



Uniwersytet Gdański
Wydział Nauk Społecznych
Instytut Psychologii

Ilona Bidzan-Bluma

**Funkcjonowanie poznawcze młodocianych sportowców
z uwzględnieniem wskaźników
bioelektrycznej czynności mózgu**

Rozprawa doktorska napisana pod kierunkiem
prof. dr hab. Małgorzaty Lipowskiej
i promotor pomocniczej dr Magdaleny Jochimek

Gdańsk, 2024

SPIS TREŚCI

Spis publikacji naukowych stanowiących rozprawę doktorską.....	3
Streszczenie.....	4
Abstract.....	8
Skrócony opis rozprawy doktorskiej przedstawionej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych	
Wprowadzenie	
Funkcjonowanie poznawcze w okresie późnego dzieciństwa	13
Rola aktywności fizycznej w rozwoju dziecka	13
Problematyka badań własnych	
Aktywność fizyczna a funkcjonowanie poznawcze dzieci – aktualny stan wiedzy ...	14
Klasyfikacja sportów z perspektywy badań psychologicznych	17
Badania eksploracyjne	
Cel badań własnych.....	19
Procedura badań własnych	
Osoby badane	20
Narzędzia badawcze	22
Wyniki badań własnych	
Funkcje poznawcze i wskaźniki bioelektrycznej czynności mózgu u gimnastyków ..	25
Profile funkcjonowania poznawczego u zawodników sportów interakcyjnych i nieinterakcyjnych z uwzględnieniem cech temperamentu i wskaźników bioelektrycznej czynności mózgu	31
Implikacje praktyczne wynikające z badań	39
Bibliografia	40
Oświadczenia współautorów publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej ...	49
Załącznik – Ankieta własna	52
Wydruki publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej	56

SPIS PUBLIKACJI NAUKOWYCH STANOWIĄCYCH ROZPRAWĘ DOKTORSKĄ

1. 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. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040800>

Impact Factor: 2,145 / 5-Year Impact Factor: 3,789; punktacja ministerialna: 140; liczba cytowań: 563 (na dzień 30.06.2024 r.)

2. Bidzan-Bluma, I. (2022). Propozycja polskiej terminologii klasyfikacji sportów przydatnej w psychologicznych badaniach funkcji poznawczych sportowców. *Polskie Forum Psychologiczne*, 27(3), 291–300. <https://doi.org/10.34767/PFP.2022.03.02>

Punktacja ministerialna: 40

3. Bidzan-Bluma, I., Jochimek, M., & Lipowska, M. (2023). Cognitive functioning of preadolescent gymnasts, including bioelectrical brain activity. *Perceptual and Motor Skills*, 130(2), 714–731. <https://doi.org/10.1177/00315125231156722>

Impact Factor: 1.4 / 5-Year Impact Factor: 1.9; Punktacja ministerialna: 40

4. Bidzan-Bluma, I., Jurek, P., & Lipowska, M. (2024). Cognitive in pre-adolescent children involved in gymnastic and Soccer. *Advances in Cognitive Psychology*, 20(2), 149–156. <https://doi.org/10.5709/acp-0424-8>

Impact Factor: 1.0/5-Year Impact Factor: 1,357; Punktacja ministerialna: 100

STRESZCZENIE

Aktywność fizyczna jest jednym z głównych czynników warunkujących sprawność fizyczną, jak i zdrowie w wielu wymiarach, w tym zdrowie kardiometaboliczne (np. ciśnienie krwi, dyslipidemia i insulinooporność), zdrowie kości, zdrowie psychiczne (np. objawy depresji, brak pewności siebie), jak i prawidłowy rozwój funkcji poznawczych. Prezentowany zbiór artykułów tworzących rozprawę doktorską koncentruje się na próbie poznania funkcjonowania poznawczego młodocianych sportowców w okresie późnego dzieciństwa z uwzględnieniem wskaźników bioelektrycznej czynności mózgu.

Artykuły wchodzące w skład rozprawy doktorskiej prezentują dwa etapy eksploracji naukowej: w pierwszej kolejności sporządzony został przegląd najnowszej literatury naukowej dotyczącej analizowanego obszaru (Artykuł 1 i 2). W drugim kroku uzyskana wiedza pozwoliła na postawienie celów empirycznych oraz pytań i hipotez badawczych (Artykuły 3 i 4).

Artykuł 1 prezentuje aktualny stan wiedzy na temat aktywności fizycznej w kontekście funkcjonowania poznawczego dzieci w okresie późnego dzieciństwa. Uzyskane dane wskazują na możliwe pozytywne oddziaływanie aktywności fizycznej na procesy uwagowe, funkcje wykonawcze, funkcje językowe, pamięć roboczą i pamięć wzrokowo-przestrzenną. Wnioski płynące z przeglądu badań wskazują, że sprawne funkcjonowanie poznawcze u dzieci w okresie późnego dzieciństwa wymaga nie tylko odpowiedniego ilorazu inteligencji, ale także wysokiego poziomu rozwoju funkcji wykonawczych (takich jak motywacja, umiejętność stawiania sobie celów i samokontrola), co jest wspierane przez uprawianie sportu.

Przegląd badań ujawnił też ograniczenia dotychczasowych badań, w szczególności: 1) brak w literaturze światowej badań uwzględniających całokształt funkcjonowania poznawczego młodocianych sportowców, z uwzględnieniem wskaźników bioelektrycznej czynności mózgu, przy jednoczesnym uwzględnianiu klasyfikacji sportów interakcyjnych vs. nieinterakcyjnych; dotychczasowe badania dotyczyły zwykle oceny funkcji wykonawczych czy też procesów uwagowych; 2) rzadko poddawana badaniom jest grupa dzieci 10-12-letnich, badacze koncentrują się głównie na osobach dorosłych i dzieciach w okresie wczesnego dzieciństwa; 3) niewiele badań uwzględnia jako grupę porównawczą grupą aktywną fizycznie, tyle, że w mniejszym stopniu, zazwyczaj grupę porównawczą stanowi grupa siedząca (tzw. „*sedentary*”).

Na etapie opracowania pierwszego artykułu pojawiły się rozbieżności co do wykorzystywanej terminologii klasyfikacji sportu, w zależności od uprawianej dyscypliny.

Polscy badacze (np. Czajkowski, 2006; Wilski, 2010; Waleriańczyk i Stolarski, 2021) wykorzystują terminologię anglojęzyczną lub dokonują swobodnego tłumaczenia na język polski. Rozbieżności te stały się motywacją do powstania kolejnej pracy wchodzącej w skład cyklu (Artykuł 2). Celem pracy było ujednoczenie polskiej terminologii odnoszącej się do klasyfikacji sportów zgodnie z koncepcją Poultona (1957) i Knapp (1963), dotyczącej dwóch kluczowych pojęć: „*open-skill exercise*” (OSE) i „*closed-skill exercise*” (CSE). Dla sportów OSE zaproponowano termin sport interakcyjny, zaś w przypadku CSE – sport nieinterakcyjny.

Po dokonaniu przeglądu literatury oraz ustaleniu klasyfikacji sportów rozpoczęto realizację badań eksploracyjnych. Głównymi celami podjętych badań była ocena, czy u młodocianych sportowców funkcjonowanie poznawcze jest lepsze niż u rówieśników nie uprawiających sportu wyczynowo i czy istnieją różnice w funkcjonowaniu poznawczym jak i we wskaźnikach bioelektrycznej czynności mózgu dzieci w okresie późnego dzieciństwa, które uprawiają sporty interakcyjne (piłka nożna) oraz nieinterakcyjne (gimnastyka sportowa).

Sformułowano także cele szczegółowe, którymi były:

- (1) zweryfikowanie roli uczestnictwa w aktywności sportowej dla funkcjonowania poznawczego dzieci (Artykuł 3 oraz 4);
- (2) weryfikacja założenia, czy uwidocznia się różnice we wskaźnikach bioelektrycznej czynności mózgu (Artykuł 3 oraz 4);
- (3) weryfikacja specyficznego oddziaływania poszczególnych form rywalizacji sportowych sklasyfikowanych ze względu na interakcyjny vs. nieinterakcyjny charakter dla funkcjonowania poznawczego dzieci (Artykuł 4).

Do badań zaproszone zostały dzieci wraz z rodzicami w wieku późnego dzieciństwa (10-12 lat), jako, że jest to okres podczas którego dochodzi do intensywnego kształtowania się mózgu, tym samym m.in. funkcji wykonawczych. Uczestnicy badań zostali zakwalifikowani do jednej z dwóch grup kryterialnych z uwagi na rodzaj uprawianej dyscypliny sportowej (gimnastyka sportowa vs. piłka nożna). W grupie porównawczej znalazły się natomiast dzieci, które pozostawały aktywne fizycznie, jednakże w dużo mniejszym stopniu niż dzieci stanowiące grupy kryterialne (tj. uprawiające sport wyczynowo).

Zbadano 176 dzieci (88 chłopców i 88 dziewcząt). W grupie kryterialnej I (gimnastycy sportowi) znalazło się 59 dzieci, w grupie kryterialnej II (piłkarze) - 59 dzieci, natomiast grupę porównawczą stanowiło 58 dzieci.

Wykorzystano Międzynarodowy Kwestionariusz Aktywności Fizycznej - IPAQ w zmodyfikowanej wersji, dotyczącej dzieci (Biernat i in., 2007), ankietę własną „aktywność sportowa” – analiza historii sportowej ucznia (Bidzan-Bluma, 2020), Neutralny Kulturowo Test Inteligencji Cattella (CFT 20-R) – wersja 2 (Stańczak i in., 2013); Baterię Diagnostyki Funkcji Poznawczych PU1 (Borkowska i in., 2015), Diagnostykę Uszkodzeń Mózgu (DUM; Weidlich i in., 1997; Dajek, 1999) oraz Kwestionariusz Temperamentu EAS – wersja dla dzieci autorstwa A. H. Bussa i R. Plomina - w polskiej adaptacji W. Oniszczenki (2015). Badanie zostało wzbogacone o próbę diagnostyczną przy wykorzystaniu EEG Biofeedback w pasie centralnym linii środkowej (Cz). Rodzice badanych dzieci wypełnili ankietę socjodemograficzną i Międzynarodowy kwestionariusz aktywności fizycznej – IPAQ (zmodyfikowaną wersję dla dzieci; Biernat i in., 2007).

Jak wykazały wyniki badań, zarówno dzieci uprawiające sporty interakcyjne jak i nieinterakcyjne wykazują lepsze funkcjonowanie poznawcze niż dzieci, które nie uprawiają sportu wyczynowo (Artykuł 3 i 4). Profile poznawcze dzieci uprawiających sporty interakcyjne (piłka nożna) i nieinterakcyjne (gimnastyka sportowa) różnią się. Dzieci uprawiające piłkę nożną osiągnęły lepsze wyniki w zakresie selektywności uwagi w porównaniu do gimnastyków. Dzieci uprawiające sport nieinterakcyjny (gimnastykę sportową) charakteryzuje najniższy poziom selektywności uwagi w porównaniu do pozostałych grup badanych. Jednocześnie cechuje je najlepszy poziom pamięci krótkotrwałej materiału werbalnego (Artykuł 4).

Obydwie grupy kryterialne uzyskały wyższe wyniki w zakresie pętli fonologicznej i odtwarzania spontanicznego materiału wzrokowego w porównaniu do grupy porównawczej. Natomiast w zakresie wskaźników bioelektrycznej czynności mózgu mierzonym w punkcie Cz zaobserwowano zmiany jedynie w badaniu porównującym gimnastyków z grupą kontrolną. Dzieci podejmujące aktywność fizyczną częściej niż 5 razy w tygodniu charakteryzował wyższy współczynnik Theta/SMR, co może być związane z wyższym poziomem doświadczanego spokoju, jak i uczucia relaksu (Artykuł 3 i 4).

W badaniach uwzględniony został również temperament jako zmienna moderująca. Uzyskane wyniki wskazują, że w zakresie aktywności rozumianej jako wydatkowanie energii fizycznej obejmującej czynności motoryczne średnie wyniki dzieci uprawiających gimnastykę sportową oraz piłkę nożną różnią się istotnie od wyników, które uzyskały dzieci z grupy porównawczej. Zarówno gimnastycy sportowi, jak i piłkarze nożni charakteryzują się szybszym tempem, jak również wigorem (intensywnością reakcji). Dodatkowo wystąpiły również różnice w zakresie towarzyskości związanej z poszukiwaniem kontaktu z innymi

ludźmi pomiędzy dziećmi grającymi w piłkę nożną a dziećmi z grupy porównawczej na korzyść piłkarzy (Artykuł 4).

Prezentowany cykl badań może zwrócić uwagę na dużą rolę aktywności fizycznej dzieci w okresie późnego dzieciństwa dla funkcjonowania poznawczego. Otrzymane wyniki mogą przełożyć się także na oddziaływania praktyczne i zostać wykorzystane w psychoedukacji rodziców, nauczycieli i dzieci oraz znajdą zastosowanie w profilaktyce i rehabilitacji dzieci w okresie późnego dzieciństwa. Można je także wykorzystać do opracowywania planów terapeutycznych wykorzystujących nie tylko typowe metody oddziaływań neuropsychologicznych, ale też elementy gimnastyki sportowej oraz piłki nożnej dostosowane do deficytów danej osoby. Wiedza ta może mieć zastosowanie dla rodziców dzieci, jak i w praktyce różnych specjalistów wspierających zdrowie dzieci.

Abstract

Physical activity is one of the main factors determining physical fitness and health, including cardiometabolic health (blood pressure, dyslipidaemia, insulin resistance), bone health, mental health (e.g., depression symptoms, lack of self-confidence), as well as the correct development of cognitive functions.

The presented set of articles comprising the doctoral thesis is an attempt to investigate the cognitive functioning of young athletes in the period of late childhood, including the indicators of the brain's bioelectrical activity.

The articles comprising the doctoral thesis present two phases of scientific exploration: first of all, a review of the up-to-date scientific literature on the analysed topic was prepared (Articles 1-2). Next, the obtained knowledge allowed to formulate empirical goals, research questions, and hypotheses (Articles 3-4).

Article 1 presents the current knowledge on physical activity in terms of the cognitive functioning of children in the late childhood period. The data obtained indicate a potentially positive impact of physical activity on attentional processes, executive functions, language functions, working memory, and visual-spatial memory.

The conclusions drawn from the review of studies indicate that efficient cognitive functioning of preadolescents requires not only an adequate intelligence quotient, but also highly developed executive functions (such as motivation, goal setting, and self-control), which is supported by doing sports. The review of studies also revealed weaknesses of the research conducted so far, including in particular: 1) The scarcity of studies in the world literature that take into account the entirety of cognitive functioning, encompassing indicators of brain's bioelectrical activity in young athletes (not to mention simultaneous consideration of open-skill exercises and closed-skill exercises), because the studies conducted so far have been usually focused on the assessment of executive functions or attentional processes; 2) The group of 10-12-year-old children is rarely examined, researchers focus mainly on adults and children in the period of early childhood; 3) Few studies include as a comparison group individuals who are physically active, only to a lesser extent; usually a comparison group comprises individuals with a sedentary lifestyle.

Some discrepancies regarding the terminology used to classify sports depending on the discipline practiced were revealed during the development of this article. Many of Polish researchers use the English terminology. Some translate the concepts in a way they find suitable.

Therefore, the motivation to write another research paper comprising the doctoral thesis (Article 2) was to standardize the Polish terminology referring to the qualification of sports in accordance with the concept of Poulton (1957) and Knapp (1963), concerning two key concepts: ‘open-skill exercise’ (OSE) and ‘closed-skill exercise’ (CSE). The term ‘sport interakcyjny’ (interactive sport) was suggested for the ‘open-skill exercise’ and ‘sport nieinterakcyjny’ (non-interactive sport) was proposed for the ‘closed-skill exercise’.

The main objective of the undertaken research is to assess whether young athletes function better in cognitive terms than their peers who do not practice sports competitively and whether there are differences in cognitive functioning and in the brain’s bioelectrical activity of pre-adolescent children involved in open-skill exercise (snooker) and closed-skill exercise (gymnastic).

The following specific objectives were also formulated:

- (1) Verifying the impact of sports activity on cognitive functioning of children (Article 3 and 4);
- (2) Verifying the assumption that differences in the brain’s bioelectrical activity will be revealed (Article 3 and 4);
- (3) Investigating the distinct impact of different sports disciplines, classified as open-skill or closed-skill exercises, on cognitive functioning of children (Article 4).

The study group consisted of children in late childhood period (10-12 years of age), invited to take part in the study with their parents. This period involves highly dynamic brain development, including executive functions.

The study participants were qualified to one from two criteria groups based on the sports discipline they practiced. The comparison group consisted of 58 children who were physically active, but to a much lower extent than children included in the study groups. 176 children were examined (88 boys and 88 girls). Both the first criteria group (gymnasts) and the second criteria group (soccer players) consisted of 59 children each. The comparison group included 58 children.

The International Physical Activity Questionnaire (IPAQ), in a version modified for children (Biernat et al., 2007) was used, as well as the ‘sports activity’ own survey - analysis of a child’s sports experience (Bidzan-Bluma, 2020), the Cattell Culture Fair Intelligence Test – version 2 revised (CFT-20-R) (Stańczak, at al., 2013), the PU1 battery to diagnose cognitive functions (Borkowska, at al., 2015), the Diagnosis of Brain Damage (Weidlich et al., 1997; Dajek, 1999), the EAS-C Temperament Questionnaire - version for children,

developed by A.H. Buss and R. Plomin, Polish adaptation by W. Oniszczenko (2015). The research also included EEG biofeedback examination with a centrally-placed electrode (Cz).

Parents of the examined children filled in a sociodemographic survey and the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) (version for children).

The research has shown that children doing both open-skill and closed-skill exercises function better in cognitive terms than children not doing sports professionally (Article 3 and 4). Cognitive profiles of children doing open-skill exercises (soccer) and closed-skill exercises (artistic gymnastics) differ from each other. Soccer players achieved better results regarding attention selectivity than gymnasts. Children doing closed-skill exercises (artistic gymnastics) were featured by the lowest level of attention selectivity compared to other study groups. However, they are featured by the best level of short-term memory for verbal information (Article 4).

Both criteria groups obtained higher scores on the phonological loop and spontaneous visual recall compared to the comparison group. However, considering the indicators of the brain's bioelectrical activity measured at point Cz, differences were only observed comparing gymnasts with the control group. Children who engaged in physical activity more than 5 times a week had a higher Theta/SMR ratio, which may be related to elevated experience of calmness and relaxation (Article 3 and 4).

Temperament was also included in the research as a moderating variable. The obtained results indicate that in terms of activity understood as the expenditure of physical energy during motor activities, the average results of children practising artistic gymnastics and soccer differ significantly from those of children from the control group. Both artistic gymnasts and soccer players are characterized by a faster pace, as well as vigour (intensity of reaction). In addition, there were also differences regarding sociability understood as seeking contact with other people, between children playing soccer and children from the comparison group in favour of the soccer players (Article 4).

The presented series of studies may draw attention to the great impact of physical activity of children in late childhood period on cognitive functioning.

The obtained results may also translate into practical actions and be used in the psychoeducation of parents, teachers, and children, as well as in the prevention and rehabilitation of children in late childhood. They can also be used to develop therapeutic plans that involve not only typical neuropsychological methods, but also elements of artistic gymnastics and soccer adapted to the deficits of a given person. This knowledge can be

important for parents of children, as well as in the work of various specialists supporting children's health.

Skrócony opis osiągnięcia naukowego przedstawionego w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych

„Życie polega na ruchu, a ruch jest jego istotą” – A. Schopenhauer

WPROWADZENIE

W ostatnich latach coraz większą uwagę przywiązuje się do optymalnego funkcjonowania osób na przestrzeni życia, przy czym podkreśla się istotną rolę aktywności fizycznej nie tylko dla zdrowia, ale także dla dobrostanu jednostki (Łuszczynska, 2011; Bidzan-Bluma i Lipowska, 2018; Fedewa i in., 2018; Gieroba, 2019; Ossowski, 2020). Aktywność fizyczna jest główną potrzebą człowieka na każdym etapie rozwoju i jednym z najistotniejszych wymiarów zdrowego stylu życia. Jej intensywność zależy od okresu życia, w którym człowiek się znajduje, a w każdym z okresów rozwojowych spełnia ona inne funkcje.

U dzieci, także w okresie późnego dzieciństwa, aktywność fizyczna wpływa na prawidłowy rozwój somatyczny, psychiczny i społeczny, a także, na co wskazują nieliczne wciąż badania w tej grupie wiekowej, na funkcjonowanie poznawcze (Bidzan-Bluma i Lipowska, 2018). Tymczasem, w Polsce coraz mniejszy odsetek dzieci i młodzieży spełnia rekomendacje Światowej Organizacji Zdrowia (2021) sugerujące, iż od 5 do 17 roku życia co najmniej 60 minut dziennie powinno się poświęcać aktywności fizycznej. Rekomendowane są ćwiczenia aerobowe o umiarkowanej intensywności, dostosowane do wieku i możliwości fizycznych dziecka oraz wkomponowanie ich naturalnie w plan dnia. Natomiast trzy razy w tygodniu należy zachęcać dziecko do intensywniejszej aktywności fizycznej (tj. ćwiczenia aerobowe o dużej intensywności, a także takie, które wzmacniają mięśnie i kości; por. też Guthold i in., 2019; Strain i in., 2024). W polskiej populacji obejmującej 7767 uczniów w wieku od 10,5 do 18,5 lat, tylko 15,6% badanych spełniało kryteria umiarkowanej do intensywnej aktywności fizycznej codziennie przez minimum 60 minut łącznie, zaś warunek intensywnej aktywności fizycznej co najmniej 3 razy w tygodniu spełniło jedynie 31,0% uczniów (Mazur i Kleszczewska, 2018; Mazur i Małkowska-Szkutnik, 2018).

Zauważalny wyraźny trend obniżającej się aktywności fizycznej dzieci i młodzieży miał miejsce jeszcze przed pandemią (Mazur i in., 2018; Zembura i in., 2018). Natomiast wiele wyników badań sugeruje, że dodatkowo działania związane z pandemią negatywnie

wpłynęły na poziom aktywności fizycznej społeczeństw (Ruíz-Roso i in., 2020; Paterson i in., 2021; Rossi i in., 2021; Stockwell i in., 2021).

Funkcjonowanie poznawcze w okresie późnego dzieciństwa

Okres między 9 a 12 rokiem życia zalicza się do ostatnich lat późnego dzieciństwa lub okresu preadolescencji (Zalewska i in., 2019). W tym okresie zachodzą intensywne zmiany na poziomie biologicznym, poznawczym i emocjonalno-motywacyjnym. Co więcej, okres ten wiąże się z wchodzeniem w nowe role społeczne i nawiązywaniem nowych relacji (Brzezińska, 2005). W sferze poznawczej u preadolescentów istotne zmiany zachodzą w obszarze regulacji odgórnej, uwagi, pamięci logicznej i intencjonalnej, a także funkcji wykonawczych w rozumowaniu abstrakcyjnym (Brzezińska i Nowotnik, 2012; Obuchowska, 2012), co ma swoje odzwierciedlenie w mózgu.

Obszarem mózgu, który rozwija się najprawdopodobniej jako ostatni, jest kora przedczołowa. Istota szara kory mózgowej ulega zmniejszeniu po 12 roku życia, podczas gdy istota biała mózgu zwiększa swoją objętość przez całe dzieciństwo i wczesną dorosłość. Korowa istota szara w korze czołowej nie zmniejsza się aż do okresu dojrzewania. W dzieciństwie aż do wieku dorosłego zmniejsza się objętość istoty białej w grzbietowej korze przedczołowej. Całkowita objętość płata skroniowego rozwija się w wieku od 4 do 18 lat. Podczas gdy u kobiet wraz z wiekiem zwiększa się objętość hipokampa, u mężczyzn zwiększa się objętość jądra migdałowatego. Różnice te wydają się mieć odzwierciedlenie w hormonach: receptorach androgenowych i estrogenowych (Casey i in., 2000). Z kolei uwaga selektywna znajduje odzwierciedlenie w aktywacji kory oczodołowo-czołowej i przedniej części kory obręczy. Im większa aktywacja w korze oczodołowo-czołowej, tym lepsza realizacja zadań angażujących procesy uwagi, natomiast im większe zaangażowanie przedniej części kory obręczy, tym gorsza realizacja zadania (Casey i in., 2000).

Rola aktywności fizycznej w rozwoju dziecka

Ruch jest jednym z głównych czynników warunkujących zdrowie, stąd w procesie wychowywania odpowiednio dobrana aktywność fizyczna sprzyja rozwojowi organizmu, a także pomnażaniu i zachowaniu zdrowia. Zakłócenia i zaburzenia rozwoju ruchowego będą miały wpływ na inne obszary, z którymi jest związany rozwój ruchowy (Brzezińska, 2005; Cox i in., 2016; Graf, 2016). Zmiany stylu życia odbywające się na przestrzeni ostatnich lat dotyczą także dzieci w okresie późnego dzieciństwa, co przejawia się m.in. częstszym korzystaniem z samochodów służących podwożeniu uczniów do szkoły czy zmianą

aktywności uczniów z ruchowej (gry i zabawy na świeżym powietrzu) na siedzącą (przebywanie w świecie komputerów i smartfonów) (Morbiter, 2012).

Wyniki badań wskazują, iż brak spontanicznych zabaw ruchowych prowadzi m.in. do obniżenia sprawności fizycznej (przejawiające się m.in. gorszą koordynacją, wadami postawy, problemami z wydolnością krążeniowo-oddechową i kondycją mięśni), pogorszenia zdrowia kardiometabolicznego (ciśnienie krwi, dyslipidemia i insulinooporność), zdrowia kości, funkcji poznawczych (co przejawia się m.in. gorszymi wynikami w nauce, obniżeniem funkcji wykonawczych), problemów w obszarze zdrowia psychicznego (m.in. niepokój, brak pewności siebie, objawy depresji), pogorszenia jakości snu, a także częstszej nadwagi i otyłości (WHO, 2021). Ponadto, brak odpowiedniej ilości aktywności fizycznej sprzyja problemom behawioralnym, obniżeniu częstotliwości zachowań prospołecznych, a także częstszemu występowaniu dewiacyjnych zachowań społecznych (Schober, 2000; WHO, 2021).

Również rozwój funkcji poznawczych dziecka nie jest możliwy bez aktywności motorycznej, angażującej zmysły, która pobudza układ nerwowy dziecka do działania, a co za tym idzie – do właściwego rozwoju (Pilecka, 1995; Łangowska-Marcinowska, 2018).

PROBLEMATYKA BADAŃ WŁASNYCH

Tematyka naukowych badań dotyczących weryfikacji roli aktywności sportowej dziecka dla jego funkcjonowania poznawczego stanowi istotną niszę tematyczną w obrębie nauk społecznych, szczególnie na styku takich subdyscyplin jak psychologia rozwoju i neuropsychologia. Artykuły wchodzące w skład rozprawy doktorskiej prezentują dwa etapy eksploracji naukowej: w pierwszej kolejności sporządzony został przegląd najnowszej literatury naukowej dotyczącej analizowanego obszaru. W drugim kroku uzyskana wiedza pozwoliła na postawienie celów empirycznych oraz pytań i hipotez badawczych.

Aktywność fizyczna a funkcjonowanie poznawcze dzieci – aktualny stan wiedzy

Opublikowane w: 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. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040800>

Artykuł miał na celu przegląd dotychczasowych badań odnoszących się do potencjalnego wpływu aktywności fizycznej na funkcje poznawcze u dzieci w okresie późnego dzieciństwa. Pomimo wagi tego zagadnienia niewiele badań dotyczy związku sportu z funkcjonowaniem poznawczym dzieci w okresie późnego dzieciństwa (Elleberg i St-Louis-Deschênes, 2010), a dotychczasowe badania (niestety, obarczone ograniczeniami wynikającymi z doboru próby) dostarczają sprzecznych wyników dotyczących wpływu sportu na funkcje poznawcze u dzieci. Niektórzy badacze podają, że uprawianie sportu pozytywnie wpływa w szczególności na funkcje wykonawcze (Cox i in., 2016; Carson i in., 2016; Hinkle i in., 1993; Schulz i in., 2012), które w okresie dzieciństwa intensywnie się rozwijają (Schulz i in., 2012; Van der Fels i in., 2015), a także wspominają o pozytywnym wpływie regularnych i nieregularnych ćwiczeń, które prowadzą do wzrostu poziomu oksyhemoglobiny, prowadzący do usprawnienia funkcji wykonawczych nawet do 30 minut (Lambrick i in., 2016). Inne badania nie potwierdzają pozytywnego wpływu aktywności fizycznej na funkcjonowanie poznawcze (Ahamed i in., 2007; Zervas i in., 1991).

Przeprowadzono przegląd systematyczny zgodnie z wytycznymi PRISMA uwzględniając międzynarodowe bazy danych PsycInfo, Medline, a także Google Scholar. Przeszukiwanie koncentrowało się na artykułach opublikowanych od stycznia 2000 r. do listopada 2017 r. W wyszukiwaniu w języku angielskim zastosowano następujące słowa kluczowe: dzieci, funkcje poznawcze, aktywność fizyczna i mózg. Te pierwotne kryteria spełniło łącznie 617 artykułów. Artykuły te poddano dalszej ocenie i do ostatecznej próby włączono jedynie te, które kładły nacisk na dyscypliny związane z tematem badań (psychologia, sport, medycyna). Wiele z nich, które pojawiły się podczas początkowego wyszukiwania, było powiązanych z zaburzeniami neurorozwojowymi, np. zespołem nadpobudliwości psychoruchowej (ADHD), a nie jedynie z aktywnością fizyczną i funkcjami poznawczymi. Artykuły takie zostały wyłączone z próby. Finalnie, analizie poddano 58 artykułów.

Wyniki przeprowadzonych analiz sugerują możliwe pozytywne oddziaływanie aktywności fizycznej na (1) procesy uwagowe - u 13-14 letnich dzieci regularność i intensywność ćwiczeń pozytywnie wpływa na koncentrację uwagi na danym zadaniu (po trzeciej godzinie lekcyjnej; Kubesch i in., 2009); ponadto zaobserwowano lepszą selektywność uwagi na materiale wzrokowym (Janssen i in., 2014; Tine i Butler, 2012); (2) funkcje wykonawcze (Lambrick i in., 2016; Scudder i in., 2014; Hillman i in., 2014), np. w zakresie planowania (Van der Niet i in., 2015), ponadto pozytywne oddziaływanie na funkcjonowanie wykonawcze przekłada się na wyższe osiągnięcia szkolne (Chomitz i in.,

2009; Ahamed i in., 2007); (3) funkcje językowe (Koch i in., 2015), m.in. w zakresie zwiększenia sieci leksykalnej i rozumienia znaczenia słów, a także większą zdolność do wykrywania błędów składniowych (Scudder, Federmeier i in., 2014; Scudder, Lambourne i in., 2014) i większą zdolność pisania (Mullender-Wijnsmai i in., 2016). Zintegrowane ćwiczenia ruchowe z gestami wpływają pozytywnie na przyswajanie języka obcego u dzieci w wieku przedszkolnym (Mavilidi i in., 2015; Toumpaniari i in., 2015). Ponadto, wykazano, że aktywność fizyczna może pozytywnie oddziaływać na (4) pamięć roboczą u dzieci (De Greeff i in., 2018; Kamijo i in., 2011) oraz (5) oraz pamięć wzrokowo-przestrzenną (Alesi i in., 2016; Janssen i in., 2014).

Wnioski płynące z przeglądu badań wskazują, że sprawne funkcjonowanie poznawcze u dzieci w okresie późnego dzieciństwa wymaga nie tylko odpowiedniego ilorazu inteligencji (IQ), ale także wysokiego poziomu rozwoju funkcji wykonawczych (takich jak motywacja, umiejętność stawiania sobie celów i samokontrola), co jest wspierane przez uprawianie sportu. Oczywiście inne aktywności podejmowane przez dzieci, takie jak gra na instrumencie muzycznym są również związane z funkcjonowaniem poznawczym, ale aktywność fizyczna, jako najbardziej naturalna dla dzieci w tym wieku, a także dostępna, wydaje się najbardziej pożądaną (Alesi i in., 2016; Roden i in., 2014).

Przeprowadzony przegląd literatury potwierdził korzyści wynikające z uprawiania sportu w okresie późnego dzieciństwa, gdyż wpływa on pozytywnie na funkcje poznawcze i emocjonalne dziecka. Należy jednak zaznaczyć, że niewiele spośród analizowanych badań koncentrowało się na różnicach w funkcjonowaniu poznawczym u dzieci w wieku późnego dzieciństwa lub na tym, które funkcje poznawcze są rozwijane przez poszczególne dyscypliny sportowe. Taka wiedza może być przydatna w opracowywaniu programów treningowych dla dzieci w interesującej mnie fazie rozwoju (tj. późnego dzieciństwa), mających na celu poprawę funkcji poznawczych ważnych dla danej dyscypliny sportowej.

