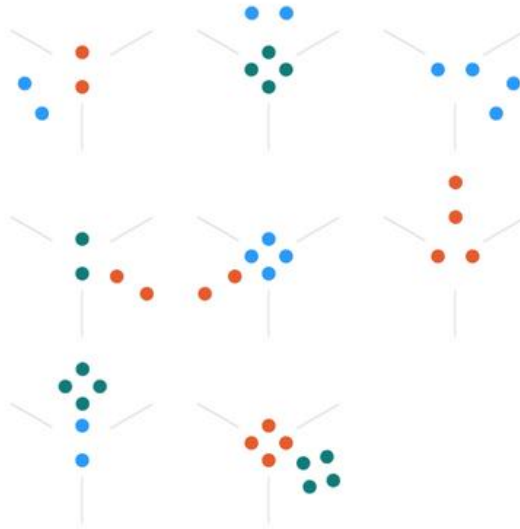
2

3

4



12. tf3_M52



1

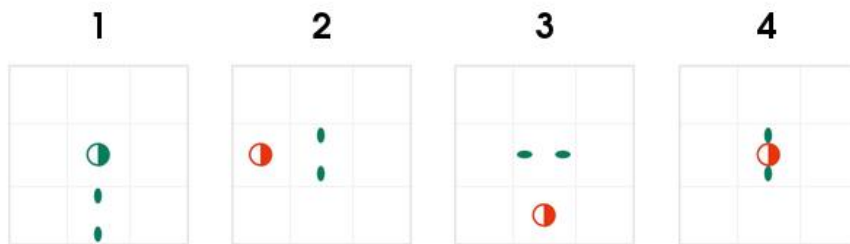
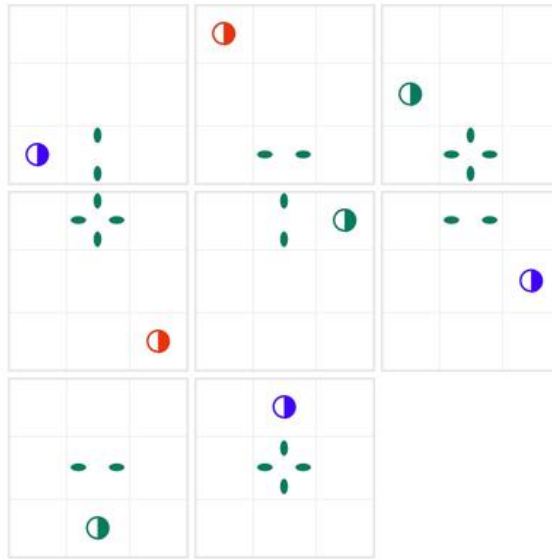
2

3

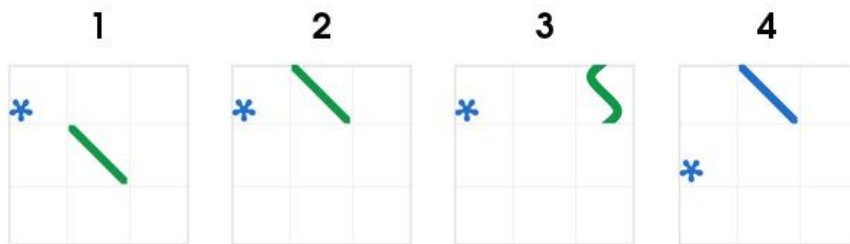
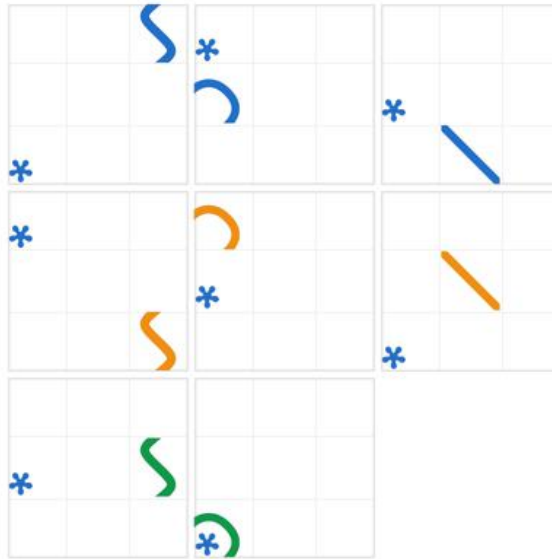
4



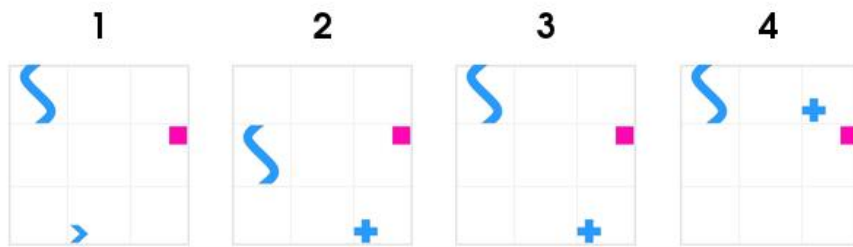
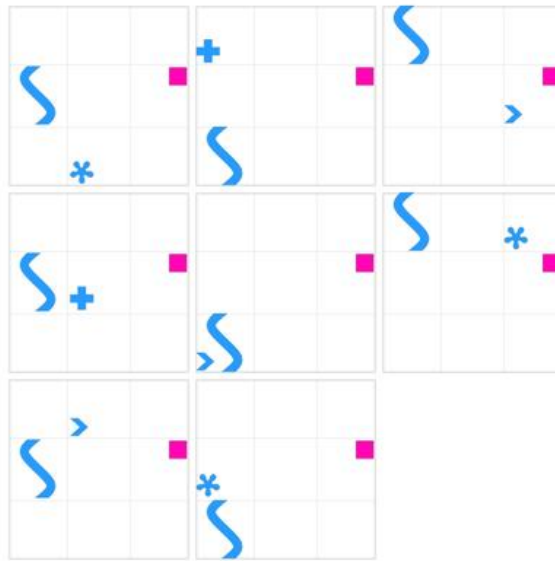
13. tf3_M54



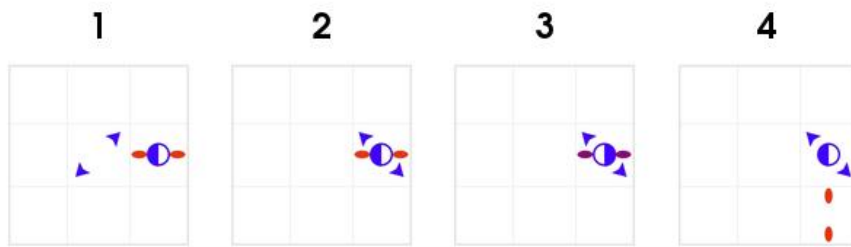
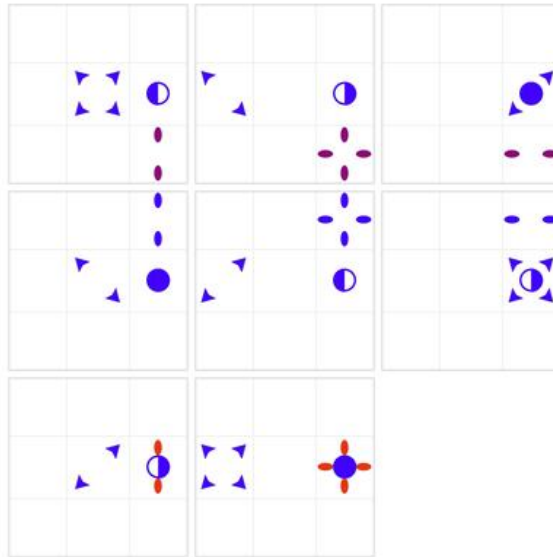
14. tf3_M55



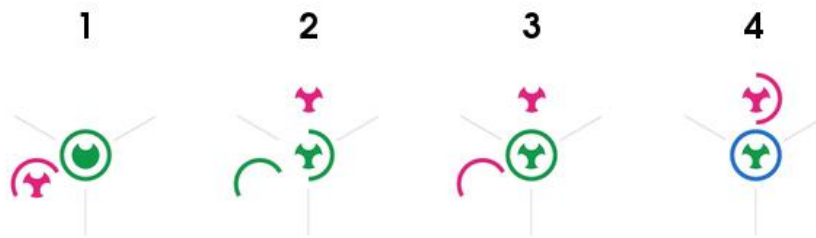
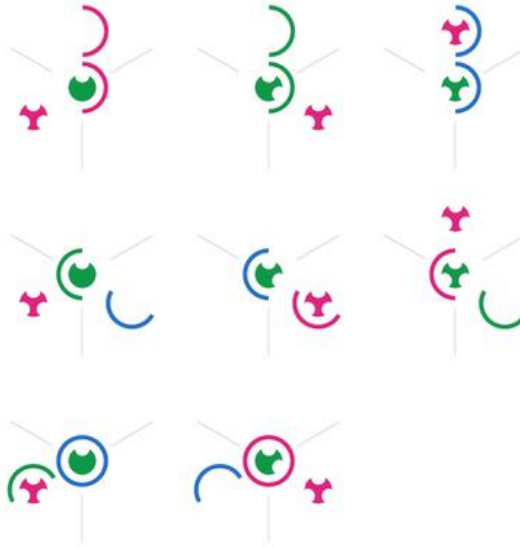
15. tf3_M64



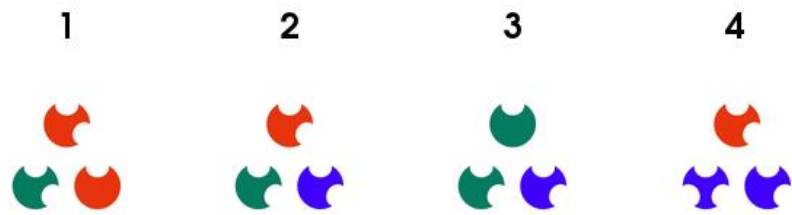
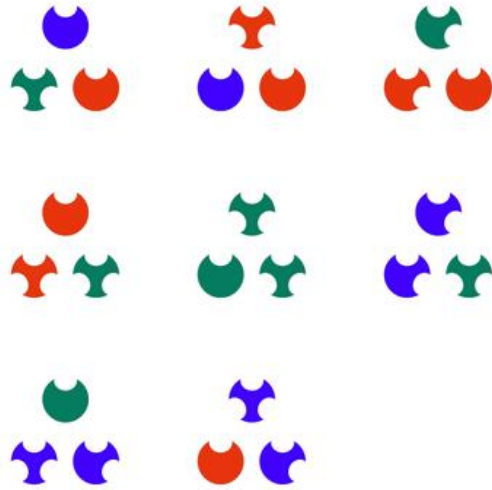
16. tf3_M66



17. tf3_M75



18. tf3_M78



Bibliografia

- Abduh, B., Tahar, M. M. (2018). The effectiveness of brain gym and brain training intervention on working memory performance of student with learning disability. *Journal of ICSAR*, 2(2), 105-111.
- Adolph, K. E., Hoch, J. E. (2019). Motor development: Embodied, embedded, enculturated, and enabling. *Annual review of psychology*, 70, 141-164.
- Akin, S. (2019). Fine Motor Skills, Writing Skills and Physical Education Based Assistive Intervention Program in Children at Grade 1. *Asian Journal of Education and Training*, 5(4), 518-525.
- Alcock, K., Connor, S. (2021). Oral Motor and Gesture Abilities Independently Associated With Preschool Language Skill: Longitudinal and Concurrent Relationships at 21 Months and 3–4 Years. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 64(6) , 1944-1963.
- Aloi, D., Della Rocchetta, A. I., Ditchfield, A., Coulborn, S., Fernandez-Espejo, D. (2021). Therapeutic use of transcranial direct current stimulation in the rehabilitation of prolonged disorders of consciousness. *Frontiers in neurology*, 12, 632572.
- Alstad, Z., Sanders, E., Abbott, R. D., Barnett, A. L., Henderson, S. E., Connelly, V., Berninger, V. W. (2015). Modes of alphabet letter production during middle childhood and adolescence: Interrelationships with each other and other writing skills. *Journal of Writing Research*, 6(3), 199.
- Altenburg, T. M., Chinapaw, M. J., Singh, A. S. (2016). Effects of one versus two bouts of moderate intensity physical activity on selective attention during a school morning in Dutch primary schoolchildren: A randomized controlled trial. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(10), 820-824.
- Amico, G., Schaefer, S. (2020). No evidence for performance improvements in episodic memory due to fidgeting, doodling or a “neuro-enhancing” drink. *Journal of Cognitive Enhancement*, 4(1), 2-11.
- Amo, C., De Santiago, L., Zarza Lucianez, D., León Alonso-Cortes, J. M., Alonso-Alonso, M., Barea, R., Boquete, L. (2017). Induced gamma band activity from EEG as a possible index of training-related brain plasticity in motor tasks. *PloS one*, 12(10), e0186008.
- Ampulska, E. (2010). Uczeń z zaburzeniami orientacji przestrzennej. [W:] E. M. Skorek (red.), *Terapia pedagogiczna. Zaburzenia rozwoju psychoruchowego dzieci.* (s. 69-72). Kraków: Impuls.

- Andres, M., Michaux, N., Pesenti, M. (2012). Common substrate for mental arithmetic and finger representation in the parietal cortex. *Neuroimage*, 62(3), 1520-1528.
- Angelidis, A., Hagenars, M., van Son, D., van der Does, W., Putman, P. (2018). Do not look away! Spontaneous frontal EEG theta/beta ratio as a marker for cognitive control over attention to mild and high threat. *Biological psychology*, 135, 8-17.
- Angelidis, A., van der Does, W., Schakel, L., Putman, P. (2016). Frontal EEG theta/beta ratio as an electrophysiological marker for attentional control and its test-retest reliability. *Biological psychology*, 121, 49-52.
- Ansperger, D. (2016). Krajoznawstwo w świadomości nauczycieli i uczniów szkół podstawowych i gimnazjum. [W:] A. Stasiak, J. Śledzińska, B. Włodarczyk. (red.), *Wczoraj, dziś i jutro turystyki aktywnej i specjalistycznej*. (s. 183–190). Warszawa: Wydawnictwo PTTK Kraj.
- Asakawa, A., Murakami, T., Sugimura, S. (2019). Effect of fine motor skills training on arithmetical ability in children. *European Journal of Developmental Psychology*, 16(3), 290-301.
- Asakawa, A., Sugimura, S. (2009). The relationship between finger dexterity and numerical abilities of young children. *Japanese Journal of Developmental Psychology*, 20(3), 243-250.
- Asakawa, A., Sugimura, S. (2011). The Specific Relationship between Numerical Ability and Finger Dexterity in Early Childhood. *Japanese Journal of Developmental Psychology*, 22(2).
- Asakawa, A., Sugimura, S. (2022). Mediating process between fine motor skills, finger gnosis, and calculation abilities in preschool children. *Acta Psychologica*, 231, 103771.
- Artemenko, C., Wortha, S. M., Dresler, T., Frey, M., Barrocas, R., Nuerk, H. C., Moeller, K. (2022). Finger-Based Numerical Training Increases Sensorimotor Activation for Arithmetic in Children—An fNIRS Study. *Brain Sciences*, 12(5), 637.
- Au, J., Karsten, C., Buschkuhl, M., Jaeggi, S. M. (2017). Optimizing transcranial direct current stimulation protocols to promote long-term learning. *Journal of Cognitive Enhancement*, 1(1), 65-72.
- Azizah, L. M. R., Martiana, T., Soedirham, O. (2017). The Improvement of Cognitive Function AND Decrease The Level of Stress in The Elderly With Brain Gym. *International Journal of Nursing and Midwifery*, 1(1), 26-31.

- Bałachowicz, J. (2017). Szkoła jako przestrzeń budowania przyszłości. [W:] J. Bałachowicz, A. Korwin-Szymanowska, E. Lewandowska, A. Witkowska-Tomaszewska, A. *Zrozumieć uczenie się: zmienić wczesną edukację.* (s. 11-95). Warszawa: Wydawnictwo Akademii Pedagogiki Specjalnej.
- Bann, D., Scholes, S., Fluharty, M., Shure, N. (2019). Adolescents' physical activity: cross-national comparisons of levels, distributions and disparities across 52 countries. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 16(1), 1-11.
- Barker, J. E., Semenov, A. D., Michaelson, L., Provan, L. S., Snyder, H. R., Munakata, Y. (2014). Less-structured time in children's daily lives predicts self-directed executive functioning. *Frontiers in psychology*, 593.
- Barrocas, R., Roesch, S., Gawrilow, C., Moeller, K. (2020). Putting a finger on numerical development—reviewing the contributions of kindergarten finger gnosis and fine motor skills to numerical abilities. *Frontiers in Psychology*, 11, 1012.
- Bartholomew, J. B., Jowers, E. M. (2011). Physically active academic lessons in elementary children. *Preventive medicine*, 52, 51-54.
- Bartholomew, J.B., Jowers, E.M., Roberts, G., Fall, A.M., Errisuriz, V.L., Vaughn, S. (2018). Active learning increases children's physical activity across demographic subgroups. *Translational Journal of the American College of Sports Medicine*, 3(1).
- Barton, R. A., Montgomery, S. H. (2019). Proportional versus relative size as metrics in human brain evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(1), 3-4.
- Bastir, M., Rosas, A., Gunz, P., Pena-Melian, A., Manzi, G., Harvati, K., Kruszynski, R., Stringer, Ch. Hublin, J. J. (2011). Evolution of the base of the brain in highly encephalized human species. *Nature Communications*, 2(1), 1-8.
- Batorzyńska, P., Nowacka, A. (2018). Frekwencja oraz główne przyczyny zwolnień uczniów w lekcjach wychowania fizycznego. *Roczniki Naukowe WSWFiT*, 1(23), 45-54.
- Bazerman, C., Applebee, A. N., Berninger, V. W., Brandt, D., Graham, S., Jeffery, J., Matsuda, P. K., Murphy, S., Rowe, D. W., Schleppegrell, M., Wilcox, K. C. (2018). *The lifespan development of writing*. Urbana, IL: National Council of Teachers of English.
- Bazerman, C., Graham, S., Applebee, A. N., Matsuda, P. K., Berninger, V. W., Murphy, S., Brandt, D., Rowe, D. W., Schleppegrell, M. (2017). Taking the long view on writing development. *Research in the Teaching of English*, 351-360.
- Bazyler, C.D.; Bailey, C.A.; Chiang, C.Y.; Sato, K.; Stone, Bazyler, C. D., Bailey, C. A., Chiang, C. Y., Sato, K., Stone, M. H. (2014). The effects of strength training on isometric

- force production symmetry in recreationally trained males. *Journal of Trainology*, 3(1), 6-10.
- Beck, M. M., Lind, R. R., Geertsen, S. S., Ritz, C., Lundbye-Jensen, J., Wienecke, J. (2016). Motor-enriched learning activities can improve mathematical performance in preadolescent children. *Frontiers in human neuroscience*, 10, 645.
- Bediz, C. S., Oniz, A., Guducu, C., Ural Demirci, E., Ogut, H., Gunay, E., Cetinkaya, C., Ozgoren, M. (2016). Acute supramaximal exercise increases the brain oxygenation in relation to cognitive workload. *Frontiers in human neuroscience*, 10, 174.
- Benzing, V., Heinks, T., Eggenberger, N., Schmidt, M. (2016). Acute cognitively engaging exergame-based physical activity enhances executive functions in adolescents. *PloS one*, 11(12), e0167501.
- Berteletti, I., Booth, J. R. (2015). Perceiving fingers in single-digit arithmetic problems. *Frontiers in psychology*, 6, 226.
- Besson, P., Muthalib, M., De Vassoigne, C., Rothwell, J., Perrey, S. (2020). Effects of multiple sessions of cathodal priming and anodal HD-tDCS on visuo motor task plateau learning and retention. *Brain Sciences*, 10(11), 875.
- Bidula, S. P., Przybylski, Ł., Pawlak, M. A., Króliczak, G. (2017). Unique neural characteristics of atypical lateralization of language in healthy individuals. *Frontiers in Neuroscience*, 11, 525.
- Bidzan-Bluma, I., Lipowska, M. (2018). Physical activity and cognitive functioning of children: a systematic review. *International journal of environmental research and public health*, 15(4), 800.
- Bijak, S. (2016). Krajoznawstwo AD 1906 i AD 2016 – tradycyjne treści w nowoczesnej formie. [W:] A. Stasiak, J. Śledzińska, B. Włodarczyk (red.), *Wczoraj, dziś i jutro turystyki aktywnej i specjalistycznej*. (s. 29-36). Warszawa: Wydawnictwo PTTK Kraj.
- Bikson, M., Grossman, P., Thomas, C., Zannou, A. L., Jiang, J., Adnan, T., Mourdoukoutas, A. P., Kronberg, G., Truong, D., Boggio, P., Brunoni, A. R., Charvet, L., Fregni, F., Fritsch, B., Gillick, B., Hamilton, R. H., Hampstead, B. M., Jankord, R., Kirton, A., Knotkova, H., Liebetanz, D., Liu, A., Loo, C., Nitsche, M. A., Reis, J., Richardson, J. D., A. Rotenberg, A., Turkeltaub, P. E., Woods, A. J. (2016). Safety of transcranial direct current stimulation: evidence based update 2016. *Brain stimulation*, 9(5), 641-661.
- Bilewicz-Kuźnia, B. A., Valentini, M., Nocciolino, A. (2019). Edukacja przez ruch w praktyce badawczej. *Lubelski Rocznik Pedagogiczny*, 38(4), 111-123.