Na etapie opracowania Artykułu 1 dostrzeżono rozbieżności co do wykorzystywanej terminologii klasyfikacji sportu, w zależności od uprawianej dyscypliny. Dlatego też motywacją do powstania kolejnej pracy wchodzącej w skład cyklu było ujednoczenie polskiej terminologii odnoszącej się do kwalifikacji sportów zgodnie z koncepcją Poultona (1957) i Knapp (1963), przydatnej w tym obszarze badań.

Klasyfikacja sportów z perspektywy badań psychologicznych

Opublikowane w: Bidzan-Bluma, I. (2022). Propozycja polskiej terminologii klasyfikacji sportów przydatnej w psychologicznych badaniach funkcji poznawczych sportowców. *Polskie Forum Psychologiczne*, 27, 3, 291–300. <https://doi.org/10.34767/PFP.2022.03.02>

Uprawianie różnych rodzajów sportów może wymagać zróżnicowanych umiejętności poznawczych, jak i motorycznych (Poulton, 1957; Knapp, 1963; Wang i in., 2013). Jedną z klasyfikacji, często wykorzystywanych podczas badań funkcjonowania poznawczego sportowców, której prekursorem jest Poulton (1957), rozwinięta przez Knapp (1963) dzieli sporty na „*open-skilled exercise*” (OSE) i „*closed skilled exercise*” (CSE). Sporty OSE charakteryzuje dynamicznie zmieniające się otoczenie, jak również tempo uzależnione od czynników zewnętrznych. Natomiast CSE charakteryzuje spójne, przewidywalne, uzależnione od jednego sportowca środowisko sportowe (Bidzan-Bluma i in., 2023; Knapp, 1963; Poulton, 1957; Wang i in., 2013). Koncepcja ta wykorzystywana jest stosunkowo często w badaniach z obszarów psychologii i neuropsychologii sportu, w tym sprawdzających funkcjonowanie poznawcze osób uprawiających różne rodzaje sportów (Koch i Krenn, 2021).

Celem niniejszej pracy jest zaproponowanie i ujednoczenie terminologii odnoszącej się do koncepcji Poultona (1957) i Knapp (1963), dotyczącej dwóch kluczowych pojęć: „*open-skill exercise*” (OSE) i „*closed-skill exercise*” (CSE).

Dobór osób do oceniania terminologii

Celem utworzenia propozycji terminologicznych zaproszono grupę ekspertów składającą się z siedmiu osób: dwóch mężczyzn i pięciu kobiet, z wykształceniem wyższym (medycznym, psychologicznym, językoznawczym, w tym 1 mgr, 2 dr, 1 dr hab., 3 prof.), operujących biegle językiem angielskim. Wszyscy eksperci zajmowali się naukami o kulturze fizycznej w swojej głównej działalności naukowej i praktycznej.

Eksperci zostali wybrani ze względu na ich kompetencje merytoryczne związane z naukami o kulturze fizycznej i kompetencje językowe. Natomiast grupę sędziów kompetentnych stanowiło pięć osób (psychologów, językoznawców, psychologów sportu, w tym 1 mgr, 2 dr, 1 dr hab., 1 prof.), którzy byli specjalistami w zakresie nauk o kulturze fizycznej w swojej głównej działalności naukowej i praktycznej. Zgodnie ze stanowiskiem Gorbaniuka (2016) zadbano, by sędziowie kompetentni posiadali wiedzę deklaratywną (wiem, że), jak i proceduralną (wiem, jak).

Przebieg oceny terminologii OSE i CSE

Wszyscy eksperci otrzymali szczegółowy opis definicji OSE i CSE z oryginalnej metody Poultona i Knapp (Knapp, 1967, s. 151–152). Następnie nazwy te zostały przez nich przetłumaczone na język polski, jako najlepiej odpowiadające angielskiej definicji. W przypadku OSE eksperci zaproponowali nazewnictwo, w którym znalazły się: zdolności szeroko zakresowe, sport interaktywny, sport interakcyjny, umiejętności zależne (od czynników zewnętrznych), umiejętności heurystyczne, jak i umiejętności indukcyjne. Natomiast w przypadku CSE eksperci zaproponowali następujące terminy: zdolności wąsko zakresowe, sport nieinterakcyjny, sport nieinteraktywny, czynniki niezależne (od czynników zewnętrznych), umiejętności algorytmiczne, umiejętności dedukcyjne, sporty zamknięte.

W kolejnym etapie sędziowie kompetentni analizowali tekst i na tej podstawie każdy z nich szacował, na ile konkretna wypowiedź badanego (zaproponowana polska terminologia) może pasować do danej kategorii poprzez uszeregowanie od najbardziej do najmniej pasującego określenia. Zadbano o niezależność dokonywanych ocen, sędziowie kompetentni nie znali się, co zapobiegło m.in. wspólnemu sędziowaniu czy uzgadnianiu opinii. Celem oszacowania zgodności sędziów zastosowano współczynnik zgodności W Kendalla.

Wyniki i wnioski

W przypadku OSE, sędziowie byli umiarkowanie zgodni w swoich ocenach ($W = .56$; $\chi^2 = 16.65$, $df = 6$; $p < .05$). Najlepiej ocenioną (najwyższa pozycja w rankingu) zaproponowaną terminologią było określenie „sport interakcyjny”. Także w przypadku CSE sędziowie byli umiarkowanie zgodni w swoich ocenach ($W = .52$; $\chi^2 = 15.73$, $df = 6$; $p < .05$). Najlepiej ocenioną (najwyższa pozycja w rankingu) zaproponowaną terminologią było określenie „sport nieinterakcyjny”.

Na podstawie ustalonych współczynników, dla sportów OSE zaproponowano termin sport interakcyjny, zaś w przypadku CSE – sport nieinterakcyjny. Uporządkowanie terminologii stosowanej w badaniach naukowych uwzględniających różne dyscypliny sportowe może pomóc w dyskusji pomiędzy psychologami sportu oraz innymi specjalistami zajmującymi się zdrowiem i kulturą fizyczną.

BADANIA EKSPLOKACYJNE

Motywacją do podjęcia dalszych badań własnych były następujące założenia:

- 1) brak w literaturze światowej badań uwzględniających całokształt funkcjonowania poznawczego młodocianych sportowców, z uwzględnieniem wskaźników bioelektrycznej czynności mózgu, przy jednoczesnym uwzględnianiu klasyfikacji sportów interakcyjnych vs. nieinterakcyjnych; dotychczasowe badania dotyczyły zwykle oceny funkcji wykonawczych czy też procesów uwagowych;
- 2) rzadko poddawana badaniom jest grupa dzieci 10-12-letnich, badacze koncentrują się głównie na osobach dorosłych i dzieciach w okresie wczesnego dzieciństwa;
- 3) niewiele badań uwzględnia jako grupę porównawczą grupę aktywną fizycznie, tyle, że w mniejszym stopniu, zazwyczaj jako grupę porównawczą stanowi grupa siedząca (tzw. „*sedentary*”).

CEL BADAŃ WŁASNYCH

Projekt koncentrował się na próbie poznania ewentualnych różnic w zakresie funkcji poznawczych, jak i wskaźników bioelektrycznej czynności mózgu u młodocianych sportowców. Głównymi celami badań własnych było określenie, czy u młodocianych sportowców funkcjonowanie poznawcze jest lepsze niż u rówieśników nie uprawiających sportu wyczynowo i czy istnieją różnice w funkcjonowaniu poznawczym w okresie późnego dzieciństwa pomiędzy dziećmi, które uprawiają sporty interakcyjne (piłka nożna) a tymi, które uprawiają sporty nieinterakcyjne (gimnastyka sportowa).

Sformułowano także cele szczegółowe, którymi były:

- zweryfikowanie roli uczestnictwa w aktywności sportowej dla funkcjonowania poznawczego dzieci (Artykuł 3 i 4);
- weryfikacja założenia, czy uwidocznia się różnice we wskaźnikach bioelektrycznej czynności mózgu (Artykuł 3 oraz 4);
- weryfikacja specyficznego oddziaływania poszczególnych form rywalizacji sportowych sklasyfikowanych ze względu na interakcyjny vs. nieinterakcyjny charakter dla funkcjonowania poznawczego dzieci (Artykuł 4).

W związku z tak sformułowanymi celami postawiono następujące hipotezy badawcze:

- H1a. Dzieci uprawiające sporty interakcyjne charakteryzuje lepsze funkcjonowanie wykonawcze w zakresie planowania, w porównaniu do dzieci uprawiających sporty nieinterakcyjne.
- H1b. Dzieci uprawiające sporty interakcyjne charakteryzuje lepsze funkcjonowanie wykonawcze w zakresie myślenia abstrakcyjnego, w porównaniu do dzieci uprawiających sporty nieinterakcyjne.
- H1c. Dzieci uprawiające sporty interakcyjne charakteryzuje lepsze funkcjonowanie wykonawcze w zakresie hamowania, w porównaniu do dzieci uprawiających sporty nieinterakcyjne.
- H2a. Dzieci uprawiające sporty nieinterakcyjne charakteryzuje lepsza pamięć krótkotrwała, w porównaniu do dzieci uprawiających sporty interakcyjne
- H2b. Dzieci uprawiające sporty nieinterakcyjne charakteryzuje lepsza pamięć długotrwała materiału wzrokowo-przestrzennego, w porównaniu do dzieci uprawiających sporty interakcyjne.
- H3a. Dzieci uprawiające sporty nieinterakcyjne mają wyższe zdolności uwagowe niż dzieci uprawiające sporty interakcyjne.
- H3b. Dzieci uprawiające sporty nieinterakcyjne cechują się lepszą pamięcią krótkotrwałą materiału werbalnego niż dzieci uprawiające sporty interakcyjne.
- H3c. Dzieci uprawiające sporty nieinterakcyjne cechują się lepszą pamięcią krótkotrwałą materiału wzrokowo-przestrzennego niż dzieci uprawiające sporty interakcyjne
- H3d. Dzieci uprawiające sporty nieinterakcyjne cechują się wyższym poziomem funkcji językowych, niż dzieci uprawiające sporty interakcyjne
- H4. Dzieci uprawiające sport wyczynowo charakteryzuje lepsze funkcjonowanie poznawcze niż dzieci, które nie uprawiają sportu wyczynowo.

PROCEDURA BADAŃ WŁASNYCH

Osoby badane

Do badań zaproszono dzieci w okresie preadolescencji (10-12 lat) i ich rodziców. Niniejsza grupa wiekowa została wybrana do udziału w badaniu z uwagi na intensywny rozwój mózgu w tym okresie, jak również z powodu niewielkiej liczby badań uwzględniających tę grupę badanych. Kryteriami włączenia były: (1) wiek osoby badanej (10-12 lat); (2) wyrażenie pisemnej zgody przez opiekuna/rodzica dziecka na wzięcie udziału w badaniu; (3) bardzo dobra znajomość języka polskiego.

Do udziału w badaniu rodzice byli zachęceni podczas zebrań z rodzicami, jak również poprzez informację umieszczoną w dzienniku elektronicznym. Wzięły w nim udział wszystkie osoby zgłaszające się do badania.

Grupy kryterialne obejmowały:

- gimnastyków sportowych - uczniów i uczennice Szkoły Mistrzostwa Sportowego w Gdańsku, Bydgoszczy i w Szczecinie;
- piłkarzy - uczniów i uczennice Szkoły Mistrzostwa Sportowego w Bydgoszczy i w Łodzi oraz uczestniczki żeńskiej drużyny piłkarskiej w Tczewie.

Grupę porównawczą stanowiły dzieci z jednej z gdańskiej szkoły podstawowej, które pozostają aktywne fizyczne, ale w mniejszym stopniu niż dzieci z grup kryterialnych (tj. nie uprawiają sportu wyczynowo).

Projekt badawczy uzyskał akceptację Komisji Etyki (decyzja nr 27/2020) przy Instytucie Psychologii Uniwersytetu Gdańskiego oraz został zarejestrowany w ClinicalTrials.gov (nr NCT: NCT04753047). Wszyscy uczestnicy badań (zarówno dzieci jak i ich rodzice) wyrazili pisemną zgodę na udział w badaniu.

Tabela 1*Charakterystyka osób badanych*

Zmienne	Sporty nieinteraktywne (N = 59)	Sporty interaktywne (N = 59)	Grupa porównawcza (N = 58)	Ogółem (N = 176)
	<i>N (%) / M (SD)</i>	<i>N (%) / M (SD)</i>	<i>N (%) / M (SD)</i>	<i>N (%) / M (SD)</i>
Płeć				
chłopcy	28 (47.5%)	33 (55.9%)	27 (46.6%)	88 (50.0%)
dziewczynki	31 (52.5%)	26 (44.1%)	31 (53.4%)	88 (50.0%)
Wiek	11.01 (.89)	11.02 (.77)	11.14 (.64)	11.06 (.77)
Wykształcenie rodziców				
poniżej średniego	1 (1.7%)	2 (3.4%)	–	3 (1.7%)
średnie	21 (35.6%)	11 (18.6%)	6 (10.3%)	38 (21.6%)
wyższe	37 (62.7%)	46 (78.0%)	52 (89.7%)	135 (76.7%)
Czas wykonywania aktywności fizycznej (dziennie)				
mniej niż 30 minut	–	–	19 (32.8%)	19 (10.8%)
30-60 minut	–	2 (3.4%)	37 (63.8%)	39 (22.2%)
60-120 minut	17 (28.8%)	44 (74.6%)	2 (3.4%)	63 (35.8%)
więcej niż 120 minut	42 (71.2%)	13 (22.0%)	–	55 (31.3%)
Osiągnięcia sportowe	30 (50.8%)	31 (52.5%)	10 (17.2%)	71 (40.3%)

NARZĘDZIA BADAWCZE

W badaniu zastosowano następujące narzędzia badawcze pozwalające na ocenę poszczególnych eksplorowanych obszarów:

Natężenie aktywności fizycznej i sportowej

- Międzynarodowy Kwestionariusz Aktywności Fizycznej w zmodyfikowanej wersji, dotyczącej dzieci (Biernat i in., 2007). Wyższe wyniki uzyskane w kwestionariuszu oznaczają lepszą aktywność fizyczną. Kwestionariusz zawiera 3 kategorie aktywności: niewystarczającą (mniej niż 600 MET-min/tydzień),

wystarczającą (600–1500 lub 600–3000 MET-min/tydzień) oraz wysoką (więcej niż 1500 lub 3000 MET-min/tydzień).

- Ankieta własna część dotycząca aktywności sportowej – analiza historii sportowej ucznia (Bidzan-Bluma, 2020; zob. Załącznik 1).

Funkcjonowanie poznawcze

- Neutralny kulturowo test inteligencji Cattella (CFT 20-R) – wersja 2 (Stańczak, Cattell, Weiss, von Weiss, 2013) – który mierzy inteligencję ogólną, rozumianą jako inteligencja płynna. Wyższe wyniki oznaczają wyższą inteligencję płynną (maksymalna liczba punktów: 56, minimalna: 0). Współczynniki rzetelności uzyskane w badaniu były zadowalające ($\alpha > .8$).
- Bateria diagnozy funkcji poznawczych PU1 (Borkowska i in., 2015) – bateria używana do pomiaru funkcji poznawczych, które odgrywają ważną rolę w osiągnięciach szkolnych, takich jak uwaga, pamięć i funkcje wykonawcze. Współczynniki rzetelności alfa Cronbacha uzyskane w badaniu wynosiły od $\alpha = .6$ do $\alpha = .9$.
- Diagnoza uszkodzeń mózgu (DUM, Weidlich i in., 1997; Dajek, 1999) ocena pamięci epizodycznej materiału wizualno-przestrzennego w zakresie szybkości uczenia się nowych informacji, procesu konsolidacji rozumianej jako zdolności do przenoszenia informacji z pamięci krótkotrwałej do długotrwałej). Współczynnik alfa Cronbacha uzyskany w badaniu wynosił $\alpha = .68$.

Bioelektryczna czynność mózgu

- EEG Biofeedback [zapis bioelektryczny czynności mózgu celem zmierzenia fal wolnych oraz fal szybkich]. Jest to bioelektryczne nagranie aktywności mózgu z elektrody umieszczonej centralnie (Cz) w celu pomiaru szybkich fal mózgowych (Alpha, Beta1, Beta2) i wolnych fal mózgowych (Delta, Theta). Badanie przeprowadzono przy wykorzystaniu skryptu zamkniętego. Analizowane były współczynniki spektralne: Theta/Beta (4–8Hz/16–20Hz) (współczynnik Lubar) oraz Theta/SMR (współczynnik Monastery) (Thompson i Thompson, 2012).

Temperament

- Kwestionariusz temperamentu EAS-C autorstwa Bussa i Plomina (1984), adaptowany przez Oniszczkę (1997, 2015) – kwestionariusz przeznaczony dla rodziców. Składa

się z 20 pozycji (stwierżeń); respondent wskazuje, w jakim stopniu każde stwierdzenie odnosi się do nich na 5-stopniowej skali (od „nigdy prawdziwe” do „zawsze prawdziwe”). Wersja zawiera cztery skale (Nieśmiałość, Towarzystwość, Aktywność i Emocjonalność) odnoszące się do każdego z 4 temperamentów. Istnieje 5-punktowa skala ocen (od 1: „niecharakterystyczne lub nietypowe dla Twojego dziecka” do 5: „bardzo charakterystyczne lub typowe dla Twojego dziecka”). Wyniki te przypisane są do każdego temperamentu i są sumowane. Współczynniki rzetelności alfa Cronbacha mieściły się w przedziale od $\alpha = .49$ do $\alpha = .85$.

Zmienne socjodemograficzne

- Ankieta własna w wersji dla rodziców (Załącznik 1) zawierająca dane ogólne o dziecku, okresie okołoporodowym, obecnym funkcjonowaniu zdrowotnym, a także dane dotyczące rodziny dziecka (m.in. typ rodziny, miejsce zamieszkania rodziny, wiek i wykształcenie rodziców).

WYNIKI BADAŃ WŁASNYCH

Poniżej zaprezentowano wyniki badań własnych odnoszące się do funkcji poznawczych i wskaźników bioelektrycznej czynności mózgu u gimnastyków (Artykuł 3) oraz profili funkcjonowania poznawczego u zawodników sportów interakcyjnych i nieinterakcyjnych z uwzględnieniem cech temperamentu i wskaźników bioelektrycznej czynności mózgu (Artykuł 4).

Funkcje poznawcze i wskaźniki bioelektrycznej czynności mózgu u gimnastyków

Opublikowane w: Bidzan-Bluma, I., Jochimek, M., & Lipowska, M. (2023). Cognitive functioning of preadolescent gymnasts, including bioelectrical brain activity. *Perceptual and Motor Skills*, 130(2), 714–731. Doi.org/10.1177/00315125231156722.

Celem podjętych badań było porównanie funkcjonowania poznawczego dzieci uprawiających gimnastykę sportową z dziećmi nie uprawiających wyczynowo sportu (weryfikacja hipotezy 4).

Grupa kryterialna obejmowała 41 dzieci uprawiających gimnastykę sportową w wieku 10.0-12.9 lat ($M = 11.23$; $SD = .93$), 15 chłopców i 26 dziewcząt, którzy byli uczniami Szkół Mistrzostwa Sportowego. Większość dzieci w tej grupie trenowała 5-7 razy w tygodniu od 60 do 120 min (15 osób) lub powyżej 120 min (26 osób), a 46% badanych dzieci miała już za sobą sukcesy sportowe.

Grupę porównawczą stanowiły dzieci nieuprawiające żadnej dyscypliny sportowej ($N=45$) w wieku od 10.1 do 12.7 roku życia ($M = 11.11$; $SD = .61$), w tym 23 chłopców i 22 dziewczęta. W badanej grupie większość dzieci podejmowała aktywność fizyczną 2 razy w tygodniu (17 osób) lub 3-4 razy w tygodniu (20 osób), najczęściej nie dłużej niż 60 min (96% dzieci).

Przeprowadzono modele liniowe (wielokrotne regresje) przy jednoczesnej kontroli zmiennych takich jak płeć, wiek, iloraz inteligencji, aktywność pozasportowa i częstotliwość aktywności fizycznej. W celu zbadania różnic pomiędzy młodocianymi sportowcami (gimnastyka) a grupą porównawczą przeprowadzono analizę wariancji (ANOVA) za pomocą testu wielokrotnych porównań Bonferroniego.

Wyniki wskazują, że gimnastycy uzyskali lepsze wyniki niż grupa porównawcza w zakresie: koncentracji uwagi (średnia różnica = -9.19, $SE = 3.43$, $p < .05$), pamięci roboczej (średnia różnica = 1.38, $SE = 1.91$, $p < .01$), tempa nabywania informacji wzrokowo-

przestrzennych (średnia różnica = 1.38, $SE = .85$, $p < .01$) i odtwarzania zapamiętywanych wiadomości drogą wzrokową po odroczeniu, co jest związane z procesem konsolidacji (średnia różnica = 1.38, $SE = .75$, $p < .01$).

Dodatkowo, wśród wszystkich badanych dzieci, zarówno z grupy gimnastyków, jak i grupy kontrolnej, zaobserwowano pozytywne zmiany dotyczące poziomu odczuwanego relaksu, co odzwierciedla współczynnik Theta/SMR (średnia różnica = .79, $SE = .36$, $p < .05$) u dzieci uprawiających sport przynajmniej 5 razy w ciągu tygodnia. W Tabeli 2 przedstawiono statystyki opisowe i korelacje zmiennych uwzględnionych w badaniu. Funkcje poznawcze gimnastyków były dodatkowo skorelowane z koncentracją uwagi, pamięcią roboczą, tempem uczenia się i procesem konsolidacji. W przypadku innych funkcji poznawczych nie wykazano istotnych różnic pomiędzy grupami.

Tabela 2

Statystyki opisowe i korelacje zmiennych uwzględnionych w badaniu

Zmienna zależna	Zmienna kontrolna	<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>F</i>	<i>R² skorygowany</i>
Test Monitorowania koncentracja uwagi	-Gimnastyka (Tak)	1.64*	3.43	2.93*	.12
	Płeć (Mężczyzna)	.03	.83		
	Wiek	.56	.24		
	Iloraz Inteligencji (IQ)	-.01	.01		
	Aktywność niesportowa	.01	.01		
	Częstotliwość fizycznej (więcej niż 5 razy w tygodniu)	aktywności	2.62**	.86	
Test Podzielności Uwagi	Gimnastyka (Tak)	.41	.48	1.95	.06
	Płeć (Mężczyzna)	-.07	.24		
	Wiek	-.07	.14		
	Iloraz Inteligencji (IQ)	.03*	.01		
	Aktywność niesportowa	-.01	.01		
	Częstotliwość fizycznej (więcej niż 5 razy w tygodniu)	aktywności	.33	.49	
Test Odroczonego Nazywania - pamięć	Gimnastyka (Tak)	1.52**	1.91	4.94**	.22
	Płeć (Mężczyzna)	.21	.46		
	Wiek	.32*	.14		
	Iloraz Inteligencji (IQ)	.02*	.01		
	Aktywność niesportowa	-.01	.01		

		Częstotliwość aktywności fizycznej (więcej niż 5 razy w tygodniu)	.92	.48		
Test	Powtarzania	Gimnastyka (Tak)	.48	.87	1.16	.01
Zdań	–	pamięć				
słuchowa		Płeć (Mężczyzna)	.05	.44		
		Wiek	-.11	.26		
		Iloraz Inteligencji (IQ)	.03	.02		
		Aktywność niesportowa	-.01	.01		
		Częstotliwość aktywności fizycznej (więcej niż 5 razy w tygodniu)	-.07	.90		
Test	Kwadraty	-Gimnastyka (Tak)	.09	.72	2.76*	.11
pamięć	operacyjna	Płeć (Mężczyzna)	.55	.37		
materiału		Wiek	.28	.22		
wzrokowego		Iloraz Inteligencji (IQ)	.05**	.01		
		Aktywność niesportowa	-.02	.01		
		Częstotliwość aktywności fizycznej (więcej niż 5 razy w tygodniu)	-.35	.75		
OO,Theta,Beta		Gimnastyka (Tak)	.75	.51	.93	< .01
		Płeć (Mężczyzna)	-1.10	.26		
		Wiek	-.12	.15		
		Iloraz Inteligencji (IQ)	-.01	.01		
		Częstotliwość aktywności fizycznej (więcej niż 5 razy w tygodniu)	-.01	.01		
		Aktywność niesportowa	.90	.52		
OO,Theta,SMR		Gimnastyka (Tak)	.60	.44	.92	< .01
		Płeć (Mężczyzna)	-.15	.22		
		Wiek	-.09	.13		
		Iloraz Inteligencji (IQ)	-.01	.01		
		Aktywność niesportowa	-.01	.01		
		Częstotliwość aktywności fizycznej (więcej niż 5 razy w tygodniu)	.76	.46		
OZ,Theta,Beta		Gimnastyka (Tak)	.57	.39	1.46	.03
		Płeć (Mężczyzna)	-.06	.20		
		Wiek	-.24*	.12		
		Iloraz Inteligencji (IQ)	-.01	.01		
		Aktywność niesportowa	.01	.01		
		Częstotliwość aktywności fizycznej (więcej niż 5 razy w	.77	.41		

OZ,Theta,SMR	tygodniu)				
	Gimnastyka (Tak)	.50	.35	1.38	.03
	Płeć (Mężczyzna)	-.15	.18		
	Wiek	-.19	.10		
	Iloraz Inteligencji (IQ)	.01	.01		
	Aktywność niesportowa	.01	.01		
	Częstotliwość aktywności fizycznej (więcej niż 5 razy w tygodniu)	.79*	.36		
KU,Theta,Beta	Gimnastyka (Tak)	.59	.39	1.44	0.03
	Płeć (Mężczyzna)	.11	.20		
	Wiek	-.22	.11		
	Iloraz Inteligencji (IQ)	.01	.01		
	Aktywność niesportowa	.01	.01		
	Częstotliwość aktywności fizycznej (więcej niż 5 razy w tygodniu)	.73	.40		
	KU,Theta,SMR	Gimnastyka (Tak)	.46	.34	1.08
Płeć (Mężczyzna)		.03	.17		
Wiek		-.18	.10		
Iloraz Inteligencji (IQ)		.01	.01		
Aktywność niesportowa		.01	.01		
Częstotliwość aktywności fizycznej (więcej niż 5 razy w tygodniu)		.56	.35		
DUM III		Gimnastyka (Tak)	2.28**	.85	7.49**
	Płeć (Mężczyzna)	-.45	.43		
	Wiek	.25	.25		
	Iloraz Inteligencji (IQ)	.01	.02		
	Aktywność niesportowa	-.01	.01		
	Częstotliwość aktywności fizycznej (więcej niż 5 razy w tygodniu)	-.10	.88		
	DUM – poprawne odpowiedzi	Gimnastyka (Tak)	2.67**	.75	9.29**
Płeć (Mężczyzna)		-.23	.38		
Wiek		.03	.02		
Iloraz Inteligencji (IQ)		.03*	.02		
Aktywność niesportowa		-.01	.01		
Częstotliwość aktywności fizycznej (więcej niż 5 razy w tygodniu)		.69	.78		

Uzyskane wyniki wskazały na znaczące różnice w zakresie pamięci krótkotrwałej, jak również pamięci długotrwałej materiału wzrokowego na korzyść grupy kryterialnej. Dodatkowo gimnastyków sportowych charakteryzowała lepsza zdolność koncentracji uwagi. Dzieci podejmujące aktywność fizyczną częściej niż 5 razy w tygodniu charakteryzował wyższy współczynnik Theta/SMR, co może wskazywać na wyższy poziom doświadczanego spokoju, jak i uczucia relaksu.

Omówienie wyników

Uzyskane wyniki badań wskazują na lepsze funkcjonowanie dzieci uprawiających gimnastykę w zakresie koncentracji uwagi, pamięci krótkotrwałej i długotrwałej materiału wzrokowego. Lepsze funkcjonowanie pamięci roboczej u dzieci trenujących gimnastykę nawet przez krótki okres potwierdzają również przeprowadzone dotychczas wyniki badań (Hsieh i in., 2017). Może to wskazywać na angażowanie tej funkcji poznawczej podczas nauki sekwencji motorycznych charakterystycznej dla tego rodzaju sportu (Hsieh i in., 2017), dzięki czemu dochodzi do aktywacji w prawej grzbietowo-bocznej korze przedczołowej i obu płatach ciemieniowych (Hsieh i in., 2017).

W porównaniu do wcześniejszych badań uwzględniających grupę gimnastyków, przeprowadzone przez nas badania wykorzystywały również testy sprawdzające pamięć długotrwałą i wykazały dodatkowo pozytywne oddziaływanie gimnastyki na tempo nabywania nowych wiadomości o modalności wzrokowej, jak i proces konsolidacji związany z przechodzeniem informacji z pamięci krótkotrwałej do długotrwałej. Warto podkreślić, że osoby trenujące gimnastykę na elitarnym poziomie zwracają szczególną uwagę na informacje wzrokowe i kodują informacje m.in. za pomocą obrazów, co może wpływać stymulująco właśnie na pamięć wzrokową (Hars i Calmels, 2007). Warto jednak zaznaczyć, że niektórzy badacze donoszą o braku różnic w pamięci u osób uprawiających gimnastykę (Kadir i in., 2018).

Zmiany w zakresie bioelektrycznej czynności mózgu mierzonej w punkcie Cz zaobserwowano jedynie w zakresie fal SMR/Theta. Jednakże, na lepsze oddziaływanie tych fal nie miał wpływu rodzaj uprawianego sportu (gimnastyka), a intensywność uprawianych sportów wykazywana przez osoby biorące udział w badaniu (więcej niż 5 razy w tygodniu). Można to wytłumaczyć wzrostem rytmu czuciowo-ruchowego (SMR) skorelowanego z aktywnością fizyczną przy jednoczesnym zahamowaniu fali Theta, co sprzyja zwiększeniu doświadczeniu uczucia relaksu, przy jednoczesnym zmniejszeniu lęku, jak i impulsywności (de Zambotti i in., 2012). Kolejnym wyjaśnieniem może być fakt, że u dzieci

charakteryzujących się częstszą aktywnością fizyczną (niezależnie od uprawianego sportu) dochodzi do większej integralności istoty białej (Krafft i in., 2014).

Ocena funkcjonowania pamięci operacyjnej związanej ze zdolnością do przechowywania informacji w pamięci krótkotrwałej i ich przetwarzania na materiale wzrokowym (Borkowska, 2006; Dworska, 2020), również okazała się lepsza w grupie kryterialnej. Natomiast brak różnic w zakresie takich umiejętności, jak podzielność uwagi, pamięci werbalnej pomiędzy grupą gimnastyków a porównawczą można wytłumaczyć tym, że te obszary poznawcze są mniej zaangażowane podczas trenowania gimnastyki sportowej.

Wnioski

Porównanie grupy dzieci ćwiczących gimnastykę sportową i grupy porównawczej wskazuje, że dzieci trenujące gimnastykę sportową wykazały lepsze umiejętności w zakresie koncentracji uwagi, pamięci krótkotrwałej i długotrwałej materiału wzrokowego (w tym tempa uczenia się), co może wskazywać na pozytywne oddziaływanie sportu w zakresie tych obszarów poznawczych. W zakresie pozostałych funkcji poznawczych, takich jak: selektywność i podzielność uwagi, pamięć krótkotrwała materiału werbalnego zaobserwowano brak istotnych różnic pomiędzy gimnastykami a grupą dzieci nieuprawiającymi żadnej dyscypliny sportowej. Zachodzą różnice w zakresie funkcjonowania SMR/Theta u wszystkich dzieci uprawiających intensywnie sport więcej niż 5 razy w tygodniu w porównaniu z dziećmi mniej aktywnymi fizycznie.

Dla badaczy i praktyków ważne jest również to, jak dany rodzaj sportu (interakcyjny vs. nieinterakcyjny) oddziałuje funkcje poznawcze i czy da się wyodrębnić poszczególne profile funkcjonowania poznawczego w zależności od uprawianego sportu. Odkrycie tej zależności mogłoby znaleźć zastosowanie przy układaniu planów terapeutycznych, m.in. do pracy z dziećmi, które doświadczają dysfunkcji poznawczych.

Profile funkcjonowania poznawczego u zawodników sportów interakcyjnych i nieinterakcyjnych z uwzględnieniem cech temperamentu i wskaźników bioelektrycznej czynności mózgu

Opublikowane w: Bidzan-Bluma, I., Jurek, P., & Lipowska, M. (2024). Cognitive functions in pre-adolescent children involved in gymnastic and soccer. *Advances in Cognitive Psychology*, 20(2), 149–156.

Prezentowane badanie ma na celu porównanie funkcjonowania poznawczego 10–12 latków nieuprawiających sportu wyczynowo z młodymi sportowcami uprawiającymi różne dyscypliny sportowe: gimnastyka sportowa (sport nieinterakcyjny) oraz piłka nożna (sport interakcyjny) (weryfikacja hipotez 1-4).

Analizie poddano dane uzyskane od 176 uczestników (88 chłopców i 88 dziewcząt). Grupę kryterialną stanowiło 59 młodych sportowców w wieku od 10.0 do 12.9 lat ($M = 11.01$; $SD = .89$), w tym 28 chłopców i 31 dziewcząt, trenujących gimnastykę sportową 6 razy w tygodniu. Większość dzieci w tej grupie uprawiała gimnastykę sportową 5–7 razy w tygodniu, a ich treningi trwały od 60 do 120 minut (17 osób) lub powyżej 120 minut (42 osoby). Spośród nich 50,8% otrzymało wcześniej nagrody w zawodach sportowych.

Drugą grupę kryterialną stanowiło 59 piłkarzy w wieku od 10.0 do 12.9 lat ($M = 11.02$; $SD = .77$), w tym 33 chłopców i 26 dziewcząt. Większość dzieci w tej grupie ćwiczyła piłkę nożną 5–7 razy w tygodniu, a ich treningi trwały od 60 do 120 minut (44 osoby) lub powyżej 120 minut (13 osób). Spośród nich 52,5% otrzymało wcześniej nagrody w zawodach sportowych.

Grupę dzieci nieuprawiających wyczynowo żadnej dyscypliny sportowej stanowiło 45 dzieci w wieku od 10.1 do 12.7 lat ($M = 11.14$; $SD = .64$), w tym 27 chłopców i 31 dziewcząt. Większość dzieci w tej grupie podejmowała aktywność fizyczną 2 razy w tygodniu (17 osób) lub 3–4 razy w tygodniu (20 osób), zwykle nie dłużej niż 60 minut (96% dzieci).

Tabela 3*Charakterystyka uczestników badania*

Zmienna	Dzieci uprawiające gimnastykę sportową (<i>N</i> = 59)	Dzieci grające w piłkę nożną (<i>N</i> = 59)	Grupa porównawcza (<i>N</i> = 58)	Cała badana grupa (<i>N</i> = 176)
	<i>N</i> (%) / <i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>N</i> (%) / <i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>N</i> (%) / <i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>N</i> (%) / <i>M</i> (<i>SD</i>)
Płeć				
chłopcy	28 (47.5%)	33 (55.9%)	27 (46.6%)	88 (50.0%)
dziewczeta	31 (52.5%)	26 (44.1%)	31 (53.4%)	88 (50.0%)
Wiek	11.01 (.89)	11.02 (.77)	11.14 (.64)	11.06 (.77)
Wykształcenie rodziców (maksymalne)				
poniżej średniego	1 (1.7%)	2 (3.4%)	–	3 (1.7%)
średnie	21 (35.6%)	11 (18.6%)	6 (10.3%)	38 (21.6%)
wyższe	37 (62.7%)	46 (78.0%)	52 (89.7%)	135 (76.7%)
Przeciętny czas aktywności sportowej dziecka				
mniej niż 30 min	–	–	19 (32.8%)	19 (10.8%)
30-60 min	–	2 (3.4%)	37 (63.8%)	39 (22.2%)
60-120 min	17 (28.8%)	44 (74.6%)	2 (3.4%)	63 (35.8%)
więcej niż 120 min	42 (71.2%)	13 (22%)	–	55 (31.3%)
Sukcesy sportowe	30 (50.8%)	31 (52.5%)	10 (17.2%)	71 (40.3%)

Jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA) przeprowadzono w celu zidentyfikowania statystycznie istotnych różnic w obszarze zmiennych dotyczących funkcjonowania poznawczego pomiędzy dziećmi uprawiającymi sporty interakcyjne, dziećmi uprawiającymi sporty nieinterakcyjne oraz dziećmi nieuprawiającymi regularnie żadnej dyscypliny sportowej. Do oceny wielkości efektu wykorzystano eta-kwadrat (η^2) oraz ogólne zasady dotyczące η^2 podane przez Cohena (1988), tj. $\eta^2 = .01$ oznacza mały efekt, $\eta^2 = .06$ oznacza średni efekt, natomiast $\eta^2 = .14$ oznacza duży efekt.

Ponieważ jednoczynnikowa analiza ANOVA ujawnia, że istnieje (lub nie) statystycznie istotna różnica w zmiennej zależnej pomiędzy co najmniej dwiema grupami, w kolejnym kroku przeprowadzono testy HSD Tukeya dla porównań wielokrotnych. W tabeli 4

przedstawiono średnie wyniki mierzonych zmiennych uzyskane w trzech grupach porównawczych. Dodatkowo, w tabeli zawarte zostały wyniki testu ANOVA.

Tabela 4

Wyniki z Baterii diagnozy funkcji poznawczych PUI i skryptu zamkniętego EEG-Biofeedback.

Zmienna	gimnastyka		piłka nożna		grupa			
	sportowa				porównawcza			
	M	SD	M	SD	M	SD	F	p
Selektywność	142.15	24.17	153.15	23.81	135.79	22.20	8.24	.01
Hamowanie	25.63	16.44	30.86	14.02	28.32	16.91	1.61	.20
Pętla fonologiczna	21.82	3.75	20.99	4.07	19.30	3.24	7.02	.01
Funkcje wykonawcze	-20.42	4.39	-21.44	5.11	-19.20	6.12	2.67	.07
Test Monitorowania	55.14	12.64	52.34	13.14	58.53	10.16	3.87	.02
Test Podzielności Uwagi	29.90	8.27	39.20	10.62	36.16	7.97	16.24	.01
Test Ciągłego Wykonania	71.83	21.82	76.49	20.78	79.42	14.57	2.27	.11
Test Wykreślenia Gwiazdek	123.14	28.98	132.00	29.95	115.00	28.71	4.95	.01
Test Wykreślenia Symboli	99.49	14.48	103.66	10.88	94.45	12.79	7.59	.01
Test Odejmowania Głośnego	1.66	2.67	1.69	2.28	2.53	2.97	2.02	.14
Test Odejmowania Odroczonego	24.73	2.30	23.69	2.63	22.86	1.99	9.51	.01
Nazywania								
Test Powtarzania Zdań	12.41	3.93	12.73	3.46	11.47	3.34	1.95	.14
Test Kwadraty	19.14	3.35	18.68	3.87	18.02	2.84	1.62	.20
Test Niedorzeczności	37.29	2.17	37.97	3.04	37.64	1.91	1.15	.32
Test Fluencji Słownej I	12.92	3.40	12.90	3.72	12.50	3.57	.25	.78
Test Fluencji Słownej II	18.93	4.87	20.15	5.68	18.00	4.99	2.53	.08
Test Mapa Parku	6.51	1.18	6.78	1.34	7.03	2.23	1.49	.23
Theta/Beta - Oczy Otwarte	2.96	.74	3.13	.62	3.29	2.17	.84	.43
Theta/SMR - Oczy Otwarte	2.54	.62	2.69	.58	2.80	1.44	1.06	.35
Theta/Beta - Oczy Zamknięte	3.05	.81	3.20	.78	3.08	.81	.57	.57
Theta/SMR - Oczy Zamknięte	2.52	.72	2.67	.67	2.62	.77	.66	.52
Theta/Beta - Koncentracja Uwagi	3.07	.87	3.33	.81	3.10	.68	1.82	.16

Przeprowadzona jednoczynnikowa analiza wariancji (ANOVA) wykazała istotną statystycznie różnicę w selektywnej uwadze pomiędzy dwoma grupami badanych dzieci. Test Tukey'a HSD dla wielokrotnych porównań ujawnił, że średnia wartość selektywnej uwagi

różniła się istotnie pomiędzy dziećmi uprawiającymi sporty interakcyjne, a dziećmi, które nie uprawiają regularnie żadnych sportów. W porównaniu z obiema grupami, dzieci grające w piłkę nożną osiągnęły wyższe wyniki w tym zakresie. Wynik ten został częściowo powtórzony przy użyciu testu do pomiaru selektywnej uwagi (PU1) - wyniki ANOVA wykazały istotną różnicę między grupami. Testy post hoc ujawniły - jak wcześniej - że dzieci uprawiające sporty interakcyjne uzyskały wyższe wyniki w zakresie selektywności uwagi niż dzieci, które nie uprawiają regularnie żadnych sportów. Jednak młodzi piłkarze osiągnęli również wyższe wyniki w selektywności uwagi niż gimnastycy, którzy zgłosili najniższą selektywną uwagę spośród wszystkich grup.

Ponadto, stwierdzono istotną różnicę w pętli fonologicznej pomiędzy dziećmi uprawiającymi sporty nieinterakcyjne a dziećmi nieuprawiającymi żadnych sportów. Tutaj również młodzi sportowcy osiągnęli wyższe wyniki w porównaniu z niesportowcami. Testy post hoc ujawniły, że obie grupy sportowców uzyskały średnio wyższe wyniki w porównaniu z dziećmi, które nie uprawiały żadnych sportów.

Wbrew oczekiwaniom, nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupami badanymi (wartości p większe niż .05) w zakresie hamowania poznawczego (mierzonego w dwóch różnych testach), uwagi i obliczeń, krótkotrwałej pamięci werbalnej, pamięci roboczej wzrokowej, rozumowania, płynności fonologicznej i semantycznej, planowania. Nie obserwuje się również różnic w zakresie bioelektrycznej aktywności mózgu m.in. we wskaźniku Theta/Beta oraz Theta/SMR (szczegóły w Tabeli 4).

Wyniki zamieszczone w tabeli wskazują na znaczące różnice w zakresie utrzymanej uwagi. Testy post hoc ujawniły, że młodzi piłkarze osiągnęli istotnie wyższe wyniki niż grupa porównawcza, podczas gdy nie stwierdzono istotnych różnic między piłkarzami, a gimnastykami oraz między gimnastykami a grupą porównawczą. Podobny wzór różnic (lub ich brak) zaobserwowano w przypadku kontroli uwagi i elastyczności poznawczej.

Istotne różnice pomiędzy grupami badawczymi zaobserwowano również w średnich wynikach pamięci roboczej werbalnej. Testy post hoc ujawniły, że dzieci zaangażowane w sporty nieinterakcyjne osiągnęły istotnie wyższe wyniki w porównaniu z pozostałymi dwiema grupami.

W zakresie tempa uczenia się i odtwarzania spontanicznego nabytych wcześniej wiadomości, obie grupy dzieci zaangażowanych w regularne ćwiczenia sportowe uzyskały wyższe wyniki w porównaniu z grupą dzieci, które nie uprawiają regularnych ćwiczeń sportowych. Ponadto, dzieci zaangażowane w gimnastykę sportową i piłkę nożną nie różniły się istotnie między sobą w tym zakresie. Testy post hoc (z zastosowaniem poprawki

Bonferroniego) wykazały, że w zakresie aktywności średnie wyniki dzieci uprawiających gimnastykę sportową oraz piłkę nożną różnią się istotnie od dzieci z grupy porównawczej. Grupy dzieci uprawiających sporty interakcyjne i nieinterakcyjne nie różnią się między sobą istotnie. W zakresie towarzyskości istotne różnice wystąpiły wyłącznie pomiędzy dziećmi grającymi w piłkę nożną a dziećmi z grupy porównawczej. Wyniki zaprezentowano w Tabeli 5.

Tabela 5

Wymiary temperamentu zgodnie z Behawioralno Genetyczną Teorią Temperamentu EAS Bussa i Plomina

Wymiar temperamentu	gimnastyka sportowa		piłka nożna		grupa porównawcza		<i>F</i>	<i>p</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>		
Nieśmiałość	11.58	3.90	10.97	3.76	12.86	5.37	2.83	.06
Aktywność	20.68	2.68	21.58	2.15	18.22	5.14	13.88	.01
Towarzystwość	19.36	3.52	20.80	2.47	18.88	3.84	5.29	.01
Emocjonalność	13.47	2.76	14.14	3.60	14.60	3.13	1.86	.16

Omówienie wyników

W związku z tym, że Artykuł 4 miał na celu weryfikację wszystkich założonych hipotez, omówienie wyników dotyczy zatem zarówno tego artykułu, jak i całego projektu rozprawy doktorskiej. W toku przeprowadzonych analiz wykazano znaczące różnice w zakresie funkcjonowania poznawczego pomiędzy dziećmi w okresie późnego dzieciństwa uprawiającymi sporty nieinterakcyjne (gimnastyka), interakcyjne (piłka nożna) a grupą porównawczą.

Weryfikacja pierwszej hipotezy badawczej odnosząca się do tego, czy dzieci uprawiające sporty interakcyjne (piłka nożna) może charakteryzować lepsze funkcjonowanie wykonawcze w zakresie hamowania, planowania, myślenia abstrakcyjnego w porównaniu do dzieci uprawiających sporty nieinterakcyjne (gimnastykę sportową) wykazała, że nie zaobserwowano innych istotnych różnic w funkcjonowaniu poznawczym obu grup młodocianych sportowców. Jest to niespodziewany wynik, bowiem niektórzy badacze (Wang i in., 2013; Voss i in., 2010; Di Russo i in., 2010) donosili o lepszym funkcjonowaniu osób trenujących sporty interakcyjne w zakresie funkcji wykonawczych, takich jak hamowanie (Voss i in., 2010; Di Russo i in., 2010). Jednakże w naszym badaniu nie zaobserwowaliśmy

różnic w zakresie funkcjonowania wykonawczego dotyczącego umiejętności planowania, hamowania reakcji, elastyczności poznawczej, jak również myślenia abstrakcyjnego.

Kolejna hipoteza dotyczyła tego, czy dzieci uprawiające sporty nieinterakcyjne (gimnastykę sportową) charakteryzuje lepsza pamięć wzrokowo-przestrzenna niż dzieci uprawiające sport interakcyjny (piłka nożna). W przypadku pamięci operacyjnej materiału wzrokowego wypadła ona rzeczywiście lepiej u gimnastyków sportowych, co jest zapewne związane z tym, że podczas wykonywania układów jest to jedna z funkcji zaangażowana do zapamiętywania sekwencji. Dotychczasowe doniesienia badawcze wskazywały na lepsze funkcjonowanie w zakresie pamięci wzrokowej, zarówno krótkotrwałej, jak i długotrwałej, co potwierdza dotychczas przeprowadzone badanie przez Hsieh i wsp. (2017). Natomiast w naszych badaniach nie zaobserwowano różnic między piłkarzami a gimnastykami w zakresie pamięci krótkotrwałej materiału wzrokowego, odtwarzania materiału po demonstracji figur, jak również odtwarzania spontanicznego po dłuższym odroczeniu. Obie grupy sportowców wypadły podobnie w tym obszarze, co może wskazywać to na to, że nie tylko w gimnastyce sportowej zaangażowana jest pamięć wzrokowa, ale również u piłkarzy ten rodzaj pamięci odgrywa ważną rolę m.in. we wzrokowym zapamiętaniu, co się dzieje na boisku.

Weryfikacja trzeciej hipotezy badawczej odnosząca się do tego, czy dzieci uprawiające różne rodzaje sportów, czyli interakcyjne (piłkarze) vs. nieinterakcyjne (gimnastycy), różnią się w uzyskanych profilach poznawczych wykazała, że dzieci uprawiające piłkę nożną osiągnęły lepsze wyniki w zakresie selektywności uwagi w porównaniu do gimnastyków. Może wynikać to z faktu, że sport ten wymaga dobrej selektywności uwagi, gdy trzeba koncentrować się na dynamicznym otoczeniu i szybko reagować na różne sytuacje. Co ważne, również dzieci nie uprawiające regularnie sportów również wypadły lepiej w tym zakresie w porównaniu do gimnastyków. Może to oznaczać, że funkcja ta nie jest wzmocniana i niezbędna podczas trenowania tego sportu.

Zaskakującym natomiast wynikiem jest to, że podzielność uwagi jest lepsza w przypadku gimnastyków sportowych. Wydawałoby się, że umiejętność ta jest bardziej potrzebna w przypadku sportów interakcyjnych.

Ostatnia hipoteza dotyczyła występowania różnice między dziećmi w okresie późnego dzieciństwa uprawiającymi sport (obie grupy kryterialne) a ich rówieśnikami, którzy nie uprawiają sportu, na korzyść dzieci-sportowców, których charakteryzuje lepsze funkcjonowanie poznawcze. W przypadku obu grup kryterialnych wypadły one lepiej w sferze poznawczej niż nie sportowcy. Zaobserwowano tu więcej istotnych różnic na korzyść sportowców, co potwierdzają niektóre doniesienia badawcze o pozytywnym działaniu

aktywności fizycznej na funkcje poznawcze (Bidzan-Bluma i Lipowska, 2018; Donnelly i in., 2016).

W przypadku osób uprawiających piłkę nożną wypadły one lepiej w zakresie funkcji angażujących procesy uwagowe sprawdzających selektywność uwagi. Potwierdzają to badania Janssen i in. (2014). Dodatkowo obydwie grupy sportowców wypadły lepiej w zakresie pętli fonologicznej rozumianej jako jeden ze składników pamięci roboczej przechowującej materiał słuchowy, jak np. słowa. Lepsze rezultaty w tym obszarze znajdują poniekąd uzasadnienie w badaniach dotyczących wpływu sportu na funkcje językowe. Dotychczas wskazano na pozytywne oddziaływanie w zakresie szerszej sieci leksykalnej i rozumienia znaczenia słów, a także większą zdolność do wykrywania błędów składniowych (Scudder, Federmeier i in., 2014; Scudder, Lambourne i in., 2014) i większą zdolność pisania (Mullender-Wijnsma i in., 2016). Dodatkowo gimnastyków sportowych również w porównaniu z grupą kontrolną cechuje lepsza podzielność uwagi, pamięć krótkotrwała i długotrwała materiału wzrokowego, jak i pamięć operacyjna.

W badaniach uwzględniony został również temperament jako zmienna moderująca. Zakładamy bowiem, że w wyborze uprawianej dyscypliny sportu decydują m.in. czynniki temperamentalne. Uzyskane wyniki wskazują, że w zakresie aktywności rozumianej jako wydatkowanie energii fizycznej obejmującej czynności motoryczne (Oniszczenko, 1997, 2015) średnie wyniki dzieci uprawiających gimnastykę sportową oraz piłkę nożną różnią się istotnie od wyników uzyskanych przez dzieci z grupy porównawczej. Zarówno gimnastycy sportowi, jak i piłkarze nożni charakteryzują się szybszym tempem, jak również wigorem (intensywnością reakcji).

Dodatkowo wystąpiły również różnice w zakresie towarzyskości związanej z poszukiwaniem kontaktu z innymi ludźmi pomiędzy dziećmi grającymi w piłkę nożną a dziećmi z grupy porównawczej. Czynniki ten wydaje się istotny przy wyborze sportu interaktywnego, gdzie wymagany jest częsty kontakt z innymi zawodnikami. Wyniki te są tożsame z innymi wynikami badań wskazującymi na to, że u dzieci, które były bardziej aktywne, zaobserwowano mniejszy wzrost introwersji (Allen i in., 2015). Nie zaobserwowano natomiast różnic w zakresie nieśmiałości, jak i emocjonalności. Może to oznaczać, że w zakresie temperamentu istotniejszy wpływ na wybór uprawianej dyscypliny ma aktywność (na wybór sportu w ogóle), jak i towarzyskość (wybór w zakresie dyscypliny interaktywnej vs nieinteraktywnej).

Wnioski

W czasach, gdzie styl życia został zmodyfikowany przez nowe technologie, przedstawione wyniki badań mają na celu zwrócenie uwagi na pozytywne oddziaływania aktywności fizycznej na funkcjonowanie poznawcze, jak również na to, czy charakter wykonywanej aktywności fizycznej (sporty interakcyjne vs. nieinterakcyjne) mogą angażować podobne, czy też inne funkcje poznawcze. Wiedza ta ma na celu poszerzenie rezultatów dotychczasowych badań, jak również może mieć znaczny wpływ na psychoedukację. Może przyczynić się również do stworzenia programów rehabilitacyjnych dla osób doświadczających deficytów poznawczych.

Implikacje praktyczne wynikające z badań

1. Istotnym dla mnie jako pomysłodawczyni przeglądu systematycznego jest szeroki jego odbiór przez innych autorów, co przejawia się w bardzo dużej liczbie cytowań artykułu (na dzień 30.06.2024 - 563 cytowań), w tym w opracowanych i wydanych przez World Health Organization (WHO; 2022) broszurach edukacyjnych „*Promoting physical activity through schools: policy brief*” i „*Optimizing brain health across the life course: WHO position paper. World Health Organization*”.
2. Podjęta próba ujednoczenia terminologii stosowanej w badaniach naukowych uwzględniających różne dyscypliny sportowe wnosi ważny wkład w dyscyplinę. Zaproponowanie dla sportów „*open-skill exercise*” terminu - sport interakcyjny, zaś w przypadku „*closed-skill exercise*” – sport nieinterakcyjny jest rozwiązaniem przyjaznym użytkownikom, ułatwiającym wszystkim zainteresowanym korzystanie z literatury fachowej (np. osobom nieanglojęzycznym). Uporządkowanie terminologii może pomóc w dyskusji pomiędzy psychologami sportu oraz innymi specjalistami zajmującymi się zdrowiem i kulturą fizyczną, a także ułatwić praktykom i rodzicom praktyczne wykorzystanie wyników badań.
3. Dzięki badaniom indywidualnym możliwe było przygotowanie dla każdego dziecka i jego rodziców nie tylko opinii neuropsychologicznej z badania, ale i programu rehabilitacyjnego w przypadku obniżenia funkcji poznawczych. Indywidualne badanie pozwoliło także na szybkie wychwycenie ewentualnych trudności emocjonalnych, w tym objawów depresyjnych, a co za tym idzie, wdrożenie szybkiej interwencji.
4. Otrzymane wyniki mogą przełożyć się także na oddziaływania praktyczne. Poza wykorzystaniem psychoedukacyjnym dla rodziców, nauczycieli i dzieci, mogą również posłużyć do opracowywania planów terapeutycznych wykorzystujących nie tylko typowe metody oddziaływań neuropsychologicznych, ale też elementy gimnastyki sportowej oraz piłki nożnej dostosowane do deficytów danej osoby.
5. Przeprowadzone badania i uzyskane wyniki mogą przyczynić się do rozwoju nowej dziedziny nauki w Polsce, jaką jest neuropsychologia sportu, gdyż obecnie prowadzi niewiele badań z tej tematyki w naszym kraju.

Piśmiennictwo

- Ahamed, Y., Macdonald, H., Reed, K., Naylor, P. J., Liu-Ambrose, T., & McKay, H. (2007). School-based physical activity does not compromise children's academic performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *39*, 371–376. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000241654.45500.8e>
- Alesi, M., Bianco, A., Luppina, G., Palma, A., & Pepi, A. (2016). Improving children's coordinative skills and executive functions: The effects of a Football Exercise Program. *Perceptual and Motor Skills*, *122*, 27–46. <https://doi.org/10.1177/0031512515627527>
- Allen, M. S., Vella, S. A., & Laborde, S. (2015). Sport participation, screen time, and personality trait development during childhood. *British Journal of Developmental Psychology*, *33*(3), 375–390. <https://doi.org/10.1111/bjdp.12102>
- 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. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040800>
- Bidzan-Bluma, I. (2022). Propozycja polskiej terminologii klasyfikacji sportów przydatnej w psychologicznych badaniach funkcji poznawczych sportowców. *Polskie Forum Psychologiczne*, *27*(3), 291–300. <https://doi.org/10.34767/PFP.2022.03.02>
- Bidzan-Bluma, I., Jochimek, M., & Lipowska, M. (2023). Cognitive functioning of preadolescent gymnasts, including bioelectrical brain activity. *Perceptual and Motor Skills*, *130*(2), 714–731. <https://doi.org/10.1177/00315125231156722>
- Bidzan-Bluma, I., Jurek, P., & Lipowska, M. (2024). Cognitive functions in pre-adolescent children involved in gymnastic and soccer. *Advances in Cognitive Psychology*, *20*(2), 149–156. <https://doi.org/10.5709/acp-0424-8>
- Biernat, E., Stupnicki, R., & Gajewski, A. K. (2007). International physical activity questionnaire (IPAQ) - Polish version. *Physical Education and Sport*, *51*(1), 47–54.
- Borkowska, A. R., Sajewicz-Radtke, U., Lipowska, M., & Kalka, D., (2016). *Bateria Diagnostyki Funkcji Poznawczych*. Gdańsk, PTPiP.
- Borkowska A. (2006). Neuropsychological and neurobiological aspects of working memory. *Neuropsychiatria i Neuropsychologia*, *1*(1), 31–42.
- Brzezińska, A. I. & Nowotnik, A. (2012). Funkcje wykonawcze a funkcjonowanie dziecka w środowisku przedszkolnym i szkolnym. *Edukacja*, *117*, 61–74.

- Brzezińska, A. I. (2005). Jak myślimy o rozwoju człowieka? W: red. A. I. Brzezińska, *Psychologiczne Portrety Człowieka* (s. 5–20). Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne.
- Carson, V., Hunter, S., Kuzik, N., Wiebe, S. A., Spence, J. C., Friedman, A., Tremblay, M. S., Slater, L., & Hinkley, T. (2016). Systematic review of physical activity and cognitive development in early childhood. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *19*, 573–578.
- Casey, B. J., Giedd, J. N., & Thomas, K. M. (2000). Structural and functional brain development and its relation to cognitive development. *Biological Psychology*, *54*, 241-257. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(00\)00058-2](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(00)00058-2)
- Chomitz, V. R., Slining, M. M., McGowan, R. J., Mitchell, S. E., Dawson, G. F., & Hacker, K. A. (2009). Is there a relationship between physical fitness and academic achievement? Positive results from public school children in the northeastern United States. *Journal of School Health*, *79*, 30–37. DOI.ORG/10.1111/j.1746-1561.2008.00371.x
- Cox, E. P., O'Dwyer, N., Cook, R., Vetter, M., Cheng, H. L., Rooney, K., & O'Connor, H. (2016). Relationship between physical activity and cognitive function in apparently healthy young to middle-aged adults: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *19*, 616–628. doi.org/ 10.1016/j.jsams.2015.09.003
- Czajkowski, Z. (2006). Szermierka jest dobra na wszystko i dla wszystkich. *Sport Wyczynowy*, *44*(7/8), 134.
- Dajek, E. R. (1999). *Diagnozowanie uszkodzeń mózgu wg F. Hillersa*. ERDA.
- De Greeff, J.W., Bosker, R. J., Oosterlaan, J., Visscher, C., & Hartman, E. (2018). Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *21*, 501–507.
- de Zambotti M., Bianchin M., Magazzini L., Gnesato G., & Angrilli, A. (2012). The efficacy of EEG neurofeedback aimed at enhancing sensory-motor rhythm theta ratio in healthy subjects. *Experimental Brain Research*, *221*(1), 69–74. <https://doi.org/10.1007/s00221-012-3148-y>
- Di Russo, F., Bultrini, A., Brunelli, S., Delussu, A. S., Polidori, L., & et al. (2010). Benefits of sports participation for executive function in disabled athletes. *Journal of Neurotrauma*, *27*, 2309–2319.

- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., & 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. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000901>.
- Dworska, K. (2020). Wybrane funkcje wykonawcze u adolescentów uprawiających pływanie wyczynowe. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Sectio J – Paedagogia-Psychologia*, 33(2), 71–84. <https://doi.org/10.17951/j.2020.33.2.71-84>
- Elleberg, D., St-Louis-Deschênes, M. (2010). The effect of acute physical exercise on cognitive function during development. *Psychology of Sport and Exercise*, 11(2), 122–126. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2009.09.006>
- Fedewa, A., Cornelius, C., Ahn, S., & Comis, M. (2018). The use of bicycle workstations to increase physical activity in secondary classrooms. *Health Psychology Report*, 6, 60–74. <https://doi.org/10.5114/hpr.2018.76783>
- Gieroba, B. (2019). Wpływ aktywności fizycznej na zdrowie psychiczne i funkcje poznawcze. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 25(3), 153–161.
- Gorbaniuk, O. (2016). Wykorzystywanie procedury sędziów kompetentnych w naukach społecznych i możliwości jej oceny psychometrycznej za pomocą narzędzi dostępnych w STATISTICA. W: J. Jakubowski, J. Wątroba (red.), *Zastosowanie statystyki i data mining w badaniach naukowych* (s. 5–20). Kraków: StatSoft Polska.
- Graf, C. (2016). Aktiv in jedem Alter—Sport und Ernährung in den verschiedenen Lebensphasen: Kinder [Active at any age—Sports and nutrition in various stages of life: Children]. *Aktuel Ernährungsmed*, 41, S32–34. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0042-102741>
- Guthold, R., Stevens, G., Riley, L. M., & Bull, F. C. (2019). Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1.6 million participants. *Lancet Child & Adolescent Health*, 4(1), 23–35. [https://doi.org/10.1016/S2352-4642\(19\)30323-2](https://doi.org/10.1016/S2352-4642(19)30323-2)
- Hars M., & Calmels, C. (2007). Observation of elite gymnastics performance: Processes and perceived functions of observation. *Psychology of Sport and Exercise*, 8(3), 337–354. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2006.06.004>
- Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Castelli, D. M., Khan, N. A., Raine, L. B., Scudder, M. R., Drollette, E. S., Moore, R. D., Wu, C. T., & Kamijo, K. (2014). Effects of the FITKids randomized controlled trial on executive control and brain function. *Pediatrics*, 134, e1063–e1071.