- Bo, W., Lei, M., Tao, S., Jie, L. T., Qian, L., Lin, F. Q., Ping, W. X. (2019). Effects of combined intervention of physical exercise and cognitive training on cognitive function in stroke survivors with vascular cognitive impairment: a randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*, 33(1), 54-63.
- Boaler, J., Chen, L. (2017). Why kids should use their fingers in math class. *The Best Writing on Mathematics 2017*, 6, 76.
- Bochenek, M., Lange, R. (2019). *NASTOLATKI 3.0. Raport z ogólnopolskiego badania uczniów*. Warszawa: NASK
- Bogdanowicz, M. (1992). *Metoda Weroniki Sherborne w terapii i wspomaganiu rozwoju dziecka*. Warszawa: Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne.
- Bogdanowicz M. (2002). *Ryzyko dysleksji. Problem i diagnozowanie*. Gdańsk: Wydawnictwo Harmonia.
- Bogdanowicz M. (2014). *Metoda Dobrego Startu we wspomaganiu rozwoju, edukacji i terapii pedagogicznej*. Gdańsk: Harmonia Universalis.
- Borkowska, M. (2008). Opinia dotycząca kinezylogii edukacyjnej. [W:] K. Korab, R. Borowiecka, E. Petrykiewicz (red.), *Kinezylogia edukacyjna. Nauka, pseudonauka czy manipulacja?* Warszawa: Instytut Badań Edukacyjnych.
- Borowiecka, R. (2008). Kinezylogia edukacyjna w Polsce. Wybrane aspekty metody i zasięg działania w ruchu. [W:] K. Korab, R. Borowiecka, E. Petrykiewicz (red.), *Kinezylogia edukacyjna. Nauka, pseudonauka czy manipulacja?* (s. 13-40). Warszawa: Instytut Badań Edukacyjnych.
- Boruc, D. M. (2015). Podmiotowość w terapii dzieci z diagnozą ADHD. [W:] B. Szczupał, A. Giryński, G. Szumski (red.), *W poszukiwaniu indywidualnych dróg wspierających wszechstronny rozwój osób z niepełnosprawnością*. (s. 50-56). Warszawa: Wydawnictwo Akademii Pedagogiki Specjalnej.
- BRAIN Initiative Cell Census Network (BICCN). (2021). A multimodal cell census and atlas of the mammalian primary motor cortex. *Nature* 598.
- Brem, A. K., Almquist, J. N. F., Mansfield, K., Plessow, F., Sella, F., Santarnecchi, E., Orhan, U., McKanna, J., Pavel, M., Mathan, S., Yeung, N., Pascual-Leone, A., Kadosh, R. C. (2018). Modulating fluid intelligence performance through combined cognitive training and brain stimulation. *Neuropsychologia*, 118, 107-114.
- Broad, A. A., Bornath, D. P., Grisebach, D., McCarthy, S. F., Bryden, P. J., Robertson-Wilson, J., Hazell, T. J. (2021). Classroom Activity Breaks Improve On-Task Behavior

- and Physical Activity Levels Regardless of Time of Day. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 1-13.
- Broaders, S. C., Cook, S. W., Mitchell, Z., Goldin-Meadow, S. (2007). Making children gesture brings out implicit knowledge and leads to learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(4), 539.
- Brodal, P. (2004). *The central nervous system: structure and function*. Nowy Jork, NY: Oxford University Press.
- Bronikowski, M. (2015). Aktywni nie tylko on-line. [W:] M. Bronikowski (red.), *Wychowanie fizyczne a nowoczesne technologie*. (s. 15-20). Poznań: Wydawnictwo AWF.
- Bronikowski, M., Cichy, I., Kruszwicka, A., Klichowski, M., Wawrzyniak, S., Rokita, A. (2022). Metoda mini-Eduball: Wychowanie i rozwój dziecka w świetle odkryć neuronauki. Wydawnictwo AWF Wrocław, Wrocław.
- Brooks, N., Goldin-Meadow, S. (2016). Moving to learn: How guiding the hands can set the stage for learning. *Cognitive Science*, 40(7), 1831-1849.
- Brosnan, M. B., Arvaneh, M., Harty, S., Maguire, T., O'Connell, R., Robertson, I. H., Dockree, P. M. (2018). Prefrontal modulation of visual processing and sustained attention in aging, a tDCS–EEG coregistration approach. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 30(11), 1630-1645.
- Brown, C. G. (2010). Improving fine motor skills in young children: an intervention study. *Educational Psychology in Practice*, 26(3), 269-278.
- Brzdęk, E. (2016). Diagnoza kompetencji w zakresie percepcji słuchowej, wzrokowej i motorycznej w metodzie Warnkego. Wybrane zagadnienia. *Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis Studia Paedagogica*, 7, 48-59.
- Brzdęk, E., Brzdęk, J. (2021). On the Supportive Role of the Warnke Method in Improving the Phonological Competence of a Bilingual Girl. *Education Sciences*, 11(9), 498.
- Buccino, G., Colage, I., Gobbi, N., Bonaccorso, G. (2016). Grounding meaning in experience: A broad perspective on embodied language. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 69, 69-78.
- Buchele Harris, H., Cortina, K. S., Templin, T., Colabianchi, N., Chen, W. (2018). Impact of coordinated-bilateral physical activities on attention and concentration in school-aged children. *BioMed research international*, 2018.

- Buchnat, M. (2009). „Edukacja przez ruch” – system wspierający edukację dzieci z lekką niepełnosprawnością intelektualną. W: J. Rottermund (red.), *Zagadnienia funkcjonowania z ograniczoną sprawnością*. (s. 71-79). Kraków: Oficyna Wydawnicza Impuls.
- Buckner, R. L., Krienen, F. M. (2013). The evolution of distributed association networks in the human brain. *Trends in cognitive sciences*, 17(12), 648-655.
- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J. P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., (...) Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British journal of sports medicine*, 54(24), 1451-1462.
- Burini, R.C., Leonard, W.R. (2018). The evolutionary roles of nutrition selection and dietary quality in the human brain size and encephalization. *Nutrire*, 43(1), 1-9.
- Burke, H. R. (1972). Raven's Progressive Matrices: Validity, reliability, and norms. *The Journal of Psychology*, 82(2), 253-257.
- Burns, R. D., Fu, Y., Podlog, L. W. (2017). School-based physical activity interventions and physical activity enjoyment: A meta-analysis. *Preventive medicine*, 103, 84-90.
- Cameron, C.E., Brock, L.L., Murrah, W.M., Bell, L.H., Worzalla, S.L., Grissmer, D., Morrison, F.J. (2012). Fine motor skills and executive function both contribute to kindergarten achievement. *Child Development*, 83(4), 1229-1244.
- Cancela, J. M., Casal, A, Sanchez-Lastra, M. A., Ayan, C. (2020). Brain Gym exercises versus standard exercises for institutionalised older people with cognitive impairment: A randomised controlled study. *Asian Journal of Gerontology and Geriatrics*, 15(1), 1-7.
- Cancela, J. M., Suarez, M. H. V., Vasconcelos, J., Lima, A., Ayan, C. (2015). Efficacy of brain gym training on the cognitive performance and fitness level of active older adults: a preliminary study. *Journal of aging and physical activity*, 23(4), 653-658.
- Carlson, J. A., Engelberg, J. K., Cain, K. L., Conway, T. L., Geremia, C., Bonilla, E., Kerner, J., Sallis, J. F. (2017). Contextual factors related to implementation of classroom physical activity breaks. *Translational behavioral medicine*, 7(3), 581-592.
- Carpenter, D. M., Ledbetter, C., Moore, A. L. (2016). LearningRx cognitive training effects in children ages 8–14: A randomized controlled trial. *Applied cognitive psychology*, 30(5), 815-826.

- Chaddock-Heyman, L., Erickson, K. I., Kienzler, C., King, M., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Hillman, C., Kramer, A. F. (2015). The role of aerobic fitness in cortical thickness and mathematics achievement in preadolescent children. *PloS one*, *10*(8), e0134115.
- Chang, M., Gu, X. (2018). The role of executive function in linking fundamental motor skills and reading proficiency in socioeconomically disadvantaged kindergarteners. *Learning and Individual Differences*, *61*, 250-255.
- Chang, Y. K., Chen, F. T., Kuan, G., Wei, G. X., Chu, C. H., Yan, J., Chen, A. G., Hung, T. M. (2019). Effects of acute exercise duration on the inhibition aspect of executive function in late middle-aged adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *11*, 227.
- Chang, Y. K., Labban, J. D., Gapin, J. I., Etnier, J. L. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: a meta-analysis. *Brain research*, *1453*, 87-101.
- Chen, J., Wang, Z., Chen, Q., Fu, Y., Zheng, K. (2022). Transcranial Direct Current Stimulation Enhances Cognitive Function in Patients with Mild Cognitive Impairment and Early/Mid Alzheimer's Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Brain Sciences*, *12*(5), 562.
- Chen, O., Castro-Alonso, J. C., Paas, F., Sweller, J. (2018). Extending cognitive load theory to incorporate working memory resource depletion: evidence from the spacing effect. *Educational Psychology Review*, *30*, 483-501.
- Chen, O., Kalyuga, S. (2020). Cognitive load theory, spacing effect, and working memory resources depletion: Implications for instructional design. [W:] *Form, function, and style in instructional design: Emerging research and opportunities* (s. 1-26). IGI Global.
- Chen, O., Paas, F., Sweller, J. (2021). Spacing and interleaving effects require distinct theoretical bases: A systematic review testing the cognitive load and discriminative-contrast hypotheses. *Educational Psychology Review*, *33*, 1499-1522.
- Chen, W., Wang, X., Gu, X., Chen, J. (2021). The Impacts of Coordinated-Bilateral Ball Skills Intervention on Attention and Concentration, and Cardiorespiratory Fitness among Fourth-Grade Students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(21), 11634.
- Chierchia, G., Fuhrmann, D., Knoll, L. J., Pi-Sunyer, B. P., Sakhardande, A. L., Blakemore, S. J. (2019). The matrix reasoning item bank (MaRs-IB): novel, open-access abstract reasoning items for adolescents and adults. *Royal Society open science*, *6*(10), 190232.

- Chmura P., Rokita A., Popowczak M., Cichy I. (2012), Reactions of the cardiovascular system during physical education classes in first grade primary school children, *Antropomotoryka*, 22 (58), 57-63.
- Chodyna-Santus, M. (2017). Medykalizacja niepowodzeń szkolnych a rynek usług terapeutycznych. Kontrowersje wokół metod terapii. *Przegląd Pedagogiczny*, 2(14), 165-177.
- Choi, B., Leech, K. A., Tager-Flusberg, H., Nelson, C. A. (2018). Development of fine motor skills is associated with expressive language outcomes in infants at high and low risk for autism spectrum disorder. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, 10, 1–11.
- Christ, M., Preuss, A. (2018). Związek leśnych przedszkoli z metodą Marii Montessori. *Edukacja Elementarna w Teorii i Praktyce*, 1, 145-162.
- Cichy I. (2008). Próba określenia sprawności fizycznej z wykorzystaniem piłek edukacyjnych uczniów kończących I klasę szkoły podstawowej. [W:] M.Sekułowicz, J.Kruk-Lasocka, L.Kulmatycki (red.) *Psychomotoryka – ruch pełen znaczeń*. (s. 221-229). Wrocław: Dolnośląska Szkoła Wyższa.
- Cichy, I., Kaczmarczyk, M., Wawrzyniak, S., Kruszwicka, A., Przybyła, T., Klichowski, M., Rokita, A. (2020). Participating in physical classes using Eduball stimulates acquisition of mathematical knowledge and skills by primary school students. *Frontiers in psychology*, 11, 2194.
- Cichy, I., Kruszwicka, A., Kryszman, A., Przybyła, T., Rochatka, W., Szala, E., Wawrzyniak, S., Bronikowski, M., Klichowski, M., Rokita, A. (2022a). Eduball as a method of brain training for lower performing students with dyslexia: A one-year experiment in natural settings. *International Journal on Disability and Human Development*, 19(23), 15540.
- Cichy, I., Kruszwicka, A., Palus, P., Przybyła, T., Schliermann, R., Wawrzyniak, S., Klichowski, M., Rokita, A. (2022b). Physical Education with Eduball Stimulates Non-Native Language Learning in Primary School Students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13), 8192.
- Cichy, I., Kruszwicka, A., Przybyła, T., Rochatka, W., Wawrzyniak, S., Klichowski, M., Rokita, A. (2022c). No Motor Costs of Physical Education with Eduball. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 15430.
- Cichy I., Popowczak M. (2007). Propozycja wykorzystania piłek edukacyjnych na etapie kształcenia zintegrowanego w celu zwiększenia efektywności procesu dydaktycznego.

- [W:] S. Żak, M. Spieszny (red.), *Humanistyczny sens gier z piłką w wychowaniu fizycznym*. (s. 115-120). Wrocław: Międzynarodowe Towarzystwo Naukowe Gier Sportowych.
- Cichy, I., Popowczak, M. (2009). Rozwój psychomotoryczny uczniów kończących pierwszą klasę szkoły podstawowej edukowanych programem tradycyjnym i nietradycyjnym. *Rozprawy Naukowe AWF Wrocław*, 27, 17-23.
- Cichy I., Rokita A. (2012). The use of the "edubal" educational ball in rural and urban primary schools and the physical fitness levels of children. *Human Movement*, 13(3), 247-257.
- Cichy I., Rokita A., Kałużny K., Majorowski M., Popowczak M. (2011). Piłki edukacyjne "edubal" w szkole podstawowej z oddziałami integracyjnymi. *Rozprawy Naukowe AWF we Wrocławiu*, 33, 156-165.
- Cichy I., Rokita A., Popowczak M., Naglak K. (2010). Rozwój psychomotoryczny uczniów pierwszej klasy szkoły podstawowej edukowanych programem tradycyjnym i nietradycyjnym. *Antropomotoryka*, 49, 17-23.
- Cichy, I., Rokita, A., Wolny, M., Popowczak, M. (2015). Effect of physical exercise games and playing with Edubal educational balls on eye-hand coordination in first-year primary school children. *Medicina Dello Sport*, 68, 461-472.
- Cichy I., Rzepa T. (2004). Konstruowanie programu własnego w kształceniu zintegrowanym z wykorzystaniem piłek edukacyjnych. [W:] T. Koszczyc, M. Lewandowski, W. Starościak (red.), *Wychowanie i kształcenie w reformowanej szkole*. (s. 325-329). Wrocław: Wrocławskie Towarzystwo Naukowe.
- Cichy I., Rzepa T. (2005). Próba określenia kompetencji oraz poziomu sprawności ruchowej w kształceniu zintegrowanym z wykorzystaniem piłek edukacyjnych. [W:] R. Bartoszewicz, T. Koszczyc, A. Nowak (red.), *Dydaktyka wychowania fizycznego w świetle współczesnych potrzeb edukacyjnych*. (s. 193-201). Wrocław: Wrocławskie Towarzystwo Naukowe.
- Cirik, V. A., Turkmen, A. S., Ayaz, M. (2022). Effectiveness of stress ball and relaxation exercises on polymerase chain reaction (RRT-PCR) test-induced fear and pain in adolescents in Turkiye. *Journal of Pediatric Nursing*.
- Clarke, A. R., Barry, R. J., Karamacoska, D., Johnstone, S. J. (2019). The EEG theta/beta ratio: a marker of arousal or cognitive processing capacity?. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 44, 123-129.

- Cone, T. P., Werner, P. H., Cone, S. L. (2009). *Interdisciplinary elementary physical education*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Cook, S. W., Fenn, K. M. (2017). The function of gesture in learning and memory. [W:] R. B. Church, M. W. Alibali, S. D. Kelly (red.). *Why Gesture?: How the hands function in speaking, thinking and communicating* (Vol. 7). (s. 129-153). Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.
- Cook, S. W., Goldin-Meadow, S. (2006). The role of gesture in learning: Do children use their hands to change their minds?. *Journal of cognition and development*, 7(2), 211-232.
- Crispiani, P., Mountstephen, M., Palmieri, E. (2019). Early markers of executive functions and their relation to dyslexia: Cross patterns and the level of initial activation. *Asia Pacific Journal of Developmental Differences*, 6(1), 115-126.
- Cybulska-Kłosowicz, A., Kossut, M. (2006). Oddziaływania międzypółkulowe w procesach neuroplastycznych. *Neuropsychiatria i Neuropsychologia*, 1, 15-23.
- Cyran-Prus, M., Matych, E. (2010). Zaburzenia lateralizacji. [W:] E. M. Skorek (red.), *Terapia pedagogiczna. Zaburzenia rozwoju psychoruchowego dzieci*. (s. 73-80). Kraków: Impuls.
- Czabaj, R. (2007). *Ortografitti. Przewodnik dla nauczyciela klas IV-VI szkoły podstawowej*. Gdynia: Operon.
- Czarnecka, K. (2016). Quest, czyli edukacja przez zabawę. Próba wstępnej prezentacji gatunku. *Język. Religia. Tożsamość*, 13(1), 27-42.
- Das, N., Spence, J. S., Aslan, S., Vanneste, S., Mudar, R., Rackley, A., Quiceno, M., Chapman, S. B. (2019). Cognitive training and transcranial direct current stimulation in mild cognitive impairment: a randomized pilot trial. *Frontiers in neuroscience*, 13, 307.
- de Aguiar, V., Zhao, Y., Ficek, B. N., Webster, K., Rofes, A., Wendt, H., Frangakis, C., Caffo, B., Hillis, A. E., Rapp, B., Tsapkini, K. (2020). Cognitive and language performance predicts effects of spelling intervention and tDCS in primary progressive aphasia. *Cortex*, 124, 66-84.
- De Fano, A., Leshem, R., Ben-Soussan, T. D. (2019). Creating an internal environment of cognitive and psycho-emotional well-being through an external movement-based environment: an overview of Quadrato Motor Training. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(12), 2160.
- de Oliveira, R. S., Trezza, B. M., Busse, A. L., Jacob-Filho, W. (2014). Learning effect of computerized cognitive tests in older adults. *Einstein*, 12(2), 149.

- Dedoncker, J., Brunoni, A. R., Baeken, C., Vanderhasselt, M. A. (2016). A systematic review and meta-analysis of the effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) over the dorsolateral prefrontal cortex in healthy and neuropsychiatric samples: influence of stimulation parameters. *Brain stimulation*, 9(4), 501-517.
- DeFelipe, J. (2011). The evolution of the brain, the human nature of cortical circuits, and intellectual creativity. *Frontiers in neuroanatomy*, 5, 29.
- Dege, F. (2021). Music lessons and cognitive abilities in children: How far transfer could be possible. *Frontiers in psychology*, 11, 557807.
- Denek, K. (1998). Krajoznawstwo i turystyka w edukacji wczesnoszkolnej. *Nauczyciel i Szkoła*, 1(4), 14-32.
- Denek, K. (2000). *W kręgu edukacji, krajoznawstwa i turystyki w szkole*. Poznań: Eruditus.
- Denek, K. (2014). Pedagogiczne aspekty zajęć pozalekcyjnych i pozaszkolnych prowadzonych w kontekście krajoznawstwa i turystyki. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 45, 106-118.
- Dennison, P. E. (1981). *Switching on: A guide to Edu-Kinesthetics*. Ventura: Edu-Kinesthetics.
- Desai, R. H., Herter, T., Riccardi, N., Rorden, C., Fridriksson, J. (2015). Concepts within reach: Action performance predicts action language processing in stroke. *Neuropsychologia*, 71, 217-224.
- Diamond, A. (2000). Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. *Child development*, 71(1), 44-56.
- Diamond, A. (2012). Activities and programs that improve children's executive functions. *Current directions in psychological science*, 21(5), 335-341.
- Dinehart, L., Manfra, L. (2013). Associations between low-income children's fine motor skills in preschool and academic performance in second grade. *Early Education and Development*, 24(2), 138-161.
- Domagała, A., Mirecka, U. (2013). *Profil sprawności grafomotorycznych*. Gdańsk: PTPiP.
- Domahs, F., Krinzinger, H., Willmes, K. (2008). Mind the gap between both hands: Evidence for internal finger-based number representations in children's mental calculation. *Cortex*, 44(4), 359-367.
- Domahs, F., Moeller, K., Huber, S., Willmes, K., Nuerk, H. C. (2010). Embodied numerosity: implicit hand-based representations influence symbolic number processing across cultures. *Cognition*, 116(2), 251-266.