- Hinkle, J. S., Tuckman, B. W., & Sampson, J. P. (1993). The psychology, physiology, and creativity of middle school aerobic exercisers. *Elementary School Guidance & Counseling, 28*, 133–145.
- Hsieh, S. S., Chang, Y. K., Lin, C. C., Huang, C. J., & Hung, T. M. (2017). Effects of childhood gymnastics program on spatial working memory. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 49*, 12, 2537–2547. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001399>
- Janssen, M., Chinapaw, M. J. M., Rauh, S. P., Toussaint, H. M., van Mechelen, W., & Verhagen, E. A. L. M. (2014). A short physical activity break from cognitive tasks increases selective attention in primary school children aged 10–11. *Mental Health and Physical Activity, 7*, 129–134. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2014.07.001>
- Kadir M. R., Irfanuddin I., Fediani Y., Santoso B., & Dewi, M. R. (2018). The recommended aerobic gymnastics has better effects on improving cognitive and motoric ability in children. *Bioscientia Medicina: Journal of Biomedicine and Translational Research, 2*(3), 25–34. <https://doi.org/10.32539/bsm.v2i3.57>
- Kamijo, K., Pontifex, M. B., O’Leary, K. C., Scudder, M. R., Wu, C. T., Castelli, D. M., & Hillman, C. H. (2011). The effects of an afterschool physical activity program on working memory in preadolescent children. *Developmental Science, 14*, 1046–1058. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2011.01054.x>
- Knapp, B. H. (1963). *Skill in sport: The attainment of proficiency*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Koch, P., & Krenn, B. (2021). Executive functions in elite athletes—Comparing open-skill and closed-skill sports and considering the role of athletes’ past involvement in both sport categories. *Psychology of Sport and Exercise, 55*(2), 101925. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2021.101925>
- Koch, H. J., Kittig, G., Eisermann, B., Böhm, A., & Hartwich-Koch, R. (2015). Konzept einer zusätzlichen Sportstunde pro Woche in englischer Sprache (“moving words”) in einer Mittelschule. *MMW - Fortschritte der Medizin, 157* (4), 1–5. <https://doi.org/10.1007/s15006-015-2933-5>
- Krafft, C. E., Schwarz, N. F., Chi, L., Weinberger, A. L., Schaeffer, D. J., Pierce, J. E., Rodrigue, A. L., Yanasak, N. E., Miller, P. H., Tomporowski, P. D., Davis, C. L., & McDowell, J. E. (2014). An 8-month randomized controlled exercise trial alters brain activation during cognitive tasks in overweight children. *Obesity, 22*(1), 232–242. <https://doi.org/10.1002/oby.20518>

- Kubesch, S., Walk, L., Spitzer, M., Kammer, T., Lainburg, A., Heim, R., & Hille, K. (2009). A 30-min physical education program improves students' executive attention. *Mind, Brain and Education*, 3, 235–242. <https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2009.01076.x>
- Lambrick, D., Stoner, L., Grigg, R., & Faulkner, J. (2016). Effects of continuous and intermittent exercise on executive function in children aged 8–10 years. *Psychophysiology*, 53, 1335–1342. <https://doi.org/10.1111/psyp.12688>
- Levine, B. D., Baggish, A. L., Kovacs, R. J., Link, M. S., Maron, M. S., & Mitchell, J. H. (2015). Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: task force 1: classification of sports: dynamic, static, and impact: a scientific statement from the American Heart Association and American College of Cardiology. *Journal of the American College of Cardiology*, 66(21), 2350–55. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.09.033>
- Łangowska-Marcinowska, K. (2018). Znaczenie sportu i rekreacji w wychowaniu najmłodszych. *Contemporary Problems of Improve Living Standards in a Globalized World*, 342–350.
- Łuszczynska, A. (2011). *Psychologia sportu i Aktywności Fizycznej*. Warszawa, PWN.
- Mavilidi, M. F., Okely, A., Chandler, P., Cliff, D., & Paas, F. (2015). Effects of integrated physical exercises and gestures on preschool children's foreign language vocabulary learning. *Educational Psychology Review*, 27, 413–426. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9337-z>
- 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: red. A. Fijałkowska *Aktualna ocena poziomu aktywności fizycznej dzieci i młodzieży w wieku 3-19 lat w Polsce* (s. 39-77). Ministerstwo Sportu i Turystyki. (data pobrania: 2.05.2023)
- Mazur, J., & Małkowska-Szcutnik, A. (2018). *Zdrowie Uczniów w 2018 Roku na Tle Nowego Modelu Badań HBSC*. Instytut Matki i Dziecka.
- Mazur, J., Oblacińska, A., Nałęcz, H., Jodkowska, M., Korzycka, M., Kolipińska, E., Dzielska, A., Kleszczewska, D., Radiukiewicz, K., Bójko, M., & Ostęga, W. (2018). *Aktualna ocena poziomu aktywności fizycznej dzieci i młodzieży w wieku 3-19 lat w Polsce*. Projekt realizowany w Instytucie Matki i Dziecka w Warszawie na zlecenie Ministerstwa Sportu i Turystyki. https://www.gov.pl/documents/292437/436728/Aktualna_ocena_poziomu_aktywno%C5%9Bci_fizycznej_dzieci_i_m%C5%82odzie%C5%BCy_w_wieku_3-

- 19_lat_w_Polsce__Raport_IMD_2018v4.pdf/a65046d0-25b6-ec63-336e-61e4cf98b86f (data pobrania: 2.05.2023)
- Mitchell, J. H., Haskell, W., Snell, P., & Van Camp, S. P. (2005). Task Force 8: classification of sports. *Journal of the American College of Cardiology*, *45*, 1364–1367.
<https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.02.015>
- Morbitzer, J. (2012). O istocie medialności młodego pokolenia. *Neodidagmata*, *33/34*, 131–153.
- Mullender-Wijnsma, M. J., Hartman, E., de Greeff, J. W., Doolaard, S., Bosker, R.vJ., & Visscher, C. (2016). Physically active math and language lessons improve academic achievement: A cluster randomized controlled trial. *Pediatrics*, *137*(3), 1–9.
<https://doi.org/10.1542/peds.2015-2743>
- Obuchowska I. (2012). Dorastanie – między mocą a bezsilnością. W: red. Z. Izdebski, *Zagrożenia okresu dorastania* (s. 15–20). Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego.
- Oniszczenko, W. (1997). Polska adaptacja "Kwestionariusza Temperamentu EAS dla Dzieci" Arnolda H. Bussa i Roberta Plomina. *Psychologia Wychowawcza*, *40*(1), 51–63.
- Oniszczenko, W. (2015). *EAS - Kwestionariusz Temperamentu EAS Arnolda H. Bussa i Roberta Plomina. Wersje dla dorosłych i dzieci. adaptacja polska: podręcznik (zmodyfikowany)*. Pracownia Testów Psychologicznych Polskiego Towarzystwa Psychologicznego Sp. z o.o.
- Ossowski, R. (2020). *Psychologia rehabilitacyjna w praktyce*. Bydgoszcz: Wydawnictwo UKW.
- Paterson, D. C., Ramage, K., Moore, S. A., Riazzi, N., Tremblay, M. S., & Faulkner, G. (2021). Exploring the impact of COVID-19 on the movement behaviours of children and youth: A scoping review of evidence after the first year. *Journal of Sport and Health Science*, *10*(6), 675–689. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.07.001>
- Pilecka, W. (1995). Psychoruchowy rozwój dzieci o obniżonej sprawności umysłowej. W: red. W. i J. Pileccy, *Stymulacja psychoruchowego rozwoju dzieci o obniżonej sprawności umysłowej* (s. 9-34). Wydawnictwo Naukowe Wyższej Szkoły Pedagogicznej.
- Poulton, E. C. (1957). On prediction in skill movements. *Psychological Bulletin*, *54*, 467–478.
- Roden, I., Grube, D., Bongard, S., & Kreutz, G. (2014). Does music training enhance working memory performance? Findings from a quasi-experimental longitudinal

- study. *Psychology of Music*, 42(2), 284–298.
<https://doi.org/10.1177/0305735612471239>
- Rossi, L., Behme, N., & Breuer, C. (2021). Physical activity of children and adolescents during the COVID-19 Pandemic - A scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21), 11440.
<https://doi.org/10.3390/ijerph182111440>
- Ruíz-Roso, M. B., de Carvalho Padilha, P., Matilla-Escalante, D. C., Brun, P., Ulloa, N., Acevedo-Correa, D., Arantes Ferreira Peres, W., Martorell, M., Rangel Bousquet Carrilho, T., & de Oliveira Cardoso, L. (2020). Changes of physical activity and ultra-processed food consumption in adolescents from different countries during Covid-19 pandemic: An Observational Study. *Nutrients*, 12(8), 2289.
<https://doi.org/10.3390/nu12082289>
- Schober, P. H. (2000). Bedeutung für Prävention-Richtiger Sport für Kinder und Jugendliche. In: Muntean, V. (ed.). *Gesundheitserziehung bei Kindern und Jugendlichen* (s. 215–230). Vienna: Springer.
- Schulz, K. H., Meyer, A., & Langguth, N. (2012). Körperliche Aktivität und psychische Gesundheit [Physical activity and mental health]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundh. Gesundheitsschutz*, 55, 55–65. <https://doi.org/10.1007/s00103-011-1387-x>
- Scudder, M. R., Lambourne, K., Drollette, E. S., Herrmann, S. D., Washburn, R. A., Donnelly, J. E., & Hillman, C. H. (2014). Aerobic capacity and cognitive control in elementary school-age children. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46, 1025–1035. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000199>
- Scudder, M. R., Federmeier, K. D., Raine, L. B., Direito, A., Boyd, J. K., & Hillman, C. H. (2014). The association between aerobic fitness and language processing in children: Implications for academic achievement. *Brain Cognition*, 87, 140–152.
<https://doi.org/10.1016/j.bandc.2014.03.016>
- Stańczak, J., Cattell, R.B., Weiss, R. H., von Weiss, B.(2013). *CFT 20-R Neutralny kulturowo test inteligencji Cattella - wersja 2*. Pracownia Testów PTP.
- Stockwell, S., Trott, M., Tully, M., Shin, J., Barnett, Y., Butler, L., McDermott, D., Schuch, F., & Smith, L. (2021). Changes in physical activity and sedentary behaviours from before to during the COVID-19 pandemic lockdown: a systematic review. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 7, e000960. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2020-000960>

- Strain, T., Flaxman, S., Guthold, R., Semenova, E., Cowan, M., Riley, L. M., Bull, F. C., Stevens, G. A., & Country Data Author Group (2024). National, regional, and global trends in insufficient physical activity among adults from 2000 to 2022: a pooled analysis of 507 population-based surveys with 5·7 million participants. *Lancet Global Health*, 12(8), e1232–e1243. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(24\)00150-5](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(24)00150-5)
- Światowa Organizacja Zdrowia (2021). *Wytyczne WHO dotyczące aktywności fizycznej i siedzącego trybu życia*, <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/341120/WHO-EURO-2021-1204-40953-58211-pol.pdf?sequence=1> (data pobrania: 2.04.2023)
- Tine, M. T., & Butler, A. G. (2012); Acute aerobic exercise impacts selective attention: An exceptional boost in lower-income children. *Educational Psychology*, 32, 821–834. <https://doi.org/10.1080/01443410.2012.723612>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9316-4>
- Thompson, M., & Thompson, L. (2012). *Neurofeedback. Wprowadzenie do podstawowych koncepcji psychofizjologii stosowanej*. Biomed Neurotechnologie.
- Van der Fels, I. M. J., te Wierike, S. C. M., Hartman, E., Elferink-Gemser, M. T., Smith, J., & Visscher, C. (2015). 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. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.09.007>
- Van der Niet, A. G., Smith, J., Scherder, E. J. A., Oosterlaan, J., Hartman, E., & Visscher, C. (2015). Associations between daily physical activity and executive functioning in primary school-aged children. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 18, 673–677. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.09.006>
- Voss, M., Kramer, A., Basak, C., Prakash, R., & Roberts, B. (2010). Are expert athletes' expert in the cognitive laboratory? A meta-analytic review of cognition and sport expertise. *Applied Cognitive Psychology*, 24, 812–826. <https://doi.org/10.1002/acp.1588>
- Waleriańczyk, W., Stolarski, M. (2021). Inteligentny sport: o związkach inteligencji z aktywnością fizyczną i poziomem wykonania sportowego. W: M. Zajenkowski (red.), *Inteligencja w codziennym życiu* (s. 233–257). Wydawnictwo Liberi Libri, doi: 10.47943/lib.9788363487515.rozdzial09

- Wang, C. H., Chang, C. C., Liang, Y. M., Shih, C. M., Chiu, W. S., Tseng, P., & Juan, C. H. (2013). Open vs. closed skill sports and the modulation of inhibitory control. *PLoS One*, 8(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055773>
- Wang, Y., Nelson, L. D., LaRoche, A. A., Pfaller, A. Y., Nencka, A. S., Koch, K. M., & McCrea, M. A. (2016). Cerebral blood flow alterations in acute sport-related concussion. *Journal of Neurotrauma*, 33(13), 1227–1236. <https://doi.org/10.1089/neu.2015.4072>
- Weidlich, S., Lamberti, G., Mik, J., & Dajek E. R. (1996). *DUM Diagnozowanie uszkodzeń mózgu wg. F. Hillersa*. Warszawa: ERDA.
- Wilski, M. (2010). Dostosowana aktywność ruchowa osób głuchoniewidomych. W: A.I. Brzezińska, R. Kaczan, K. Smoczyńska (red.), *Sytuacja i możliwości pomocy dla osób z rzadkimi i sprzężonymi ograniczeniami sprawności* (s. 252–266). Wydawnictwo Naukowe Scholar.
- Zalewska, A. M., Krzywosz-Rynkiewicz, B., Clough, P. J., & Dagnall, N. (2019). Mental toughness development through adolescence: Effects of age group and community size. *Social Behavior and Personality: An International Journal*, 47(8), 1–8. <https://doi.org/10.2224/sbp.7376>
- Zembura, P., Korcz, A., Cieśla, E., Gołdys, A., Nałęcz, H. (2018). Results from Poland's 2018 report card on physical activity for children and youth. *Journal of Physical Activity and Health*, 15(2), 395–397. <https://doi.org/10.1123/jpah.2018-0540>
- Zervas, Y., Danis, A., & Klissouras, V. (1991). Influence of physical exertion on mental performance with reference to training. *Perceptual and Motor Skills*, 72, 1215–1221. <https://doi.org/10.2466/PMS.72.4.1215-1221>

Oświadczenia współautorów publikacji

Publikacja 1.: 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. doi: 10.3390/ijerph15040800

Kandydatka do stopnia doktora: Ilona Bidzan-Bluma

Jako współautorka powyższej publikacji oświadczam, iż Ilona Bidzan-Bluma wniosła indywidualny wkład w powstanie pracy wynoszący **80%** i polegający na opracowaniu koncepcji, gromadzeniu danych, opracowaniu i interpretacji danych i przygotowaniu bibliografii i ostatecznej wersji tekstu do publikacji.

Wkład współautorki publikacji:

Prof. dr hab. Małgorzata Lipowska

Instytut Psychologii, Uniwersytet Gdański

20%: supervizja koncepcji opracowania, interpretacji danych, przygotowanie ostatecznej wersji manuskryptu.

Jednocześnie wyrażam zgodę na przedłożenie w/w pracy przez Ilonę Bidzan-Bluma jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych.

Data: 28.06.2024 r.

Podpis:

Publikacja 3.: Bidzan-Bluma, I., Jochimek, M., & Lipowska, M. (2023). Cognitive Functioning of Preadolescent Gymnasts, Including Bioelectrical Brain Activity. *Perceptual and Motor Skills*, 130(2), 714–731. doi: 10.1177/00315125231156722

Kandydatka do stopnia doktora: Ilona Bidzan-Bluma

Jako współautorki powyższej publikacji oświadczamy, iż Ilona Bidzan-Bluma wniosła indywidualny wkład w powstanie pracy wynoszący **80%** i polegający na opracowaniu koncepcji badań, przeprowadzeniu badań, uczestniczeniu w analizie wyników, opracowaniu i interpretacji danych, przygotowaniu bibliografii i przygotowaniu ostatecznej wersji tekstu do publikacji

Wkład współautorek:

Współautorki przyczyniły się do opracowania koncepcji badań (ML), weryfikacji danych (MJ), superwizji projektu (ML), a także do opracowania ostatecznej wersji manuskryptu (ML, MJ). Szacowany udział każdej ze współautorek – 10 %.

Imię i nazwisko: Małgorzata Lipowska

Imię i nazwisko: Magdalena Jochimek

Tytuł: Prof. dr hab.

Tytuł: Doktor nauk o kulturze fizycznej

Instytucja: Uniwersytet Gdański

Instytucja: Uniwersytet Humanistycznospołeczny

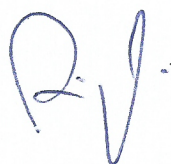
SWPS Sopot

Jednocześnie wyrażamy zgodę na przedłożenie w/w pracy przez Ilonę Bidzan-Bluma jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych.

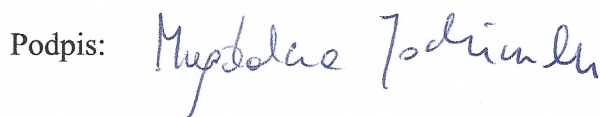
Data: 28.06.2024

Data: 28.06.2024

Podpis:



Podpis:



Publikacja 4.: Bidzan-Bluma, I., Jurek, P., & Lipowska, M. (2024). Cognitive Functions in Pre-Adolescent Children Involved in Gymnastic and Soccer. *Advances in Cognitive Psychology*, 20, 2, 149-156.

Kandydatka do stopnia doktora: Ilona Bidzan-Bluma

Jako współautorzy powyższej publikacji oświadczamy, iż Ilona Bidzan-Bluma wniosła indywidualny wkład w powstanie pracy wynoszący **70%** i polegający na opracowaniu koncepcji badań, przeprowadzeniu badań, uczestniczeniu w analizie wyników, opracowaniu i interpretacji danych, przygotowaniu bibliografii i przygotowaniu ostatecznej wersji tekstu do publikacji.

Wkład współautorów:

Współautorzy przyczynili się do opracowania koncepcji badań (ML), obliczeń statystycznych (PJ), a także do opracowania ostatecznej wersji manuskryptu (ML, PJ) oraz superwizji projektu (ML). Szacowany udział każdego ze współautorów – 15 %.

Imię i nazwisko: Małgorzata Lipowska

Imię i nazwisko: Paweł Jurek

Tytuł: Prof. dr hab.

Tytuł: dr hab.

Instytucja: Uniwersytet Gdański

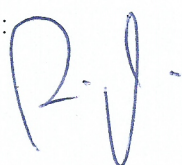
Instytucja: Uniwersytet Gdański

Jednocześnie wyrażamy zgodę na przedłożenie w/w pracy przez Ilonę Bidzan-Bluma jako część rozprawy doktorskiej w formie spójnego tematycznie zbioru artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych.

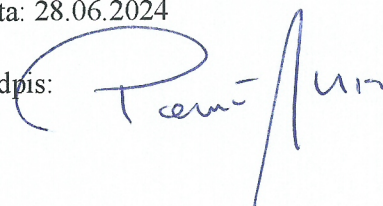
Data: 28.06.2024

Data: 28.06.2024

Podpis:



Podpis:



Załącznik

Ankieta własna

ANKIETA DLA RODZICÓW

W przypadku wypełniania ankiety na komputerze, odpowiedzi można zaznaczyć kolorem lub podkreślić.

DANE OGÓLNE DZIECKA

1. Imię i nazwisko dziecka:

2. Data urodzenia:

3. Klasa: o jakim profilu:

4. Czy pani syn/ córka choruje na jakieś choroby przewlekłe? **TAK/NIE**

Jeśli tak, na jakie i od kiedy:

.....
.....

ZAWODOWA AKTYWNOŚĆ SPORTOWA DZIECKA

1. Czy syn/córka uprawia zawodowo jakąś formę aktywności fizycznej? **TAK/NIE**

Jeśli tak to jaką/jakie:

.....

2. W jakim wieku zaczął/zaczęła uprawiać sport?

3. Ile razy w tygodniu podejmuje aktywność fizyczną (proszę o zaznaczenie kółkiem właściwej odpowiedzi) ?

1-2 3-4 5-7 razy w tygodniu

4. Jak długo trwa podejmowana jednorazowo aktywność fizyczna (proszę o zaznaczenie kółkiem właściwej odpowiedzi) ?

<30 min 30-60 min 60-120min >120min

5. Czy Państwa dziecko odniosło do tej pory jakieś sukcesy sportowe? **TAK/NIE**

Jeśli tak, proszę wymienić, jakie oraz kiedy:

.....
.....
.....
.....
.....

CZAS WOLNY

Jak często dziecko spędza (poza szkołą) czas w poniższy sposób?

Rodzaj zajęć	Liczba godz. w tygodniu	Nigdy
czytanie książek		
oglądanie telewizji/bajek		
zabawy w teatrzyk/przedstawienia		
gry na świeżym powietrzu		
zajęcia zorganizowane sportowe		
zajęcia zorganizowane niesportowe		
gry planszowe		
gry na komputerze/playstation		
spacery z rodzicami		
wycieczki rowerowe		
wspólne zakupy z rodzicami		
wyjście na plac zabaw		
gra na instrumencie (jakim:.....)		
nauka języków obcych (jakich:)		
kółko naukowe (np. matematyczne, fizyczne, języka polskiego, inne:)		
zajęcia z Odysei Umysłu (jakich:)		
inne:		
inne:		
inne:		
inne:		
inne:		

ULUBIONE PRZEDMIOTY/SUKCESY

1. Czy Państwa syn/córka odniósł/odniosła do tej pory sukcesy w szkole (np. w konkursach matematycznych, polonistycznych, fizycznych, itp.)? **TAK/NIE**

Jeśli tak, proszę wymienić, jakie:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

DANE O RODZINIE

1. Typ rodziny: pełna zrekonstruowana samotny rodzic

2. Zamieszkanie: wieś miasto: małe (do 20 tys.) średnie (20-100 tys.) duże (pow. 100 tys.)

3. Wiek rodziców: matki:lat wiek ojca:lat

4. Wykształcenie matki: podstawowe zawodowe średnie wyższe licencjackie/
inżynierskie wyższe magisterskie wyższe/ doktorat lub więcej

5. Wykształcenie ojca: podstawowe zawodowe średnie wyższe licencjackie/
inżynierskie wyższe magisterskie wyższe/ doktorat lub więcej

6. Czy dziecko posiada rodzeństwo? nie tak

Jeśli TAK, to:

siostra w wiekulat brat w wiekulat

siostra w wiekulat brat w wiekulat

siostra w wiekulat brat w wiekulat

siostra w wiekulat brat w wiekulat

Dane z okresu prenatalnego

Z której ciąży zostało urodzone dziecko? z którego porodu?

Czy ciąża przebiegała prawidłowo (bez powikłań)? nie tak

Jeśli TAK, to rodzaj powikłań (np. krwawienie, zagrożenie ciąży):

.....

Czy matka paliła papierosy w czasie ciąży? tak nie

DANE O DZIECKU

Aktualna masa ciała: Aktualny wzrost:

Stan dziecka po porodzie:

W którym tygodniu ciąży dziecko się urodziło? Masa ciała:g

Wynik skali Apgar (0-10) pkt. Wzrost: cm Obwód głowy: cm

W której dobie po urodzeniu dziecko zostało wypisane?

Czy dziecko było karmione piersią? nie tak

Jeśli TAK, jak długo? miesięcy

Jeśli NIE, to z jakiego z powodu

Wydruki publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej



Review

Physical Activity and Cognitive Functioning of Children: A Systematic Review

Ilona Bidzan-Bluma ^{1,2,*} and Małgorzata Lipowska ²

¹ Neuropsychological Diagnostic and Therapy Centre, Chmielna, 80-748 Gdansk, Poland

² Institute of Psychology, University of Gdansk, Bażyńskiego 4, 80-309 Gdansk, Poland; malgorzata.lipowska@ug.edu.pl

* Correspondence: ilonabidzanbluma@onet.pl; Tel.: +48-692-119871

Received: 19 February 2018; Accepted: 10 April 2018; Published: 19 April 2018



Abstract: Childhood is an important and sensitive period for cognitive development. There is limited published research regarding the relationship between sports and cognitive functions in children. We present studies that demonstrate the influence of physical activity on health, especially a positive correlation between sports and cognitive functions. The keywords “children, cognition, cognitive function, physical activity, and brain” were searched for using PsycInfo, Medline, and Google Scholar, with publication dates ranging from January 2000 to November 2017. Of the 617 results, 58 articles strictly connected to the main topics of physical activity and cognitive functioning were then reviewed. The areas of attention, thinking, language, learning, and memory were analyzed relative to sports and childhood. Results suggest that engaging in sports in late childhood positively influences cognitive and emotional functions. There is a paucity of publications that investigate the impact of sports on pre-adolescents’ cognitive functions, or explore which cognitive functions are developed by which sporting disciplines. Such knowledge would be useful in developing training programs for pre-adolescents, aimed at improving cognitive functions that may guide both researchers and practitioners relative to the wide range of benefits that result from physical activity.

Keywords: cognition; sport; brain; health; childhood

1. Introduction

In recent years, there has been a shift in the lifestyles of various age-groups, including children, especially in their late childhood. Unlike children a few decades ago, children today are leading increasingly sedentary lifestyles that involve time spent on computers and watching TV. This lifestyle leads them to neglect the physical activity that has been typical to this developmental period [1,2]. In times when children are less active, the significance of studies on the positive impact of sport on physical health, mental health, and cognitive functioning, is critical [3–7]. The aim of such research is to raise awareness of the gravity of the problem, as well as to create a holistic health program that promotes being physically active in different contexts, including with family and in school [8].

Limited physical activity, or often a complete lack thereof, leads to various health problems, including posture problems (such as idiopathic scoliosis), somatic conditions, being overweight and obese, problems with circulation, and even premature death [6,9–12]. There is increasing empirical evidence of a relationship between a lack of physical activity and mental health measures. For instance, research suggests that overweight adolescents who do not practice sports are more prone to risk behaviors, including suicide attempts and addiction to both alcohol and illicit drugs [13,14].

The guidelines referring to physical activity in a report from the National Association for Sport and Physical Education [2] emphasize that children should spend as much time as possible engaging in activities that require physical movement. The World Health Organization and Fonds Gesundes

Osterreich [15] further specify guidelines indicating that children should devote at least 60 min a day to physical activity (such as going to school on foot, walking up-stairs, and cycling). Moreover, children should strengthen their muscles and bones with strength training at least two to three times a week [16]. The argument has been made that children who do not do physical exercise will never fully develop their genetic potential in terms of motor skills [17].

It has been shown that engaging in sports is a protective factor against somatic illnesses and pathological behaviors [18,19]. Sport provides an equilibrium between group demands and individual demands, between aggressive behaviors and self-control. It fosters a sense of belonging to a group, and teaches coping with both victory and defeat [20]. Increased susceptibility to risk behaviors among adolescents is associated with a not-yet-mature cognitive-control system, which is responsible for impulses associated with engaging in risk behaviors [21]. Regular physical activity also leads to better circulation and oxygen supply to the brain, an increase in bone and muscle density, and greater tolerance of stress [15]. Figure 1 [22] presents the relation between policy, environment, organizational, interpersonal, and intrapersonal factors that affect the undertaking of various types of sports activities, and the physical, psychological, and social benefits brought about by doing sport.

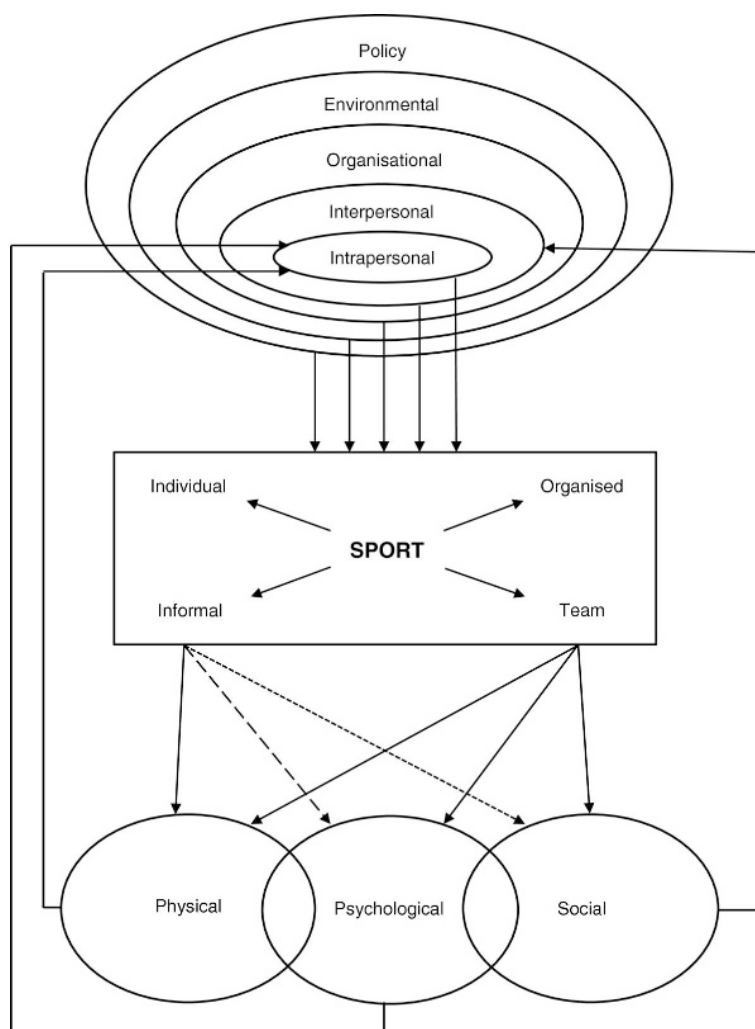


Figure 1. A conceptual model of Health through Sport. Source: Eime, et al. [22].

Although it is evident that physical activity is related to physical and mental health [23], the relation between physical activity and cognitive functioning requires further study. Cognitive functions include: memory, attention, visual-spatial, and executive functions, while complex cognitive

processes include: thinking (abstract, cause and effect, creative thinking, and planning) and language functions [24]. Despite the importance of this issue, few studies are concerned with the relationship between sports and cognitive functioning of children in late childhood [25], and research to date (unfortunately not free of errors in sampling) provides contradictory results regarding the influence of sports on cognitive functions in children. Some report that sports have a positive influence [3,26–29], particularly on executive functions, which develop intensively in this period [28,30], as well as mention the positive impact of regular and irregular exercises which lead to an increase in the level of oxyhemoglobin that facilitates the operation of executive functions for up to 30 minutes [31]. Others, however, do not confirm this positive influence of physical activity on cognitive functioning [32,33].

2. Methods

This review was conducted using Ebsco Information Services (<https://www.ebsco.com/>, EBSCO Industries, Inc.) to access two electronic databases (PsycInfo and Medline), as well as Google Scholar. The search focused on articles published from January 2000 until November 2017. Keywords applied in the search were: children, cognition, cognitive function, physical activity, and brain. A total of 617 articles met these original criteria. Articles included some systematic reviews, but were mostly original research. These articles were further assessed, and only those that emphasized the disciplines related to the research topic (psychology, sport, medicine) were included in the final sample. A total of 58 articles were then reviewed, given that many of the articles that emerged in the initial search were connected to attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) and disability, rather than physical activity and cognition. Such articles were excluded from the sample. Other publications were referenced to introduce the problem and to discuss its background in the neuropsychological context.

3. Results

The following subtopics were examined in the articles that emerged in our review: attention, thinking, language, learning, and memory. Below, we highlight some of the most important findings relative to each of the subtopics, followed by a model that outlines the influence of sport on physical, mental, and social resources.

3.1. Attention

The ability to focus attention is improved among children who participate in physical activities [34–36]. Cross-sectional studies suggest that with regards to cognitive flexibility and operational memory, the regularity and intensity of physical activity in children aged 13–14 years positively affects their ability to focus attention on a given task [37]. This effect is especially noticeable after the third hour of classroom lessons; the time at which processes related to attention and focus on a given task tend to deteriorate. Students who regularly do sports are also calmer during lessons [15]. Some researchers indicate the lack of connection between mental activity and shifting attention or flexibility of attention. They also emphasize that there is a significant deterioration of these functions among individuals who spend too much time in front of the computer screen and playing too many computer games, as defined by self-reports and objective measures [38]. They also stress that children who do some form of sport (e.g., karate) function better than those who prefer passive activity. This result is observed through better speed times and visual selective attention than in the case of children with a sedentary lifestyle [39].

Studies have also been conducted that focus on physical activity outside of class-time or school settings. These studies revealed that physical activity in non-school contexts enhances selective attention, in contrast to passive activities in non-school contexts [40]. Some studies revealed the positive impact of sport, specifically on executive functions [27,28,36], which develop intensively in the period of late childhood [4,28,39]. Research using various kinds of intervention trials confirms the beneficial influence of physical activity on attention. Even a 12 min session of aerobic exercise improved the selective attention of children [41]. Research has also demonstrated the positive impact of exercise, both regular and irregular, which leads to an increase in the level of oxyhemoglobin,

facilitating the operation of executive functions for up to 30 min [31]. At the same time, the unfavorable influence of lack of physical activity on cognitive functioning is reported. It has been found that there is a negative impact of time spent in front of the computer screen on executive functions as related to inhibition [36].

It was also found that children who engaged in physical activity demonstrated better executive functions in terms of inhibition [5,35] and better planning abilities [42] than children who did not engage in any physical activity. Studies conducted with children aged 8–9 years confirmed that sport influences changes in the right anterior prefrontal cortex, which are related to cognitive control [43]. The findings suggest, that plan-structured sport activities, for example tennis play, are associated with the development of inhibitory control. Although the development of inhibitory control and cognitive flexibility is slower in males than in females, the association between tennis play and inhibitory control and cognitive flexibility appears to be larger in males [44]. Additionally, playing football has a positive influence on executive functioning, including attention, in children [45]. In the case of attention, correlational and associational studies showed much weaker effects than studies which included interventions.

3.2. Thinking

“Thinking” is operationalized in this context as abstract thinking, conceptualizing cause-and-effect, creative thinking, and planning. Few studies have investigated the relation between physical activity and thinking. Children who participate in organized sport activities have been found to demonstrate a lower level of creativity as adults when compared to individuals participating in non-organized sport activities [46].

Apart from cross-sectional studies, a small number of studies with interventions were also conducted. Planning processes in children who attended a Football Exercise Program for at least six months were more developed in comparison to a control group of sedentary peers [45]. As in the case of attention, correlational and associational studies on thinking also showed much weaker effects than studies which included interventions.

3.3. Language

As in the case of attention and thinking, some of the previous research on the relationship between and influence of physical activity on speech was of a cross-sectional character and some involved an intervention. The results, independently of whether they show a relationship or an influence, indicate the positive role of physical activity in the development of speech.

Longitudinal research by Trudeau and Shephard [47] found a positive correlation between the number of hours devoted to sport and school grades. Children who devoted more time to sports were found to have significantly better grades [48]. Research by Carlson et al. [49] showed that girls who engage in sport for at least one hour per week had significantly better results in math and reading than girls who did not do at least one hour of sport. This relationship was not found to hold for boys in this study.

In studies involving interventions, a positive correlation has been demonstrated among German-speaking students when English lessons and sports activities were combined. This method of teaching improved the students’ English language grades [50]. Other studies highlight the positive impact of physical activity on the development of a broader lexical network and the comprehension of the meaning of words, as well as a greater ability to detect syntactic errors [34,35], and spelling performance [51]. In addition, sport was found to positively affect language understanding among primary school students [52].

Some authors report an association between physical activity and better grades at school [32,53]. Achieving better learning results is closely related to better executive functioning. Executive functions are of great importance for success in school and for the emotional development of children and adolescents [54]. They can be improved through both physical and cognitive training [54], such as

computer training, games, or aerobics. According to some authors [55,56], aerobic activities have the most significant influence on executive functions, which control other cognitive functions [57–59]. Martial arts, yoga, and mindfulness training also stimulate the development of executive functions [60]. A training program can be called effective if it gradually increases the level of difficulty, leading to a satisfactory final effect [60]. Moreover, in order to achieve success in this area, one should develop the following aspects of executive functions: creativity, flexibility, self-control, and discipline.

As in the case of attention and thinking, correlational and associational studies on language and cognitive function also showed much weaker effects than studies which included interventions.

Changes in brain activity patterns associated with physical activity have also been observed in children [53]. Neuroimaging studies have revealed that 12-year-olds who were members of a dance group had higher somatosensory cortex activity [61]. However, in a study by Bunketorp Käll et al. [62] which was concerned with the hippocampal structures, no significant differences were observed. Some studies even indicate that physical activity before completing a task requiring decision making impacts more positively on its completion than passive activities (such as watching TV) before the task [25].

3.4. Learning and Memory

A decided majority of studies in this domain were based on different types of intervention trials. Previous research suggests that, overall, children who are more fit were found to have greater basal ganglia and hippocampus capacities [63]. These areas are associated with cognitive control and memory [43,63]. Among children aged 3–5 years, increased physical activity was found to improve their cognitive functions, especially in the area of working memory [64]. A similar improvement was observed in children who trained in karate [39]. A positive correlation was found between physical activity and better working memory among children aged 8–12 years [4,36,65,66]. Studies conducted by Kubesch et al. [37] demonstrated that the intensity of physical activity in children aged 12–14 years positively affected cognitive flexibility and operational memory. Similar results from Ishihara et al. [44] and Alesi et al. [45] found that tennis and football are associated with the development of working memory. In addition, physical activity is said to have a positive impact on visuospatial (V-S) memory [40,45]. Classroom-based physical activity (a 10-min bout of aerobic physical activity integrated with math practice) improved both physical activity levels and academic achievement. Results showed that among overweight children, physical activity improved performance in the Standard Flanker test by preventing the decline associated with seated practice [67]. Some results [68] suggest that game-based tennis lessons have beneficial effects on inhibitory control and physical fitness levels, and a longer duration of coordination training is associated with better working memory.

Research done by Mavilidi et al. [69] and Toumpaniari et al. [70] indicated that integrated physical exercises and gestures in preschool children achieved the best foreign language vocabulary learning outcomes.

3.5. Model

Taking the aforementioned results into consideration, most studies in this review indicate that physical activity is important for their physical resources (e.g., physical fitness, motor skills) of children in late childhood, for their mental resources (including cognitive functioning and executive functions, which are of special interest to us: motivation, ability to set goals, self-control, and emotional functioning), and for their social resources (e.g., social support, fostering positive values, and etiquette). These results are relevant independent of whether the physical activity is unorganized free play or organized activity, such as for a sports club and school activities. The following model, demonstrated in Figure 2, was developed to outline the influence of sports on physical, mental, and social resources.

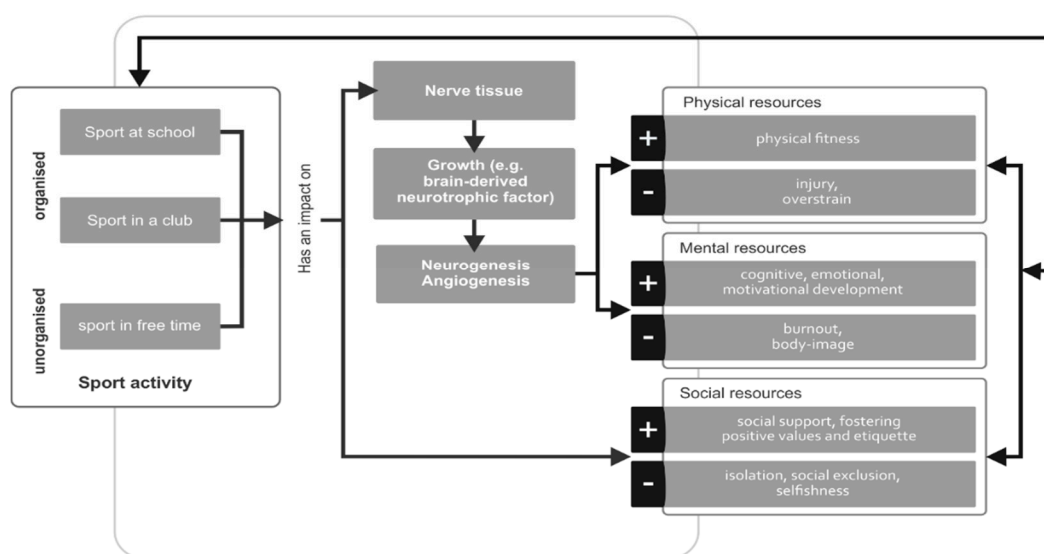
A model of the influence of sports on physical, mental and social resources.

Figure 2. A model of the influence of sport on physical, mental, and social resources. The model was developed by the authors based on: McMorris, et al. [49], Diehl, et al. [71].

4. Discussion

Key findings of most studies included in this review indicate that children’s engagement in physical activity may be associated with changes to certain brain structures, leading to an improvement in memory function (working memory in particular), as well as cognitive control. Independent of the children’s age category (early, mid, or late childhood), increased physical activity has been shown to improve cognitive function, especially in regard to working memory, V-S memory, and cognitive flexibility [36,37,39,65,66]. Moreover, research suggests that physical activity positively influences verbal functions, which facilitates the learning of words in a new language, leading to richer networks of words and their meanings, and also improves spelling performance, language understanding, and the detection of syntactic errors.

4.1. Late Childhood Period and Brain Development

The basic development of motor, cognitive, and social skills, which are crucial in further development, is already taking place in early and mid-childhood [72]. As such, studies that concern children in late childhood, whose executive functions are largely developed, are of special importance. The most intensive development of all components of executive functions, especially cognitive flexibility, happens at school age, usually between 7 and 12 years of age. Cognitive flexibility requires simultaneous inhibition of a dominant reaction, along with the remembering and activation of a new one, i.e.:

1. the efficient functioning of working memory, responsible for temporary storage of information to be processed, which contributes to the formation of complex cognitive functions, such as speech and operations on symbols; working memory assists in memorizing instructions and stages of plans of actions, as well as comparing alternatives; and
2. the efficient functioning of inhibition control, i.e., the ability to refrain from impulsive behavior, keep one’s attention focused, and pursue goals despite distractions, which also conditions stability and selectiveness of attention [73].

Late childhood (pre-adolescence) occurs at the age of 10–12 years. During this period, children undergo a number of biological, mental, and social changes [74–76]. The greatest development of

frontal and temporal lobe gyri tends to occur before the age of 12 years [77]. The brain matures and develops very rapidly at this time, which in turn makes it particularly prone to environmental influences (both positive and negative). Recent research indicates that the increase of cognitive abilities of children and adolescents co-occurs with a decrease of grey matter density, which is caused by the loss of some synapses and the simultaneous strengthening of others [78]. Grey matter density peaks, and then decreases, approximately half way through the 11th year of age in girls (still in late-childhood), and approximately the 14th year of age in boys (already in adolescence) [78]. At the same time, white matter content in the brain increases, which is associated with cell myelination processes and increasing the efficiency of impulse conduction. This intense development and brain maturation also translates to limbic system functioning, which, in this period, is particularly sensitive to information from the environment [78]. It is worth noting that this is a period in which brain plasticity increases, which on one hand can help in seeking solutions to new challenges, but on the other, it is responsible for helplessness because it may underlie the sensitivity to all kinds of stress and toxic substances in the environment [79–81].

The synapses in the frontal cortex also become less dense in childhood. Moreover, there are changes in the electric activity of the brain, and an increase in the frequencies of fast brainwaves—around the age of 8–10 years, 6–9 Hz waves increase to 8–11 Hz [82]. Adaptation to changes in both the internal and the external environment is an ability that is possible due to the brain's neuronal plasticity [78,83]. The brain's plasticity allows an individual to acquire new skills and competences [78,83,84]. Researchers tend to agree that the highest plasticity of the brain occurs in childhood, and subsequently gradually decreases [84]. Brain development in pre-adolescence is 90% genetically determined. Gender differences between boys and girls have been reported with regards to the volumes of structures, such as the hippocampus or subcortical structures of white matter (e.g., corpus callosum), which are bigger in girls [78]. Functional activity studies show higher activity in the dorsolateral areas of the prefrontal cortex than among adults [83]. Pre-adolescence is associated with changes in brain structures and functioning in terms of executive functions, as well as rational memory [84,85]. Moreover, in late childhood, the level of hypothetical-deductive (formal) thinking increases, which allows for logical thinking and the forming of judgments [78,85].

4.2. Physical Activity in Childhood and Cognitive Functioning

In childhood, especially in late childhood, participation in physical activity is particularly important. A lack of physical activity in childhood can lead to limited perception and developmental disorders [86]. In addition, the period of late childhood is the time when motor skills develop the most dynamically [17], as well as cognitive functions, especially executive ones, which mature around the age of 12 years [87]. Executive functions allow one to engage in a situation through planning a given action, as well as to inhibit or postpone a given reaction [88,89]. Their efficient operation is associated with neuronal activity in the frontal lobes, especially in the dorsolateral prefrontal cortex, anterior cingulate cortex, parietal cortex, and subcortical structures, such as the thalamus, caudate nucleus, putamen, and cerebellum [88,89].

Physical exercise increases circulation, which leads to better oxygen supply to the brain, as well as providing the brain with nutrients [90–92]. Engaging in sports has a positive influence on all systems: the motor, cardiovascular, respiratory, hormonal, immunologic, and nervous systems. Thus, it stimulates the maturation of the motor areas in the brain, which in turn influences the motoric development and increases the speed of the conductance of nervous impulses [30,45,91–94]. Physical activity also stimulates the increase of neurohormonal secretion (substances produced by hypothalamic neurons and transported by blood or cerebrospinal fluid), having a significant impact on the excitability of neurons forming synapses [90]. School-age children who devote at least an hour each day to intensive physical activity show much better cognitive functioning, and researchers emphasize that, despite these unquestionable benefits, only about a third of children regularly engage in sports [95,96].

4.3. Limitations

The limitations of this review include the few available studies dedicated to the topic of interest, the small groups of participants taking part in these studies, a lack of cultural balance in these groups, and differences in methods, as well as the quality of reporting in the referenced studies. The number of high quality studies was relatively small. In these publications, results were reported in different formats (for example, raw scores, subscales, total scores). Several papers were identified and referenced as background literature; however, the majority of these studies duplicated work in the primary references and no additional studies were identified for potential inclusion in this review. Publications usually reported on only one component of cognitive functioning—e.g., only executive functions, attention, or memory. Indeed, there was a lack of comprehensive reports. Additionally, while some studies included information about the participants' cognitive skills, many did not. Furthermore, there were no studies comparing children in different age groups. All publications referred only to early, mid, or late childhood. Finally, no studies explored how different types of physical activity or sports may differently influence children's cognitive functioning.

Some of the conducted studies are of a cross-sectional character [34,35,38,39,42,44,46,52,61,63,68] and some include interventions of various kinds [4,5,15,16,31,32,37,40,41,43,45,50,51,57,60,62,64–67,69,70]. While this does not influence the direction of the results, it does impact things such as the effect size or the correlation coefficients. Notably, almost all studies indicate that the interventions (of various kinds, e.g., a short physical activity break, aerobic exercise, or afterschool physical activity program) are effective (with the exception of two studies, which do not confirm this positive influence of physical activity on cognitive functioning [31,32]), which is implied by the fact that the relationship between the physical activity and cognitive functioning (independently of its dimension) is stronger, and the effect size is larger. Both in cases of attention and thinking, as well as language, correlation/association with cognitive functioning were much weaker than the effect of interventions.

Due to the fact that too few studies use any particular type of intervention, it was impossible to make detailed comparisons between different types of interventions. Additionally, some researchers concentrated only on one domain of cognitive functioning, and others on a few selected ones or on all of them.

4.4. Implications for Research and Practice

Taking into account the limitations of the research to date, it would be worthwhile to conduct longitudinal studies of various, well-differentiated age groups (pre-school: 2/3–5/6 years, early school age: 8/9–11/12 years, early puberty: 11/12–14/14 years, and late puberty: 14/15–19/20 years). Furthermore, late childhood and adolescence constitute a sensitive period for cognitive development. As such, research should take care to appropriately distinguish various periods of adolescence, specifically late childhood, pre-adolescence, early adolescence, and adolescence. Well-organized measures are extremely helpful. Future research should also pay attention to the types of physical activity one engages in, and how different activities may differently influence cognitive functioning. Research should compare physically active groups with cognitively active groups—e.g., those engaging in various types of physical activity, and those playing musical instruments; not just those who are physically active compared to those with a sedentary lifestyle. Moreover, an optimal approach would be to take into account all cognitive functions in one study, instead of selecting only one, or a limited number.

Due to the small number of studies solely concerned with the influence of physical activity on the development of cognitive functions, it would be worthwhile to also undertake research focusing on how factors unique to sports influence the development of a child's cognitive functions.

5. Conclusions

The literature indicates that efficient cognitive functioning in pre-adolescents requires not only an adequate intelligence quotient (IQ), but also high levels of executive function development (such as motivation, the ability to set goals, and self-control), which is fostered by engaging in sport. Of course, other activities undertaken by children, such as playing a musical instrument [45,97], are also associated with cognitive functioning, but physical activity, as the most natural for children of that age, is most desirable.

Results suggest that it is worthwhile to engage in sports in late childhood because it positively influences cognitive and emotional functions. Yet few studies have investigated the impact of sports on pre-adolescents' cognitive functions or explored which cognitive functions are developed by which sporting disciplines. Such knowledge could be useful in developing training programs for preadolescents, aimed at improving cognitive functions important for a given sporting discipline.

Acknowledgments: The Faculty of Social Science of University of Gdansk covered the costs of publishing in open access.

Author Contributions: Ilona Bidzan-Bluma and Małgorzata Lipowska prepared the manuscript.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

- Graf, C.; Koch, B.; Klippel, S.; Buttner, S.; Coburger, S.; Christ, H.; Lehmacher, W.; Bjarnason-Wehrens, B.; Platen, P.; Hollmann, W.; et al. Zusammenhänge zwischen körperlicher Aktivität und Konzentration im Kindesalter—Eingangsergebnisse des CHILT—Projektes. [Relationship between physical activity and concentration in childhood—Initial results of the CHILT project]. *Dtsch. Z. Sportmed.* **2003**, *54*, 242–246.
- Graf, C. Aktiv in jedem Alter—Sport und Ernährung in den verschiedenen Lebensphasen: Kinder [Active at any age—Sports and nutrition in various stages of life: Children]. *Aktuel Ernährungsmed* **2016**, *41*, 32–34.
- Cox, E.P.; O'Dwyer, N.; Cook, R.; Vetter, M.; Cheng, H.L.; Rooney, K.; O'Connor, H. Relationship between physical activity and cognitive function in apparently healthy young to middle-aged adults: A systematic review. *J. Sci. Med. Sport* **2016**, *19*, 616–628. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- De Greeff, J.W.; Bosker, R.J.; Oosterlaan, J.; Visscher, C.; Hartman, E. Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: A meta-analysis. *J. Sci. Med. Sport* **2018**, *21*, 501–507. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Hillman, C.H.; Pontifex, M.B.; Castelli, D.M.; Khan, N.A.; Raine, L.B.; Scudder, M.R.; Drollette, E.S.; Moore, R.D.; Wu, C.T.; Kamijo, K. Effects of the FITKids randomized controlled trial on executive control and brain function. *Pediatrics* **2014**, *134*, e1063–e1071. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Hillman, C.H.; Schott, N. Der zusammenhang von fitness, kognitiver leistungsfähigkeit und gehirnzustand im schulkindalter. Konsequenzen für die schulische leistungsfähigkeit [Fitness and cognitive performance in childhood]. *Z. Sportpsychol.* **2015**, *20*, 33–41. [[CrossRef](#)]
- Okely, T.; Howard, S.; Cliff, D.; Reilly, J.; Jones, R.; Janssen, X. Relationships between standing and stepping time and executive functions in children aged 3–5 years. *J. Sci. Med. Sport* **2014**, *18*, e39. [[CrossRef](#)]
- Buschmann, C. *Einfluss von Zusätzlichen Bewegungsprogrammen auf die Motorische und Kognitive Leistungsfähigkeit bei Grundschulkindern. Projekt "Klasse in Sport—Initiative für Täglichen Schulsport"*; Staats- und Universitätsbibliothek Hamburg: Hamburg, Germany, 2014; p. 201S.
- Hillman, C.H.; Erickson, K.I.; Kramer, A.F. Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition. *Nat. Rev. Neurosci.* **2008**, *9*, 58–65. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Kohl, H.W.; Craig, C.L.; Lambert, E.V.; Inoue, S.; Alkandari, J.R.; Leetongin, G.; Kahlmeier, S. The pandemic of physical inactivity: Global action for public health. *Lancet* **2012**, *380*, 294–305. [[CrossRef](#)]
- Lipowski, M.; Buliński, L.; Krawczyński, M. Physical activities among other types of health-related behaviour in people losing weight. *Med. Sci. Monit.* **2009**, *15*, CR423–CR428. [[PubMed](#)]
- Lipowski, M.; Zaleski, Z. Inventory of Physical Activity Objectives—A new method of measuring motives for physical activity and sport. *Health Psychol. Rep.* **2015**, *3*, 47–58. [[CrossRef](#)]
- Kubesch, S. Sportunterricht: Training für Körper und Geist. *Nervenheilkunde* **2002**, *21*, 481.

14. Lipowski, M.; Lipowska, M.; Jochimek, M.; Krokosz, D. Resiliency as a factor protecting youths from risky behaviour: Moderating effects of gender and sport. *Eur. J. Sport Sci.* **2016**, *16*, 246–255. [[CrossRef](#)]
15. Frischenschlager, E.; Gosch, J. Active Learning—Leichter lernen durch Bewegung. [Active Learning—Easier learning through physical activity]. *Erzieh. Unterr.* **2012**, *162*, 131–137.
16. Bullock, S.H.; Jones, B.H.; Gilchrist, J.; Marshall, S.W. Prevention of physical training-related injuries recommendations for the military and other active populations based on expedited systematic reviews. *Am. J. Prev. Med.* **2010**, *38*, S156–S181. [[CrossRef](#)]
17. Myer, G.D.; Faigenbaum, A.D.; Edwards, N.M.; Clark, J.F.; Best, T.M.; Sallis, R.E. Sixty minutes of what? A developing brain perspective for activating children with an integrative exercise approach. *Br. J. Sports Med.* **2015**, *49*, 1510–1516. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
18. Bobrowski, K. Czas wolny a zachowania ryzykowne młodzieży [Free time and risk behaviours in adolescents]. *Alkohol. Narkom.* **2007**, *20*, 267–287.
19. Ostaszewski, K.; Rustecka-Krawczyk, A.; Wójcik, M. *Czynniki Ochronne i Czynniki Ryzyka Związane z Zachowaniami Problemowymi Warszawskich Gimnazjalistów [Protective and Risk Factors Associated with Problem Behaviours in Warsaw Middle School Students]*; Instytut Psychiatrii i Neurologii: Warsaw, Poland, 2009.
20. Spence, D. A sporting chance. *BMJ* **2006**, *332*, 675. [[CrossRef](#)]
21. Steinberg, L. Risk Taking in Adolescence: New Perspectives from Brain and Behavioral Science. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* **2007**, *16*, 55–59. [[CrossRef](#)]
22. Eime, R.M.; Young, J.A.; Harvey, J.T.; Charity, M.J.; Payne, W.R. A systematic review of the psychological and social benefits of participation in sport for children and adolescents: Informing development of a conceptual model of health through sport. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2013**, *10*, 98. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
23. Fedewa, A.; Cornelius, C.; Ahn, S. The use of bicycle workstations to increase physical activity in secondary classrooms. *Health Psychol. Rep.* **2018**, *6*, 60–74. [[CrossRef](#)]
24. Evans, J.J. Basic concepts and principles of neuropsychological assessment. In *Handbook of Clinical Neuropsychology*; Halligan, P.W., Kischka, U., Marshall, J.C., Eds.; University Press: Oxford, UK, 2003; pp. 15–26.
25. Ellemberg, D.; St-Louis-Deschênes, M. The effect of acute physical exercise on cognitive function during development. *Psychol. Sport Exerc.* **2010**, *11*, 122–126. [[CrossRef](#)]
26. Carson, V.; Hunter, S.; Kuzik, N.; Wiebe, S.A.; Spence, J.C.; Friedman, A.; Tremblay, M.S.; Slater, L.; Hinkley, T. Systematic review of physical activity and cognitive development in early childhood. *J. Sci. Med. Sport* **2016**, *19*, 573–578. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. Hinkle, J.S.; Tuckman, B.W.; Sampson, J.P. The psychology, physiology, and creativity of middle school aerobic exercisers. *Elem. Sch. Guidance Couns.* **1993**, *28*, 133–145.
28. Schulz, K.H.; Meyer, A.; Langguth, N. Körperliche Aktivität und psychische Gesundheit [Physical activity and mental health]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundh. Gesundheitsschutz* **2012**, *55*, 55–65. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
29. Tuckman, B.W.; Hinkle, J.S. An experimental study of the physical and psychological effects of aerobic exercise on schoolchildren. *Health Psychol.* **1986**, *5*, 197–207. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
30. Van der Fels, I.M.J.; Te Wierike, S.C.M.; Hartman, E.; Elferink-Gemser, M.T.; Smith, J.; Visscher, C. The relationship between motor skills and cognitive skills in 4–16 year old typically developing children: A systematic review. *J. Sci. Med. Sport* **2015**, *18*, 697–703. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
31. Lambrick, D.; Stoner, L.; Grigg, R.; Faulkner, J. Effects of continuous and intermittent exercise on executive function in children aged 8–10 years. *Psychophysiology* **2016**, *53*, 1335–1342. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
32. Ahamed, Y.; Macdonald, H.; Reed, K.; Naylor, P.J.; Liu-Ambrose, T.; McKay, H. School-Based Physical Activity Does Not Compromise Children’s Academic Performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2007**, *39*, 371–376. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
33. Zervas, Y.; Danis, A.; Klissouras, V. Influence of physical exertion on mental performance with reference to training. *Percept. Mot. Skills* **1991**, *72*, 1215–1221. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
34. Scudder, M.R.; Lambourne, K.; Drollette, E.S.; Herrmann, S.D.; Washburn, R.A.; Donnelly, J.E.; Hillman, C.H. Aerobic capacity and cognitive control in elementary school-age children. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2014**, *46*, 1025–1035. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
35. Scudder, M.R.; Federmeier, K.D.; Raine, L.B.; Direito, A.; Boyd, J.K.; Hillman, C.H. The association between aerobic fitness and language processing in children: Implications for academic achievement. *Brain Cognit.* **2014**, *87*, 140–152. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

36. Verburgh, L.; Scherder, E.J.A.; van Lange, P.A.M.; Oosterlaan, J. The key to success in elite athletes? Explicit and implicit motor learning in youth elite and non-elite soccer players. *J. Sports Sci.* **2016**, *34*, 1782–1790. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
37. Kubesch, S.; Walk, L.; Spitzer, M.; Kammer, T.; Lainburg, A.; Heim, R.; Hille, K. A 30-min physical education program improves students' executive attention. *Mind Brain Educ.* **2009**, *3*, 235–242. [[CrossRef](#)]
38. Syväoja, H.J.; Tammelin, T.H.; Ahonen, T.; Kankaanpää, A.; Kantomaa, M.T. The associations of objectively measured physical activity and sedentary time with cognitive functions in school-aged children. *PLoS ONE* **2014**, *9*, e103559. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
39. Alesi, M.; Bianco, A.; Padulo, J.; Vella, F.P.; Petrucci, M.; Paoli, A.; Palma, A.; Pepi, A. Motor and cognitive development: The role of karate. *Muscles Ligaments Tendons J.* **2014**, *4*, 114–120. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
40. Janssen, M.; Chinapaw, M.J.M.; Rauh, S.P.; Toussaint, H.M.; van Mechelen, W.; Verhagen, E.A.L.M. A short physical activity break from cognitive tasks increases selective attention in primary school children aged 10–11. *Ment. Health Phys. Act.* **2014**, *7*, 129–134. [[CrossRef](#)]
41. Tine, M.T.; Butler, A.G. Acute aerobic exercise impacts selective attention: An exceptional boost in lower-income children. *Educ. Psychol.* **2012**, *32*, 821–834. [[CrossRef](#)]
42. Van der Niet, A.G.; Smith, J.; Scherder, E.J.A.; Oosterlaan, J.; Hartman, E.; Visscher, C. Associations between daily physical activity and executive functioning in primary school-aged children. *J. Sci. Med. Sport* **2015**, *18*, 673–677. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
43. Chaddock-Heyman, L.; Erickson, K.I.; Voss, M.W.; Knecht, A.M.; Pontifex, M.B.; Castelli, D.M.; Hillman, C.H.; Kramer, A.F. The effects of physical activity on functional MRI activation associated with cognitive control in children: A randomized controlled intervention. *Front. Hum. Neurosci.* **2013**, *7*, 72. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
44. Ishihara, T.; Sugasawa, S.; Matsuda, Y.; Mizuno, M. Relationship of tennis play to executive function in children and adolescents. *Eur. J. Sport Sci.* **2017**, *17*, 1074–1083. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
45. Alesi, M.; Bianco, A.; Luppina, G.; Palma, A.; Pepi, A. Improving children's coordinative skills and executive functions: The effects of a Football Exercise Program. *Percept. Mot. Skills* **2016**, *122*, 27–46. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
46. Bowers, M.T.; Green, B.C.; Hemme, F.; Chalip, L. Assessing the Relationship between Youth Sport Participation Settings and Creativity in Adulthood. *Creat. Res. J.* **2014**, *26*, 314–327. [[CrossRef](#)]
47. Trudeau, F.; Shephard, R.J. Physical education, school physical activity, school sports and academic performance. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2008**, *5*, 10. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
48. Łuszczynska, A. *Psychologia sportu i Aktywności Fizycznej [Psychology of Sports and Physical Activity]*, 1st ed.; PWN: Warsaw, Poland, 2011.
49. McMorris, T.; Tomporowski, P.; Audiffren, M. *Exercise and Cognitive Function*, 1th ed.; Wiley Blackwell: Oxford, UK, 2009.
50. Koch, H.J.; Kittig, G.; Eisermann, B.; Böhm, A.; Hartwich-Koch, R. Konzept einer zusätzlichen Sportstunde pro Woche in englischer Sprache ("moving words") in einer Mittelschule. *MMW—Fortschr. Med.* **2015**, *157*, 1–5. [[CrossRef](#)]
51. Mullender-Wijnsma, M.J.; Hartman, E.; de Greeff, J.W.; Doolaard, S.; Bosker, R.J.; Visscher, C. Physically active math and language lessons improve academic achievement: A cluster randomized controlled trial. *Pediatrics* **2016**, *137*, 1–9. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
52. Abdelkarim, O.; Ammar, A.; Chtourou, H.; Wagner, M.; Knisel, E.; Hökelmann, A.; Bös, K. Relationship between motor and cognitive learning abilities among primary school-aged children. *Alexandria J. Med.* **2017**, *53*, 325–331. [[CrossRef](#)]
53. Chomitz, V.R.; Slining, M.M.; McGowan, R.J.; Mitchell, S.E.; Dawson, G.F.; Hacker, K.A. Is there a relationship between physical fitness and academic achievement? Positive results from public school children in the northeastern United States. *J. Sch. Health* **2009**, *79*, 30–37. [[CrossRef](#)]
54. Kubesch, S.; Walk, L. Körperliches und kognitives Training exekutiver Funktionen in Kindergarten und Schule [Physical and Cognitive Training of Executive Functions in Kindergarten and School]. *Sportwissenschaft* **2009**, *39*, 309. [[CrossRef](#)]
55. Colcombe, S.; Kramer, A.F. Fitness effects on the cognitive function of older adults: A meta-analytic study. *Psychol. Sci.* **2003**, *14*, 125–130. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
56. Erickson, K.I.; Kramer, A.F. Aerobic exercise effects on cognitive and neural plasticity in older adults. *Br. J. Sports Med.* **2009**, *43*, 22–24. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

57. Davis, C.L.; Tomporowski, P.D.; McDowell, J.E.; Austin, B.P.; Miller, P.H.; Yanasak, N.E.; Allison, J.D.; Naglieri, J.A. Exercise improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children: A randomized, controlled trial. *Health Psychol.* **2011**, *30*, 91–98. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
58. Hogan, M.J.; O'Hora, D.; Kiefer, M.; Kubesch, S.; Kilmartin, L.; Collins, P.; Dimitrova, J. The effects of cardiorespiratory fitness and acute aerobic exercise on executive functioning and EEG entropy in adolescents. *Front. Hum. Neurosci.* **2015**, *9*, 538. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
59. Lezak, M.; Howieson, M.; Loring, D. *Neuropsychological Assessment*, 4th ed.; Oxford University Press: New York, NY, USA, 2004.
60. Diamond, A.; Lee, K. Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science* **2011**, *333*, 959–964. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
61. Kim, Y.J.; Cha, E.J.; Kang, K.D.; Kim, B.-N.; Han, D.H. The effects of sport dance on brain connectivity and body intelligence. *J. Cognit. Psychol.* **2016**, *28*, 611–617. [[CrossRef](#)]
62. Bunketorp Käll, L.; Malmgren, H.; Olsson, E.; Lindén, T.; Nilsson, M. Effects of a Curricular Physical Activity Intervention on Children's School Performance, Wellness, and Brain Development. *J. Sch. Health* **2015**, *85*, 704–713. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
63. Chaddock-Heyman, L.; Hillman, C.H.; Cohen, N.J.; Kramer, A.F., III. The importance of physical activity and aerobic fitness for cognitive control and memory in children. *Monogr. Soc. Res. Child Dev.* **2014**, *79*, 25–50. [[CrossRef](#)]
64. Roberts, G.; Quach, J.; Spencer-Smith, M.; Anderson, P.J.; Gathercole, S.; Gold, L.; Sia, K.L.; Mensah, F.; Rickards, F.; Ainley, J.; et al. Academic Outcomes 2 Years After Working Memory Training for Children With Low Working Memory: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Pediatr.* **2016**, *170*, e154568. [[CrossRef](#)]
65. Chen, A.G.; Yan, J.; Yin, H.C.; Pan, C.Y.; Chang, Y.K. Effects of acute aerobic exercise on multiple aspects of executive function in preadolescent children. *Psychol. Sport Exerc.* **2014**, *15*, 627–636. [[CrossRef](#)]
66. Kamijo, K.; Pontifex, M.B.; O'Leary, K.C.; Scudder, M.R.; Wu, C.T.; Castelli, D.M.; Hillman, C.H. The effects of an afterschool physical activity program on working memory in preadolescent children. *Dev. Sci.* **2011**, *14*, 1046–1058. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
67. Vazou, S.; Smiley-Oyen, A. Moving and academic learning are not antagonists: Acute effects on executive function and enjoyment. *J. Sport Exerc. Psychol.* **2014**, *36*, 474–485. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
68. Ishihara, T.; Sugawara, S.; Matsuda, Y.; Mizuno, M. Improved executive functions in 6-12-year-old children following cognitively engaging tennis lessons. *J. Sports Sci.* **2017**, *35*, 2014–2020. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
69. Mavilidi, M.F.; Okely, A.; Chandler, P.; Cliff, D.; Paas, F. Effects of Integrated Physical Exercises and Gestures on Preschool Children's Foreign Language Vocabulary Learning. *Educ. Psychol. Rev.* **2015**, *27*, 413–426. [[CrossRef](#)]
70. Toumpaniari, K.; Loyens, S.; Mavilidi, M.F.; Paas, F. Preschool Children's Foreign Language Vocabulary Learning by Embodying Words through Physical Activity and Gesturing. *Educ. Psychol. Rev.* **2015**, *27*, 445–456. [[CrossRef](#)]
71. Diehl, K.; De Bock, F.; Schneider, S. Bedeutung der sportlichen Aktivität für Kinder und Jugendliche aus soziologischer und pädagogischer Perspektive. In *Aktiv und Gesund? Interdisziplinäre Perspektiven auf den Zusammenhang zwischen Sport und Gesundheit*; Becker, S., Ed.; Springer Fachmedien Wiesbaden: Wiesbaden, Germany, 2014; pp. 311–329.
72. Frey, A.; Mengelkamp, C. Auswirkungen von Sport und Bewegung auf die Entwicklung von Kindergartenkindern [Impact of sport and exercise on the development of preschool children]. *Bildungsforschung* **2007**, *4*, 1–19.
73. Brzezińska, A.I.; Nowotnik, A. Funkcje wykonawcze a funkcjonowanie dziecka w środowisku przedszkolnym i szkolnym. [Executive functions and children's' functioning in preschool and school environments]. *Edukacja* **2012**, *117*, 61–74.
74. Brzezińska, A.I. Jak myślimy o rozwoju człowieka? [What do we think about human development?]. In *Psychologiczne Portrety Człowieka [Psychological Portraits of Humanity]*, 1th ed.; Brzezińska, A.I., Ed.; Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne: Gdańsk, Poland, 2005; pp. 5–20.
75. Spear, L.P. The adolescent brain and age-related behavioral manifestations. *Neurosci. Biobehav. Rev.* **2000**, *24*, 417–463. [[CrossRef](#)]
76. Wenar, C.; Kerig, P. *Developmental Psychopathology: From Infancy through Adolescence*, 4th ed.; McGraw-Hill: New York, NY, USA, 2000.