- Donahue, C. J., Glasser, M. F., Preuss, T. M., Rilling, J. K., Van Essen, D. C. (2018). Quantitative assessment of prefrontal cortex in humans relative to nonhuman primates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(22), e5183-5192.
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., Lambourne, K., Szabo-Reed, A. N. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: a systematic review. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(6), 1197.
- Donnelly, J. E., Lambourne, K. (2011). Classroom-based physical activity, cognition, and academic achievement. *Preventive medicine*, 52, 36-42.
- Dowker, A., Sarkar, A., Looi, C. Y. (2016). Mathematics anxiety: What have we learned in 60 years?. *Frontiers in psychology*, 7, 508.
- Duszyńska, J., Walczak, S. (2013). The influence of educational kinesiology practice on the effectiveness of vocabulary learning in the foreign language classroom—text before the review. *Przegląd Badań Edukacyjnych*, 2(17), 247-254.
- Dybska-Jakóbkiewicz, I. (2017). Znaczenie wycieczek w szkolnej edukacji geograficznej. *Zeszyty Naukowe. Turystyka i Rekreacja*, 2(20), 107-114.
- Egger, F., Benzing, V., Conzelmann, A., Schmidt, M. (2019). Boost your brain, while having a break! The effects of long-term cognitively engaging physical activity breaks on children's executive functions and academic achievement. *PloS one*, 14(3), e0212482.
- Egger, F., Conzelmann, A., Schmidt, M. (2018). The effect of acute cognitively engaging physical activity breaks on children's executive functions: Too much of a good thing?. *Psychology of sport and exercise*, 36, 178-186.
- Einspieler, C., Bos, A. F., Libertus, M. E., Marschik, P. B. (2016). The general movement assessment helps us to identify preterm infants at risk for cognitive dysfunction. *Frontiers in psychology*, 7, 406.
- Ellis, Y. G., Cliff, D. P., Okely, A. D. (2018). Childcare educators' perceptions of and solutions to reducing sitting time in young children: A qualitative study. *Early Childhood Education Journal*, 46(4), 377-385.
- Emonson, C., Papadopoulos, N., Rinehart, N., Mantilla, A., Fuelscher, I., Boddy, L. M., Pesce, C., McGillivray, J. (2022). The feasibility and acceptability of a classroom-based physical activity program for children attending specialist schools: a mixed-methods pilot study. *BMC public health*, 22(1), 1-19.

- Erickson, K. I., Hillman, C., Kramer, A. F. (2015). Physical activity, brain, and cognition. *Current opinion in behavioral sciences*, 4, 27-32.
- Erickson, K. I., Hillman, C., Stillman, C. M., Ballard, R. M., Bloodgood, B., Conroy, D. E., Macko, R., Marquez, D. X., Petruzzello, S. J. Powell, K. E. (2019). Physical activity, cognition, and brain outcomes: a review of the 2018 physical activity guidelines. *Medicine and science in sports and exercise*, 51(6), 1242.
- Erwin, H., Fedewa, A., Beighle, A., Ahn, S. (2012). A quantitative review of physical activity, health, and learning outcomes associated with classroom-based physical activity interventions. *Journal of Applied School Psychology*, 28(1), 14-36.
- Estevis, E., Basso, M. R., Combs, D. (2012). Effects of practice on the Wechsler Adult Intelligence Scale-IV across 3-and 6-month intervals. *The Clinical Neuropsychologist*, 26(2), 239-254.
- Estrada-Plana, V., Montanera, R., Ibarz-Estruga, A., March-Llanes, J., Vita-Barrull, N., Guzman, N., Ros-Morente., A., Arriola, R. A., Moya-Higueras, J. (2021). Cognitive training with modern board and card games in healthy older adults: two randomized controlled trials. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 36(6), 839-850.
- Eurydice/Komisja Europejska/EACEA. (2013). Physical Education and Sport at School in Europe. Raport Eurydice. Luksemburg: Urząd Publikacji Unii Europejskiej.
- Falbo, S., Condello, G., Capranica, L., Forte, R., Pesce, C. (2016). Effects of physical-cognitive dual task training on executive function and gait performance in older adults: a randomized controlled trial. *BioMed research international*.
- Farthing, J. P., Zehr, E. P. (2014). Restoring symmetry: clinical applications of cross-education. *Exercise and sport sciences reviews*, 42(2), 70-75.
- Ferris, L. T., Williams, J. S., Shen, C. L. (2007). The effect of acute exercise on serum brain-derived neurotrophic factor levels and cognitive function. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(4), 728-734.
- Figeys, M., Zeeman, M., Kim, E. S. (2021). Effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on cognitive performance and cerebral oxygen hemodynamics: A systematic review. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 623315.
- Fijałkowska, A. (2018a). Aktualna ocena poziomu aktywności fizycznej dzieci i młodzieży w wieku 3-19 lat w Polsce. [W:] A. Fijałkowska (red.), Aktualna ocena poziomu aktywności fizycznej dzieci i młodzieży w wieku 3-19 lat w Polsce. Warszawa: Instytut Matki i Dziecka.

- Fijałkowska, A. (2018b). Przedmowa. [W:] A. Fijałkowska (red.), Aktualna ocena poziomu aktywności fizycznej dzieci i młodzieży w wieku 3-19 lat w Polsce. (s. 5-6). Warszawa: Instytut Matki i Dziecka.
- Fijałkowska, A. (2018c). Wnioski i rekomendacje. [W:] A. Fijałkowska (red.), Aktualna ocena poziomu aktywności fizycznej dzieci i młodzieży w wieku 3-19 lat w Polsce. (s. 136-142). Warszawa: Instytut Matki i Dziecka.
- Fijałkowska A., Oblacińska A., Dzielska A., Nałęcz H., Korzycka M., Okulicz-Kozaryn K., Bójko M., Radiukiewicz K. (2022). Zdrowie dzieci w pandemii COVID-19. Warszawa: Instytut Matki i Dziecka.
- Fiori, V., Kunz, L., Kuhnke, P., Marangolo, P., Hartwigsen, G. (2018). Transcranial direct current stimulation (tDCS) facilitates verb learning by altering effective connectivity in the healthy brain. *Neuroimage*, 181, 550-559.
- Fischer, M. H., Brugger, P. (2011). When digits help digits: spatial–numerical associations point to finger counting as prime example of embodied cognition. *Frontiers in psychology*, 2, 260.
- Fischer, M. H., Zwaan, R. A. (2008). Embodied language: A review of the role of the motor system in language comprehension. *Quarterly journal of experimental psychology*, 61(6), 825-850.
- Fischer, U., Suggate, S. P., Schmir, J., Stoeger, H. (2018). Counting on fine motor skills: links between preschool finger dexterity and numerical skills. *Developmental science*, 21(4), e12623.
- Fischer, U., Suggate, S. P., Stoeger, H. (2020). The implicit contribution of fine motor skills to mathematical insight in early childhood. *Frontiers in Psychology*, 11, 1143.
- Floel, A. (2014). tDCS-enhanced motor and cognitive function in neurological diseases. *Neuroimage*, 85, 934-947.
- Foley, R. A. (2016). Mosaic evolution and the pattern of transitions in the hominin lineage. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1698), 20150244.
- Fox, J., Weisberg, S. (2020). *car: Companion to Applied Regression*. [pakiet R]. Pobrane z <https://cran.r-project.org/package=car> [dostęp: 16 stycznia 2023].
- Friedrich, R.M., Friederici, A.D. (2013). Mathematical logic in the human brain: semantics. *PLoS One*, 8(1): e53699.

- Friebs, M. A., Frings, C., Hartwigsen, G. (2021). Effects of single-session transcranial direct current stimulation on reactive response inhibition. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 128, 749-765.
- Gabric, P., Banda, M., Karavanic, I. (2021). Cognitive performance and specific aspects of language processing are associated with Oldowan-like chert flaking and retouch. *PsyArXiv*.
- Gallahue, D. L., Ozmun, J. C., Goodway, J. (2011). *Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults*. Nowy Jork, NY: McGraw-Hill Education.
- Galli, G., Vadillo, M. A., Sirota, M., Feurra, M., Medvedeva, A. (2019). A systematic review and meta-analysis of the effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on episodic memory. *Brain stimulation*, 12(2), 231-241.
- Gallotta, M. C., Emerenziani, G. P., Franciosi, E., Meucci, M., Guidetti, L., Baldari, C. (2015). Acute physical activity and delayed attention in primary school students. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25(3), e331-e338.
- Gallotta, M. C., Guidetti, L., Franciosi, E., Emerenziani, G. P., Bonavolonta, V., Baldari, C. (2012). Effects of varying type of exertion on children's attention capacity. *Medicine and science in sports and exercise*, 44(3), 550-555.
- Garstka, T. (2016). *Psychopedagogiczne mity: jak zachować naukowy sceptycyzm w edukacji i wychowaniu*. Warszawa: Wolters Kluwer.
- Gashaj, V., Oberer, N., Mast, F. W., Roebers, C. M. (2019). The relation between executive functions, fine motor skills, and basic numerical skills and their relevance for later mathematics achievement. *Early education and development*, 30(7), 913-926.
- Gervasi, A. M., D'Urso, G., Pace, U., Sberna, A., Caramanna, E., Rizza, L., Esposito, A., Passanisi, A. (2020). The role of physical activity and brain training on cognitive functions and well-being in older adults. *Life Span and Disability*, 23(1), 65-83.
- Ghai, S., Ghai, I., Effenberg, A. O. (2017). Effects of dual tasks and dual-task training on postural stability: a systematic review and meta-analysis. *Clinical interventions in aging*, 12, 557-577.
- Gheysen, F., Poppe, L., DeSmet, A., Swinnen, S., Cardon, G., De Bourdeaudhuij, I., Chastin, S., Fias, W. (2018). Physical activity to improve cognition in older adults: can physical activity programs enriched with cognitive challenges enhance the effects? A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 15(1), 1-13.

- Giandomenico, S. L., Lancaster, M. A. (2017). Probing human brain evolution and development in organoids. *Current opinion in cell biology*, 44, 36-43.
- Gieroba, B. (2019). Wpływ aktywności fizycznej na zdrowie psychiczne i funkcje poznawcze. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 25(3), 153-161.
- Gilmore, J.H., Knickmeyer, R.C., Gao, W. (2018). Imaging structural and functional brain development in early childhood. *Nature Reviews Neuroscience*, 19(3), 123–137.
- Glapa, A., Grzesiak, J., Laudanska-Krzeminska, I., Chin, M. K., Edginton, C. R., Mok, M. M. C., Bronikowski, M. (2018). The impact of brain breaks classroom-based physical activities on attitudes toward physical activity in polish school children in third to fifth grade. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(2), 368.
- Goldin-Meadow, S. (2011). Learning through gesture. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 2(6), 595-607.
- Goldin-Meadow, S. (2014). How gesture helps children learn language. [W:] I. Arnon, M. Tice, C. Kurumada, B. Estigarribia (red.), *Language in interaction: Studies in honor of Eve V. Clark*. (s. 157-171). Amsterdam: John Benjamins.
- Goldin-Meadow, S., Brentari, D. (2017). Gesture, sign, and language: The coming of age of sign language and gesture studies. *Behavioral and Brain Sciences*, 40, e46.
- Goldstein, A., Revivo, K., Kreitler, M., Metuki, N. (2010). Unilateral muscle contractions enhance creative thinking. *Psychonomic bulletin & review*, 17(6), 895-899.
- Gomez-Robles, A., Hopkins, W. D., Sherwood, C. C. (2014). Modular structure facilitates mosaic evolution of the brain in chimpanzees and humans. *Nature communications*, 5(1), 1-9.
- Gonzalez, S. L., Alvarez, V., Nelson, E. L. (2019). Do gross and fine motor skills differentially contribute to language outcomes? A systematic review. *Frontiers in psychology*, 10, 2670.
- Gonzalez-Forero, M., Gardner, A. (2018). Inference of ecological and social drivers of human brain-size evolution. *Nature*, 557(7706), 554-557.
- Goodmon, L. B., Leverett, R., Royer, A., Hillard, G., Tedder, T., Rakes, L. (2014). The Effect of Therapy Balls on the Classroom Behavior and Learning of Children with Dyslexia. *Journal of Research in Education*, 24(2), 124-145.
- Gracia-Bafalluy, M., Noel, M.-P. (2008). Does finger training increase young children's numerical performance? *Cortex*, 44(4), 368–375.

- Grissmer, D., Grimm, K. J., Aiyer, S. M., Murrah, W. M., Steele, J. S. (2010). Fine motor skills and early comprehension of the world: two new school readiness indicators. *Developmental psychology*, 46(5), 1008.
- Gromkowska-Melosik, A. (2017). *Testy edukacyjne: Studium dynamiki selekcji i socjalizacji*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza.
- Grzywniak, C. (2006). *Kinezylogia edukacyjna – metoda wspomagania rozwoju i terapii psychomotorycznej*. Kraków: Wydawnictwo Naukowe Akademii Pedagogicznej.
- Grzywniak, C. (2012). *Stymulacja rozwoju dzieci z trudnościami w uczeniu się – nowe tendencje*. Kraków: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Pedagogicznego.
- Grzywniak, C. (2013). Możliwości wykorzystania psychomotoryki w stymulacji rozwoju dzieci oraz młodzieży. *Rocznik Komisji Nauk Pedagogicznych*. T. 66.
- Hafez, R. (2017). Effect of Brain Gym on manipulating skills and balance for beginners in rhythmic gymnastics. *Science, Movement, and Health*, 17(1).
- Hallal, P. C., Andersen, L. B., Bull, F. C., Guthold, R., Haskell, W., Ekelund, U., Lancet Physical Activity Series Working Group. (2012). Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. *The Lancet*, 380(9838), 247-257.
- Halley, A. C., Deacon, T. W. (2017). The developmental basis of evolutionary trends in primate encephalization. [W:] J. Kaas, L. Krubitzer (red.), *Evolution of nervous systems*. (s. 149-162). Oxford, UK: Elsevier.
- Halley, A. C., Krubitzer, L. (2019). Not all cortical expansions are the same: the coevolution of the neocortex and the dorsal thalamus in mammals. *Current opinion in neurobiology*, 56, 78-86.
- Harford, Z. (2022). Reflections on Veronica Sherborne and the practical application of the Sherborne Developmental Movement. *Body, Movement and Dance in Psychotherapy*, 1-9.
- Harle, K. M., Sanfey, A. G. (2015). Unilateral hand contractions produce motivational biases in social economic decision making. *Neuropsychology*, 29(1), 76.
- Hartmann, M., Singer, S., Savic, B., Muri, R. M., Mast, F. W. (2020). Anodal high-definition transcranial direct current stimulation over the posterior parietal cortex modulates approximate mental arithmetic. *Journal of cognitive neuroscience*, 32(5), 862-876.
- Have, M., Nielsen, J. H., Ernst, M. T., Gejl, A. K., Fredens, K., Grontved, A., Kristensen, P. L. (2018). Classroom-based physical activity improves children's math achievement—A randomized controlled trial. *PloS one*, 13(12), e0208787.

- Haverkamp, B. F., Wiersma, R., Vertessen, K., van Ewijk, H., Oosterlaan, J., Hartman, E. (2020). Effects of physical activity interventions on cognitive outcomes and academic performance in adolescents and young adults: A meta-analysis. *Journal of sports sciences*, 38(23), 2637-2660.
- Haynes IV, J. T., Frith, E., Sng, E., Loprinzi, P. D. (2019). Experimental effects of acute exercise on episodic memory function: considerations for the timing of exercise. *Psychological reports*, 122(5), 1744-1754.
- Heisz, J. J., Clark, I. B., Bonin, K., Paolucci, E. M., Michalski, B., Becker, S., Fahnestock, M. (2017). The effects of physical exercise and cognitive training on memory and neurotrophic factors. *Journal of cognitive neuroscience*, 29(11), 1895-1907.
- Hill, A. T., Fitzgerald, P. B., Hoy, K. E. (2016). Effects of anodal transcranial direct current stimulation on working memory: a systematic review and meta-analysis of findings from healthy and neuropsychiatric populations. *Brain stimulation*, 9(2), 197-208.
- Hillman, C. H., Kamijo, K., Scudder, M. (2011). A review of chronic and acute physical activity participation on neuroelectric measures of brain health and cognition during childhood. *Preventive medicine*, 52, 21-28.
- Hillman, C. H., Logan, N. E., Shigeta, T. T. (2019). A review of acute physical activity effects on brain and cognition in children. *Translational Journal of the American College of Sports Medicine*, 4(17), 132-136.
- Hirao, T., Masaki, H. (2018). Effects of unilateral hand contraction on the persistence of hemispheric asymmetry of cortical activity. *Journal of Psychophysiology*, 33, 119-126.
- Hirsh, A. (2018). Technology on the Run: Promoting Active Behavior in Diverse ICT-Supported Physical Education Classes. *Studia Edukacyjne*, 47, 343-359.
- Hływa, R. (2010). Wczesne przejawy opóźnienia rozwoju ruchowego dzieci –zasady i sposoby ich usprawniania. [W:] E. M. Skorek (red.), *Terapia pedagogiczna. Zaburzenia rozwoju psychoruchowego dzieci*. (s. 91-100). Kraków: Impuls.
- Hoad, C., Deed, C., Lugg, A. (2013). The potential of humor as a trigger for emotional engagement in outdoor education. *Journal of Experiential Education*, 36(1), 37-50.
- Hofman, M. A. (2014). Evolution of the human brain: when bigger is better. *Frontiers in neuroanatomy*, 8, 15.
- Horvath, J. C., Forte, J. D., and Carter, O. (2015). Evidence that transcranial direct current stimulation (tDCS) generates little-to-no reliable neurophysiologic effect beyond MEP

- amplitude modulation in healthy human subjects: a systematic review. *Neuropsychologia* 66, 213–236.
- Hoskens, M. C., Bellomo, E., Uiga, L., Cooke, A., Masters, R. S. (2020). The effect of unilateral hand contractions on psychophysiological activity during motor performance: Evidence of verbal-analytical engagement. *Psychology of Sport and Exercise*, 48, 101668.
- Hoskens, M. C, Uiga, L., Cooke, A., Capio, C. M., Masters, R. S. (2021). The effects of unilateral hand contractions on conscious control in early motor learning. *The Journal of Sport and Exercise Science*, 5(1).
- Houwen, S., Visser, L., van der Putten, A., Vlaskamp, C. (2016). The interrelationships between motor, cognitive, and language development in children with and without intellectual and developmental disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, 53, 19-31.
- Howard-Jones, P. (2014a). Neuroscience and education: A review of educational interventions and approaches informed by neuroscience. *Education Endowment Foundation, Millbank, UK*.
- Howard-Jones, P. A. (2014b). Neuroscience and education: myths and messages. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(12), 817-824.
- Howie, E. K., Newman-Norlund, R. D., Pate, R. R. (2014). Smiles count but minutes matter: responses to classroom exercise breaks. *American journal of health behavior*, 38(5), 681-689.
- Howie, E. K., Schatz, J., Pate, R. R. (2015). Acute effects of classroom exercise breaks on executive function and math performance: A dose–response study. *Research quarterly for exercise and sport*, 86(3), 217-224.
- Hsu, W. Y., Zanto, T. P., Anguera, J. A., Lin, Y. Y., Gazzaley, A. (2015). Delayed enhancement of multitasking performance: effects of anodal transcranial direct current stimulation on the prefrontal cortex. *Cortex*, 69, 175-185.
- Huk, T. (2019). The social context of the benefits achieved in eSport. *The New Educational Review* 55(1), 160-169.
- Hussein, Z. A., Abdel-Aty, S. A. R., Elmeniaawy, G. H., Mahgoub, E. A. M. (2020). Defects of motor performance in children with different types of specific learning disability. *Drug Invention Today*, 14(2), 302-308.
- Hwang, J., Brothers, R. M., Castelli, D. M., Glowacki, E. M., Chen, Y. T., Salinas, M. M., Kim, J., Jung, Y., Calvert, H. G. (2016). Acute high-intensity exercise-induced cognitive

- enhancement and brain-derived neurotrophic factor in young, healthy adults. *Neuroscience letters*, 630, 247-253.
- Hyatt, K. J. (2007). Brain Gym®: Building Stronger Brains or Wishful Thinking? *Remedial and Special Education*, 28(2), 117-124.
- Infantes-Paniagua, A., Silva, A. F., Ramirez-Campillo, R., Sarmiento, H., Gonzalez-Fernandez, F. T., Gonzalez-Villora, S., Clemente, F. M. (2021). Active school breaks and students' attention: A systematic review with meta-analysis. *Brain Sciences*, 11(6), 675.
- Institute of Medicine and National Research Council (2015). Transforming the Workforce for Children Birth Through Age 8: A Unifying Foundation. Washington, DC: National Academies Press.
- Iverson, J. M. (2022). Developing language in a developing body, revisited: The cascading effects of motor development on the acquisition of language. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 13(6), e1626.
- Iwanicka, A. (2019). Nowe technologie w pracy nauczyciela edukacji wczesnoszkolnej. Raport z badań. *Studia Edukacyjne*, 54, 283-296.
- Jaeggi, S.M., Buschkuhl, M., Shah, P., Jonides, J. (2014). The role of individual differences in cognitive training and transfer. *Memory & Cognition*, 42, 464-480.
- Jager, K., Schmidt, M., Conzelmann, A., Roebers, C. M. (2014). Cognitive and physiological effects of an acute physical activity intervention in elementary school children. *Frontiers in psychology*, 5, 1473.
- Jager, K., Schmidt, M., Conzelmann, A., Roebers, C. M. (2015). The effects of qualitatively different acute physical activity interventions in real-world settings on executive functions in preadolescent children. *Mental Health and Physical Activity*, 9, 1-9.
- Jalilinasab, S., Saemi, E., Abedanzadeh, R. (2021). Fundamental motor and social skills of children: The role of Brain Gym exercise. *Early Child Development and Care*, 1-12.
- Jarvis, E. D. (2019). Evolution of vocal learning and spoken language. *Science*, 366(6461), 50-54.
- Jaśkowski, P. (2009). *Neuronauka poznawcza: jak mózg tworzy umysł*. Warszawa: Vizja Press.
- Jelinek, J. A. (2020). Oddziaływanie mediów na rozwój poznawczy dziecka. [W:] N. Bednarska (red.), *Dziecko – media – rozwój. O konsekwencjach obecności mediów w życiu dziecka*. (s. 63-95). Warszawa: Wydawnictwo Akademii Pedagogiki Specjalnej.

- Jodkowska, M., Korzycka, M. (2018). Aktywność fizyczna dzieci w wieku wczesnoszkolnym w świetle badań COSI 2016. [W:] A. Fijałkowska (red.), Aktualna ocena poziomu aktywności fizycznej dzieci i młodzieży w wieku 3-19 lat w Polsce. (s. 78-88). Warszawa: Instytut Matki i Dziecka.
- Jodkowska, M., Oblacińska, A. (2015). Aktywność ruchowa dziecka – naturalną potrzebą. [W:] H. Weker (red.), *O żywieniu i aktywności fizycznej dzieci. Prosto, nowocześnie, praktycznie*. (s. 44-49). Warszawa: Miasto Stołeczne Warszawa.
- Jodkowska, M., Oblacińska, A. (2018). Środowisko szkolne w aspekcie aktywności fizycznej w zależności od lokalizacji szkoły na podstawie badań WHO European Childhood Obesity Surveillance Initiative (COSI). [W:] A. Fijałkowska (red.), Aktualna ocena poziomu aktywności fizycznej dzieci i młodzieży w wieku 3-19 lat w Polsce. (s. 89-93). Warszawa: Instytut Matki i Dziecka.
- Jodkowska, M., Oblacińska, A., Barańska, M. (2015). Aktywność ruchowa dziecka – czas wspólnej zabawy. [W:] H. Weker (red.), *O żywieniu i aktywności fizycznej dzieci. Prosto, nowocześnie, praktycznie*. (s. 96-101). Warszawa: Miasto Stołeczne Warszawa.
- Jonker, T. R., Seli, P., Cheyne, J. A., Smilek, D. (2013). Performance reactivity in a continuous-performance task: Implications for understanding post-error behavior. *Consciousness and cognition*, 22(4), 1468-1476.
- Jordan, O. R. C., Infantes-Paniagua, A. (2021). Fine Motor Skills and Academic Achievement: Special Consideration to Graphomotor Skills. [W:] P. Gil-Madrona (red.), *Physical Education Initiatives for Early Childhood Learners*. (s. 55-69). IGI Global.
- Jurigova, B. G., Gerdes, M. R., Anguera, J. A., Marco, E. J. (2021). Sustained benefits of cognitive training in children with inattention, three-year follow-up. *PLoS one*, 16(2), e0246449.
- Jordan-Black, J. A. (2005). The effects of the Primary Movement programme on the academic performance of children attending ordinary primary school. *Journal of Research in Special Educational Needs*, 5(3), 101-111.
- Kahrs, B. A., Jung, W. P., Lockman, J. J. (2014). When does tool use become distinctively human? Hammering in young children. *Child Development*, 85(3), 1050-1061.
- Kang, M. J., Kim, S. M., Han, S. E., Bae, J. H., Yu, W. J., Park, M. Y., Ku, K., Yang, Y. (2019). Effect of paper-based cognitive training in early stage of Alzheimer's dementia. *Dementia and Neurocognitive Disorders*, 18(2), 62-68.

- Kao, C. C., Chiu, H. L., Liu, D., Chan, P. T., Tseng, J., Chen, R., Niu, S. F., Chou, K. R. (2018). Effect of interactive cognitive motor training on gait and balance among older adults: a randomized controlled trial. *International journal of nursing studies*, 82, 121-128.
- Kapler, I. V., Weston, T., Wiseheart, M. (2015). Spacing in a simulated undergraduate classroom: Long-term benefits for factual and higher-level learning. *Learning and Instruction*, 36, 38-45.
- Karbach, J., Unger, K. (2014). Executive control training from middle childhood to adolescence. *Frontiers in psychology*, 5, 390.
- Kasperska, K., Białoszewski, D. (2009). Przydatność piłek edukacyjnych edubal w zwiększeniu aktywności fizycznej i intelektualnej dzieci niepełnosprawnych w aspekcie nowoczesnego kształcenia studentów fizjoterapii. *Medycyna Dydaktyka Wychowanie*, 5.
- Ke, Y., Wang, N., Du, J., Kong, L., Liu, S., Xu, M., An, X., Ming, D. (2019). The effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on working memory training in healthy young adults. *Frontiers in human neuroscience*, 13, 19.
- Kerby, D. S. (2014). The simple difference formula: An approach to teaching nonparametric correlation. *Comprehensive Psychology*, 3, 2165–2228.
- Kibbe, D. L., Hackett, J., Hurley, M., McFarland, A., Schubert, K. G., Schultz, A., Harris, S. (2011). Ten Years of TAKE 10!®: Integrating physical activity with academic concepts in elementary school classrooms. *Preventive medicine*, 52, 43-50.
- Kiefer, M., Pulvermuller, F. (2012). Conceptual representations in mind and brain: Theoretical developments, current evidence and future directions. *cortex*, 48(7), 805-825.
- Kim, J. (2015). Physical activity benefits creativity: squeezing a ball for enhancing creativity. *Creativity Research Journal*, 27(4), 328-333.
- Kirby, K. M., Pillai, S. R., Carmichael, O. T., Van Gemmert, A. W. (2019). Brain functional differences in visuo-motor task adaptation between dominant and non-dominant hand training. *Experimental Brain Research*, 237(12), 3109-3121.
- Kirk, H. E., Gray, K., Riby, D. M., Cornish, K. M. (2015). Cognitive training as a resolution for early executive function difficulties in children with intellectual disabilities. *Research in developmental disabilities*, 38, 145-160.
- Kleszczewska, D., Dzielska, A. (2018). Aktywność fizyczna młodzieży. [W:] J. Mazur, A. Małkowska-Szcutnik (red.), *Zdrowie uczniów w 2018 roku na tle nowego modelu badań*. (s. 87-92). Warszawa: Instytut Matki i Dziecka.

- Klichowski, M., Króliczak, G. (2017). Numbers and functional lateralization: a visual half-field and dichotic listening study in proficient bilinguals. *Neuropsychologia*, 100, 93–109.
- Klichowski, M., Króliczak, G. (2020). Mental shopping calculations: a transcranial magnetic stimulation study. *Frontiers in Psychology*, 11:1930.
- Klichowski, M., Nowik, A., Kroliczak, G., Lewis, J. (2020). Functional lateralization of tool-sound and action-word processing in a bilingual brain. *Health Psychology Report*, 8, 10–30.
- Klichowski, M., Patrício, C. (2017). Does the human brain really like ICT tools and being outdoors? A brief overview of the cognitive neuroscience perspective of the CyberParks concept. [W:] A. Zammit, T. Kenna (red.), *Enhancing Places through Technology. Proceedings from the ICiTy Conference*. (s. 223-239). Malta: Edicoes Universitanas Lusofonas.
- Klichowski, M., Przybyła, T. (2017). Does cyberspace increase young children's numerical performance? A brief overview from the perspective of cognitive neuroscience. [W:] H. Krauze-Sikorska, M. Klichowski (red.), *Świat małego dziecka. Przestrzeń instytucji, cyberprzestrzeń i inne przestrzenie dzieciństwa*. (s. 425-444). Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM.
- Klichowski, M., Pyżalski, J., Kuszak, K., Klichowska, A. (2017). Jak technologie informacyjno-komunikacyjne mogą wspierać rozwój dziecka w wieku przedszkolnym? Studium teoretyczne. [W:] J. Pyżalski (red.), *Małe dzieci w świecie technologii informacyjno-komunikacyjnych – pomiędzy utopijnymi szansami a przesadzonymi zagrożeniami*. (s. 115-157). Łódź: Wydawnictwo Eter.
- Klichowski, M., Wicher, A., Kruszwicka, A., Gołbiewski, R. (2023). Reverse effect of home-use binaural beats brain stimulation. *Scientific Reports* [w recenzji].
- Kluba, L., Tabak, I., Oblacińska, A. (2015a). Aktywność ruchowa dziecka – zabawy wspierające jego rozwój fizyczny. [W:] H. Weker (red.), *O żywieniu i aktywności fizycznej dzieci. Prosto, nowocześnie, praktycznie*. (s. 136-141) Warszawa: Miasto Stołeczne Warszawa.
- Kluba, L., Tabak, I., Oblacińska, A. (2015b). Aktywność fizyczna dzieci w wieku szkolnym – zabawy ruchowe, sport, rekreacja. H. Weker (red.), *O żywieniu i aktywności fizycznej dzieci. Prosto, nowocześnie, praktycznie*. (s. 180-189). Warszawa: Miasto Stołeczne Warszawa.

- Klus-Stańska, D. (2015a). Dezintegracja tożsamości i wiedzy jako proces i efekt edukacji wczesnoszkolnej. [W:] D. Klus-Stańska (red.), *(Anty)edukacja wczesnoszkolna*. (s. 24-60). Kraków: Impuls.
- Klus-Stańska, D. (2015b). Wprowadzenie. [W:] D. Klus-Stańska (red.), *(Anty)edukacja wczesnoszkolna*. (s. 15-23). Kraków: Impuls.
- Ko, E. J., Sung, I. Y., Yuk, J. S., Jang, D. H., Yun, G. (2020). A tablet computer-based cognitive training program for young children with cognitive impairment: A randomized controlled trial. *Medicine*, 99(12).
- Kontra, C., Goldin-Meadow, S., Beilock, S. L. (2012). Embodied learning across the life span. *Topics in cognitive science*, 4(4), 731-739.
- Korab, K. (2008a). Jak dobrze, iż w końcu uczeni zabrali głos... [W:] K. Korab, R. Borowiecka, E. Petrykiewicz (red.), *Kinezylogia edukacyjna. Nauka, pseudonauka czy manipulacja?* Warszawa: Instytut Badań Edukacyjnych.
- Korab, K. (2008b). Kinezylogia edukacyjna: nauka, pseudonauka czy manipulacja? Analiza z zakresu socjologii i komunikacji społecznej. [W:] K. Korab, R. Borowiecka, E. Petrykiewicz (red.), *Kinezylogia edukacyjna. Nauka, pseudonauka czy manipulacja?* Warszawa: Instytut Badań Edukacyjnych.
- Korwin-Szymanowska, E. (2017). Doświadczenie w świetle edukacji dla zrównoważonego rozwoju – w stronę paradygmatu uczenia się. [W:] J. Bałachowicz, A. Korwin-Szymanowska, E. Lewandowska, A. Witkowska-Tomaszewska, A. *Zrozumieć uczenie się: zmienić wczesną edukację*. (s. 167-190). Warszawa: Wydawnictwo Akademii Pedagogiki Specjalnej.
- Koszczyk M., Rokita A., Surynt A. (2004). Propozycja wykorzystania piłek edukacyjnych w procesie kształcenia i wychowania dzieci w młodszym wieku szkolnym. [W:] T. Koszczyk, M. Lewandowski, W. Starościak (red.), *Wychowanie i kształcenie w reformowanej szkole*. (s. 343-348). Wrocław: Wrocławskie Towarzystwo Naukowe.
- Kot-Bryćko, K., Pietraszkiewicz, F., Piotrowska, U. (2017). Aktywność fizyczna a łagodne zaburzenia poznawcze. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 23, 129-133.
- Krajewski J., Cichy I. (2009). Piłki edukacyjne "Edubal" w przedszkolu integracyjnym. *Rozprawy Naukowe AWF we Wrocławiu*, 28, 375-380.
- Kraś, J. (2008). Reforma systemu oświaty w III RP – założenia i realizacja. *Resovia Sacra. Studia Teologiczno-Filozoficzne Diecezji Rzeszowskiej*, 14-15.

- Krefta, M., Michałowski, B., Kowalczyk, J., Króliczak, G. (2015). Co-lateralized bilingual mechanisms for reading in single and dual language contexts: evidence from visual half-field processing of action words in proficient bilinguals. *Frontiers in psychology*, 6, 1159.
- Krempa, B. (2010). Rola ruchu w procesie nauczania i terapii dziecka. [W:] E. M. Skorek (red.), *Terapia pedagogiczna. Zaburzenia rozwoju psychoruchowego dzieci*. (s. 81-84). Kraków: Impuls.
- Krinzinger, H., Koten, J. W., Horoufchin, H., Kohn, N., Arndt, D., Sahr, K., Konrad, K., Willmes, K. (2011). The role of finger representations and saccades for number processing: an fMRI study in children. *Frontiers in Psychology*, 2, 373.
- Króliczak, G., Buchwald, M., Kleka, P., Klichowski, M., Potok, W., Nowik, A. N., Randerath, J., Piper, B. J. (2021). Manual praxis and language-production networks, and their links to handedness. *Cortex*, 140, 110-127.
- Króliczak, G., McAdam, T. D., Quinlan, D. J., Culham, J. C. (2008). The human dorsal stream adapts to real actions and 3D shape processing: a functional magnetic resonance imaging study. *Journal of neurophysiology*, 100(5), 2627-2639.
- Króliczak, G., Piper, B., Potok, W., Buchwald, M., Kleka, P., Przybylski, Ł., Styrcowicz, P. P. (2020). Praxis and language organization in left-handers. *Acta Neuropsychologica*, 18, 15-28.
- Krubitzer, L., Campi, K. L., Cooke, D. F. (2011). All rodents are not the same: a modern synthesis of cortical organization. *Brain, behavior and evolution*, 78(1), 51-93.
- Krubitzer, L. A., Seelke, A. M. (2012). Cortical evolution in mammals: the bane and beauty of phenotypic variability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(supplement_1).
- Kruk, J. (2015). Dezintegracja szkolnego środowiska oraz możliwości jego harmonizowania z infrastrukturą pozaszkolną. W: D. Klus-Stańska (red.), *(Anty)edukacja wczesnoszkolna*. Kraków: Impuls.
- Krysmann A., Rokita A. (2011). Wykorzystanie piłek edukacyjnych "edubal" w kształceniu zintegrowanym a nabywanie umiejętności czytania i pisania uczniów w klasie III terapeutycznej szkoły podstawowej. *Rozprawy Naukowe AWF we Wrocławiu*, 33, 166-177.
- Krzystanek, M., Krysta, K., Borkowski, M., Skałacka, K., Przybyło, J., Pałasz, A., Mucic, D., Martyniak, E., Waszkiewicz, N. (2020). The effect of smartphone-based cognitive training on the functional/cognitive markers of schizophrenia: a one-year randomized study. *Journal of clinical medicine*, 9(11), 3681. Kubiak A., Króliczak G., 2016, Left Extrastriate

- Body Area is Sensitive to the Meaning of Symbolic Gesture: Evidence from fMRI Repetition Suppression, *Scientific Reports*, 6: 31064.
- Kucian, K., Cohen Kadosh, R. (2022). Neurocognitive Interventions to Foster Mathematical Learning. [W:] M. Danesi (red.) *Handbook of Cognitive Mathematics*, (s. 1-27). Springer Cham.
- Kułakowska, Z. (2008). Dysharmonia rozwojowa. Fakty neuropediatryczne wobec zapewnień kinezylogii edukacyjnej. [W:] K. Korab, R. Borowiecka, E. Petrykiewicz (red.), *Kinezylogia edukacyjna. Nauka, pseudonauka czy manipulacja?* Warszawa: Instytut Badań Edukacyjnych.
- Kuo, C. H. (1999). The use of personal pronouns: Role relationships in scientific journal articles. *English for specific purposes*, 18(2), 121-138.
- Kurowska, K. (2018). Nieprawidłowy rozwój psychomotoryczny dzieci. Część I: podstawowa definicja i informacje. *Pediatrics i Medycyna Rodzinna*, 14(2), 143-150.
- Lai, N. K., Ang, T. F., Por, L. Y., Liew, C. S. (2018). The impact of play on child development-a literature review. *European Early Childhood Education Research Journal*, 26(5), 625-643.
- Lauenroth, A., Ioannidis, A. E., Teichmann, B. (2016). Influence of combined physical and cognitive training on cognition: a systematic review. *BMC geriatrics*, 16(1), 1-14.
- Law, L. L., Barnett, F., Yau, M. K., Gray, M. A. (2014). Effects of combined cognitive and exercise interventions on cognition in older adults with and without cognitive impairment: a systematic review. *Ageing research reviews*, 15, 61-75.
- Lazzaro, G., Fucà, E., Caciolo, C., Battisti, A., Costanzo, F., Varuzza, C., Vicari, S., Menghini, D. (2022). Understanding the Effects of Transcranial Electrical Stimulation in Numerical Cognition: A Systematic Review for Clinical Translation. *Journal of Clinical Medicine*, 11(8), 2082.
- Lazzaro, G., Bertoni, S., Menghini, D., Costanzo, F., Franceschini, S., Varuzza, C., Ronconi, L., Battisti, A., Gori, S., Facoetti, A., Vicari, S. (2021). Beyond reading modulation: temporo-parietal tDCS alters visuo-spatial attention and motion perception in dyslexia. *Brain Sciences*, 11(2), 263.
- Lazzaro, G., Costanzo, F., Varuzza, C., Rossi, S., Vicari, S., Menghini, D. (2021). Effects of a short, intensive, multi-session tDCS treatment in developmental dyslexia: Preliminary results of a sham-controlled randomized clinical trial. *Progress in Brain Research*, 264, 191-210.

- Le, M., Quemart, P., Potocki, A., Gimenes, M., Chesnet, D., Lambert, E. (2021). Modeling the influence of motor skills on literacy in third grade: Contributions of executive functions and handwriting. *Plos one*, 16(11), e0259016.
- Leach, R. C., McCurdy, M. P., Trumbo, M. C., Matzen, L. E., Leshikar, E. D. (2019). Differential age effects of transcranial direct current stimulation on associative memory. *The Journals of Gerontology: Series B*, 74(7), 1163-1173.
- LeBarton, E. S., Goldin-Meadow, S., Raudenbush, S. (2015). Experimentally induced increases in early gesture lead to increases in spoken vocabulary. *Journal of Cognition and Development*, 16(2), 199-220.
- Lebel, C., Deoni, S. (2018). The development of brain white matter microstructure. *Neuroimage*, 182, 207-218.
- Lengel, T., Kuczala, M. (2010). *The kinesthetic classroom: Teaching and learning through movement*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Lenth, R. (2020). *emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means*. [pakiet R]. Pobrane z <https://cran.r-project.org/package=emmeans> [dostęp: 16 stycznia 2023].
- Leonard, H. C., Hill, E. L. (2014). The impact of motor development on typical and atypical social cognition and language: A systematic review. *Child and Adolescent Mental Health*, 19(3).
- Lesciotto, K. M., Richtsmeier, J. T. (2019). Craniofacial skeletal response to encephalization: How do we know what we think we know?. *American Journal of Physical Anthropology*, 168, 27-46.
- Libertus, K., Hauf, P. (2017). Motor skills and their foundational role for perceptual, social, and cognitive development. *Frontiers in psychology*, 8, 301.
- Lipowska, M., Łada, A. B., Pawlicka, P., Jurek, P. (2019). The use of the Warnke Method in dyslexia therapy for children. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 64, 101060.
- Loprinzi, P. D., Frith, E. (2019). A brief primer on the mediational role of BDNF in the exercise-memory link. *Clinical physiology and functional imaging*, 39(1), 9-14.
- Luo, Z., Jose, P. E., Huntsinger, C. S., Pigott, T. D. (2007). Fine motor skills and mathematics achievement in East Asian American and European American kindergartners and first graders. *British Journal of Developmental Psychology*, 25(4), 595-614.
- Lussier, M., Brouillard, P., Bherer, L. (2017). Limited benefits of heterogeneous dual-task training on transfer effects in older adults. *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 72(5), 801-812.