77. Giedd, J.N.; Blumenthal, J.; Jeffries, N.O.; Castellanos, F.X.; Liu, H.; Zijdenbos, A.; Paus, T.; Evans, A.C.; Rapoport, J.L. Brain development during childhood and adolescence: A longitudinal MRI study. *Nat. Neurosci.* **1999**, *2*, 861–863. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
78. Rostowski, J. *Rozwój Mózgu Człowieka w Cyklu życia. Aspekty Bioneuropsychologiczne [Development of the Human Brain in the Life Cycle. Bioneuropsychological Aspects]*, 1th ed.; Difin: Warsaw, Poland, 2012.
79. Dahl, R.E. Adolescent brain development: A period of vulnerabilities and opportunities. Keynote address. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **2004**, *1021*, 1–22. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
80. Giorgio, A.; Watkins, K.E.; Chadwick, M.; James, S.; Winmill, L.; Douaud, G.; De Stefano, N.; Matthews, P.M.; Smith, S.M.; Johansen-Berg, H.; et al. Longitudinal changes in grey and white matter during adolescence. *Neuroimage* **2010**, *49*, 94–103. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
81. Lipowska, M. Graphomotor functions in ADHD—Motor or planning deficit? A microgenetic approach. *Acta Neuropsychol.* **2012**, *10*, 69–80. [[CrossRef](#)]
82. Pan, W.J.; Thompson, G.; Magnuson, M.; Majeed, W.; Jaeger, D.; Keilholz, S. Simultaneous fMRI and electrophysiology in the rodent brain. *J. Vis. Exp.* **2010**, *19*. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
83. Borkowska, A.R. Neuropsychologiczne mechanizmy powstawania zaburzeń rozwojowych [Neuropsychological mechanisms of developmental disorders]. In *Neuropsychologia Kliniczna Dziecka [Clinical Child Neuropsychology]*, 1th ed.; Borkowska, A.R., Domańska, L., Eds.; PWN: Warsaw, Poland, 2011; pp. 13–30.
84. Johansson, B.B. Brain plasticity in health and disease. *Keio J. Med.* **2004**, *53*, 231–246. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
85. Khan, N.A.; Hillman, C.H. The relation of childhood physical activity and aerobic fitness to brain function and cognition: A review. *Pediatr. Exerc. Sci.* **2014**, *26*, 138–146. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
86. Schmidt, M.; Jager, K.; Egger, F.; Roebers, C.M.; Conzelmann, A. Cognitively Engaging Chronic Physical Activity, But Not Aerobic Exercise, Affects Executive Functions in Primary School Children: A Group-Randomized Controlled Trial. *J. Sport Exerc. Psychol.* **2015**, *37*, 575–591. [[CrossRef](#)]
87. Anderson, P. Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychol.* **2002**, *8*, 71–82. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
88. Houghton, G.; Tipper, S.P. Inhibitory mechanisms of neural and cognitive control: Applications to selective attention and sequential action. *Brain Cognit.* **1996**, *30*, 20–43. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
89. Jodzio, K. *Neuropsychologia Intencjonalnego Działania. Koncepcje Funkcji Wykonawczych [Neuropsychology of Intentional Action. Executive Function Concepts]*, 1th ed.; Wydawnictwo Naukowe Scholar: Warsaw, Poland, 2008.
90. Hollmann, W.; Struder, H.K. *Gehirn, Psyche und Körperliche Aktivität [Brain, Psyche and Physical Activity]*, 1th ed.; Springer: Berlin, Germany, 2000.
91. Makarowski, R.; Lipowski, M.; Marszałł, M.; Czarnowski, W. Temperamental determinants of physical activity as preventive factor of heart diseases—In the search of the model. *Pol. J. Sport Med.* **2009**, *25*, 83–94.
92. Strzałkowska, D.; Szewieczek, J.; Janowska, M. Czy sport to zawsze zdrowie? Zaburzenia rytmu serca u sportowców wyczynowych [Is sport always healthy? Cardiac arrhythmias in competitive athletes]. *Ann. Acad. Med. Sil.* **2005**, *59*, 497–505.
93. Biddle, S.J.H.; Gorely, T.; Stensel, D.J. Health-enhancing physical activity and sedentary behaviour in children and adolescents. *J. Sports Sci.* **2004**, *22*, 679–701. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
94. Janssen, I.; Leblanc, A.G. Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2010**, *7*, 40. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
95. Drygas, W.; Skiba, A.; Bielecki, W.; Puska, P. Assessment of the physical activity of inhabitants of six European countries. The “Bridging East–West Health Gap” project. *Pol. J. Sports Med.* **2002**, *18*, 169–174.
96. Drygas, W.; Skiba, A.; Bielecki, W.; Puska, P. Physical activity estimation among the inhabitants of six European countries. Project “filling the Reducing East–West Health Gap”. *Med. Sport.* **2001**, *5*, 119–125.
97. Roden, I.; Grube, D.; Bongard, S.; Kreutz, G. Does music training enhance working memory performance? Findings from a quasi-experimental longitudinal study. *Psychol. Music* **2014**, *42*, 284–298. [[CrossRef](#)]



PROPOZYCJA POLSKIEJ TERMINOLOGII KLASYFIKACJI SPORTÓW PRZYDATNEJ W PSYCHOLOGICZNYCH BADANIACH FUNKCJI POZNAWCZYCH SPORTOWCÓW

Ilona Bidzan-Bluma¹

A PROPOSAL OF POLISH SPORT CLASSIFICATION TERMINOLOGY
USEFUL FOR PSYCHOLOGICAL STUDIES
OF ATHLETES' COGNITIVE FUNCTIONS

Summary. One of the theoretical concepts used in research on, among other things, cognitive functioning in relation to the type of sport practiced, is the classification of sports Poulton and Knapp according to their nature. In the case of sports characterised by the so-called 'open-skill exercise (OSE)', an important factor is the execution of motor responses in response to the constantly changing environmental factors. In contrast, the 'closed-skill exercise' (CSE) is characterised by a stable environment and motor responses requiring refinement without constant analysis of external stimuli. The lack of a unified terminology used in Polish prompts us to suggest one. Terminology proposals have been made by a team of experts composed of specialists selected for their expertise and linguistic competence. Competent judges was supposed to select and evaluate the terminology proposals. It was assessed to what extent they agreed whether the proposed Polish terminology would fit a given category. The proposals were ranked from the most to the least apt term and then the concordance of competent judges was calculated using Kendall rank correlation coefficient. The judges were moderately concordant in their ratings in the case of OSE ($W = .56, p < .05$) and in the case of CSE ($W = .52; p < .05$). The Polish term "sport interakcyjny" was proposed for "open-skill exercise", whereas "sport nieinterakcyjny" was selected for "closed-skill exercise".

Key words: cognitive functions, sports psychology, OSE, CSE, terminology

¹ Instytut Psychologii, Uniwersytet Gdański (Institute of Psychology, University of Gdansk); Zakład Psychologii, Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu im. Jędrzeja Śniadeckiego w Gdańsku (Department of Psychology, Gdansk University of Physical Education and Sport), ORCID: 0000-0002-0654-2068.

Adres do korespondencji: Ilona Bidzan-Bluma,
e-mail: ilona.bidzan-bluma@phdstud.ug.edu.pl,
ilona.bidzan-bluma@awf.gda.pl

Wprowadzenie

Koncepcja teoretyczna, której prekursorem jest Poulton (1957), rozwinięta przez Knapp (1963) pozwala klasyfikować aktywność fizyczną, w tym także rodzaje sportu ze względu na wpływ środowiska na wykorzystywane zdolności motoryczne podczas uprawianego sportu. Tym samym dzieli je na umiejętności „open” i „close” (w dosłownym tłumaczeniu „otwarte” i „zamknięte”) (Poulton, 1957; Knapp, 1967). Koncepcja ta wykorzystywana jest stosunkowo często w badaniach psychologii sportu i neuropsychologii sportu, w tym sprawdzających funkcjonowanie poznawcze osób uprawiających różne rodzaje sportów (Koch, Krenn, 2021).

„Open-skill exercise” (OSE) oznacza, że sportowiec jest zmuszony do ciągłego dostosowywania się do zmieniających się stale czynników środowiskowych (Di Russo i in., 2010; Tsai i in., 2016, 2017; Cantrelle, Burnett, Loprinzi, 2020; Bidzan-Bluma, 2021) w odpowiedzi na stawiane przed nim wymagania (Koch, Krenn, 2021). OSE jest związane z dopasowaniem się do nieprzewidywalnych czynników stawianych przez dynamiczne środowisko. Obejmuje m.in. takie sporty, jak: badminton, boks, curling, hokej, judo, futbol amerykański, koszykówka, lacrosse, piłka nożna, piłka ręczna, rugby, siatkówka, sztuki walki, tenis.

Natomiast „closed-skill exercise” (CSE) jest powiązane z odpowiedzią na wymagania stawiane przez środowisko zewnętrzne, które jest przewidywalne, dzięki czemu sportowiec może angażować ustalone wzorce ruchowe we własnym tempie (Koch, Krenn, 2021). Przykładowymi sportami tego rodzaju są: bieganie, gimnastyka, golf, jazda figurowa, łucznictwo, nurkowanie, pływanie, wspinaczka.

Funkcje poznawcze sportowców

Funkcje poznawcze są wyższymi czynnościami psychicznymi, które umożliwiają nam codzienne funkcjonowanie (Talarowska, 2008; Pąchalska, Kaczmarek, Kropotov, 2021), dzięki wchodzącym w ich skład procesom pamięciowym, uwagowym, funkcjom językowym, wzrokowo-przestrzennym, wykonawczym. W przypadku funkcji wykonawczych są one niezbędne przy samoregulacji polegającej na świadomym, jak również celowym zaplanowaniu swojego zachowania (Brzezińska, Nowotnik, 2012). W zakres funkcji wykonawczych wchodzi umiejętności związane z planowaniem, kontrolowaniem wykonywanych działań i ich odpowiednia modyfikacja, hamowanie reakcji, jak również elastyczność poznawcza (Lezak, Howieson, Loring, 2004; Jodzio, 2008; Bidzan-Bluma, Lipowska, 2018).

Dotychczasowe wyniki badań wskazują, że uprawianie różnych rodzajów sportów, ze względu na ich charakter, prowadzi do angażowania niekiedy innych funkcji poznawczych, bardziej charakterystycznych w pewnych dyscyplinach (Tuckman, Hinkle, 1986; Hinkle, Tuckman, Sampson, 1993; Schulz i in., 2012; Carson i in., 2016; Cox i in., 2016; Bidzan-Bluma, Lipowska, 2018; Gökçe i in., 2021).

OSE i CSE a funkcje poznawcze

Podczas uprawiania sportów OSE angażowane są w szczególności procesy związane z: (1) szybkością przetwarzania informacji; (2) funkcjami wykonawczymi związanymi z elastycznością poznawczą, jak również z hamowaniem reakcji (Di Russo i in., 2010; Wang i in., 2013; Tsai i in., 2016, 2017); (3) ciągłą analizą otoczenia i dostosowaniem do niego swojego zachowania (Grosprêtre, Gabriel, 2021); (4) stałą interakcją społeczną (Gu i in., 2019); (5) kierunkowaniem uwagi na czynniki zewnętrzne (Grosprêtre, Gabriel, 2021). Przeprowadzone dotychczas badania osób starszych wykazały również, że ten rodzaj aktywności fizycznej może wpływać pozytywnie na polepszenie procesów uwagowych, postrzeganie słuchowo-wzrokowe, elastyczność poznawczą (Gu i in., 2019; Ingold i in., 2020), jak również umiejętność dotyczącą kontroli zachowania (Wang, Guo, 2020).

W przypadku CSE do cech charakterystycznych zalicza się powtarzanie umiejętności motorycznych w stałych warunkach (Grosprêtre, Gabriel, 2021) w przewidywalnym, stabilnym środowisku. Dodatkowo w sportach zakwalifikowanych do CSE obserwuje się mniejszą liczbę czynników wymagających dopasowywania się i elastyczności poznawczej (Brady, 1995; Di Russo i in., 2010; Gu i in., 2019) niż w przypadku OSE.

Charakter środowiska prowadzi do mniejszego zaangażowania i konieczności ciągłej oceny wskazówek poznawczych dostarczanych przez otoczenie w celu osiągnięcia trudnego zadania lub koordynacji ciała w celu wykonywania złożonych ruchów (Di Russo i in., 2010; Tsai i in., 2016, 2017). U osób starszych podejmujących aktywność fizyczną z kategorii CSE zaobserwowano z kolei lepsze funkcjonowanie w zakresie uwagi selektywnej, jak również spostrzegania wzrokowego (Ingold i in., 2020).

Cel pracy

Ponieważ w języku polskim brakuje ujednoliconego nazewnictwa polskiego odnoszącego się do OSE oraz CSE, dlatego też celem niniejszej pracy jest zaproponowanie i ujednolicenie terminologii odnoszącej się do koncepcji Poultona (1957) i Knapp (1963), dotyczącej dwóch kluczowych pojęć: OSE i CSE. Uporządkowanie terminologii stosowanej w badaniach naukowych uwzględniających różne dyscypliny sportowe może pomóc w dyskusji pomiędzy psychologami sportu oraz innymi specjalistami zajmującymi się zdrowiem i kulturą fizyczną.

Analiza językowa i propozycje terminologiczne

Dotąd w piśmiennictwie stosowane były różne, czasem bardzo odległe znaczeniowo terminy odnoszące się do OSE i CSE. Dotychczas stosowane w literaturze terminy opisujące OSE to sporty otwarte (zewnętrzne) (Czajkowski, 2006), nawiąki otwarte (Czajkowski, 2006), aktywności o otwartych schematach ruchowych

(Wilski, 2010), „otwarte” dyscypliny sportu, umiejętności otwarte (Waleriańczyk, Stolarski, 2021). Natomiast występujące do tej pory w publikacjach nazwy nawiązujące do CSE są następujące: aktywności o zamkniętym schemacie ruchowym (Wilski, 2010), umiejętności zamknięte, nawyki zamknięte (Czajkowski, 2006). Dlatego też uznano, że konieczne jest ujednoczenie terminologii.

Dobór osób do oceniania terminologii

Celem utworzenia propozycji terminologicznych zaproszono grupę ekspertów składającą się z siedmiu osób: dwóch mężczyzn i pięciu kobiet, z wykształceniem wyższym (medycznym, psychologicznym, językoznawczym, w tym 1 mgr, 2 dr. dr., 1 dr hab., 3 prof.), operujących biegle językiem angielskim. Wszyscy zajmowali się naukami o kulturze fizycznej w swojej głównej działalności naukowej i praktycznej.

Ekspertci zostali wybrani ze względu na ich kompetencje merytoryczne związane z naukami o kulturze fizycznej i kompetencje językowe.

Natomiast grupę sędziów kompetentnych stanowiło pięć osób (psychologów, językoznawców, psychologów sportu, w tym 1 mgr, 2 dr. dr., 1 dr hab., 1 prof.), którzy byli specjalistami w zakresie nauk o kulturze fizycznej w swojej głównej działalności naukowej i praktycznej. Zgodnie ze stanowiskiem Gorbaniuka (2016) zadbano, by sędziowie kompetentni posiadali wiedzę deklaratywną (*wiem, że*), jak i proceduralną (*wiem, jak*).

Przebieg oceny terminologii OSE i CSE

Wszyscy eksperci otrzymali szczegółowy opis definicji OSE i CSE z oryginalnej metody Poultona i Knapp (2 strony) (Knapp, 1967, s. 151–152). Następnie nazwy te zostały przez nich przetłumaczone na język polski, jako najlepiej odpowiadające angielskiej definicji. W przypadku OSE eksperci zaproponowali nazewnictwo, w którym znalazły się: zdolności szeroko zakresowe, sport interaktywny, sport interakcyjny, umiejętności zależne (od czynników zewnętrznych), umiejętności heurystyczne, jak i umiejętności indukcyjne.

Natomiast w przypadku CSE eksperci zaproponowali następujące terminy: zdolności wąsko zakresowe, sport nieinterakcyjny, sport nieinteraktywny, czynniki niezależne (od czynników zewnętrznych), umiejętności algorytmiczne, umiejętności dedukcyjne, sporty zamknięte.

W kolejnym etapie sędziowie kompetentni analizowali tekst i na tej podstawie każdy z nich szacował, na ile konkretna wypowiedź badanego (zaproponowana polska terminologia) może pasować do danej kategorii poprzez uszeregowanie od najbardziej do najmniej pasującego określenia. Zadbano o niezależność dokonywanych ocen, sędziowie kompetentni nie znali się, co zapobiegło m.in. wspólnemu sędziowaniu czy uzgadnianiu opinii.

Celem obliczenia zgodności sędziów zastosowano współczynnik zgodności Kendalla.

Tabela 1. Rangi sędziów kompetentnych odnoszące się do propozycji terminologicznych OSE

Propozycja terminologiczna	Sędzia 1	Sędzia 2	Sędzia 3	Sędzia 4	Sędzia 5	Średnia ranga
Zdolności szeroko zakresowe	5	2	5	3	3	3,10
Sport interaktywny	3	4	2	5	5	3,60
Sport interakcyjny	1	3	1	1	1	1,40
Umiejętności zależne od czynników zewnętrznych	7	5	5	4	2	4,30
Umiejętności heurystyczne	7	7	7	2	6	5,60
Umiejętności indukcyjne	7	6	6	6	7	6,20
Sporty otwarte	6	1	4	7	4	3,80

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2. Rangi sędziów kompetentnych odnoszące się do propozycji terminologicznych CSE

Propozycja terminologiczna	Sędzia 1	Sędzia 2	Sędzia 3	Sędzia 4	Sędzia 5	Średnia ranga
Zdolności wąsko zakresowe	5	2	5	2	3	2,90
Sport nieinterakcyjny	3	4	2	1	1	2,00
Sport nieinteraktywny	1	3	1	5	5	3,00
Umiejętności niezależne od czynników zewnętrznych	7	5	5	4	2	4,30
Umiejętności algorytmiczne	7	7	7	3	6	5,80
Umiejętności dedukcyjne	7	6	6	6	7	6,20
Sporty zamknięte	6	1	4	7	4	3,80

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki

OSE

[tabela 1]

Sędziowie byli umiarkowanie zgodni w swoich ocenach ($W = ,56$; $\chi^2 = 16,65$, $Df = 6$; $p < ,05$). Najlepiej ocenioną (najwyższa pozycja w rankingu) zaproponowaną terminologią było określenie „sport interakcyjny”.

CSE

[tabela 2]

Sędziowie byli umiarkowanie zgodni w swoich ocenach ($W = ,52$; $\chi^2 = 15,73$, $Df = 6$; $p < ,05$). Najlepiej ocenioną (najwyższa pozycja w rankingu) zaproponowaną terminologią było określenie „sport nieinterakcyjny”.

Dyskusja

Różnice w przyjętym nazewnictwie wielu pojęć stanowią bardzo istotny problem nie tylko w ramach zbliżonych dziedzin, lecz także w obrębie przedstawicieli tej samej dyscypliny naukowej (Twardowski, 1919–1920; Rzepa, 1997). Dotyczy to także terminologii klasyfikacji aktywności fizycznej używanej w psychologii sportu oraz neuropsychologii sportu, m.in. w psychologicznych badaniach funkcji poznawczych sportowców. Jedną z koncepcji, często wykorzystywaną do klasyfikacji aktywności fizycznej, w tym klasyfikacji sportów, nie tylko przez przedstawicieli nauk o zdrowiu i kulturze fizycznej, ale i psychologów, jest koncepcja Poultona (1957) uzupełniona i wzbogacona przez Knapp (1963), pomagająca zrozumieć m.in. związki pomiędzy charakterem sportu a ich wpływem na funkcjonowanie poznawcze, np. jak aktywność fizyczna w określonych warunkach może przyczynić się do lepszego funkcjonowania w zakresie pamięci wzrokowej, większego zaangażowania funkcji wykonawczych. Jednakże brak w języku polskim nazewnictwa dotyczącego kluczowych pojęć koncepcji OSE oraz CSE odnoszących się do charakteru konkretnego sportu powoduje pewien dysonans poznawczy. Stosowane w literaturze różne nazewnictwo, czasem odległe w skojarzeniach, np. w przypadku OSE: sporty otwarte (zewnętrzne), nawyki otwarte, aktywności o otwartych schematach ruchowych, „otwarte” dyscypliny sportu, umiejętności otwarte (Czajkowski, 2006; Wilski, 2010; Waleriańczyk, Stolarski, 2021), a w przypadku CSE: aktywności o zamkniętym schemacie ruchowym, umiejętności zamknięte, nawyki zamknięte, uwaga wewnętrzna (Czajkowski, 2006; Wilski, 2010) przekładają się na trudności z rozeznaniem, o jakim rodzaju sportu mówimy. Stąd trudno prowadzić porównania między rodzajami sportu. Określenia OSE i CSE pojawiały się przede wszystkim w przypadku zagranicznych publikacji (Mann i in., 2007; Di Russo i in.,

2010; Voss i in., 2010; Wang i in., 2013), jednakże można je również znaleźć w polskiej literaturze (Waleriańczyk, Stolarski, 2021). Wplecione w wypowiedź w języku rodzimym utrudniają zbadanie zjawiska.

Metodologia badań oparta na wykorzystaniu ekspertów przy doborze terminologii oraz sędziów kompetentnych przy ocenie zgodności zaproponowanej polskiej terminologii do danej kategorii, z zastosowaniem współczynnika zgodności Kendalla dla obliczenia zgodności sędziów kompetentnych, przyniosła ważne ustalenia. Dla OSE zaproponowano termin „sport interakcyjny”, zaś w przypadku CSE – „sport nieinterakcyjny”.

Nazwa „sport interakcyjny” zawiera w sobie element wzajemnego oddziaływania na siebie osób, co w sportach OSE (np. boks, hokej, judo, futbol amerykański, koszykówka, piłka nożna, piłka ręczna, rugby, siatkówka, sztuki walki, tenis) ma miejsce. Wysoką średnią rangę uzyskało także określenie „sport interaktywny”, zakładający aktywne uczestniczenie w czymś i wzajemne oddziaływanie, a nie tylko bierny odbiór.

Najniższe średnie rangi w przypadku OSE uzyskały „umiejętności heurystyczne” oraz „umiejętności indukcyjne”. Wydaje się, że te terminy mogą być kojarzone bardziej z umiejętnością powiązywania ze sobą wielu czynników i rozwiązywania ich (heurystyka) oraz rozumowaniem na podstawie przedstawionych dowodów (indukcja), stąd w odniesieniu do polskiej terminologii OSE nie znalazły zastosowania.

Analogicznie termin „sport nieinterakcyjny” został uznany za najlepiej oddający sens CSE. Natomiast „umiejętności algorytmiczne” i „umiejętności dedukcyjne” zostały ocenione jako najmniej przystające do tego rodzaju sportu.

Wydaje się, że przyjęte określenia „sport interakcyjny” i „sport nieinterakcyjny” ze względu na jednoznaczne skojarzenia i spójność nazewnictwa (interakcyjny *vs* nieinterakcyjny) mają szanse na zakorzenienie w polskojęzycznych publikacjach dotyczących OSE i CSE.

Niewątpliwą korzyścią przyjęcia i ujednoczenia terminologii jest to, że autorzy publikacji nie będą zobowiązani do tworzenia nowych pojęć opartych na tych samych koncepcjach, co pozwoli na uniknięcie używania jednostek językowych o obcym pochodzeniu (tzw. makaronizmów). Ponadto, jak wskazano w licznych badaniach, przyjęcie jednolitego nazewnictwa umożliwia jednakowe rozumienie znaczenia pojęć podstawowych, mieszczących się w zakresie nauk społecznych oraz nauk o zdrowiu i kulturze fizycznej. Jak podkreśla Rzepa (1997, s. 46): „aby móc się jasno wyrażać, potrzeba odpowiedniej terminologii, poprawnie zdefiniowanych pojęć i jednoznacznych reguł używania języka, typowego dla danego środowiska naukowego”.

Wnioski

Dla sportów „open-skill exercise” zaproponowano termin sport interakcyjny, zaś w przypadku „closed-skill exercise” – sport nieinterakcyjny.

Literatura cytowana

- Bidzan-Bluma, I. (2021). Twin-To-Twin Transfusion Syndrome Donor and Recipient and Their Subsequent Cognitive Functioning in Late Childhood as Juvenile Athletes – A Case Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2545, doi: 10.3390/ijerph18052545
- 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, doi: 10.3390/ijerph15040800
- Brady, F. (1995). Sports skill classification, gender, and perceptual style. *Perceptual and Motor Skills*, 81, 611–620, doi: 10.2466/pms.1995.81.2.611
- Brzezińska, A.I., Nowotnik, A. (2012). Funkcje wykonawcze a funkcjonowanie dziecka w środowisku przedszkolnym i szkolnym. *Edukacja*, 117, 61–74.
- Cambridge Advanced Learner's Dictionary & Thesaurus*. (2013). 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cantrelle, J., Burnett, G., Loprinzi, P.D. (2020). Acute exercise on memory function: Open vs. closed skilled exercise. *Health Promotion Perspectives*, 10(2), 123–128.
- Carson, V., Hunter, S., Kuzik, N., Wiebe, S.A., Spence, J.C., Friedman, A., Tremblay, M.S., Slater, L., Hinkley, T. (2016). Systematic review of physical activity and cognitive development in early childhood. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19, 573–578, doi: 10.1016/j.jsams.2015.07.011
- Cox, E.P., O'Dwyer, N., Cook, R., Vetter, M., Cheng, H.L., Rooney, K., O'Connor, H. (2016). Relationship between physical activity and cognitive function in apparently healthy young to middle-aged adults: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19, 616–628, doi: 10.1016/j.jsams.2015.09.003
- Czajkowski, Z. (2006). Szermierka jest dobra na wszystko i dla wszystkich. *Sport Wyczynowy*, 44(7/8), 134.
- Di Russo, F., Bultrini, A., Brunelli, S., Delussu, A.S., Polidori, L., Taddei, F., ..., Spinelli, D. (2010). Benefits of sports participation for executive function in disabled athletes. *Journal of Neurotrauma*, 27(12), 2309–2319, doi: 10.1089/neu.2010.1501
- Gökçe, E., Güneş, E., Arı, F., Hayme, S., Nalçacı, E. (2021). Comparison of the effects of open-and closed-skill exercise on cognition and peripheral proteins: A cross-sectional study. *PLOS ONE*, 16(6), e0251907.
- Gorbaniuk, O. (2016). Wykorzystywanie procedury sędziów kompetentnych w naukach społecznych i możliwości jej oceny psychometrycznej za pomocą narzędzi dostępnych w STATISTICA. W: J. Jakubowski, J. Wątroba (red.), *Zastosowanie statystyki i data mining w badaniach naukowych* (s. 5–20). Kraków: StatSoft Polska.
- Grosprêtre, S., Gabriel, D. (2021). Sport Practice Enhances Athletes' Observation Capacity: Comparing Scenic Change Detection in Open and Closed Sports. *Perceptual and Motor Skills*, 128(1), 96–114.

- Gu, Q., Zou, L., Loprinzi, P.D., Quan, M., Huang, T. (2019). Effects of open versus closed skill exercise on cognitive function: a systematic review. *Frontiers in Psychology, 10*, 1707.
- Hinkle, J.S., Tuckman, B.W., Sampson, J.P. (1993). The psychology, physiology, and creativity of middle school aerobic exercisers. *Elementary School Guidance Counselor, 28*, 133–145.
- Ingold, M., Tulliani, N., Chan, C.C., Liu, K.P. (2020). Cognitive function of older adults engaging in physical activity. *BMC Geriatrics, 20*(1), 1–13.
- Jodzio, K. (2008). *Neuropsychologia intencjonalnego działania. Koncepcje funkcji wykonawczych*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe Scholar.
- Knapp, B.H. (1963). *Skill in sport: The attainment of proficiency*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Knapp, B.H. (1967). *Skill in sport*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Koch, P., Krenn, B. (2021). Executive functions in elite athletes—Comparing open-skill and closed-skill sports and considering the role of athletes' past involvement in both sport categories. *Psychology of Sport and Exercise, 55*, 101925.
- Lezak, M., Howieson, M., Loring, D. (2004). *Neuropsychological Assessment*. 4th ed. New York: Oxford University Press.
- Mann, D.T., Williams, A.M., Ward, P., Janelle, C.M. (2007). Perceptual-cognitive expertise in sport: A meta-analysis. *Journal of Sport and Exercise Psychology, 29*(4), 457–478.
- Pąchalska, M., Kaczmarek, B.L.J., Kropotov, J.D. (2021). *Neuropsychologia kliniczna. Od teorii do praktyki*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Poulton, E.C. (1957). On prediction in skill movements. *Psychological Bulletin, 54*, 467–478.
- Rzepa, T. (1997). O definiowaniu i rozumieniu pojęć psychologicznych. *Forum Psychologiczne, 2, 2*, 45–56.
- Schulz, K.H., Meyer, A., Langguth, N. (2012). Körperliche Aktivität und psychische Gesundheit [Physical activity and mental health]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheit. Gesundheitsschutz, 55*, 55–65, doi: 10.1007/s00103-011-1387-x
- Talarowska, M., Florkowski, A., Orzechowska, A., Wysokiński, A., Zboralski, K. (2008). Funkcjonowanie poznawcze chorych na cukrzycę typu 1 i 2. *Diabetologia Kliniczna, 9*(5), 201–208.
- Tsai, C.L., Pan, C.Y., Chen, F.C., Tseng, Y.T. (2017). Open-and closed-skill exercise interventions produce different neurocognitive effects on executive functions in the elderly: A 6-month randomized, controlled trial. *Frontiers in Aging Neuroscience, 9*, 294.
- Tsai, C.L., Wang, C.H., Pan, C.Y., Chen, F.C., Huang, S.Y., Tseng, Y.T. (2016). The effects of different exercise types on visuospatial attention in the elderly. *Psychology of Sport and Exercise, 26*, 130–138.
- Tuckman, B.W., Hinkle, J.S. (1986). An experimental study of the physical and psychological effects of aerobic exercise on schoolchildren. *Health Psychology, 5*, 197–207, doi: 10.1037/0278-6133.5.3.197

- Twardowski, K. (1919-1920). O jasnym i niejasnym stylu filozoficznym. *Ruch Filozoficzny*, V, 2, 25–27.
- Voss, M.W., Kramer, A.F., Basak, C., Prakash, R.S., Roberts, B. (2010). Are expert athletes 'expert' in the cognitive laboratory? A meta-analytic review of cognition and sport expertise. *Applied Cognitive Psychology*, 24(6), 812–826.
- Waleriańczyk, W., Stolarski, M. (2021). Inteligentny sport: o związkach inteligencji z aktywnością fizyczną i poziomem wykonania sportowego. W: M. Zajenkowski (red.), *Inteligencja w codziennym życiu* (s. 233–257). Warszawa: Wydawnictwo Liberi Libri, doi: 10.47943/lib.9788363487515.rozdzial09
- Wang, B., Guo, W. (2020). Exercise mode and attentional networks in older adults: A cross-sectional study. *Peer Journal*, 8, e8364.
- Wang, C.H., Chang, C.C., Liang, Y.M., Shih, C.M., Chiu, W.S., Tseng, P., Hung, D.L. (2013). Open vs. closed skill sports and the modulation of inhibitory control. *PLOS ONE*, 8(2), e55773.
- Wilski, M. (2010). Dostosowana aktywność ruchowa osób głuchoniewidomych. W: A.I. Brzezińska, R. Kaczan, K. Smoczyńska (red.), *Sytuacja i możliwości pomocy dla osób z rzadkimi i sprzężonymi ograniczeniami sprawności* (s. 252–266). Warszawa: Wydawnictwo Naukowe Scholar.