- Luttenberger, S., Wimmer, S., Paechter, M. (2018). Spotlight on math anxiety. *Psychology research and behavior management*, 11, 311.
- Łobocki, M. (2001). *Wprowadzenie do metodologii badań pedagogicznych*. Kraków: Oficyna Wydawnicza Impuls.
- Ma, J. K., Le Mare, L., Gurd, B. J. (2015a). Four minutes of in-class high-intensity interval activity improves selective attention in 9-to 11-year olds. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 40(3), 238-244.
- Ma, J. K., Sures, S., Gurd, B. J. (2015b). FUNtervals: Fit Breaks in Fewer than Five! Editor: Ferman Konukman. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 86(8), 50-52.
- Macdonald, K., Milne, N., Orr, R., Pope, R. (2018). Relationships between motor proficiency and academic performance in mathematics and reading in school-aged children and adolescents: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(8), 1603.
- Macdonald, K., Milne, N., Orr, R., Pope, R. (2020). Associations between motor proficiency and academic performance in mathematics and reading in year 1 school children: a cross-sectional study. *BMC Pediatrics*, 20(1), 1-11.
- Macdonald, K., Milne, N., Pope, R., Orr, R. (2021). Factors influencing the provision of classroom-based physical activity to students in the early years of primary school: A survey of educators. *Early Childhood Education Journal*, 49(3), 361-373.
- Macedonia, M. (2014). Bringing back the body into the mind: gestures enhance word learning in foreign language. *Frontiers in psychology*, 5, 1467.
- Magistro, D., Cooper, S. B., Carlevaro, F., Marchetti, I., Magno, F., Bardaglio, G., Musella, G. (2022). Two years of physically active mathematics lessons enhance cognitive function and gross motor skills in primary school children. *Psychology of Sport and Exercise*, 63, 102254.
- Mahar, M. T., Murphy, S. K., Rowe, D. A., Golden, J., Shields, A. T., Raedeke, T. D. (2006). Effects of a classroom-based program on physical activity and on-task behavior. *Medicine and science in sports and exercise*, 38(12), 2086.
- Mahon, B. Z. (2015). What is embodied about cognition?. *Language, cognition and neuroscience*, 30(4), 420-429.
- Majewska, J., Majewski, A. (2012). *Zarys psychomotoryki*. Gdańsk: Wydawnictwo Harmonia Universalis.

- Małkowska-Szkutnik, A. (2013). Uwarunkowania związane z nauką i środowiskiem szkolnym. [W:] J. Mazur (red.), *Aktywność fizyczna młodzieży szkolnej w wieku 9-17 lat. Aktualne wskaźniki, tendencje ich zmian oraz wybrane zewnętrzne i wewnętrzne uwarunkowania*. (s. 197-206). Warszawa: Instytut Matki i Dziecka.
- Małkowska-Szkutnik, A. (2018). Środowisko szkolne. [W:] J. Mazur, A. Małkowska-Szkutnik (red.), *Zdrowie uczniów w 2018 roku na tle nowego modelu badań*. (s. 48-58). Warszawa: Instytut Matki i Dziecka.
- Mancuso, L. E., Ilieva, I. P., Hamilton, R. H., Farah, M. J. (2016). Does transcranial direct current stimulation improve healthy working memory?: a meta-analytic review. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 28(8), 1063-1089.
- Manenti, R., Cotelli, M. S., Cobelli, C., Gobbi, E., Brambilla, M., Rusich, D., Alberici, A., Padovani, A., Borroni, B., Cotelli, M. (2018). Transcranial direct current stimulation combined with cognitive training for the treatment of Parkinson disease: a randomized, placebo-controlled study. *Brain stimulation*, 11(6), 1251-1262.
- Mańka, A. K., Ledwoń, D. J., Mitas, A. W. (2019). Ergonomia stanowiska nauki dzieci wczesnoszkolnych w aspekcie efektywności procesu nauczania-uczenia się. *Edukacja-Technika-Informatyka*, 10(3) 133-140.
- Marek, E. (2019). Ewolucja programów kształcenia zintegrowanego w Polsce. *Problemy Opiekuńczo-Wychowawcze*, 583, 17-30.
- Marghetis, T., Nunez, R. (2013). The motion behind the symbols: A vital role for dynamism in the conceptualization of limits and continuity in expert mathematics. *Topics in cognitive science*, 5(2), 299-316.
- Martinen, R. H. J., McLoughlin, G., Fredrick III, R., Novak, D. (2017). Integration and physical education: A review of research. *Quest*, 69(1), 37-49.
- Martzog, P., Suggate, S. P. (2022). Screen media are associated with fine motor skill development in preschool children. *Early Childhood Research Quarterly*, 60, 363-373.
- Martzog, P., Stoeger, H., Suggate, S. (2019). Relations between preschool children's fine motor skills and general cognitive abilities. *Journal of Cognition and Development*, 20(4), 443-465.
- Matheis, M., Estabillo, J. A. (2018). Assessment of fine and gross motor skills in children. [W:] J. L. Matson (red.), *Handbook of childhood psychopathology and developmental disabilities assessment*. (s. 467-484). Cham: Springer International Publishing.

- Mattes, K., Wollesen, B., Manzer, S. (2018). Asymmetries of maximum trunk, hand, and leg strength in comparison to volleyball and fitness athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(1), 57-65.
- Mavilidi, M. F., Bennett, S., Paas, F., Okely, A. D., Vazou, S. (2021). Parents' and early childhood educators' perceptions on movement and learning program implementation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(22), 11913.
- Mavilidi, M. F., Drew, R., Morgan, P. J., Lubans, D. R., Schmidt, M., Riley, N. (2020). Effects of different types of classroom physical activity breaks on children's on-task behaviour, academic achievement and cognition. *Acta paediatrica*, 109(1), 158-165.
- Mavilidi, M. F., Okely, A. D., Chandler, P., Cliff, D. P., Paas, F. (2015). Effects of integrated physical exercises and gestures on preschool children's foreign language vocabulary learning. *Educational psychology review*, 27(3), 413-426.
- Mavilidi, M. F., Vazou, S. (2021). Classroom-based physical activity and math performance: Integrated physical activity or not?. *Acta Paediatrica*, 110(7), 2149-2156.
- Mazur, J., Dzielska, A., Nałęcz, H. (2018). Badanie ankietowe rodziców dzieci w wieku przedszkolnym. [W:] A. Fijałkowska (red.), Aktualna ocena poziomu aktywności fizycznej dzieci i młodzieży w wieku 3-19 lat w Polsce. (s. 112-135). Warszawa: Instytut Matki i Dziecka.
- Mazur, J., Kleszczewska, D. (2018). Aktywność fizyczna młodzieży szkolnej w wieku 10 – 19 lat w świetle badań HBSC 2018 (Health Behaviour of School-aged Children). [W:] A. Fijałkowska (red.), Aktualna ocena poziomu aktywności fizycznej dzieci i młodzieży w wieku 3-19 lat w Polsce. (s. 39-77). Warszawa: Instytut Matki i Dziecka.
- Mazur, J. (2013). Najważniejsze wyniki. [W:] J. Mazur (red.), *Aktywność fizyczna młodzieży szkolnej w wieku 9-17 lat. Aktualne wskaźniki, tendencje ich zmian oraz wybrane zewnętrzne i wewnętrzne uwarunkowania*. (s. 7-10). Warszawa: Instytut Matki i Dziecka.
- Mazurek-Kusiak, A. (2016). Gry terenowe jako nowa forma edukacji i turystyki krajoznawczej. [W:] A. Stasiak, J. Śledzińska, B. Włodarczyk (red.), *Wczoraj, dziś i jutro turystyki aktywnej i specjalistycznej*. (s. 125-133). Warszawa: Wydawnictwo PTTK Kraj.
- McMullen, J., Kulinna, P., Cothran, D. (2014). Physical activity opportunities during the school day: Classroom teachers' perceptions of using activity breaks in the classroom. *Journal of Teaching in Physical Education*, 33(4), 511-527.
- McPhillips, M., Hepper, P. G., Mulhern, G. (2000). Effects of replicating primary-reflex movements on specific reading difficulties in children. *Lancet*, 355, 537-541.

- McSween, M. P., Coombes, J. S., MacKay, C. P., Rodriguez, A. D., Erickson, K. I., Copland, D. A., McMahon, K. L. (2019). The immediate effects of acute aerobic exercise on cognition in healthy older adults: a systematic review. *Sports Medicine*, 49, 67-82.
- Michael, R. D., Webster, C. A., Egan, C. A., Nilges, L., Brian, A., Johnson, R., Carson, R. L. (2019). Facilitators and barriers to movement integration in elementary classrooms: a systematic review. *Research quarterly for exercise and sport*, 90(2), 151-162.
- Michalak, R. (2011). Program nauczania w szkolnej rzeczywistości elementarnej. [W:] H. Sowińska (red.), *Dziecko w szkolnej rzeczywistości. Założony a rzeczywisty obraz edukacji elementarnej*. (s. 99-128). Poznań: Wydawnictwo UAM.
- Michalak, R., (2017). Neurokognitywne uwarunkowania przestrzeni rozwoju dziecka. [W:] H. Krauze-Sikorska, M. Klichowski (red.), *Świat małego dziecka. Przestrzeń instytucji, cyberprzestrzeń i inne przestrzenie dzieciństwa*. (s. 15-32). Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM.
- Michałowski, B., Buchwald, M., Klichowski, M., Raś, M., Króliczak, G. (2022). Action goals and the praxis network: An fMRI study. *Brain Structure and Function*, 227(7), 2261-2284.
- Mikler-Chwastek, A. (2020). Wpływ technologii informacyjno-komunikacyjnych na rozwój fizyczny i motoryczny małego dziecka. [W:] N. Bednarska (red.), *Dziecko – media – rozwój. O konsekwencjach obecności mediów w życiu dziecka*. (s. 17-37). Warszawa: Wydawnictwo Akademii Pedagogiki Specjalnej.
- Miller, I. F., Barton, R. A., Nunn, C. L. (2019). Quantitative uniqueness of human brain evolution revealed through phylogenetic comparative analysis. *Elife*, 8, e41250.
- Milne, N., Cacciotti, K., Davies, K., Orr, R. (2018). The relationship between motor proficiency and reading ability in year 1 children: a cross-sectional study. *BMC Pediatrics*, 18(1), 294, 1-10.
- Ministerstwo Edukacji Narodowej (2009). *Podstawa programowa z komentarzami. Tom 8. Wychowanie fizyczne i edukacja dla bezpieczeństwa w szkole podstawowej, gimnazjum i liceum*. Warszawa: Ministerstwo Edukacji Narodowej.
- Mirifar, A., Luan, M., Ehrlenspiel, F. (2022). Effects of unilateral dynamic handgrip on reaction time and error rate. *Cognitive processing*, 23(2), 169-178.
- Moeller, K., Fischer, U., Link, T., Wasner, M., Huber, S., Cress, U., Nuerk, H. C. (2012). Learning and development of embodied numerosity. *Cognitive processing*, 13(1), 271-274.

- Mokras-Grabowska, J. (2015). Turystyka aktywna–zagadnienia terminologiczne i klasyfikacje. [W:] A. Stasiak, J. Śledzińska, B. Włodarczyk (red.), *Wczoraj, dziś i jutro turystyki aktywnej i specjalistycznej*. (s. 11-20). Warszawa: Wydawnictwo PTTK Kraj.
- Moreau, D., Chou, E. (2019). The acute effect of high-intensity exercise on executive function: a meta-analysis. *Perspectives on Psychological Science*, 14(5), 734-764.
- Moreau, D., Conway, A. R. (2014). The case for an ecological approach to cognitive training. *Trends in cognitive sciences*, 18(7), 334-336.
- Moreau, D., Morrison, A. B., Conway, A. R. (2015). An ecological approach to cognitive enhancement: Complex motor training. *Acta psychologica*, 157, 44-55.
- Moreau, D., Waldie, K. E. (2016). Developmental learning disorders: from generic interventions to individualized remediation. *Frontiers in Psychology*, 6, 2053.
- Morrissey, K., Hallett, D., Wynes, R., Kang, J., Han, M. (2020). Finger-counting habits, not finger movements, predict simple arithmetic problem solving. *Psychological research*, 84(1), 140-151.
- Morrissey, K. R., Liu, M., Kang, J., Hallett, D., Wang, Q. (2016). Cross-cultural and intra-cultural differences in finger-counting habits and number magnitude processing: embodied numerosity in Canadian and Chinese university students. *Journal of Numerical Cognition*, 2(1).
- Moseley, R. L., Pulvermuller, F. (2014). Nouns, verbs, objects, actions, and abstractions: Local fMRI activity indexes semantics, not lexical categories. *Brain and language*, 132, 28-42.
- Mullender-Wijnsma, M. J., Hartman, E., de Greeff, J. W., Doolaard, S., Bosker, R. J., Visscher, C. (2016). Physically active math and language lessons improve academic achievement: a cluster randomized controlled trial. *Pediatrics*, 137(3): e20152743.
- Mullender-Wijnsma, M.J., Hartman, E., de Greeff, J.W., Doolaard, S., Bosker, R.J., Visscher, C. (2019). Follow-up study investigating the effects of a physically active academic intervention. *Early Childhood Education Journal*, 47(6), 699–707.
- Najwyższa Izba Kontroli. (2013). Wychowanie fizyczne i sport w szkołach publicznych i niepublicznych.
- Nałęcz, H. (2015). Aktywność fizyczna. [W:] J. Mazur (red.), *Zdrowie i zachowania zdrowotne młodzieży szkolnej w Polsce: na tle wybranych uwarunkowań socjodemograficznych. Raport z badań HBSC 2014*. (s. 119-125). Instytut Matki i Dziecka.

- Nałęcz, H. (2019a). Aktywność fizyczna uczniów klas II i VII. [W:] A. Fijałkowska, A. Oblacińska, M. Korzycka (red.), *Zdrowie i styl życia polskich uczniów. Raport z badań*. (s. 53-62). Warszawa: Instytut Matki i Dziecka.
- Nałęcz, H. (2019b). Czynniki chroniące młodzież otyłą przed problemami funkcjonowania psychospołecznego. [W:] A. Fijałkowska, A. Oblacińska, M. Korzycka (red.), *Zdrowie i styl życia polskich uczniów. Raport z badań*. (s. 89-93). Warszawa: Instytut Matki i Dziecka.
- Nałęcz, H. (2019c). Zachowania związane z siedzącym trybem życia (zachowania sedentarne) uczniów klas II i VII [W:] A. Fijałkowska, A. Oblacińska, M. Korzycka (red.), *Zdrowie i styl życia polskich uczniów. Raport z badań*. (s. 63-70). Warszawa: Instytut Matki i Dziecka.
- Naskręt, M., Borowiec, J., Grzesiak, J., Bronikowski, M. (2018). Umiejętności grafomotoryczne uczniów klas pierwszych szkół podstawowych uczestniczących w zajęciach realizowanych różnymi metodami aktywizacji fizycznej. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 60, 46-61.
- National Association for Sport and Physical Education. (2008a). *Comprehensive school physical activity programs*. Reston, VA.
- National Association for Sport and Physical Education. (2008b). *Integrating physical activity into the complete school day*. Reston, VA.
- Nazaruk, S., Tokarewicz, E. (2018). *Rozwój motoryki małej u dzieci 5-letnich w aspekcie ich potrzeb edukacyjnych*. Tom XXVII, 27(1), 77-89.
- Nęcka, E. (2018). *Trening poznawczy: czy umysł można trenować, tak jak trenuje się mięśnie?*. Sopot: Smak Słowa.
- Nelson, E. L., Campbell, J. M., Michel, G. F. (2014). Early handedness in infancy predicts language ability in toddlers. *Developmental Psychology*, 50(3), 809.
- Nelson, E. L., Gonzalez, S. L., Coxe, S., Campbell, J. M., Marcinowski, E. C., Michel, G. F. (2017). Toddler hand preference trajectories predict 3-year language outcome. *Developmental Psychobiology*, 59(7), 876-887.
- Neubauer, S., Hublin, J. J., Gunz, P. (2018). The evolution of modern human brain shape. *Science Advances*, 4(1), eaao5961.
- Newman, S. D. (2016). Does finger sense predict addition performance?. *Cognitive processing*, 17(2), 139-146.

- Newman, S. D., Soylu, F. (2014). The impact of finger counting habits on arithmetic in adults and children. *Psychological Research*, 78(4), 549-556.
- Nieder, A. (2016). The neuronal code for number. *Nature Reviews Neuroscience*, 17(6), 366–382.
- Niemann, C., Wegner, M., Voelcker-Rehage, C., Holzweg, M., Arafat, A. M., Budde, H. (2013). Influence of acute and chronic physical activity on cognitive performance and saliva testosterone in preadolescent school children. *Mental Health and Physical Activity*, 6(3), 197-204.
- Nissim, N. R., O’Shea, A., Indahlastari, A., Kraft, J. N., von Mering, O., Aksu, S., Porges, E., Cohen, R., Woods, A. J. (2019). Effects of transcranial direct current stimulation paired with cognitive training on functional connectivity of the working memory network in older adults. *Frontiers in aging neuroscience*, 11, 340.
- Nitsche, M. A., Cohen, L. G., Wassermann, E. M., Priori, A., Lang, N., Antal, A., Paulus, W., Hummel, F., Boggio, P. S., Fregni, F., Pascual-Leone, A. (2008). Transcranial direct current stimulation: state of the art 2008. *Brain stimulation*, 1(3), 206-223.
- Nolte J. (2011). *Mózg człowieka, anatomia czynnościowa mózgowia*. T.2. Wrocław: Wydawnictwo Medyczne Urban & Partner.
- Norris, E., van Steen, T., Direito, A., Stamatakis, E. (2020). Physically active lessons in schools: A systematic review and meta-analysis of effects on physical activity, educational, health and cognition outcomes. *British Journal of Sports Medicine*, 54(14), 826-838.
- Nouchi, R., Taki, Y., Takeuchi, H., Hashizume, H., Nozawa, T., Kambara, T., Sekiguchi, A., Miyauchi, C. M., Kotozaki, Y., Nouchi, H., Kawashima, R. (2013). Brain training game boosts executive functions, working memory and processing speed in the young adults: a randomized controlled trial. *PloS one*, 8(2), e55518.
- Noufi, T., Zeev-Wolf, M. (2021). Activating the Right Hemisphere Through Left-Hand Muscle Contraction Improves Novel Metaphor Comprehension. *Frontiers in Psychology*, 4740.
- Novack, M. A., Congdon, E. L., Hemani-Lopez, N., Goldin-Meadow, S. (2014). From action to abstraction: Using the hands to learn math. *Psychological science*, 25(4), 903-910.
- Novack, M. A., Goldin-Meadow, S. (2017). Gesture as representational action: A paper about function. *Psychonomic Bulletin & Review*, 24(3), 652-665.
- Novack, M. A., Wakefield, E. M., Goldin-Meadow, S. (2016). What makes a movement a gesture?. *Cognition*, 146, 339-348.

- Novack, M. A., Waxman, S. (2020). Becoming human: human infants link language and cognition, but what about the other great apes?. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375(1789), 20180408.
- Nowak, A., Romanowska-Tołoczko, A., Bartusiak, I. (2009). Nieprawidłowości w rozwoju ruchowym dzieci jako wczesne objawy zakłóceń psychomotorycznych. *Pedagogy of Physical Culture and Sports* 9, 192-195.
- Nozawa, T., Taki, Y., Kanno, A., Akimoto, Y., Ihara, M., Yokoyama, R., Kotozaki, Y., Nouchi, R., Sekiguchi, A., Takeuchi, H., Miyauchi, C. M., Ogawa, T., Goto, T., Sunda, T., Shimizu, T., Tozuka, E., Hirose, S., Nanbu, T., Kawashima, R. (2015). Effects of different types of cognitive training on cognitive function, brain structure, and driving safety in senior daily drivers: A pilot study. *Behavioural neurology*, 1-18.
- Nurdina, G., Anggraini, D., Novyanda, H. (2022). Effect of Stress Ball on Stress and Anxiety in Hemodialysis Patients. *Jurnal Keperawatan Komprehensif (Comprehensive Nursing Journal)*, 8.
- Oberer, N., Gashaj, V. Roebbers, C. M. (2017). Motor skills in kindergarten: Internal structure, cognitive correlates and relationships to background variables. *Human movement science*, 52, 170-180.
- Oblacińska, A., Fijałkowska, A. (2019). Podsumowanie głównych wyników badań, wnioski i rekomendacje. [W:] A. Fijałkowska, A. Oblacińska, M. Korzycka (red.), *Zdrowie i styl życia polskich uczniów. Raport z badań*. (s. 121-133). Warszawa: Instytut Matki i Dziecka.
- Ocampo Jr, J. M., Varela, L. P., Ocampo, L. V. (2017). Effectiveness of brain gym activities in enhancing writing performance of grade I pupils. *Sosiohumanika*, 10(2), 179-190.
- Oertel-Knochel, V., Mehler, P., Thiel, C., Steinbrecher, K., Malchow, B., Tesky, V., Ademmer, K., Prvulovic, D., Banzer, W., Zopf, Y., Schmitt, A Hansel, F. (2014). Effects of aerobic exercise on cognitive performance and individual psychopathology in depressive and schizophrenia patients. *European archives of psychiatry and clinical neuroscience*, 264(7), 589-604.
- Okuda, P. M. M., Ramos, F. G., Santos, L. C. A. D., Padula, N. A. D. M. R., Kirby, A., Capellini, S. A. (2014). Motor profile of students with dyslexia. *Psychology Research*, 31.
- Oldfield RC (1971) The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia* 9(1): 97–113.

- Oldrati, V., Colombo, B., Antonietti, A. (2018). Combination of a short cognitive training and tDCS to enhance visuospatial skills: A comparison between online and offline neuromodulation. *Brain Research*, 1678, 32-39.
- Olejnik, U. (2018). Aktywność fizyczna i rozwój motoryczny dzieci z autyzmem wyzwaniem dla teorii i praktyki edukacyjnej. *Lubelski Rocznik Pedagogiczny*, 37(4), 35-48.
- Olszewski-Strzyżowski, J., Drózd, R. (2017). Sposoby spędzania czasu wolnego dzieci i młodzieży a ich aktywność fizyczna. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Turystyki i Ekologii*, 6(11), 51-68.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2010). *Education at a glance 2010: OECD indicators*. Paris: OECD.
- Ostręga, W. (2014). *Wady postawy u dzieci i młodzieży przyczyny powstawania i zapobieganie w domu i szkole*. Warszawa: Ośrodek Rozwoju Edukacji.
- Ostręga, W., Plichcińska, M., Rogacka, A., Wolny, B., Wróblewski, P. (2015). *Wychowanie fizyczne i edukacja zdrowotna w bezpiecznej i przyjaznej szkole*. Warszawa: Ośrodek Rozwoju Edukacji.
- Ostręga, W. (2017). *Aktywność fizyczna jako kluczowy element zdrowego stylu życia*. Warszawa: Instytut Matki i Dziecka.
- Osiński W. (2011), Aktywność fizyczna – czy może zmieniać mózg, *Wychowanie Fizyczne i Zdrowotne*, 4, 4-9.
- Oszustowicz, B. (2009). Kinezylogia edukacyjna – kontrowersyjna metoda terapii. [W:] B. Oszustowicz, V. Lechta (red.), *Teoretyczne i praktyczne aspekty terapii pedagogicznej osób z niepełnosprawnościami*. (s. 149-161). Kraków: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Pedagogicznego.
- Owen, A. M., Hampshire, A., Grahn, J. A., Stenton, R., Dajani, S., Burns, A. S., Howard, R. J., Ballard, C. G. (2010). Putting brain training to the test. *Nature*, 465(7299), 775-778.
- Owen, K. B., Parker, P. D., Van Zanden, B., MacMillan, F., Astell-Burt, T., Lonsdale, C. (2016). Physical activity and school engagement in youth: a systematic review and meta-analysis. *Educational Psychologist*, 51(2), 129-145.
- Palm, U., Kumpf, U., Behler, N., Wulf, L., Kirsch, B., Worsching, J., Keeser, D., Hasan, A., Padberg, F. (2018). Home use, remotely supervised, and remotely controlled transcranial direct current stimulation: a systematic review of the available evidence. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*, 21(4), 323-333.

- Palmer, K. K., Miller, M. W., Robinson, L. E. (2013). Acute exercise enhances preschoolers' ability to sustain attention. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 35(4), 433-437.
- Pawlik, D., Rokita, A., Cichy, I. (2013). Orientacja czasowo-przestrzenna uczniów ze specyficznymi trudnościami w uczeniu się. *Rozprawy Naukowe Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu*, 43, 46-56.
- Pergher, V., Au, J., Shalchy, M. A., Santarnecki, E., Seitz, A., Jaeggi, S. M., Battelli, L. (2022). The benefits of simultaneous tDCS and working memory training on transfer outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Brain Stimulation*, 15(6), 1541-1551
- Pesce, C., Leone, L., Motta, A., Marchetti, R., Tomporowski, P. D. (2016). From efficacy to effectiveness of a "whole child" initiative of physical activity promotion. *Translational Journal of the American College of Sports Medicine*, 1(3), 18-29.
- Pesce, C., Masci, I., Marchetti, R., Vazou, S., Saakslanti, A., Tomporowski, P. D. (2016). Deliberate play and preparation jointly benefit motor and cognitive development: mediated and moderated effects. *Frontiers in psychology*, 7, 349.
- Pham, V. H., Wawrzyniak, S., Cichy, I., Bronikowski, M., Rokita, A. (2021). BRAINballs program improves the gross motor skills of primary school pupils in Vietnam. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1290.
- Philip, B. A., Frey, S. H. (2016). Increased functional connectivity between cortical hand areas and praxis network associated with training-related improvements in non-dominant hand precision drawing. *Neuropsychologia*, 87, 157-168.
- Piaget, J., Inhelder, B. (1966). L'image mentale chez l'enfant: Etude sur le developpement des representations imagee. Paris: Presses Universitaire Francaise. Tłumaczenie angielskie: Piaget, J., Inhelder, B. (1971). Mental imagery in the child. London, UK:Routledge & Kegan Paul.
- Pisano, F., Caltagirone, C., Incoccia, C., Marangolo, P. (2021). DUAL-tDCS treatment over the temporo-parietal cortex enhances writing skills: first evidence from chronic post-stroke aphasia. *Life*, 11(4), 343.
- Pisula, E. (2008). Kontrowersje wokół stosowania kinezylogii edukacyjnej w terapii dzieci z autyzmem. [W:] K. Korab, R. Borowiecka, E. Petrykiewicz (red.), *Kinezylogia edukacyjna. Nauka, pseudonauka czy manipulacja?* (s. 63-74). Warszawa: Instytut Badań Edukacyjnych.

- Pitchford, N. J., Papini, C., Outhwaite, L. A., Gulliford, A. (2016). Fine motor skills predict maths ability better than they predict reading ability in the early primary school years. *Frontiers in psychology*, 7, 783.
- Planer, R., Sterelny, K. (2021). *From signal to symbol: the evolution of language*. Cambridge: MIT Press.
- Planton, S., Longcamp, M., Peran, P., Demonet, J. F., Jucla, M. (2017). How specialized are writing-specific brain regions? An fMRI study of writing, drawing and oral spelling. *Cortex*, 88, 66-80.
- Płoskonka, P. (2006). Krajoznawstwo a turystyka – próba syntezy w ujęciu polskim. *Turystyka i Rekreacja*, 2, 22-34.
- Płoszaj, K., Firek, W. (2020). Innowacje w wychowaniu fizycznym i edukacji zdrowotnej w krajach europejskich w świetle zaleceń światowych organizacji związanych ze zdrowiem, edukacją i sportem. [W:] P. F. Nowak (red.), *Trendy i kierunki rozwoju promocji zdrowia w świetle badań*. (s. 37-54). Opole: Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej.
- Podda, M. V., Cocco, S., Mastrodonato, A., Fusco, S., Leone, L., Barbati, S. A., Colussi, C., Ripoli, C., Grassi, C. (2016). Anodal transcranial direct current stimulation boosts synaptic plasticity and memory in mice via epigenetic regulation of Bdnf expression. *Scientific reports*, 6(1), 1-19.
- Pokorska, M. (2020). Ruch rozwijający Weroniki Sherborne jako narzędzie zapobiegania wadom postawy u dzieci w edukacji wczesnoszkolnej. [W:] P. F. Nowak (red.), *Trendy i kierunki rozwoju promocji zdrowia w świetle badań*. Opole: Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej.
- Pontifex, M. B., McGowan, A. L., Chandler, M. C., Gwizdala, K. L., Parks, A. C., Fenn, K., Kamijo, K. (2019). A primer on investigating the after effects of acute bouts of physical activity on cognition. *Psychology of Sport and Exercise*, 40, 1-22.
- Popeska, B., Jovanova-Mitkovska, S., Chin, M. K., Edginton, C. R., Mo Ching Mok, M., Gontarev, S. (2018). Implementation of brain breaks® in the classroom and effects on attitudes toward physical activity in a Macedonian school setting. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(6), 1127.
- Popova, P., Rockstroh, B., Miller, G. A., Wienbruch, C., Carolus, A. M., Popov, T. (2018). The impact of cognitive training on spontaneous gamma oscillations in schizophrenia. *Psychophysiology*, 55(8), e13083.28.
- Portwood, M. *Dyslexia and Physical Education*; Taylor and Francis: Routledge, UK, 2012.

- Powell, L. E., Isler, K., Barton, R. A. (2017). Re-evaluating the link between brain size and behavioural ecology in primates. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1865), 20171765.
- Prehn, K., Floel, A. (2015). Potentials and limits to enhance cognitive functions in healthy and pathological aging by tDCS. *Frontiers in cellular neuroscience*, 9, 355.
- Preuss, T. M. (2017). The human brain: Evolution and distinctive features. [W:] M. Tibayrenc, F. J. Ayala (red.), *On human nature*. (s. 125-149). Londyn: Elsevier.
- Proverbio, A. M., Carminati, M. (2019). Finger-counting observation interferes with number processing. *Neuropsychologia*, 131, 275-284.
- Prószyńska-Bordas, H. (2016). *Krajoznawstwo tradycja i współczesność*. Warszawa: Difin.
- Przybylski, Ł., Króliczak, G. (2017). Planning functional grasps of simple tools invokes the hand-independent praxis representation network: an fMRI study. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 23, 108–120.
- Punaro, L., Reeve, R. (2012). Relationships between 9-year-olds' math and literacy worries and academic abilities. *Child Development Research*, 2012.
- Puranik, C. S., Lonigan, C. J. (2014). Emergent writing in preschoolers: Preliminary evidence for a theoretical framework. *Reading research quarterly*, 49(4), 453-467.
- Purcell, J. J., Turkeltaub, P. E., Eden, G. F., Rapp, B. (2011). Examining the central and peripheral processes of written word production through meta-analysis. *Frontiers in psychology*, 2, 239.
- Purnamasari, N., Bachtiar, F., Puspitha, A. (2020). The effectiveness of motor-cognitive dual-task training in reducing risk falls on elderly. *Enfermería Clínica*, 30, 317-321.
- Quarmby, T., Daly-Smith, A., Kime, N. (2019). 'You get some very archaic ideas of what teaching is...': primary school teachers' perceptions of the barriers to physically active lessons. *Education 3-13*, 47(3), 308-321.
- R Core Team (2021). *R: A Language and environment for statistical computing*. (Version 4.1) [Oprogramowanie komputerowe]. Pobrane z <https://cran.r-project.org>. [dostęp: 16 stycznia 2023].
- Rabipour, S., Raz, A. (2012). Training the brain: Fact and fad in cognitive and behavioral remediation. *Brain and cognition*, 79(2), 159-179.
- Radiukiewicz, K. (2019). Charakterystyka środowiska szkolnego. [W:] A. Fijałkowska, A. Oblacińska, M. Korzycka (red.), *Zdrowie i styl życia polskich uczniów. Raport z badań*. (s. 33-40). Warszawa: Instytut Matki i Dziecka.

- Rahe, J., Becker, J., Fink, G. R., Kessler, J., Kukolja, J., Rahn, A., Rosen, J.B., Szabados, F., Wirth, B., Kalbe, E. (2015). Cognitive training with and without additional physical activity in healthy older adults: cognitive effects, neurobiological mechanisms, and prediction of training success. *Frontiers in aging neuroscience*, 7, 187.
- Rahe, J., Petrelli, A., Kaesberg, S., Fink, G. R., Kessler, J., Kalbe, E. (2015). Effects of cognitive training with additional physical activity compared to pure cognitive training in healthy older adults. *Clinical interventions in aging*, 10, 297-310.
- Rajeswari, C., Sundaram, M. S., Selvam, P. S., Reddy, A. V., Kumar, S. S., Suganya, P., Kumari, P. (2021). Comparison of Brain Gym and Dynamic Movement Skill on Verbal Memory in Middle-Aged Women. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 1420-1438.
- Rajeswari, C., Sundaram, M. S., Selvam, P. S., Reddy, A. V., Kumar, S. S., Manjula, S., Kumari, P., Suganya, P. (2022). A Comparative Study of Brain Gym and Aerobic Dance on Processing Speed in Older Aged Adults. *Jundishapur Journal of Microbiology*, 15(1).
- Ramesh, S. (2022). The Theories of Cognitive Development. [W:] *The Political Economy of Human Behaviour and Economic Development*. (s. 143-180). Palgrave Macmillan, Cham.
- Randjelovic, N., Stanisic, I., Dragic, B., Pirsl, D., Savic, Z. (2019). The sequence of procedures in the development of fine motor coordination through physical activities and movement games in preschool children. *Facta Universitatis. Series: Physical Education and Sport*, 611-620.
- Rapp, B., Lipka, K. (2011). The literate brain: The relationship between spelling and reading. *Journal of cognitive neuroscience*, 23(5), 1180-1197.
- Raven, J., Raven, J. C., Court, J. H. (1998). *Manual for Raven's progressive matrices and vocabulary scales. Section 4: The advanced progressive matrices*. Oxford, UK: Oxford Psychologists Press; San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Raven, J. (2009). The Raven Progressive Matrices and measuring aptitude constructs. *The International Journal of Educational and Psychological Assessment*.
- Reijnders, J. S., Geusgens, C. A., Ponds, R. W., van Boxtel, M. P. (2017). "Keep your brain fit!" Effectiveness of a psychoeducational intervention on cognitive functioning in healthy adults: A randomised controlled trial. *Neuropsychological Rehabilitation*, 27(4), 455-471.
- Renshaw, I., Davids, K., Araújo, D., Lucas, A., Roberts, W. M., Newcombe, D. J., Franks, B. (2019). Evaluating weaknesses of "perceptual-cognitive training" and "brain training" methods in sport: An ecological dynamics critique. *Frontiers in psychology*, 2468.

- Reyes, C., Padron, I., Nila Yagual, S., Marrero, H. (2021). Personality traits modulate the effect of tdcS on reading speed of social sentences. *Brain Sciences*, 11(11), 1464.
- Reynolds, D., Nicolson, R. I. Hambly, H. (2003). Evaluation of an exercise-based treatment for children with reading difficulties. *Dyslexia*, 9(1), 48-71.
- Ribeiro, P. F., Ventura-Antunes, L., Gabi, M., Mota, B., Grinberg, L. T., Farfel, J. M., Ferretti-Rebustini, R. E. L., Leite, R. E. P., Filho, W. J., Herculano-Houzel, S. (2013). The human cerebral cortex is neither one nor many: neuronal distribution reveals two quantitatively different zones in the gray matter, three in the white matter, and explains local variations in cortical folding. *Frontiers in neuroanatomy*, 7, 28.
- Riemer, M., Diersch, N., Bublatzky, F., Wolbers, T. (2016). Space, time, and numbers in the right posterior parietal cortex: differences between response code associations and congruency effects. *Neuroimage*, 129, 72–79.
- Robertson, I.H., Manly, T., Andrade, J., Baddeley, B.T., Yiend, J. (1997). 'Oops!': performance correlates of everyday attentional failures in traumatic brain injured and normal subjects. *Neuropsychologia*, 35(6), 747-758.
- Rogala-Kozubska, D., Raczykowska, M. (2010). Dysortografia – definicja, symptomy, terapia. [W:] E. M. Skorek (red.), *Terapia pedagogiczna. Zaburzenia rozwoju psychoruchowego dzieci*. (s. 53-62). Kraków: Impuls.
- Rohlfing, K.J. (2019). Learning language from the use of gestures. [W:] J. S. Horst, J von Koss Torkildsen (red.), *International Handbook of Language Acquisition*. (s. 213–233). Abingdon, UK; New York, NY, USA: Routledge.
- Rokita, A. (2001). Zainteresowania aktywnością ruchową z piłką uczniów I klasy liceum ogólnokształcącego w latach 1995–2001. *Human Movement*, 1(3), 93-96.
- Rokita, A. (2007a). Umiejętności czytania i pisania dzieci klas I–III mieszkających na wsi. [W:] T. Koszczyk (red.), *Piłki edukacyjne „Edubal” w kształceniu zintegrowanym. Raport z badań*. (s. 38-53). Wrocław: Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.
- Rokita, A. (2007b). Umiejętności czytania i pisania dzieci klas 0–II mieszkających na wsi. [W:] T. Koszczyk (red.), *Piłki edukacyjne „Edubal” w kształceniu zintegrowanym. Raport z badań*. (s. 53-66). Wrocław: Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.

- Rokita, A. (2007c). Sprawność fizyczna dzieci klas I–III mieszkających w mieście. [W:] T. Koszycz (red.), *Piłki edukacyjne „Edubal” w kształceniu zintegrowanym. Raport z badań.* (s. 15-21). Wrocław: Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.
- Rokita, A. (2007d). Sprawność fizyczna dzieci klas 0-II mieszkających w mieście. [W:] T. Koszycz (red.), *Piłki edukacyjne „Edubal” w kształceniu zintegrowanym. Raport z badań.* (s. 21-26). Wrocław: Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.
- Rokita A. (2008a). Wykorzystanie piłek edukacyjnych Edubal a sprawność fizyczna dzieci wiejskich. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 89, 1.
- Rokita, A. (2008b). *Zajęcia ruchowe z piłkami edukacyjnymi" edubal" w kształceniu zintegrowanym a sprawność fizyczna oraz umiejętności czytania i pisanie uczniów.* Wrocław: Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego.
- Rokita, A. (2014a). „Edubale” – piłki, które uczą. [W:] R. Jeziński, M. Lewandowski, A. Rokita, A. Szymczak (red.), *Przewodnik dla nauczycieli edukacji wczesnoszkolnej i współpracujących nauczycieli wychowania fizycznego realizujących program Mały Mistrz.* (s. 99-107). Warszawa: MSiT, ZG SZS.
- Rokita, A. (2014b). Znaczenie zajęć ruchowych w edukacji wczesnoszkolnej dla rozwoju człowieka. [W:] R. Jeziński, M. Lewandowski, A. Rokita, A. Szymczak (red.), *Przewodnik dla nauczycieli edukacji wczesnoszkolnej i współpracujących nauczycieli wychowania fizycznego realizujących program Mały Mistrz.* (s. 8-10). Warszawa: MSiT, ZG SZS.
- Rokita A., Cichy I. (2013). "Edubal" Educational Balls: I Learn While Playing! *The Global Journal of Health and Physical Education Pedagogy*, 2(4), 289-297.
- Rokita A., Cichy I. (2014). „Edubal” jako nowa metoda w pedagogii gier i zabaw z piłką – przegląd badań. *Rozprawy Naukowe AWF we Wrocławiu*, 45, 70-78.
- Rokita, A., Cichy, I. (2015a). Piłki edukacyjne „eduball” jako innowacyjny przybór dla uczniów edukacji wczesnoszkolnej. *Wychowanie fizyczne a nowoczesne technologie.* (s. 177-195). Poznań: AWF.
- Rokita, A., Cichy, I. (2015b). Ruch, który rozwija umysł – wykorzystanie piłek edukacyjnych „eduball” w edukacji wczesnoszkolnej i przedszkolnej. [W:] J. Kwieciński, M. Tomczak (red.), *Współczesne trendy w metodyce nauczania wychowania fizycznego.* (s. 7-19). Konin: PWSZ.
- Rokita A., Cichy I., Schliermann R. (2012). *Piłki edukacyjne "edubal" – bawiąc uczyć się!* Koln, Niemcy.

- Rokita, A., Cichy, I., Wawrzyniak, S. (2017a). Ruch, który rozwija—wykorzystanie piłek edukacyjnych EDUball w edukacji przedszkolnej i wczesnoszkolnej. Podsumowanie 15 lat badań. *Pedagogika Przedszkolna i Wczesnoszkolna*, 5(2), 183-196.
- Rokita, A., Cichy, I., Wawrzyniak, S., Korbecki, M. (2017b). *EDUball games and sports. A guide for primary school teachers and cooperating physical education teachers carrying out the "Little Champion" program*. Wrocław: MSiT, Urząd Marszałkowski Województwa Dolnośląskiego, SZS „Dolny Śląsk”.
- Rokita, A., Cichy, I., Wawrzyniak, S., Korbecki, M. (2016). *Gry i zabawy z eduballami. Przewodnik dla nauczycieli edukacji wczesnoszkolnej i współpracujących nauczycieli wychowania fizycznego realizujących program Mały Mistrz*. Wrocław: MSiT, Urząd Marszałkowski Województwa Dolnośląskiego, SZS „Dolny Śląsk”.
- Rokita A., Kaczmarczyk M. (2011). Związki wykorzystania piłek edukacyjnych "edubal" z orientacją w przestrzeni u uczniów klasy I szkoły podstawowej. *Rozprawy Naukowe AWF we Wrocławiu*, 35, 108-111.
- Rokita A., Krysmann A. (2011). Związki wykorzystania piłek edukacyjnych "edubal" z wybranymi zdolnościami motorycznymi uczniów klasy I szkoły podstawowej. *Rozprawy Naukowe AWF we Wrocławiu*, 35, 112-121.
- Rokita A., Malska-Śmiałowska A., Babińczuk B. (2007a). The usage of educational balls "Edubal" in the improvement of the chosen Polish language skills of third grade primary school students. [W:] T. Koszycz, M. Lewandowski, W. Starościak (red.), *Wychowanie i kształcenie w reformowanej szkole*. (s. 131-136). Wrocław: Wrocławskie Towarzystwo Naukowe.
- Rokita A., Miłek K., Orniacka J. (2007b). Opinie uczniów klas I-III i ich rodziców oraz nauczycieli kształcenia zintegrowanego na temat piłek edukacyjnych "Edubal" i ich zastosowania w zajęciach ruchowych. *Lider*, 4.
- Rokita, A., Rzepa, T. (2002). *Bawiąc-uczę się: piłki edukacyjne w kształceniu zintegrowanym*. Wrocław: Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego.
- Rokita A., Rzepa T. (2003). Wykorzystanie piłek edukacyjnych "edubal" w kształceniu zintegrowanym. [W:] J. Jonkisz, M. Lewandowski (red.) *Wychowanie i kształcenie w reformowanej szkole*. (s. 73-80). Wrocław: Wrocławskie Towarzystwo Naukowe.
- Rokita, A., Rzepa, T. (2005). *Piłki edukacyjne w kształceniu wczesnoszkolnym*. Wrocław: AWF.