Streszczenie. Jedną z koncepcji teoretycznych wykorzystywaną w badaniach sprawdzających m.in. funkcjonowanie poznawcze w zależności od rodzaju uprawianego sportu jest klasyfikacja sportów Poultona i Knapp ze względu na ich charakter. W przypadku sportów charakteryzujących się „open-skill exercise” (OSE) ważnym czynnikiem jest wykonywanie reakcji motorycznych w odpowiedzi na ciągle zmieniające się wymogi środowiska. Natomiast sporty „closed-skill exercise” (CSE) charakteryzuje stałe środowisko i wymagające doskonalenia reakcje motoryczne bez ciągłego analizowania bodźców zewnętrznych.

Brak ujednoczonej terminologii wykorzystywanej w języku polskim skłania do jej zaproponowania. Propozycje terminologiczne zostały utworzone przez ekspertów składających się ze specjalistów wybranych ze względu na ich kompetencje merytoryczne i językowe. Natomiast grupa sędziów kompetentnych miała za zadanie ocenę przedstawionych propozycji terminologicznych. Propozycje uszeregowano od najbardziej do najmniej pasującego określenia, a następnie za pomocą współczynnika zgodności Kendalla obliczono zgodność sędziów kompetentnych. Sędziowie byli umiarkowanie zgodni w swoich ocenach ($W = ,56; p < ,05$) w przypadku OSE i ($W = ,52; p < ,05$) w przypadku CSE. Dla sportów „open-skill exercise” zaproponowano termin sport interakcyjny, zaś w przypadku „closed-skill exercise” – sport nieinterakcyjny.

Słowa kluczowe: funkcje poznawcze, psychologia sportu, OSE, CSE, terminologia

Data wpłynięcia: 12.07.2022

Data wpłynięcia po poprawkach: 1.09.2022

Data zatwierdzenia tekstu do druku: 27.09.2022

Cognitive Functioning of Preadolescent Gymnasts, Including Bioelectrical Brain Activity

Perceptual and Motor Skills

2023, Vol. 130(2) 714–731

© The Author(s) 2023

Article reuse guidelines:

sagepub.com/journals-permissions

DOI: 10.1177/00315125231156722

journals.sagepub.com/home/pms

Ilona Bidzan-Bluma^{1,2} , Magdalena Jochimek², and Małgorzata Lipowska¹

Abstract

Our main aim in this study was to investigate cognitive functioning in young gymnasts. The study group consisted of 86 children, aged 10–12 years: (a) a criterion group of 41 juvenile athletes ($M_{\text{age}} = 11.23$; $SD_{\text{age}} = 0.93$) who trained six times per week; and (b) a comparison group of 45 children ($M_{\text{age}} = 11.11$; $SD_{\text{age}} = 0.61$) who were not involved competitively in sports but who were mostly quite physically active. We measured attention, memory processes, and bioelectrical brain activity in the central region (Cz; where there are connections to motor control, movement, and sensation). We found significant differences between our two participant groups in short-term memory, deferred naming memory, and long-term memory of visual material. Children who practiced gymnastics had a better attention span than those who did not, and children who were non-athletes but who undertook physical activity more frequently than five times per week had a different theta/sensory motor rhythm (SMR) brain wave ratio (with SMR higher), meaning that they felt calmer and more relaxed.

Keywords

gymnastics, cognition, memory, attention, sport-specific skills, brain and exercise

¹Institute of Psychology, University of Gdańsk, Gdansk, Poland

²Department of Psychology, Gdańsk University of Physical Education and Sport, Gdansk, Poland

Corresponding Author:

Ilona Bidzan-Bluma, University of Gdansk, Bażyńskiego 4, Gdansk 80-952, Poland.

Email: Ilona.bidzan-bluma@phdstud.ug.edu.pl

Introduction

Preadolescent Cognitive Brain Development

The period between 9-12 years of age has been categorized as the last years of late childhood or preadolescence (Schaffer & Kipp, 2020). During this period, intensive changes occur at the biological, cognitive, and emotional-motivational levels. Furthermore, this period involves entering new social roles and establishing new relationships (Marija et al., 2021). Cognitively, preadolescents undergo significant changes in their top-down brain regulation, making new use of logical and intentional memory (Barkley, 2015; Casey et al., 2008), and they begin engaging more fully in executive functions and abstract reasoning (Nyongesa et al., 2019). Of course, all these changes are reflected neuroanatomically, with the prefrontal cortex the last brain region to develop.

Cortical grey matter decreases in quantity after 12 years of age, while cerebral white matter increases in volume throughout childhood and young adulthood. Cortical grey matter in the frontal cortex does not begin to decrease until adolescence. From childhood to adulthood, connective white matter brain volume decreases in the dorsal prefrontal cortex. Total temporal lobe volume develops most between 4-18 years of age. In women, hippocampal volume continues to increase with age, while in men, the amygdaloid nucleus volume continues to grow. These sex differences seem to be reflected in hormone differences (androgen and oestrogen receptors; (Casey et al., 2000). Selective attention is reflected in the activation of the orbitofrontal and anterior cingulate cortices. Greater activation in the orbitofrontal cortex is associated with better attention task performance; while greater activation of the anterior cingulate cortex is associated with performance declines on these tasks (Casey et al., 2000).

Cognitive Functions and Physical Activity

Physical activity has a positive effect on cognitive functioning of children and adolescents, including particularly language functions and memory processes (Bidzan-Bluma, 2021; Bidzan-Bluma & Lipowska, 2018, de Greeff et al., 2018). Cognitive associations have been observed with frequent and regular sports play in children who exhibit moderate or intense physical activity lasting for at least several weeks. Sport activity appears to influence both attention processes and executive functions, which, in turn, seem to positively impact school achievement (de Greeff et al., 2018; Jochimek & Łada, 2019). Team sports appear to improve the ability to shift attention (Schmidt et al., 2015). Studies suggest that 9–10-year-old children who are more physically fit may have greater bilateral hippocampal volumes and show superior relational memory performance; they may also have greater dorsal striatal volumes, related, in turn, to enhanced cognitive control (Chaddock et al., 2010). In the case of a single physical activity, physiological stimulation may lead to increased capacity for attentional allocation. This is conditioned by, inter alia, an increase in the number of neurotransmitters, such as epinephrine, dopamine, and brain-derived/cerebral neurotrophic factors

(de Greeff et al., 2018). These findings suggest that acute exercise benefits three primary aspects of general executive function, whereas distinct components of specific executive function may have different developmental trajectories (Chen et al., 2014).

Characteristics of Gymnastics and their Influence on the Development of Motor Abilities

Due to the strength and variety of movement types necessary for gymnastics, this discipline is one of the most demanding sports (Kochanowicz et al., 2018). Participation in gymnastics leads to children's development of stability and object control by training various motor skills, such as static/dynamic skills, balance, hand-eye coordination, bilateral coordination, and object control (Hsieh et al., 2017). Gymnastics involves movements requiring strength, body flexibility, agility, organ balance, and coordination (Kalkhoran et al., 2018). Gymnastics require coordination and the synchronization of movements of the legs, hands, and trunk (Shaheen, 2005). Gymnastics helps improve physical fitness and maintain body control and balance (Krištofič et al., 2018). Chaddock-Heyman et al. (2014) showed that fitter children showed greater fractional anisotropy in sections of the corpus callosum, corona radiata, and superior longitudinal fasciculus than did less fit children.

Impact of Gymnastics on Cognitive Functions

Research to date has shown that gymnastics also has a positive effect on spatial working memory (Hsieh et al., 2017), with significant development occurring between 6-11 years of age. Working memory for spatial material is necessary, for example, for motor adaptation and for learning motor sequences. During such learning, there is brain activation in the right dorsolateral prefrontal cortex and in the parietal lobes. Neuro-functionally, after gymnastic training, there is an increase in P3 amplitude (the largest positive peak of the event-related potential (ERP) waveform within the time window of 300–500 ms) in the parietal region (Hsieh et al., 2017; Lin et al., 2021) that is particularly sensitive for performances during childhood. The P3 wave appears when a new or rare stimulus occurs, and its latency and amplitude may depend on the child's physical condition and physical activity. In physically active adults, P3 latency is shorter, and P3 amplitude is higher than other brain waves (Kołodziejczyk, 2007). Gymnastic training can affect cognitive functions through interactive biological and physiological processes (Hsieh et al., 2017). In professional gymnasts, changes in the cerebellum and frontoparietal and cingulo-opercular neural networks have been observed (Wang et al., 2016). Jeon (2015) found increased frontal lobe activity in students doing gymnastics. In young gymnasts, the resting index significantly decreased, while their concentration index significantly increased (Jeon, 2015). Some investigators have reported a positive impact of gymnastics on executive and sensory motor rehabilitation of developmental coordination disorder among 8–10-year-old children (Kalkhoran et al., 2018).

The Current Study

We designed this study to include sports gymnasts aged 10–12 years old because few prior investigators have included this age group. Moreover, in prior gymnastic studies, investigators have usually focused on selected cognitive functions rather than a broader assessment. We sought a detailed assessment of certain cognitive functions, such as short term auditory and visual memory processes, and long-term memory related to the pace of acquiring new messages and restoring information after delay. Additionally, we focused on the various components of attention processes, including concentration, selectivity, and mental shifting. Our aim was to examine whether and how children's participation in competitive sports might affect their cognitive functioning. Thus, we compared cognitive functions of young gymnastic athletes to a young comparison group using behavioral test measures and the theta/beta electroencephalographic brainwave ratio. Practically, we suspected that if significant relative benefits (i.e., changes in cognitive functioning) were evident among gymnasts compared to the control group, there would be an argument for a gymnastics training program of benefit to children in need of neuropsychological rehabilitation. Thus, it was necessary to measure the gymnasts' cognitive functioning to determine if there was an improvement associated with the gymnastics experience and to specify what cognitive areas characterized any better functioning of gymnasts.

Research Questions

Due to the exploratory nature of this research at this stage, we formulated only the following research questions:

Q1: Do children who practice gymnastics differ from peers who play sport casually in these specific areas of cognitive functioning: (a) attention skills (orientation to stimulus, motor speed, focusing attention on a visual stimulus, discrimination between relevant and irrelevant information); (b) short-term memory of verbal material and/or visual-spatial material; and/or (c) visual and spatial episodic memory?

Q2: Do children who practice gymnastics differ from peers who play sport casually in their bioelectrical brain activity measured at Cz with electroencephalography (EEG) specifically with regard to the theta/beta and/or theta/sensory motor rhythm (SMR) brain wave ratio?

Q3: Is gender a moderator of any differences in cognitive or brain wave functioning between young gymnasts and casual sport participants?

Method

This study was part of a larger research project comparing the cognitive functioning (including bioelectrical brain functioning) of 10–12-year-olds (a) who do not participate in sports competitively with (b) young athletes who practice different sports activities. The sports included: (a) gymnastics—a low dynamic (<50%), high static

(>30%) closed skill sport, and (b) soccer—a high dynamic (>75%), and low static (<10%) open skill sport (Bidzan-Bluma, 2021; Levine et al., 2015; Mitchell et al., 2005; Wang et al., 2016).

Participants

A total of 86 children aged 10–12 years (48 girls; 38 boys) took part in the study. All participants were native Polish speakers and met the following criteria: standard educational opportunities, no gross sensory deficits, no gross behavioural problems, and no history of neurological disease. Prior to the study, we obtained written informed assent from all students and written informed consent from all parents/caregivers. Participants and parents/caregivers were specifically informed that they could discontinue participation at any time without repercussions. The work described was carried out in accordance with the Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki) for experiments involving humans and using data collection. The protocol of this study was approved by the Ethics Board for Research Projects at the Institute of Psychology, University of Gdansk, (decision no. 27/2020) and registered in *ClinicalTrials.gov* (NCT number: 04753047).

The children were divided into two groups:

(a) a criterion group of 41 juvenile athletes aged 10.0–12.9 years ($M = 11.23$; $SD = 0.93$; 15 boys, 26 girls), who trained in sports gymnastics six times a week, with most children in this group practicing sports gymnastics 5–7 times a week in training sessions lasting for 60–120 minutes (15 individuals) or more than 120 minutes (26 individuals) and with 46% having previously received awards, mainly in local sport competitions; and

(b) a comparison group of 45 children aged 10.1–12.7 ($M = 11.11$; $SD = 0.61$; 23 boys, 22 girls), most of whom were physically active twice a week (17 individuals) or 3–4 times a week (20 individuals), usually for no longer than 60 minutes (96% of children), not including compulsory physical education classes at school.

Procedure

We collected data from participants from a tri-city area (Gdynia, Sopot, and Gdańsk) in Poland. Children who practiced gymnastics were students of the Sports Championship School in Gdańsk, while children in the comparative group were students of the primary schools in the tri-city area. Parents of all participants were encouraged to take part in the study during parent-teacher meetings at school, as well as through information distributed via e-mail and invitations through the electronic class register. Children were assessed individually by a neuropsychologist in the office of a psychologist, speech therapist or nurse on the school premises. The evaluation of each child lasted approximately two hours (the number of hours to examine all 131 children participating in the project was approximately 262 hours).

Measures

Both parents/caregivers and children participated in the study. Parents/caregivers completed the International Physical Activity Questionnaire and a questionnaire requesting sociodemographic data. The children were examined using the following methods: EEG; Culture Fair Intelligence Test – version 2 revised; Diagnostic Battery for Cognitive Functions Evaluation. Memory – Attention – Executive Functions; and Diagnosis of Brain Damage (details for these measures are presented below).

The International Physical Activity Questionnaire. We used a modified version of this parent-completed instrument that related to children (Biernat et al., 2007). Higher scores indicated better physical activity, and three categories of activity were determined: insufficient (less than 600 metabolic equivalent time (MET)-min/week), sufficient (600–1500 or 600–3000 MET-min/week), and high (more than 1500 or 3000 MET-min/week).

Sociodemographic Data Questionnaire. This questionnaire was developed by the authors for the current project. While this questionnaire normally consisted of three parts – Part A for parents/caregivers, Part B for coaches, and Part C for teachers – we used only Part A for parents/caregivers in this study.

EEG. This procedure measured the brain's electroencephalographic activity at CZ to assess the child's ability to focus attention (Thompson & Thompson, 2015). We used a bioelectric recording of brain activity from a centrally placed electrode (Cz) to measure fast brainwaves (Alpha, Beta1, Beta2) and slow brainwaves (Delta, Theta). We used ProComp Infiniti Encoder and BioGraph Infiniti Software (version 5.1.3) and removed artifacts by both visual inspection and computerized selection. We analyzed EEG signals obtained during the 3-minute diagnostic period using a closed script. In the first 1-minute trial, the children were asked to keep their eyes open; in the second minute, they were asked to close their eyes; and in the third minute, the brain waves were measured during the task of counting backwards by 6, starting from 150. In the recorded EEG signals at point Cz, we analyzed the following brain wave ratios and ranges: theta/beta (4–8 Hz/16–20 Hz) and theta/SMR (4–8 Hz/12–15 Hz) (Lubar, 1991)

Culture Fair Intelligence Test – Version 2 Revised. (CFT-20-R). This test measured an aspect of general intelligence that is understood as fluid intelligence to minimize the inclusion of more culturally biased aspects of general knowledge (Cattell & Weiß, adapted by (Stańczak, 2013). Higher scores on the CFT-20-R indicated higher fluid intelligence (maximum number of points: 56, minimal: 0). The overall Cronbach's alpha for the CFT-20-R was above 0.8 demonstrating its high internal consistency.

The Diagnostic Battery for Cognitive Function Evaluation Memory – Attention – Executive Functions. (PU1) (Borkowska et al., 2015). This is a Polish neuropsychological test

battery used to measure cognitive functions that play an important role in academic achievement, such as attention, working memory, and executive functions. The overall Cronbach's alpha value for this battery, ranging from 0.6 to 0.9, demonstrated adequate internal consistency.

Diagnosis of Brain Damage. The Diagnosis of Brain Damage (DSC III) (Lamberti & Weidlich, 1999); Polish version by (Dajek, 1999) assessed the episodic memory of visuo-spatial material (speed of learning new information, consolidation process, and the ability to transfer information from short-term to long-term memory). The Cronbach's alpha of the DSC III was 0.68 which reflected moderate internal reliability.

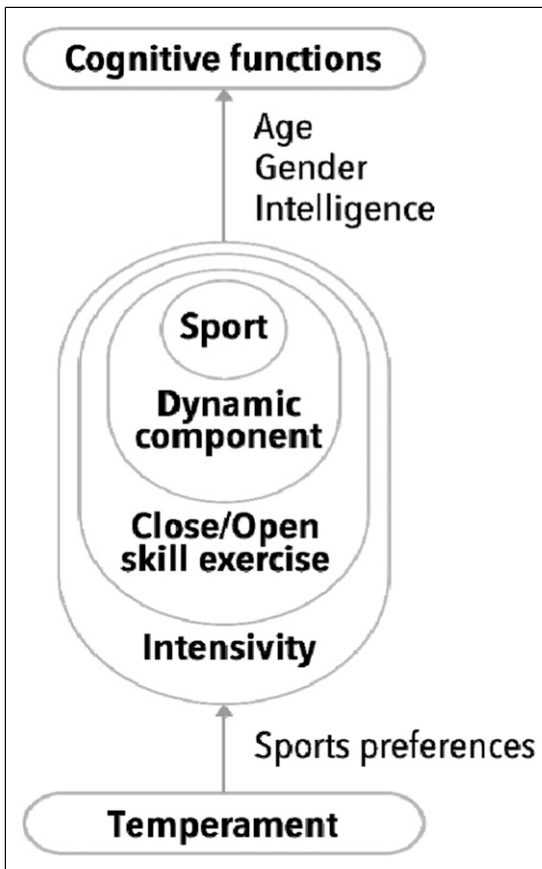


Figure 1. Author's "Hypothetical Model" of the Influence of Individual Elements of Sport Participation on Cognitive Functions.

Note: Prepared by the authors, based on (Bidzan-Bluma, 2021; Knapp, 1967; Levine et al., 2015; Mitchell et al., 2005; Poulton, 1957; Wang et al., 2016).

We assumed that children's cognitive functioning might be influenced by the type of sport practiced, whether the sport was open or closed, and by the intensity of the sport discipline. On the other hand, we assumed that the child's temperament would also influence the child's preferences for a chosen sport. Due to the purpose and scope of this article, we did not consider in this study the relationship between the preferences of a chosen type of sport and the child's temperament.

Statistical Analysis

We used multiple linear regression to test whether practicing gymnastics significantly predicted selected cognitive functions (attention span, divisibility of attention, memory, auditory memory, and visual working memory) when controlling for the child's gender, age, intellectual ability, non-sporting activity involvement, and physical activity frequency. For each dependent variable, the regression model was fitted separately.

Results

As seen in [Table 1](#), the overall regression model predicting attention span was statistically significant ($adjusted R^2 = 0.12$, $F(6, 79) = 2.93$, $p < 0.05$). Practicing gymnastics significantly predicted attention span ($B = 1.64$, $\beta = 0.45$, $p < 0.05$). Also, age ($\beta = 0.23$) and physical activity frequency ($\beta = 0.71$) significantly predicted attention span in such a way that older children and children who engaged in physical activity more frequently (more than five times a week) demonstrated higher attention span. The remaining controlled variables (i.e., gender, intellectual ability, and non-sporting activity involvement) were non-significant predictors of attention span.

Next, the overall regression model predicting memory (deferred naming) was statistically significant ($adjusted R^2 = 0.22$, $F(6, 79) = 4.94$, $p < 0.01$). Practicing gymnastics significantly predicted memory ($B = 1.52$, $\beta = 0.70$, $p < 0.01$). Also, age ($\beta = 0.23$) and intellectual ability ($\beta = 0.25$) significantly predicted memory in such a way that older children and children with a higher intellectual ability showed better memory. The remaining controlled variables (i.e., gender, non-sporting activity involvement, and physical activity frequency) were non-significant predictors of memory.

Unexpectedly, the overall regression model predicting divisibility of attention was not significant ($adjusted R^2 = 0.06$, $F(6, 79) = 1.95$, $p > 0.05$), similar to the model predicting auditory memory ($adjusted R^2 = 0.01$, $F(6, 79) = 1.16$, $p > 0.05$) (for details, see [Table 2](#)). The overall regression model predicting visual working memory was statistically significant ($adjusted R^2 = 0.11$, $F(6, 79) = 2.76$, $p < 0.05$); however, practicing gymnastics did not significantly predict this variable ($B = 0.09$, $\beta = 0.03$, $p > 0.05$). The only statistically significant predictor in this model was the child's intellectual ability ($B = 0.05$, $\beta = 0.36$, $p < 0.01$): the higher the child's intellectual ability, the higher the visual working memory efficiency.

Additionally, to test whether practicing gymnastics significantly predicted children's brain activity, a series of multiple linear regression models were performed, controlling for

Table 1. Results of Multiple Linear Regression Models Testing if Practicing Gymnastics Predicted Cognitive Functions.

Predictor/ Controlled variable	DV: Attention Span		DV: Divisibility of Attention		DV: Memory (Deferred Naming)		DV: Auditory Memory		DV: Visual Working Memory	
	B	SE	B	SE	B	SE	B	SE	B	SE
Intercept	-0.04	3.43	2.65	2.00	-0.45	1.91			-1.32	2.99
Gymnastics (Yes)	1.64*	0.83	0.41	0.48	1.52**	1.91	0.48	0.87	0.09	0.72
Sex (Male)	0.03	0.83	-0.07	0.24	0.21	0.46	0.05	0.44	0.55	0.37
Age	0.56*	0.24	-0.07	0.14	0.32*	0.14	-0.11	0.26	0.28	0.22
IQ	-0.01	0.01	0.03*	0.01	0.02*	0.01	0.03	0.02	0.05**	0.01
Non-sporting activity	0.01	0.01	-0.01	0.01	-0.01	0.01	-0.01	0.01	-0.02	0.01
Physical activity frequency (more than 5 times a week)	2.62**	0.86	0.33	0.49	0.92	0.48	-0.07	0.90	-0.35	0.75
F		2.93*		1.95		4.94**		1.16		2.76*
Adjusted R ²		0.12*		0.06		0.22		0.01		0.11

Notes. N = 86; ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$.

the child's gender, age, intellectual ability, non-sporting activity involvement, and physical activity frequency as before. As seen in Table 2, contrary to expectations, all regression models predicting various aspects of brain activity were non-significant. Notably, fitting the regression model used to test whether practicing gymnastics significantly predicted neuropsychological functioning, children who practiced gymnastics scored better on neuropsychological measures than active peers who were not competing in a sport ($B = 2.67$, $\beta = 0.68$, $p < 0.01$; *adjusted R*² = 0.37, $F(6, 79) = 9.29$, $p < 0.01$; see Table 2).

Discussion

In this study, we found significant differences between gymnasts and non-gymnast children, confirming prior studies showing that children who practice sports function better cognitively than those who do not practice sports (Bidzan-Bluma & Lipowska, 2018). In addition, people practicing sports have been shown to experience positive changes in the structure and function of their brains (Serra et al., 2021). However, while most prior investigators focused on the impact of sport on executive functions (Serra et al., 2021) and did not include sports gymnasts, especially pre-adolescent athletes, our results add important data in this area.

The first research question was whether children practicing gymnastics would differ in their attention processes (orientation to stimulus, motor speed, focusing attention on a visual stimulus, discrimination between relevant and irrelevant information), short-term memory of verbal material and/or visual-spatial material, or visual and spatial episodic memory from peers not practicing gymnastics. We found that children who practiced gymnastics were better at focusing their attention than was the control group of active peers who were not sports participants, and our gymnast group also scored significantly better on measures of short- and long-term visual memory. Therefore, gymnastics training was associated with the higher development of these cognitive functions. This conclusion seems justified in the context of research conducted with world-class gymnasts who showed structural changes in the brain that translate into exceptional motor skills and spatial orientation of their own body and surrounding objects (Huang et al., 2015). Therefore, for both researchers and practitioners, it is also important to identify how different kinds of sports affect different cognitive functions and whether it is possible to distinguish cognitive functioning profiles depending on the practised sport discipline. Discovering such a link could be helpful in designing intervention programs (e.g., for children with cognitive dysfunctions) and in promoting a specific sport discipline to groups at risk of developing certain cognitive difficulties.

The improved working memory of children who participated in gymnastics, even for short periods of time, supports the results of previous studies (Hsieh et al., 2017), possibly indicating that this cognitive function is engaged when learning the motor sequences characteristic of this type of sport, thought to activate the right dorsolateral prefrontal cortex and bilateral parietal lobules (Hsieh et al., 2017).

Additionally, a study on artistic gymnasts found that they had better functioning than non-participant peers on spatial working memory and other working memory abilities, such as within-phase errors and spatial span (Serra et al., 2021). In addition to findings from Hsieh et al. (2017), our study employed tests examining long-term memory and showed a positive influence on the speed of acquisition of new information from the visual modality, as well as the consolidation process (associated with information transfer between short-term and long-term memory; (Jafari et al., 2020). However, it is worth mentioning that some researchers have reported no difference in the memory skills of sports practitioners (Irfannuddin et al., 2018). Others found working memory associated with the ability to “retain information in one’s short-term memory as well as processing it” with visual material (Borkowska, 2006; Dworska, 2020) to be higher in the gymnast group. It is worth noting that individuals who train gymnastics at an elite level pay particular attention to visual information and code information using images, that can stimulate visual memory (Hars & Calmels, 2007). Our finding of no differences in the divisibility of attention and auditory memory between gymnasts and the control group could be because these cognitive areas are less engaged during gymnastics training, but it is also noteworthy that all prior studies except Hsieh et al. (2017) involved adults rather than children. In our study, there was no statistical difference in the participant group’s orientation to stimulus, motor speed, and discrimination between relevant and irrelevant information.

Our second research question concerned any differences in EEG brain waves at Cz between gymnast practitioners and their non-gymnast peers. The only EEG difference we found was in the theta/SMR ratio. However, the improvement in these brain waves did not depend on the type of sports (gymnastics) but on the intensity of the training of any sport (more than five times a week). This could be due to the increase in the sensory-motor rhythm (SMR) correlated with physical activity, coupled with the inhibition of theta waves, which brings a sense of relaxation together with decreased anxiety and impulsivity (de Zambotti et al., 2012). In addition, a higher level of SMR in relation to theta may have a positive effect on cognitive processes such as attention, working memory, and psychomotor skills (Gruzelier et al., 2014). Additionally, higher relative SMR may influence better sensory-motor functioning, as shown by studies in children with developmental coordination (Kalkoharan et al., 2018). Moreover, children characterized by more frequent physical activity (independent of the sport discipline) have improved white matter integrity (Krafft et al., 2014). In our research, this could explain better visual-spatial functioning, as these children may have demonstrated better white matter microstructure in the brain (Muetzel et al., 2015), but this speculation requires further research for affirmation.

Our third research question concerned the moderating role of gender in cognitive functioning. We found no significant gender differences among our participants in either group. This is an interesting result because prior studies have highlighted the better functioning of females in attention and verbal functions, such as word memory, while males functioned better in spatial processing, sensorimotor tasks, and motor speed (Gur et al., 2012; Weiss et al., 2003). However, gender differences in cognitive functions may also differ across nationalities, as gender differences are largely influenced by sociocultural and educational factors (Weiss et al., 2003). Equally interesting is that, in our research, age mattered with respect to memory effects (deferred naming) and attention span, except for on tasks of divided attention or visual working memory. The importance of age in these two cognitive domains may be related to the still developing frontal cortex during pre-adolescence (Gur et al., 2012).

On the other hand, our finding of no differences in visual working memory is interesting because, between the ages of 6–11, the most significant development of spatial memory occurs (Hsieh et al., 2017), and this difference should have been positively correlated with age (such that older participants should have shown better functioning in this area). Additionally, short-term memory capacity increases with maturation (Fry & Hale, 2000). However, some studies indicated that there is no significant correlation between age and memory at this time, as the peak development in memory may occur before the age of eight years (Gur et al., 2012).

Not all our participants' cognitive functions were influenced by intelligence. Correlations were only observed between intelligence and memory (deferred naming) and divisibility of attention. Narrow theories explain the positive influence of intelligence on cognitive functions by noting that cognitive functioning is a broad construct and it is important to emphasize specific processing of cognitive information (Ganuthula & Sinha, 2019). In adolescents, however, strong correlations between

intelligence and episodic memory, verbal fluency, and processing speed have been observed (Fritsch et al., 2007). In addition, the development of information processing speed, working memory, and fluid intelligence go hand in hand (Fry & Hale, 2000). Working memory, short-term memory and fluid intelligence are highly related (Engel de Abreu et al., 2010). However, our results were not fully consistent with these previous reports, possibly because our sample size was too small to reflect these trends.

Strengths, Limitations and Directions for Further Research

The main strengths of this study were (a) our assessment of many different types of memory (short-term memory of verbal material and/or visual-spatial material; visual and spatial episodic memory) and attention (orientation to stimulus, motor speed, focusing attention on a visual stimulus, tuning out significant information from irrelevant information); (b) our focus on pre-adolescents who are amidst a period of intense brain development that makes cognitive functioning particularly subject to influence from sports participation (Khan & Hillman, 2014); and (c) our use of a rarely studied group of young gymnasts and a control group that was not sedentary.

Among our study's limitations was that measurements were performed only once, due to time constraints in initial assessment and because retesting within a short period might have created practice effects. This singular assessment prevented us from procuring follow-up data to judge the effects of sport practice over time. This follow-up data collection would be a fruitful area of further study. Additionally, while our study involved moderate sized participant groups for making comparisons, our participant sample may have been too small to reflect all age-related brain changes, given considerable variability among same aged individuals. Future studies should use larger and more diverse participant samples to compare different kinds of sports and cognitive functioning among children in late childhood.

Conclusions

In this study, child gymnasts had a better attention span, short-term and long-term visual memory, and deferred memory than did their pre-adolescent peers who were not practicing gymnastics. The only EEG difference we found between these groups was that the theta/SMR brain wave ratio showed SMR to be higher among the most physically active pre-adolescents who practiced more than five times per week, indicating that this group felt calmer and more relaxed. We observed limited interaction effects between age and intelligence on cognitive functions, though this finding differs from many previous reports with adult participants and may be related to either age differences or sample artifacts. Gender differences had no specific effect on these cognitions. The present findings may be useful in practice activities for children with weak areas of cognitive functioning, but the association found in this cross-sectional research between gymnastic practice and higher cognitive functioning did not reveal a

definitive causal relationship; the possible benefits of using gymnastics training to alter long term cognitive abilities has yet to be established.

Author Contributions

IBB: conceptualization, resources, project administration, data curation, methodology, formal analysis, writing the main manuscript text, and original draft preparation. MJ: data curation, writing the main manuscript text. ML: conceptualization, supervision, original draft preparation. All authors contributed to the article and approved the submitted version.

Declaration of Conflicting Interests

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article

Funding

The author(s) disclosed receipt of the following financial support for the research, authorship, and/or publication of this article: The work of IBB was supported by the program UGrants-Start from the University of Gdańsk 533-0C10 GS66-22.

Ethical Approval

The research project was approved by the Ethics Committee (decision no. 27/2020) at the Institute of Psychology at the University of Gdańsk and by [ClinicalTrials.gov](https://clinicaltrials.gov) (NCT number: NCT04753047). All participants (in the case of children and parents) provided written consent to participate in the study.

Data Availability

The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author (IBB).

ORCID iD

Ilona Bidzan-Bluma  <https://orcid.org/0000-0003-2775-8092>

References

- Abdel Rahman Shaheen, M. (2017). Effect of SAQ training program on BDNF response, correlated to some physical and skills of gymnastics of the Floor Exercise-elements. *Assiut Journal of Sport Science and Arts*, 2017(1), 55–67. <https://doi.org/10.21608/AJSSA.2017.138466>
- Barkley, R. A. (2015). Emotional dysregulation is a core component of ADHD. In R. A. Barkley (Ed), *Attention-deficit hyperactivity disorder: A handbook for diagnosis and treatment* (4th ed., pp. 81–115). Guilford Press.
- Bidzan-Bluma, I. (2021). Twin-to-twin transfusion syndrome donor and recipient and their subsequent cognitive functioning in late childhood as juvenile athletes-A case study.