- Rokita A., Szala E., Cichy I. (2013a). Wykorzystanie piłek "edubal" w terapii pedagogicznej. *Dysleksja*, 15, 1.
- Rokita, A., Wawrzyniak, S., Cichy, I. (2018). *Learning by Playing!: 100 Games and Exercises of Brainballs*. Wrocław: Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.
- Rokita A., Wawrzyniak S., Mędrak M. (2013b). Zajęcia ruchowe z piłkami edukacyjnymi "edubal" a umiejętność utrzymania pisma w liniaturze przez uczniów klasy I szkoły podstawowej. *Rozprawy Naukowe AWF we Wrocławiu*, 43, 39-45.
- Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 15 lutego 1999 r. w sprawie podstawy programowej kształcenia ogólnego (Dz.U. 1999 nr 14 poz. 129).
- Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej i Sportu z dnia 12 lutego 2002 r. w sprawie ramowych planów nauczania w szkołach publicznych (Dz.U. 2002 nr 15 poz. 142).
- Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 23 grudnia 2008 r. w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego oraz kształcenia ogólnego w poszczególnych typach szkół (Dz.U. 2009 nr 4 poz. 17).
- Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 30 maja 2014 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego oraz kształcenia ogólnego w poszczególnych typach szkół (Dz.U. 2014 poz. 803).
- Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 14 lutego 2017 r. w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego oraz podstawy programowej kształcenia ogólnego dla szkoły podstawowej, w tym dla uczniów z niepełnosprawnością intelektualną w stopniu umiarkowanym lub znacznym, kształcenia ogólnego dla branżowej szkoły I stopnia, kształcenia ogólnego dla szkoły specjalnej przysposabiającej do pracy oraz kształcenia ogólnego dla szkoły policealnej (Dz.U. 2017 poz. 356).
- Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 27 marca 2017 r. w sprawie oddziałów i szkół sportowych oraz oddziałów i szkół mistrzostwa sportowego (Dz.U. 2017 poz. 671).
- Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 28 marca 2017 r. w sprawie ramowych planów nauczania dla publicznych szkół (Dz.U. 2017 poz. 703).
- Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 3 kwietnia 2019 r. w sprawie ramowych planów nauczania dla publicznych szkół (Dz.U. 2019 poz. 639).
- Ruck, L. (2014). Manual praxis in stone tool manufacture: implications for language evolution. *Brain and language*, 139, 68-83.
- Rugani, R., Betti, S., Ceccarini, F., Sartori, L. (2017). Act on numbers: numerical magnitude influences selection and kinematics of finger movement. *Frontiers in Psychology*, 8, 1481.

- Ruhland, S., Lange, K. W. (2021). Effect of classroom-based physical activity interventions on attention and on-task behavior in schoolchildren: a systematic review. *Sports Medicine and Health Science*, 3(3), 125-133.
- Rura, G., Klichowski, M. (2011). Założenia programowo-organizacyjne reformy oświaty z 1999 roku w zakresie edukacji elementarnej. [W:] Sowińska H. (red.), *Dziecko w szkolnej rzeczywistości. Założony a rzeczywisty obraz edukacji elementarnej.* (s. 19-78). Poznań: Wydawnictwo UAM.
- Rybakowski, F. (2019). Wpływ aktywności fizycznej na czynność mózgu. *Wszechświat*, 120, 1-3.
- Rychetsky, K. (2008). Kinezylogia edukacyjna w europejskiej perspektywie. W: K. Korab, R. Borowiecka, E. Petrykiewicz (red.), *Kinezylogia edukacyjna. Nauka, pseudonauka czy manipulacja?* Warszawa: Instytut Badań Edukacyjnych.
- Rymarczyk, K. (2019). Aktywność fizyczna szansą na zwiększanie potencjału rozwojowego dzieci i lepsze wyniki w nauce. Integracja Sensoryczna, *Kwartalnik Polskiego Stowarzyszenia Terapeutów Integracji Sensorycznej*, 3.
- Rzepa, T. (2006). *Humanistyczne i poznawcze wartości aktywności z piłką w wychowaniu fizycznym.* Wrocław: Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego.
- Rzepa, T. (2009). *Aktywność ruchowa z piłką a edukacja do kultury fizycznej w aspekcie wartości humanistycznych i poznawczych.* Wrocław: Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego.
- Rzepa, T., Wójcik, A. (2007a). Umiejętności czytania i pisania dzieci klas I–III mieszkających w mieście. [W:] T. Koszycz (red.), *Piłki edukacyjne „Edubal” w kształceniu zintegrowanym. Raport z badań.* (s. 66-75). Wrocław: Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.
- Rzepa, T., Wójcik, A. (2007b). Umiejętności czytania i pisania dzieci klas 0–II mieszkających w mieście. [W:] T. Koszycz (red.), *Piłki edukacyjne „Edubal” w kształceniu zintegrowanym. Raport z badań.* (s. 75-83). Wrocław: Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.
- Rzepa, T., Wójcik, A. (2007c). Sprawność fizyczna dzieci klas I–III mieszkających w mieście. [W:] T. Koszycz (red.), *Piłki edukacyjne „Edubal” w kształceniu zintegrowanym. Raport z badań.* (s. 26-32). Wrocław: Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.

- Rzepa, T., Wójcik, A. (2007d). Sprawność fizyczna dzieci klas 0-II mieszkających w mieście. [W:] T. Koszycz (red.), *Piłki edukacyjne „Edubal” w kształceniu zintegrowanym. Raport z badań.* (s. 33-37). Wrocław: Wydawnictwo Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu.
- Rzepa T., Wójcik A. (2009). Wykorzystanie piłek edukacyjnych w doskonaleniu asymetrii funkcjonalnej dzieci realizujących edukację wczesnoszkolną. *Antropomotoryka*, 19, 48, 61-72.
- Rzepa T., Wójcik A. (2011). Poziom wytrzymałości dzieci wykorzystujących piłki edukacyjne w edukacji wczesnoszkolnej. *Rozprawy Naukowe AWF we Wrocławiu*, 33, 19-24.
- Sadoń-Osowiecka, T. (2010). Krajoznawstwo i turystyka szkolna jako edukacja alternatywna—konteksty przyrodnicze, społeczne, kulturowe i pedagogiczne. *Problemy Ekologii*, 14, 155-161.
- Sala, G., Aksayli, N. D., Tatlidil, K. S., Tatsumi, T., Gondo, Y., Gobet, F. (2019). Near and far transfer in cognitive training: A second-order meta-analysis. *Collabra: Psychology*, 5(1).
- Sala, G., Tatlidil, K. S., Gobet, F. (2018). Video game training does not enhance cognitive ability: A comprehensive meta-analytic investigation. *Psychological bulletin*, 144(2), 111.
- Saleh, S., Mazlan, A. (2019). The effects of brain-based teaching with i-think maps and brain gym approach towards physics understanding. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(1), 12-21.
- Sandve, H., Loras, H., Pedersen, A. V. (2019). Is it possible to change handedness after only a short period of practice? Effects of 15 days of intensive practice on left-hand writing in strong right-handers. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 24(4), 432-449.
- Sari, D. S. A., Nurmalisyah, F. F. (2021). The effect Brain Gym to fine motor development on pre school children. *Jurnal Penelitian*, 3(1).
- Sawilowsky, S. (2009). New effect size rules of thumb. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 8, 467-74.
- Schack, T., Frank, C. (2021). Mental representation and the cognitive architecture of skilled action. *Review of Philosophy and Psychology*, 12(3), 527-546.

- Schilling, D. L., Washington, K., Billingsley, F. F., Deitz, J. (2003). Classroom seating for children with attention deficit hyperactivity disorder: Therapy balls versus chairs. *The American Journal of Occupational Therapy*, 57(5), 534-541.
- Schmidt, M., Benzing, V., Kamer, M. (2016). Classroom-based physical activity breaks and children's attention: Cognitive engagement works!. *Frontiers in psychology*, 7, 1474.
- Schmidt, M., Benzing, V., Wallman-Jones, A., Mavilidi, M. F., Lubans, D. R., Paas, F. (2019). Embodied learning in the classroom: Effects on primary school children's attention and foreign language vocabulary learning. *Psychology of sport and exercise*, 43, 45-54.
- Schmidt, M., Mavilidi, M. F., Singh, A., Englert, C. (2020). Combining physical and cognitive training to improve kindergarten children's executive functions: A cluster randomized controlled trial. *Contemporary Educational Psychology*, 63, 101908.
- Schuhfried, G., 2000. Wiener Testsystem (Vienna Test System). Dr. Gernot Schuhfried GmbH. Modling, Austria.
- Schwartz, A. B. (2016). Movement: how the brain communicates with the world. *Cell*, 164(6), 1122-1135.
- Schweiger, D., Stone, R., Genschel, U. (2021). Nondominant hand computer mouse training and the bilateral transfer effect to the dominant hand. *Scientific Reports*, 11(1), 1-10.
- Seifert, T., Brassard, P., Wissenberg, M., Rasmussen, P., Nordby, P., Stallknecht, B., Adser, H., Jakobsen, A. H., Pilegaard, H., Nielsen, H. B., Secher, N. H. (2010). Endurance training enhances BDNF release from the human brain. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 298(2), 372-377.
- Seitz, A. R. (2018). A new framework of design and continuous evaluation to improve brain training. *Journal of Cognitive Enhancement*, 2(1), 78-87.
- Sember, V., Jurak, G., Kovač, M., Morrison, S. A., Starc, G. (2020). Children's physical activity, academic performance, and cognitive functioning: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in public health*, 8, 307.
- Shapiro, L., Stolz, S. A. (2019). Embodied cognition and its significance for education. *Theory and Research in Education*, 17(1), 19-39.
- Shati, M., Mortazavi, S.S., Nejati, V., Foroughan, M. (2015). The impact of computer-based cognitive training intervention on the quality of life among elderly people: A randomized clinical trial. *Trials*, 22, 51.
- Shawn Green, C., Bavelier, D., Kramer, A. F., Vinogradov, S., Ansorge, U., Ball, K. K., Bingel, U., Chein, J. M., Colzato, L. S., Edwards, J. D., Facoetti, A., Gazzaley, A.,

- Gathercole, S. E., Ghisletta, P., Gori, S., Granic, I., Hillman, Ch. H., Hommel, B., Jaeggi, S. M., Kanske, P., Karbach, J., Kingstone, A., Kliegel, M., Klingberg, T., ...Witt, C. M. (2019). Improving methodological standards in behavioral interventions for cognitive enhancement. *Journal of Cognitive Enhancement*, 3(1), 2-29.
- Shema-Shiratzky, S., Brozgol, M., Cornejo-Thumm, P., Geva-Dayan, K., Rotstein, M., Leitner, Y., Hausdorff, J., Mirelman, A. (2019). Virtual reality training to enhance behavior and cognitive function among children with attention-deficit/hyperactivity disorder: brief report. *Developmental neurorehabilitation*, 22(6), 431-436.
- Shevlin, M., Miles, J. (2000). *Applying regression and correlation: A guide for students and researchers*. A Guide for Students and Researchers; Sage: London, UK.
- Shin, Y.-I., Foerster, A., and Nitsche, M. A. (2015). Transcranial direct current stimulation (tDCS) – application in neuropsychology. *Neuropsychologia* 69, 154–175.
- Shine, J. M., Shine, R. (2014). Delegation to automaticity: the driving force for cognitive evolution?. *Frontiers in Neuroscience*, 8, 90.
- Singh, A. S., Saliassi, E., Van Den Berg, V., Uijtdewilligen, L., De Groot, R. H., Jolles, J., Andersen, L. B., Bailey, R., Chang, Y-K., Diamond, A., Ericsson, I., Etnier, J. L., Fedewa, A. L., Hillman, Ch. H., McMorris, T., Pesce, C., Puhse, U., Tomporowski, P. D.Chinapaw, M. J. (2019). Effects of physical activity interventions on cognitive and academic performance in children and adolescents: a novel combination of a systematic review and recommendations from an expert panel. *British journal of sports medicine*, 53(10), 640-647.
- Sittiprapaporn, P. (2020a). Cognitive skills improved by BrainWare SAFARI training program: Electroencephalographic study. *Asian Journal of Medical Sciences*, 11(1), 57-62.
- Sittiprapaporn, P. (2020b). Electroencephalographic changes as neuroscience-based cognitive skill training program. *Asian Journal of Medical Sciences*, 11(1), 63-68.
- Singleton, C. Stuart, M. (2003). Measurement mischief: A critique of Reynolds, Nicolson and Hambly. *Dyslexia*, 9(3), 151-160.
- Smid, C. R., Karbach, J., Steinbeis, N. (2020). Toward a science of effective cognitive training. *Current Directions in Psychological Science*, 29(6), 531-537.
- Sneck, S., Viholainen, H., Syväoja, H., Kankaapäa, A., Hakonen, H., Poikkeus, A.M., Tammelin, T. (2019). Effects of school-based physical activity on mathematics performance in children: a systematic review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 16(1), 109, 1-15.

- Skrzypek, A., Szeliga, M., Cegielný, T., Kowalska, B., Stalmach-Przygoda, A., Jabłoński, K., Nowakowski, M. (2017). Czynniki wpływające na efekty osiągnięte w nauce-badanie wstępne. *General and Professional Education*, 1.
- Skulmowski, A., Rey, G. D. (2017). Measuring cognitive load in embodied learning settings. *Frontiers in psychology*, 8, 1191.
- Skulmowski, A., Rey, G. D. (2018). Embodied learning: introducing a taxonomy based on bodily engagement and task integration. *Cognitive research: principles and implications*, 3(1), 1-10.
- Snowling, M. J. Hulme, C. A. (2003). Critique of claims from Reynolds & Hambly (2003) that DDAT is an effective treatment for children with reading difficulties – 'lies, damned lies and (inappropriate) statistics?'. *Dyslexia*, 9(2), 127-133.
- Sobierańska, D. (2015). Świat przyrody zintegrowany, ale czy w szkole? [W:] D. Klus-Stańska (red.), (*Anty*)*edukacja wczesnoszkolna*. Kraków: Impuls.
- Sobkow, A., Fulawka, K., Tomczak, P., Zjawiony, P., Traczyk, J. (2019). Does mental number line training work? The effects of cognitive training on real-life mathematics, numeracy, and decision making. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 25(3), 372.
- Solewicz, K. (2017). Aktywność fizyczna jako niezbędny element prawidłowego rozwoju wśród dzieci. [W:] J. Zimny (red.), *Sport drogą jedności*. Stalowa Wola.
- Sowińska H., Krauze-Sikorska H. Kuszak K., Michalak R., Rura G. (2011), Podsumowanie i wnioski. [W:] H. Sowińska (red.), *Dziecko w szkolnej rzeczywistości. Założony a rzeczywisty obraz edukacji elementarnej*. (s. 555-567). Poznań: Wydawnictwo UAM.
- Spychała, A. Graja-Zwolińska, S. (2016). Krajoznawstwo w obliczu nowych form interpretacji przestrzeni miejskiej. Studium przypadku Poznania. [W:] A. Stasiak, J. Śledzińska, B. Włodarczyk (red.), *Wczoraj, dziś i jutro turystyki aktywnej i specjalistycznej*. (s. 283-300). Warszawa: Wydawnictwo PTTK Kraj.
- Srivarsan, R., Sridevi, G., Preetha, S. (2021). An evaluation on use of stress ball exercise on stress management among student population – a cross section study. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 33, 506–14.
- Stalvey, S., Brasell, H. (2006). Using Stress Balls to Focus the Attention of Sixth-Grade Learners. *Journal of At-Risk Issues*, 12(2), 7-16.
- Stanmore, E., Stubbs, B., Vancampfort, D., de Bruin, E. D., Firth, J. (2017). The effect of active video games on cognitive functioning in clinical and non-clinical populations: A

- meta-analysis of randomized controlled trials. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 78, 34-43.
- Stoet, G. (2010). PsyToolkit – A software package for programming psychological experiments using Linux. *Behavior Research Methods*, 42(4), 1096-1104.
- Stoet, G. (2017). PsyToolkit: A novel web-based method for running online questionnaires and reaction-time experiments. *Teaching of Psychology*, 44(1), 24-31.
- Strobach, T., Karbach, J. (2016). *Cognitive training*. New York, NY: Springer.
- Stockel, T., Weigelt, M. (2012). Brain lateralisation and motor learning: Selective effects of dominant and non-dominant hand practice on the early acquisition of throwing skills. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 17(1), 18-37.
- Strooband, K. F., de Rosnay, M., Okely, A. D., Veldman, S. L. (2020). Systematic review and meta-analyses: Motor skill interventions to improve fine motor development in children aged birth to 6 years. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 41(4), 319-331.
- Styliadis, C., Kartsidis, P., Paraskevopoulos, E., Ioannides, A. A., Bamidis, P. D. (2015). Neuroplastic effects of combined computerized physical and cognitive training in elderly individuals at risk for dementia: an eLORETA controlled study on resting states. *Neural plasticity*, 2015, 172-192.
- Stylianou, M., Kulinna, P. H., Naiman, T. (2016). ‘... because there’s nobody who can just sit that long’ Teacher perceptions of classroom-based physical activity and related management issues. *European Physical Education Review*, 22(3), 390-408.
- Styrkowiec, P. P., Nowik, A. M., Króliczak, G. (2019). The neural underpinnings of haptically guided functional grasping of tools: an fMRI study. *Neuroimage*, 194, 149-162.
- Su, R., Wang, C., Liu, W., Han, C., Fan, J., Ma, H., Li, H., Zhang, D. (2022). Intensity-dependent acute aerobic exercise: Effect on reactive control of attentional functions in acclimatized lowlanders at high altitude. *Physiology & Behavior*, 250, 113785.
- Suchodolska, J. (2017). Deficyty gotowości szkolnej przedszkolaka. Od zintegrowanej diagnozy do skutecznego wspierania rozwoju dziecka. [W:] E. Ogrodzka-Mazur, U. Szuścik, B. Oelszlaeger-Kosturek (red.), *Edukacja małego dziecka. T. 10, Wychowanie i kształcenie – kierunki i perspektywy zmian*. (s. 239-255). Cieszyn: Wydział Etnologii i Nauk o Edukacji Uniwersytetu Śląskiego.
- Suggate, S., Pufke, E., Stoeger, H. (2016). The effect of fine and grapho-motor skill demands on preschoolers’ decoding skill. *Journal of Experimental Child Psychology*, 141, 34-48.

- Suggate, S., Pufke, E., Stoeger, H. (2018). Do fine motor skills contribute to early reading development?. *Journal of Research in Reading*, 41(1), 1-19.
- Suggate, S., Pufke, E., Stoeger, H. (2019). Children's fine motor skills in kindergarten predict reading in grade 1. *Early Childhood Research Quarterly*, 47, 248-258.
- Suggate, S. P., Stoeger, H. (2014). Do nimble hands make for nimble lexicons? Fine motor skills predict knowledge of embodied vocabulary items. *First Language*, 34(3), 244-261.
- Suggate, S., Stoeger, H. (2017). Fine motor skills enhance lexical processing of embodied vocabulary: A test of the nimble-hands, nimble-minds hypothesis. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 70(10), 2169-2187.
- Suggate, S., Stoeger, H., Fischer, U. (2017). Finger-based numerical skills link fine motor skills to numerical development in preschoolers. *Perceptual and Motor Skills*, 124(6), 1085-1106.
- Sufa, B., Winiarczyk-Rażniak, A. (2020). Wycieczka jako metoda nauczania i wychowania uczniów w edukacji wczesnoszkolnej. *Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis Studia Geographica*, 15, 223-241.
- Suhari, S., Astuti, A., Rahmawati, P. M., Musviro, M. (2019). Brain Gym Improves Cognitive Function for Elderly With Demensia. *International Conference of Kerta Cendekia Nursing Academy*, 1(1).
- Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. [W:] *Psychology of learning and motivation*. (s. 37-76). Oxford: Academic Press.
- Szark-Eckardt, M., Augustyńska, B., Eider, J. (2016). Nauczyciel edukacji wczesnoszkolnej w procesie kształtowania wymiaru aktywności fizycznej. *Handel Wewnętrzny*, 6(365), 319-331.
- Szczepanowska, E., Wasilewska, P. (2015). Turystyka aktywna jako element zdrowego stylu życia młodzieży licealnej Szczecina. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Bankowej*, 63(6), 97-120.
- Szewczyk, R. Ł., Siedlecki, M. Ł., Ratomska, M. A. (2016). Prawne aspekty prowadzenia i korzystania z neuroterapii. *Neuropsychiatry & Neuropsychology/Neuropsychiatria i Neuropsychologia*, 11(1), 21-27.
- Szlałużys, J. (2019). Leśne przedszkole jako alternatywna forma wczesnej edukacji. *Parezja*, 2(12), 94-107.

- Szumiec, M. (2016). Aktywność fizyczna jako istotny czynnik wzmacniania potencjału zdrowotnego – wyzwania dla edukacji zdrowotnej. *Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis. Studia de Securitate et Educatione Civili*, 6, 133-157.
- Taatgen, N. A. (2013). The nature and transfer of cognitive skills. *Psychological review*, 120(3), 439.
- Taatgen, N. A. (2021). Theoretical models of training and transfer effects. [W:] T. Strobach, J. Karbach (red.), *Cognitive training*. Springer, Cham.
- Tanaś, M., Galanciak, S. (2020) A child in a web of threats – risky online behaviours of youth as a challenge for education [W:] A. Wrońska, R. Lew-Starowicz, A. Rywczyńska (red.), *Education–Relationships–Play Multifaceted Aspects of the Internet and Child and Youth Online Safety*.
- Tao, M., Yang, D., Liu, W. (2019). Learning effect and its prediction for cognitive tests used in studies on indoor environmental quality. *Energy and Buildings*, 197, 87-98.
- Tine, M. T., Butler, A. G. (2012). Acute aerobic exercise impacts selective attention: The jamovi project (2022). stycznia 2023]. *jamovi*. (Version 2.3) [Oprogramowanie komputerowe]. Pobrane z <https://www.jamovi.org> [dostęp: 16 stycznia 2023].
- Thompson, M., Thompson, L. (2003). *The neurofeedback book: An introduction to basic concepts in applied psychophysiology*. Wheat Ridge, Colorado: Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback.
- Tomasello, M. (2019). *Becoming human: A theory of ontogeny*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Tomik, R., Dębska, M., Gołaś, A., Nawrocka, A., Polechoński, J., Rozpora, M. (2018). *Krajowe Rekomendacje Prozdrowotnej Aktywności Fizycznej*. Katowice: Ministerstwo Sportu i Turystyki.
- Tomporowski, P. D., Pesce, C. (2019). Exercise, sports, and performance arts benefit cognition via a common process. *Psychological bulletin*, 145(9), 929.
- Toumpaniari, K., Loyens, S., Mavilidi, M. F., Paas, F. (2015). Preschool children’s foreign language vocabulary learning by embodying words through physical activity and gesturing. *Educational Psychology Review*, 27(3), 445-456.
- Trofatter, C., Kontra, C., Beilock, S., Goldin-Meadow, S. (2015). Gesturing has a larger impact on problem-solving than action, even when action is accompanied by words. *Language, Cognition and Neuroscience*, 30(3), 251-260.

- Tschemtscher, N., Hauk, O., Fischer, M. H., Pulvermuller, F. (2012). You can count on the motor cortex: finger counting habits modulate motor cortex activation evoked by numbers. *Neuroimage*, 59(4), 3139-3148.
- Turner, C. E., Hahn, M. E., Kellogg, R. T. (2017). Semantic processing in the left versus right cerebral hemispheres following unilateral hand contractions. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 22(2), 219-232.
- Turner, L., Calvert, H. G., Carlson, J. A. (2019). Supporting teachers' implementation of classroom-based physical activity. *Translational Journal of the American College of Sports Medicine*, 4(17), 165-172.
- Valla, L., Slinning, K., Kalleeson, R., Wentzel-Larsen, T., Riiser, K. (2020). Motor skills and later communication development in early childhood: Results from a population-based study. *Child: Care, Health and Development*, 46(4), 407-413.
- Van de Winckel, A., Carey, J. R., Bisson, T. A., Hauschildt, E. C., Streib, C. D., Durfee, W. K. (2018). Home-based transcranial direct current stimulation plus tracking training therapy in people with stroke: an open-label feasibility study. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 15, 1-10.
- Van den Berg, V., Saliassi, E., De Groot, R. H., Jolles, J., Chinapaw, M. J., Singh, A. S. (2016). Physical activity in the school setting: Cognitive performance is not affected by three different types of acute exercise. *Frontiers in psychology*, 7, 723.
- Van der Fels, I. M., Te Wierike, S. C., Hartman, E., Elferink-Gemser, M. T., Smith, J., Visscher, C. (2014). The relationship between motor skills and cognitive skills in 4–16 year old typically developing children: A systematic review. *Journal of science and medicine in sport*, 18(6), 697-703.
- van Son, D., De Blasio, F. M., Fogarty, J. S., Angelidis, A., Barry, R. J., Putman, P. (2019). Frontal EEG theta/beta ratio during mind wandering episodes. *Biological psychology*, 140, 19-27.
- van Stryp, O., Africa, E., Kidd, M., Duncan, M. J. (2021). The effect of active brain-breaks during a typical school day on the in-school physical activity patterns of Grade 1 children in the Western Cape, South Africa. *Education 3-13*, 1-12.
- Vaquero-Solis, M., Iglesias Gallego, D., Tapia-Serrano, M. A., Pulido, J. J., Sanchez-Miguel, P. A. (2020). School-based physical activity interventions in children and adolescents: A systematic review. *International journal of environmental research and public health*, 17(3), 999.

- Vazou, S. (2019). From “Sit Still and Listen” to “Get Up and Move,” the leap may be one of educational paradigms but no longer one of faith. *Translational Journal of the American College of Sports Medicine*, 4(17), 127-128.
- Vazou, S., Gavrilou, P., Mamalaki, E., Papanastasiou, A., Sioumala, N. (2012). Does integrating physical activity in the elementary school classroom influence academic motivation? *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 10(4), 251-263.
- Vazou, S., Skrade, M.A. (2017). Intervention integrating physical activity with math: math performance, perceived competence, and need satisfaction. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 15(5), 508-522.
- Vazou, S., Smiley-Oyen, A. (2014). Moving and academic learning are not antagonists: acute effects on executive function and enjoyment. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 36(5), 474-485.
- Vetter, M., O'Connor, H.T., O'Dwyer, N., Chau, J., Orr, R. (2020). ‘Maths on the move’: effectiveness of physically-active lessons for learning maths and increasing physical activity in primary school students. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 23(8), 735-739.
- Walsh, E. I., Smith, L., Northey, J., Rattray, B., Cherbuin, N. (2020). Towards an understanding of the physical activity-BDNF-cognition triumvirate: A review of associations and dosage. *Ageing research reviews*, 60, 101044.
- Walter, N. (2021). O technologii w szkole w edukacji zdalnej i stacjonarnej. [W:] A. Łuczyńska, J. Pyżalski (red.), *Jacy ludzie, taka szkoła. Osobiste doświadczenia z pandemii*. (s. 7-11). Warszawa: Fundacja Szkoła z Klasą.
- Wanat-Żołądek, K. (2009). Metoda ruchu rozwijającego Weroniki Sherborne w pracy z dziećmi z zaburzeniami integracji sensorycznej. [W:] B. Oszustowicz, V. Lechta (red.), *Teoretyczne i praktyczne aspekty terapii pedagogicznej osób z niepełnosprawnością*. Kraków: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Pedagogicznego.
- Wang, M. V., Lekhal, R., Aaro, L. E., Holte, A., Schjolberg, S. (2014). The developmental relationship between language and motor performance from 3 to 5 years of age: a prospective longitudinal population study. *BMC Psychology*, 2(1), 1-10.
- Warchoła, M., Skulimowska, M. (2016). Poznawcze motywy uprawiania turystyki i implikacje krajoznawcze aktywności turystycznej młodzieży w kontekście wychowania. [W:] A. Stasiak, J. Śledzińska, B. Włodarczyk (red.), *Wczoraj, dziś i jutro turystyki aktywnej i specjalistycznej*. Warszawa: Wydawnictwo PTTK Kraj.

- Warnke, F. (2014). *Metoda Warnkego – słuch, wzrok, ruch. Skuteczna pomoc w problemach automatyzacji funkcji*. Wrocław: Wydawnictwo Biomed Neurotechnologie.
- Wasner, M., Moeller, K., Fischer, M. H., Nuerk, H. C. (2014). Aspects of situated cognition in embodied numerosity: the case of finger counting. *Cognitive Processing*, 15(3), 317-328.
- Wasner, M., Nuerk, H. C., Martignon, L., Roesch, S., Moeller, K. (2016). Finger gnosis predicts a unique but small part of variance in initial arithmetic performance. *Journal of experimental child psychology*, 146, 1-16.
- Wass, S. V. (2015). Applying cognitive training to target executive functions during early development. *Child Neuropsychology*, 21(2), 150-166.
- Watson, A., Kelso, G. L. (2014). The Effect of Brain Gym® on Academic Engagement for Children with Developmental Disabilities. *International Journal of Special Education*, 29(2), 75-83.
- Watson, A., Timperio, A., Brown, H., Best, K., Hesketh, K. D. (2017a). Effect of classroom-based physical activity interventions on academic and physical activity outcomes: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14(1), 1-24.
- Watson, A., Timperio, A., Brown, H., Hesketh, K. D. (2017b). A primary school active break programme (ACTI-BREAK): study protocol for a pilot cluster randomised controlled trial. *Trials*, 18(1), 1-11.
- Watson, A., Timperio, A., Brown, H., Hesketh, K. D. (2019). Process evaluation of a classroom active break (ACTI-BREAK) program for improving academic-related and physical activity outcomes for students in years 3 and 4. *BMC public health*, 19(1), 1-8.
- Wawrzyniak, S., Cichy, I., Matias, A. R., Pawlik, D., Kruszwicka, A., Klichowski, M., Rokita, A. (2021). Physical activity with Eduball stimulates graphomotor skills in primary school students. *Frontiers in Psychology*, 12, 614138.
- Wawrzyniak, S., Korbecki, M., Cichy, I., Kruszwicka, A., Przybyła, T., Klichowski, M., Rokita, A. (2022). Everyone Can Implement Eduball in Physical Education to Develop Cognitive and Motor Skills in Primary School Students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1275.
- Wawrzyniak, S., Rokita, A., Pawlik, D. (2015). Temporal-spatial orientation in first-grade pupils from elementary school participating in physical education classes using Edubal educational balls. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 7(2), 3.

- Webster, C. A., Russ, L., Vazou, S., Goh, T. L., Erwin, H. (2015). Integrating movement in academic classrooms: understanding, applying and advancing the knowledge base. *Obesity Reviews*, 16(8), 691-701.
- Webster, C. A., Zarrett, N., Cook, B. S., Egan, C., Nesbitt, D., Weaver, R. G. (2017). Movement integration in elementary classrooms: Teacher perceptions and implications for program planning. *Evaluation and program planning*, 61, 134-143.
- Weller, S., Nitsche, M. A., Plewnia, C. (2020). Enhancing cognitive control training with transcranial direct current stimulation: a systematic parameter study. *Brain Stimulation*, 13(5), 1358-1369.
- Westendorp, M., Houwen, S., Hartman, E., Mombarg, R., Smith, J., Visscher, C. (2014). Effect of a ball skill intervention on children's ball skills and cognitive functions. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(2), 414.
- Westwood, S. J., Romani, C. (2017). Transcranial direct current stimulation (tDCS) modulation of picture naming and word reading: A meta-analysis of single session tDCS applied to healthy participants. *Neuropsychologia*, 104, 234-249.
- Whiten, A., van de Waal, E. (2017). Social learning, culture and the 'socio-cultural brain' of human and non-human primates. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 82, 58-75.
- Whiting, S., Buoncristiano, M., Gelius, P., Abu-Omar, K., Pattison, M., Hyska, J., Duleva, V., Music Milanovic, S., Zamrazilova, H., Hejgaard, T., Rasmussen, M., Nurk, E., Shengelia, L., Kelleher, C. C., Heinen, M. M., Spinelli, A., Nardone, P., Abildina, A., Abdrakhmanova, S., (...) Breda, J. (2021). Physical Activity, Screen Time, and Sleep Duration of Children Aged 6–9 Years in 25 Countries: An Analysis within the WHO European Childhood Obesity Surveillance Initiative (COSI) 2015–2017. *Obesity facts*, 14(1).
- Wiest, D. J., Wong, E. H., Bacon, J. M., Rosales, K. P., Wiest, G. M. (2020). The effectiveness of computerized cognitive training on working memory in a school setting. *Applied Cognitive Psychology*, 34(2), 465-471.
- Wilke, J., Giesche, F., Klier, K., Vogt, L., Herrmann, E., Banzer, W. (2019). Acute effects of resistance exercise on cognitive function in healthy adults: a systematic review with multilevel meta-analysis. *Sports Medicine*, 49(6), 905-916.
- Willumsen, J., Bull, F. (2020). Development of WHO guidelines on physical activity, sedentary behavior, and sleep for children less than 5 years of age. *Journal of physical activity and health*, 17(1), 96-100.

- Wilson, A. D., Golonka, S. (2013). Embodied cognition is not what you think it is. *Frontiers in psychology*, 4, 58.
- Wilson, A. N., Olds, T., Lushington, K., Petkov, J., Dollman, J. (2016). The impact of 10-minute activity breaks outside the classroom on male students' on-task behaviour and sustained attention: a randomised crossover design. *Acta paediatrica*, 105(4), e181-e188.
- Wilson, P. H., Smits-Engelsman, B., Caeyenberghs, K., Steenbergen, B., Sugden, D., Clark, J., Mumford, N., Blank, R. (2017). Cognitive and neuroimaging findings in developmental coordination disorder: new insights from a systematic review of recent research. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 59(11), 1117-1129.
- Wilson, R. A., Foglia, L. (2021). Embodied cognition. [W:] E. N. Zalta (red.), *Stanford encyclopedia of philosophy* (Winter 2021 Edition). Stanford: Metaphysics Research Lab, Stanford University.
- Winter, B., Matlock, T., Shaki, S., Fischer, M. H. (2015). Mental number space in three dimensions. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 57, 209-219.
- Witkowska, N., Gut, M. (2018). Znaczenie ruchu w edukacji matematycznej Ucieleśnione poznanie a kształtowanie się umysłowych reprezentacji liczb u dzieci. *Kognitywistyka i media w edukacji*. 1, 128-149.
- Witkowski, M., Bronikowski, M., Nowik, A., Tomczak, M., Strugarek, J., Króliczak, G. (2018). Evaluation of the effectiveness of a transfer (interhemispheric) training program in the early stages of fencing training. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58, 1368-1374.
- Witkowski, M., Bojkowski, Ł., Karpowicz, K., Konieczny, M., Bronikowski, M., Tomczak, M. (2020). Effectiveness and durability of transfer training in fencing. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), 849.
- World Health Organization. (2018a). *Global action plan on physical activity 2018–2030: more active people for a healthier world*. Genewa: World Health Organization.
- World Health Organization. (2018b). *Physical Activity Factsheets For The 28 European Union Member States Of The Who European Region*. Kopenhaga: WHO Regional Office for Europe.
- World Health Organization. (2019). *Guidelines on physical activity, sedentary behaviour and sleep for children under 5 years of age*. World Health Organization.
- World Health Organization. (2020a). *Childhood Obesity Surveillance Initiative (COSI): physical activity, screen time and sleep of children aged 6-9 in Europe*.

- World Health Organization. (2020b). *WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour: at a glance*. Genewa: World Health Organization.
- Wojnarowska, B. (2008a). Aktywność fizyczna. [W:] B. Wojnarowska (red.), *Profilaktyka w pediatrii*, Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL.
- Wojnarowska, B. (2008b). Edukacja zdrowotna w szkole w Polsce. Zmiany w ostatnich dekadach i nowa propozycja. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 89(4), 445-452.
- Wojnarowska, B., Mazur, J., Oblacińska, A. (2015). Uczestnictwo uczniów w lekcjach wychowania fizycznego w szkołach w Polsce. *Hygeia Public Health*, 50(1), 183-190.
- Wojnarowska, B. (2010). Aktywność fizyczna w dzieciństwie i młodości. [W:] P. Podolec (red.), *Podręcznik Polskiego Forum Profilaktyki T.2*. Kraków: Medycyna Praktyczna.
- Wojnarowska, B. (2018). Zachowania sedentarne przed ekranem w czasie wolnym. [W:] J. Mazur, A. Małkowska-Szkutnik (red.), *Zdrowie uczniów w 2018 roku na tle nowego modelu badań*. (s. 93-102). Warszawa: Instytut Matki i Dziecka.
- Wójcik, M. (2017). *Kinezylogia edukacyjna w pracy z dzieckiem z niepełnosprawnością intelektualną*. Lublin: Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej.
- Wójcik A., Rzepa T. (2007). Wykorzystanie piłek edukacyjnych EDUBAL w nauczaniu czytania i pisania uczniów klas pierwszych i drugich szkoły podstawowej. [W:] S. Żak, M. Spieszny (red.), *Humanistyczny sens gier z piłką w wychowaniu fizycznym*. (s. 110-114). Wrocław: Międzynarodowe Towarzystwo Naukowe Gier Sportowych.
- Wu, H., Eungpinichpong, W., Ruan, H., Zhang, X., Wang, S., Ding, C. (2021). Protocol for a quasi-experimental study examining the effect of a ball skills intervention on four domains of preschooler development. *Primary Health Care Research & Development*, 22, e69.
- Yang, J., Peng, J., Zhang, D., Zheng, L., Mo, L. (2017). Specific effects of working memory training on the reading skills of Chinese children with developmental dyslexia. *PloS one*, 12(11), e0186114.
- Yeh, T. T., Chang, K. C., Wu, C. Y. (2019). The active ingredient of cognitive restoration: A multicenter randomized controlled trial of sequential combination of aerobic exercise and computer-based cognitive training in stroke survivors with cognitive decline. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 100(5), 821-827.
- Yuzaidey, N. A. M., Din, N. C., Ahmad, M., Ibrahim, N., Razak, R. A., Harun, D. (2018). Interventions for children with dyslexia: A review on current intervention methods. *Medical Journal of Malaysia*, 73(5), 311-320.

- Zadarko-Domaradzka, M., Momola, I., Zadarko, E., Polak, E. (2018). Aktywizacja ruchowa dzieci w dobie rozwoju nowych technologii– wyzwanie dla nauczycieli. *Edukacja – Technika – Informatyka*, 9(2), 109-115.
- Zajadacz, A., Kugiejko, M. (2016). Krajoznawstwo w świadomości pokolenia Z. [W:] A. Stasiak, J. Śledzińska, B. Włodarczyk (red.), *Wczoraj, dziś i jutro turystyki aktywnej i specjalistycznej*. (s. 51-65). Warszawa: Wydawnictwo PTTK Kraj.
- Zawiślak, A. (2000). Czym jest właściwie nauczanie blokowe. [W:] K. Waligórski (red.), *Reforma edukacji – realia, szanse, zagrożenia*. (s. 87-94). Bydgoszcz–Wągrowiec: Akademia Bydgoska im. Kazimierza Wielkiego.
- Zembura P., Korcz A., Cieśla E., Nałęcz H. (2022), *Raport o stanie aktywności fizycznej dzieci i młodzieży w Polsce w ramach projektu Global Matrix 4.0*, Warszawa: Fundacja V4Sport.
- Zeng, N., Ayyub, M., Sun, H., Wen, X., Xiang, P., Gao, Z. (2017). Effects of physical activity on motor skills and cognitive development in early childhood: a systematic review. *BioMed research international*, 2017.
- Zhang, L., Wang, W., Zhang, X. (2020). Effect of finger gnosis on young Chinese children's addition skills. *Frontiers in Psychology*, 11, 544543.
- Zheng, B., Udeh-Momoh, C., Watermeyer, T., de Jager Loots, C. A., Ford, J. K., Robb, C. E., Giannakopoulou, P., Ahmadi-Abhari, S., Baker, S., Novak, G. P., Price, G., Middleton, L. T. (2022). Practice Effect of Repeated Cognitive Tests Among Older Adults: Associations With Brain Amyloid Pathology and Other Influencing Factors. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 14.
- Zielińska, M., Blythe, S. G. (2020). School functioning of students with neuromotor immaturity. *International Journal of Pedagogy Innovation and New Technologies*, 7(2), 40-46.