- International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2545. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052545>
- 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. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040800>
- Biernat, E., Stupnicki, R., & Gajewski, A. (2007). International physical activity questionnaire (IPAQ) – polish version. *Physical Education and Sport*, 51(1), 47–54.
- Borkowska, A. (2006). Neuropsychological and neurobiological aspects of working memory. *Neuropsychiatria I Neuropsychologia*, 1(1), 31–42.
- Borkowska, A. R., Sajewicz-Radtke, U., Lipowska, M., & Kalka, D. (2015). *Bateria diagnozy funkcji poznawczych PUI. Pamięć – uwaga – funkcje wykonawcze [Diagnostic battery for cognitive functions evaluation. Memory – attention – Executive Functions]*. Pracownia testów psychologicznych i pedagogicznych.
- Casey, B. J., Giedd, J. N., & Thomas, K. M. (2000). Structural and functional brain development and its relation to cognitive development. *Biological Psychology*, 54(1–3), 241–257. [https://doi.org/10.1016/s0301-0511\(00\)00058-2](https://doi.org/10.1016/s0301-0511(00)00058-2)
- Casey, B. J., Jones, R. M., & Hare, T. A. (2008). The adolescent brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124(1), 111–126. <https://doi.org/10.1196/annals.1440.010>
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., Kim, J. S., Voss, M. W., Vanpatter, M., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Konkel, A., Hillman, C. H., Cohen, N. J., & Kramer, A. F. (2010). A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. *Brain Research*, 1358(1), 172–183. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.08.049>
- Chaddock-Heyman, L., Erickson, K. I., Holtrap, J. L., Voss, M. W., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2014). Aerobic fitness is associated with greater white matter integrity in children. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(1), 584–584. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00584>
- Chen, A.-G., Yan, J., Yin, H.-C., Pan, C.-Y., & Chang, Y.-K. (2014). Effects of acute aerobic exercise on multiple aspects of executive function in preadolescent children. *Psychology of Sport and Exercise*, 15(6), 627–636. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2014.06.004>
- Dajek, E. R. (1999). *Diagnozowanie uszkodzeń mózgu wg F. Hillersa*. ERDA.
- de Greeff, J. W., Bosker, R. J., Oosterlaan, J., Visscher, C., & Hartman, E. (2018). Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(5), 501–507. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.09.595>
- de Zambotti, M., Bianchin, M., Magazzini, L., Gnesato, G., & Angrilli, A. (2012). The efficacy of EEG neurofeedback aimed at enhancing sensory-motor rhythm theta ratio in healthy subjects. *Experimental Brain Research*, 221(1), 69–74. <https://doi.org/10.1007/s00221-012-3148-y>
- Dworska, K. (2020). Wybrane funkcje wykonawcze u adolescentów uprawiających pływanie wyczynowe. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Sectio J – Paedagogia-Psychologia*, 33(2), 71–84. <https://doi.org/10.17951/j.2020.33.2.71-84>
- Engel de Abreu, P. M. J., Conway, A. R. A., & Gathercole, S. E. (2010). Working memory and fluid intelligence in young children. *Intelligence*, 38(6), 552–561. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2010.07.003>

- Fritsch, T., McClendon, M. J., Smyth, K. A., Lerner, A. J., Friedland, R. P., & Larsen, J. D. (2007). Cognitive functioning in healthy aging: The role of reserve and lifestyle factors early in life. *The Gerontologist*, *47*(3), 307–322. <https://doi.org/10.1093/geront/47.3.307>
- Fry, A. F., & Hale, S. (2000). Relationships among processing speed, working memory, and fluid intelligence in children. *Biological Psychology*, *54*(1-3), 1–34. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(00\)00051-x](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(00)00051-x)
- Ganuthula, V. R. R., & Sinha, S. (2019). The looking glass for intelligence quotient tests: The interplay of motivation, cognitive functioning, and affect. *Frontiers in Psychology*, *10*(1), 2857. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02857>
- Gruzelier, J. H., Holmes, P., Hirst, L., Bulpin, K., Rahman, S., van Run, C., & Leach, J. (2014). Replication of elite music performance enhancement following alpha/theta neurofeedback and application to novice performance and improvisation with SMR benefits. *Biological Psychology*, *95*(1), 96–107. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2013.11.001>
- Gur, R. C., Richard, J., Calkins, M. E., Chiavacci, R., Hansen, J. A., Bilker, W. B., Loughhead, J., Connolly, J. J., Qiu, H., Mentch, F. D., Abou-Sleiman, P. M., Hakonarson, H., & Gur, R. E. (2012). Age group and sex differences in performance on a computerized neurocognitive battery in children age 8-21. *Neuropsychology*, *26*(2), 251–265. <https://doi.org/10.1037/a0026712>
- Hars, M., & Calmels, C. (2007). Observation of elite gymnastic performance: Processes and perceived functions of observation. *Psychology of Sport and Exercise*, *8*(3), 337–354. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2006.06.004>
- Hsieh, S.-S., Lin, C.-C., Chang, Y.-K., Huang, C.-J., & Hung, T.-M. (2017). Effects of childhood gymnastics program on spatial working memory. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *49*(12), 2537–2547. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001399>
- Huang, R., Lu, M., Song, Z., & Wang, J. (2015). Long-term intensive training induced brain structural changes in world class gymnasts. *Brain Structure & Function*, *220*(2), 625–644. <https://doi.org/10.1007/s00429-013-0677-5>
- Jafari, S., Moghimi, K., & Ahmadi, P. (2020). Investigating the relationship between long-term memory and working memory and performance of 8 to 10 year old female gymnasts. *Journal of Motor and Behavioral Sciences*, *3*(4), 461–470.
- Jeon, K. H. (2015). Effects of national gymnastics and brain gymnastics on frontal lobe activity. *Journal of International Academy of Physical Therapy Research*, *6*(2), 896–901. <https://doi.org/10.5854/JIAPTR.2015.10.30.896>
- Jochimek, M., & Łada, A. B. (2019). Help or hindrance: The relationship of physical activity with aggressiveness and self-esteem in 16-year-old adolescents. *Health Psychology Report*, *7*(3), 242–253. <https://doi.org/10.5114/hpr.2019.86698>
- Kadir, M. R., Irfanuddin, I., Fediani, Y., Santoso, B., & Dewi, M. R. (2018). The recommended aerobic gymnastics has better effects on improving cognitive and motoric ability in children. *Bioscientia Medicina : Journal of Biomedicine and Translational Research*, *2*(3), 25–34. <https://doi.org/10.32539/bsm.v2i3.57>
- Kalkhoran, J. F., Amini, H. A., Salman, Z., & Zarejyan, E. (2018). Gymnastics training improves executive and sensorimotor functions in children with developmental coordination disorder. *Journal of Integrative Pediatric Healthcare*, *2*(1), 1–6. <https://doi.org/10.5854/JIAPTR.2015.10.30.896>

- Khan, N. A., & Hillman, C. H. (2014). The relation of childhood physical activity and aerobic fitness to brain function and cognition: A review. *Pediatric Exercise Science, 26*(2), 138–146. <https://doi.org/10.1123/pes.2013-0125>
- Knapp, B. H. (1967). *Skill in sport*. Routledge & Kegan.
- Kochanowicz, A., Niespodziński, B., Mieszkowski, J., Kochanowicz, K., & Sawczyn, S. (2018). The effect of gymnastic training on muscle strength and co-activation during isometric elbow and glenohumeral flexion/extension. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 58*(7-8), 966–973. <https://doi.org/10.23736/s0022-4707.17.06916-x>
- Kołodziejczyk, I. (2007). W zdrowym ciele zdrowy duch? Wpływ aktywności fizycznej na funkcjonowanie poznawcze w starszym wieku [the influence of physical activity on the cognitive functioning in old age]. *Kosmos, 56*(3–4), 361–369.
- Krafft, C. E., Schwarz, N. F., Chi, L., Weinberger, A. L., Schaeffer, D. J., Pierce, J. E., Rodrigue, A. L., Yanasak, N. E., Miller, P. H., Tomporowski, P. D., Davis, C. L., & McDowell, J. E. (2014). An 8-month randomized controlled exercise trial alters brain activation during cognitive tasks in overweight children. *Obesity (Silver Spring), 22*(1), 232–242. <https://doi.org/10.1002/oby.20518>
- Krištofič, J., Malý, T., & Zahálka, F. (2018). The effect of intervention balance program on postural stability. *Science of Gymnastics Journal, 10*(1), 7–27. <https://doi.org/10.1080/02770903.2017.1342257>
- Lamberti, G., & Weidlich, S. (1999). *DCS a visual learning and memory test for neuropsychological assessment, after F. Hillers: manual*. Hogrefe & Huber.
- Levine, B. D., Baggish, A. L., Kovacs, R. J., Link, M. S., Maron, M. S., & Mitchell, J. H. (2015). Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: Task force 1: Classification of sports: Dynamic, static, and impact: A scientific statement from the American heart association and American college of cardiology. *Journal of the American College of Cardiology, 66*(21), 2350–2355. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.09.033>
- Lin, C. C., Hsieh, S. S., Chang, Y. K., Huang, C. J., Hillman, C. H., & Hung, T. M. (2021). Up-regulation of proactive control is associated with beneficial effects of a childhood gymnastics program on response preparation and working memory. *Brain and Cognition, 149*(1), 105695. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2021.105695>
- Lubar, J. F. (1991). Discourse on the development of EEG diagnostics and biofeedback for attention-deficit/hyperactivity disorders. *Biofeedback and Self-Regulation, 16*(3), 201–225. <https://doi.org/10.1007/bf01000016>
- Mitchell, J. H., Haskell, W., Snell, P., & Van Camp, S. P. (2005). Task force 8: Classification of sports. *Journal of the American College of Cardiology, 45*(8), 1364–1367. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.02.015>
- Mitic, M., Woodcock, K. A., Amering, M., Krammer, I., Stiehl, K. A. M., Zehetmayer, S., & Schrank, B. (2021). Toward an integrated model of supportive peer relationships in early adolescence: A systematic review and exploratory meta-analysis. *Frontiers in Psychology, 12*(2), 589403. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.589403>
- Muetzel, R. L., Mous, S. E., van der Ende, J., Blanken, L. M. E., van der Lugt, A., Jaddoe, V. W. V., Verhulst, F. C., Tiemeier, H., & White, T. (2015). White matter integrity and cognitive performance in school-age children: A population-based neuroimaging study. *Neuroimage, 119*(1), 119–128. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.06.014>

- Nyongesa, M. K., Ssewanyana, D., Mutua, A. M., Chongwo, E., Scerif, G., Newton, C. R. J. C., & Abubakar, A. (2019). Assessing executive function in adolescence: A scoping review of existing measures and their psychometric robustness. *Frontiers in Psychology, 10*, 311. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00311>
- Poulton, E. C. (1957). On prediction in skilled movements. *Psychological Bulletin, 54*(6), 467–478. <https://doi.org/10.1037/h0045515>
- Schaffer, D. R., & Kipp, K. (2020). *Developmental Psychology: Childhood and adolescence* (Ninth edition). Wadsworth Publishing Co Inc.
- Schmidt, M., Jäger, K., Egger, F., Roebbers, C. M., & Conzelmann, A. (2015). Cognitively engaging chronic physical activity, but not aerobic exercise, affects executive functions in primary school children: A group-randomized controlled trial. *Journal of Sport & Exercise Psychology, 37*(6), 575–591. <https://doi.org/10.1123/jsep.2015-0069>
- Serra, L., Raimondi, S., di Domenico, C., Maffei, S., Lardone, A., Liparoti, M., Sorrentino, P., Caltagirone, C., Petrosini, L., & Mandolesi, L. (2021). The beneficial effects of physical exercise on visuospatial working memory in preadolescent children. *AIMS Neuroscience, 8*(4), 496–509. <https://doi.org/10.3934/Neuroscience.2021026>
- Stańczak, J. (2013). *CFT 20-R neutralny kulturowo test inteligencji cattella – wersja 2 [CFT 2. Culture Fair intelligence test – version 2. PTP.*
- Thompson, M., & Thompson, L. (2015). *The neurofeedback book :an introduction to basic concepts in applied psychophysiology*: Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback.
- Wang, J., Lu, M., Fan, Y., Wen, X., Zhang, R., Wang, B., Ma, Q., Song, Z., He, Y., Wang, J., & Huang, R. (2016). Exploring brain functional plasticity in world class gymnasts: A network analysis. *Brain Structure & Function, 221*(7), 3503–3519. <https://doi.org/10.1007/s00429-015-1116-6>
- Weiss, E. M., Kemmler, G., Deisenhammer, E. A., Fleischhacker, W. W., & Delazer, M. (2003). Sex differences in cognitive functions. *Personality and Individual Differences, 35*(4), 863–875. [https://doi.org/10.1016/s0191-8869\(02\)00288-x](https://doi.org/10.1016/s0191-8869(02)00288-x)

Author Biographies

Ilona Bidzan-Bluma, PhD Student is a clinical psychologist, neuropsychologist, research and didactic assistant at the Department of Psychology of the Gdansk University of Physical Education and Sport and PhD Student at University of Gdansk. Her research interest focus on Clinical Psychology and Sport Neuropsychology.

Magdalena Jochimek, Ph.D. is research and didactic assistant professor at the Department of Psychology of the Gdansk University of Physical Education and Sport. Her research focuses on sports psychology and health psychology, in particular the health behaviour of people involved in sports.

Malgorzata Lipowska, associate professor PhD in Institute of Psychology at University of Gdansk in Poland. She is a clinical psychologist, children and youth psychotherapist and also a Provincial Consultant for Clinical Psychology in Pomerania Voivodeship. Her research interest focus on Clinical Child Psychology and Body Image from developmental and clinical perspective.

Cognitive Functions in Pre-Adolescent Children Involved in Gymnastic and Soccer

Ilona Bidzan-Bluma^{1,2}, Paweł Jurek¹, and Małgorzata Lipowska¹

¹Institute of Psychology, University of Gdańsk, Gdańsk, Poland

²Institute of Pedagogy and Languages; University of Applied Sciences, Elbląg, Poland

ABSTRACT

Background: Some findings underscore the cognitive benefits associated with sports. However, the differences in cognitive functions of soccer and gymnasts have not been evaluated so far. There is still a scarcity of scientific research concerning children in late childhood. This research aimed to test the cognition of those groups including memory, attention and attentional control, executive functions in the preadolescence phase. **Methods:** We enrolled 176 participants (88 boys and 88 girls aged 10-12 years). Participants were selected based on age and engagement in specific types of exercises: Group 1, gymnasts ($n = 59$) involved in closed-skill exercises, Group 2, soccer players ($n = 59$) engaged in open-skill exercises, and a comparison group ($n = 58$) comprising children not regularly participating in such sports. **Results:** Children practicing soccer demonstrated better cognitive functions, particularly in areas related to attention and cognitive flexibility. In contrast gymnasts displayed lower selective attention and had better verbal working memory. Both athlete groups demonstrated higher performance in the phonological loop and immediate free recall of visual material compared to the control group. No changes in cognitive inhibition, reasoning, verbal fluency, planning, Theta/Beta Ratio, or Theta/SMR ratio were observed in either group. **Conclusions:** The study provides valuable insights into the particular cognitive domains impacted by various types of physical activities among children, highlighting the potential implications for educational and sports interventions and emphasizing the cognitive advantages linked with participation in sports during childhood.

KEYWORDS

cognition
sport
gymnastics
soccer
children

INTRODUCTION

The influence of sport on cognitive functions has received much attention in recent years. There is some evidence pointing to benefits of physical activity on cognition (Bidzan-Bluma & Lipowska, 2018).

An interesting topic is whether different sports disciplines engage different cognitive functions. Because various sports demand distinct cognitive and motor skills, when examining the cognitive functioning of athletes, one method of classification involves categorizing sports into "open-skill" and "closed-skill" exercises (Knapp, 1963; Poulton, 1857; Wang et al., 2013). Open-skill exercises involve dynamically changing environments and paces dependent on external factors, while closed-skill exercises feature a consistent, predictable environment determined by the athlete alone (Bidzan-Bluma et al., 2023; Knapp, 1963; Poulton, 1857; Waleriańczyk & Stolarski, 2021; Wang et al., 2013). Athletes in open-skill sports may exhibit better performance in executive functions, such as cognitive flexibility, decision-making, and inhibition (Di Russo et al., 2010; Voss et al., 2010; Wang et al., 2013). Participation in open-skilled sports influences higher switching skills (Möhring et al., 2022).

However, limited research has explored the cognitive benefits of closed-skill sports, with one long-term experiment noting no changes in executive functions among practitioners of a closed-skill discipline (Huang et al., 2015).

Cognitive Functions in Youth Soccer Players and Gymnastics

Previous studies on sports gymnasts suggest better functioning in terms of short-term memory for visual material, deferred naming memory, long-term memory for visual material, and attention span compared to nonathletes (Bidzan-Bluma et al., 2023; Hsieh et al., 2017). In contrast, more research has been conducted on children practicing soccer, possibly due to its global popularity. Soccer players demonstrate significantly better results in executive functions (inhibition), short-term memory, working memory, and attention (Verburgh et al., 2016). Executive functions appear to be decisive for achieving

Corresponding author: Ilona Bidzan-Bluma, Institute of Psychology, University of Gdańsk, ul. Bażyńskiego 4, Gdańsk, Poland, Institute of Pedagogy and Languages; University of Applied Sciences, ul. Wojska Polskiego 1, Elbląg, Poland.
Email: ilona.bidzan-bluma@phdstud.ug.edu.pl

success in the discipline, encompassing both higher-level executive functions associated with information manipulation and core executive functions linked to simple working capacity (Vestberg et al., 2017).

Authors' Model: Factors Influencing Cognitive Functions

We incorporated components such as temperament into our model of influences in the choice of sports discipline. According to Buss and Plomin's theory (1984), temperament consists of four dimensions: emotionality (discontent, fear, anger), activity (linked to motor behaviors and reaction style), sociability (willingness to spend time with others), and shyness (inhibition and tension when interacting with unfamiliar people, Budnik-Przybylska & Kuchta, 2020; Oniszczenko, 2015).

Meanwhile, the intensity and nature of the sport may contribute to cognitive functioning enhancement, whereas age, gender and intelligence play a moderating role.

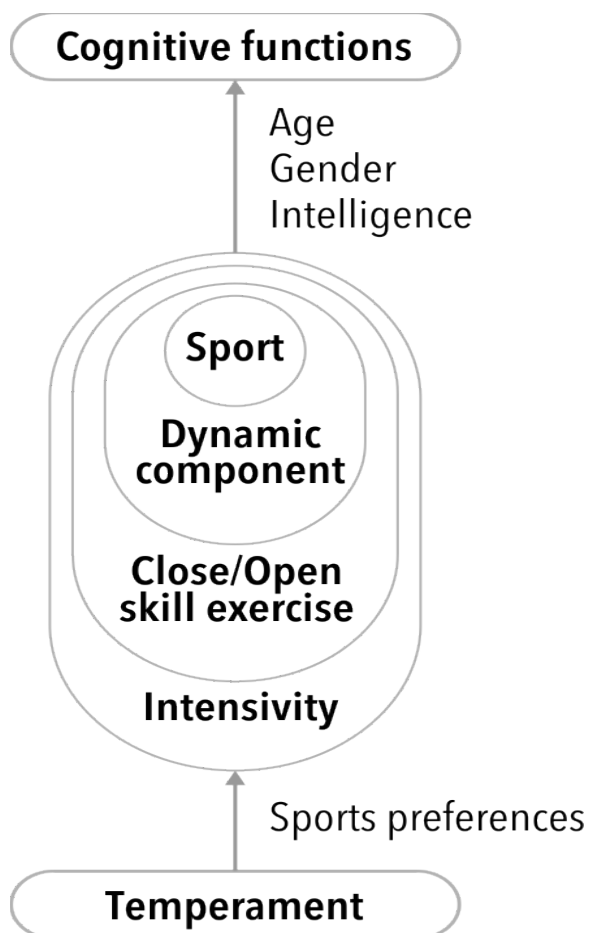


FIGURE 1.

Source: author's model. Source: prepared by the authors based on (Bidzan-Bluma, 2021; Knapp, 1967; Levine et al., 2015; Mitchell et al., 2005; Poulton, 1957; Wang et al., 2016).

THE CURRENT STUDY

Our motivation for conducting the current study stemmed from several factors:

1. Limited published research regarding the relationship between sports and cognitive functions in children in late childhood;
2. The significance period for brain development. The most intensive development of executive functions occurs between 7 and 12 years of age. The most significant development of the frontal and temporal lobe gyri typically takes place prior to the age of 12 years.
3. Most researchers consider individual cognitive functions or exclusively executive functions, rather than the entirety of cognitive functioning, encompassing memory, attention, visual-spatial abilities, executive functions, abstract, cause-and-effect, creative thinking, and planning, as well as language functions.

The central aim of our study was to examine the differences in young athletes engaging in different sport activities (open and closed sports).

Age, gender, and fluid intelligence were controlled for. Additionally, children's temperament was measured in order to assess the relationship of temperament with preference for sport disciplines and the intensity of the undertaken sport discipline.

Our hypotheses were: (a) children practicing open-skill exercises and closed-skill exercises differ in their cognitive functioning profiles; (b) children practicing professional sport performed better cognitive functions in comparison to the control group; and (c) children's temperament is related to preferences for specific types of sports activities.

METHODS

Procedure

The current study was a project comparing the cognitive functioning of 10–12-year-olds who do not practice sports competitively with young athletes practicing different sports activities: gymnastics – a closed-skill sport; and football/soccer – open-skill sport (Levine et al., 2015; Mitchell et al., 2005; Wang et al., 2013). The research project was approved by the Ethics Committee (decision no. 27/2020) at the University of Gdańsk and by ClinicalTrials.gov (NCT number: NCT04753047).

Participants and Procedure

A total of 176 children aged 10–12 years constituted the study group with a mean age of 11.06 ($SD = 0.77$); the comparison group was 58 children who did not play sports competitively. The inclusion criteria were: age 10–12 years, consent to participate in the study, and speaking Polish natively. Parent-teacher meetings and emails were used to encourage parents to have their children participate, and everyone who volunteered took part in the study. Children from the Sports Championship School in Gdańsk, Bydgoszcz, Łódź, and Szczecin and from the female football team in Tczew constituted the soccer group,

TABLE 1.

Characteristics of The Study Participants

Variable	Closed-skill exercise	Open-skill exercise	Without regular	Total (N = 176)
	(n = 59)	(n = 59)	exercise (n = 58)	
	n (%) / M (SD)	n (%) / M (SD)	n (%) / M (SD)	N (%) / M (SD)
Gender				
Boys	28 (47.5%)	33 (55.9%)	27 (46.6%)	88 (50.0%)
Girls	31 (52.5%)	26 (44.1%)	31 (53.4%)	88 (50.0%)
Age	11.01 (0.89)	11.02 (0.77)	11.14 (0.64)	11.06 (0.77)
Parents' education (highest)				
Below secondary	1 (1.7%)	2 (3.4%)	–	3 (1.7%)
Secondary	21 (35.6%)	11 (18.6%)	6 (10.3%)	38 (21.6%)
Graduate	37 (62.7%)	46 (78.0%)	52 (89.7%)	135 (76.7%)
The average time of a child's sports activity (per day)				
Less than 30 minutes	–	–	19 (32.8%)	19 (10.8%)
30–60 minutes	–	2 (3.4%)	37 (63.8%)	39 (22.2%)
60–120 minutes	17 (28.8%)	44 (74.6%)	2 (3.4%)	63 (35.8%)
More than 120 minutes	42 (71.2%)	13 (22.0%)	–	55 (31.3%)
Sport achievements	30 (50.8%)	31 (52.5%)	10 (17.2%)	71 (40.3%)

while the comparison group came from primary school students in Gdańsk.

The first study group was 59 young athletes aged 10.0–12.9 years ($M = 11.01$; $SD = 0.89$), of whom 28 were boys and 31 were girls. Most children in this group trained 5–7 times a week, with their sessions lasting for 60 to 120 minutes (17 individuals) or more than 120 minutes (42 individuals). Awards in competitions had been achieved by 50.8% of this group.

The second study group was 59 soccer players aged 10.0–12.9 years ($M = 11.02$; $SD = 0.77$), of whom 33 were boys and 26 were girls. Most children in this group practiced soccer 5–7 times a week, with their training sessions lasting 60 to 120 minutes (44 individuals) or more than 120 minutes (13 individuals). Awards in competitions had been achieved by 52.5% of this group. The comparison group was 58 children who did not practice any sports discipline, aged 10.1–12.7 years ($M = 11.14$; $SD = 0.64$; 27 boys, 31 girls). Most children in this group were physically active twice a week (17 children) or 3–4 times a week (20 children), usually for less than 60 minutes (96%).

Detailed information regarding the characteristics of the study participants is presented in Table 1.

Measures

Both the children and their parents gave informed written consent to participate in this study. Then, the parent completed the following questionnaires:

1. The EAS-C Temperament Questionnaire (Buss & Plomin, 1984; adapted by Oniszczenko, 2015 [modified version]). This version of the questionnaire, designed for parents, coaches, and teachers, consists of 20 statements for each of four scales (activity, emotionality, sociability, and shyness), on which the respondents indicated the extent to which each item is applicable to their child on a five-point scale (from 1 = *not characteristic or typical of your child* to 5 = *very characteristic or*

typical of your child). These scores pertain to each temperament and are summed for a total score. Cronbach's α s for the scales range from $\alpha = 0.49$ to $\alpha = 0.85$.

2. The International Physical Activity Questionnaire, in a version modified for children (Biernat et al., 2007). Better physical activity is indicated by higher scores, ranging from insufficient (less than 600 MET-min/week), to sufficient (600–1500 or 600–3000 MET-min/week), to high (more than 1500 or 3000 MET-min/week).

Next, each child was evaluated individually in one session that lasted about two hours, as follows:

1. Ability to focus attention was assessed with EEG biofeedback (Thompson & Thompson, 2012). A centrally-placed electrode (Cz) was used to measure fast (Alpha, Beta1, Beta2) and slow (Delta, Theta) brainwaves. The study was conducted using a closed script. The following spectral indices were analyzed: Theta/Beta (4–8Hz/16–20Hz; Lubar's index; Lubar, 1991) and Theta/SMR (Monastra's index; Monastra, 1999)

2. General intelligence was measured with the Culture Fair Intelligence Test – version 2 revised (CFT-20-R), which measures general intelligence, understood as fluid intelligence (adapted by Stańczak, 2013). Higher scores indicate greater fluid intelligence (maximum score = 56; minimum score = 0). Cronbach's α s were > 0.8 .

3. The PU1 Battery was used to assess the general cognitive functions (memory, attention, executive functions) in children aged 10:0–12:11 (years: months, Borkowska et al., 2015). Cronbach's α s were 0.6–0.9. In PU1 scores are converted to scaled scores (range 1–10) using age-specific norms. Scaled scores 1–4 are interpreted as far below average, 5–7 as below average, 8–12 as average, 13–15 above average, and 16–19 as superior. The PU1 Battery is recommended by consultants in clinical psychology in Poland (Sitnik-Warchulska et al., 2019).

4. Episodic memory for visuo-spatial material (speed of learning new information, consolidation process, and the ability to transfer information from short-term to long-term memory) was measured with the Diagnosis of Brain Damage (DSC; Lamberti & Weidlich, 1999). Cronbach's α was 0.68. The Nonverbal Learning and Memory Test was used to measure the ability to memorize and learn nonverbal material. Short-term and long-term memory were assessed. The task was to memorize a series of nine figures which consist of five straight lines in a maximum of six learning sessions. All the figures should be reproduced from the memory after each performance of the series (Lamberti & Weidlich, 1999).

Statistical Analysis

A one-way analysis of variance (ANOVA) was performed to identify statistically significant differences in cognitive functioning variables between children who practiced open-skill exercise sports, children who practiced close-skill exercise sports, and children who did not practice any sports discipline on a regular basis. To assess the effect sizes, eta-squared (η^2) was used along with the general rules of thumb for η^2 given by Cohen (1988): $\eta^2 = 0.01$ indicates a small effect, $\eta^2 = 0.06$ indicates a medium effect, and $\eta^2 = 0.14$ indicates a large effect.

Since a one-way ANOVA reveals that there is (or is not) a statistically significant difference in the dependent variable between at least two groups, Tukey's HSD test for multiple comparisons was performed.

RESULTS

Table 2 presents the mean results of the measured variables obtained in the three groups. Additionally, the results of the ANOVA test have been included in the table. A one-way ANOVA revealed that there was a statistically significant difference in selective attention between at least two groups of examined children. Tukey's HSD test for multiple comparisons found that the mean value of selective attention was statistically significantly different between children who practised open-skill exercise sports and children who did not practise any sports regularly. Compared to both groups, children who played football achieved higher scores in this respect. This finding was partially replicated when another test for measuring selective attention was used (i.e., PU1) – the results of the ANOVA showed a statistically significant difference between the groups. Post-hoc tests revealed that children practicing open-skill exercise sports scored higher than children who do not practice any sports regularly. However, football players also scored higher than the gymnasts, who reported the lowest selective attention of all groups.

Moreover, there was a statistically significant difference in phonological loop performance between children who practiced close-skill exercise sports and children who did not practice any sports. Here, too, athletes achieved higher results compared to nonathletes. Post hoc tests revealed that both groups of athletes scored higher on average compared to children who did not play any sport.

Statistically significant differences were also found in sustained attention. Post-hoc tests revealed that football players had significantly

higher scores than the comparison group, while no statistically significant differences were found between football players and gymnasts, as well as between gymnasts and the comparison group. The same pattern of differences (or lack thereof) was observed in the case of attentional control and cognitive flexibility (see Table 2).

Statistically significant differences between the study groups were also observed in the mean scores for verbal working memory. Post-hoc tests revealed that children engaged in closed-skill exercise achieved higher scores compared to the other two groups.

In terms of immediate free recall (Figures Learning Trials I-III; DBD), both groups of children engaged in regular sports activities obtained higher scores compared to the group of children who did not engage in regular sports activities. Furthermore, children practicing closed-skill exercise sports and open-skill exercise sports did not differ statistically significantly from each other in this regard. The same pattern of results was observed in long-delay free recall as well as fluid intelligence IQ (CFT-20-R).

Contrary to expectations, there was no statistically significant difference between groups ($p < .05$) in cognitive inhibition (measured in two different tests), attention and calculation, verbal short-term memory, visual working memory, reasoning, initial letter fluency, semantic fluency, planning, Theta/Beta Ratio, or Theta/SMR ratio (see Table 2).

Additionally, temperament was examined to assess its relationship with the preference for specific types of sports activity. Table 3 provides a comparison of the mean results in the three groups, along with the results of the ANOVA for each measured dimension of temperament. As can be seen in Table 3, statistically significant differences between the groups were found for activity and sociability. Post hoc tests revealed that for activity, the mean scores of children engaged in gymnastics and soccer significantly differed from those in the comparison group. However, no significant differences were found between the two sports groups. Regarding sociability, significant differences were observed only between children playing soccer and those in the comparison group.

DISCUSSION

This is the first study assessing the cognitive functions in preschool children engaged in soccer and gymnastics. Our findings revealed statistically significant differences among gymnasts, soccer players, and the comparison group.

Both groups of athletes scored better on cognitive functioning than the nonathletes. This is in line with previous reports about the beneficial impact of sports on cognitive functions (Bidzan-Bluma & Lipowska, 2018; Donnelly et al., 2016). The impact on increased neuroplasticity of the brain, and consequently, improved cognitive functioning, appears to be associated with brain-derived neurotrophic factor (BDNF, Hötting & Röder, 2013).

Our first hypothesis assumed that children practicing open-skill exercises and closed-skill exercises differ in their cognitive functioning profiles. This hypothesis was confirmed. We found that children who played soccer had better results for selective attention compared to

TABLE 2.

Means, Standard Deviations, and One-Way Analysis of Variance for Selected Cognitive Functions

Variable	Closed-skill exercise (<i>n</i> = 59)		Open-skill exercise (<i>n</i> = 59)		Without regular exercise (<i>n</i> = 58)		<i>F</i>	η^2
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>		
Selective attention	142.15	24.17	153.15	23.81	135.79	22.20	8.24**	0.09
Cognitive inhibition	25.63	16.44	30.86	14.02	28.32	16.91	1.61	0.02
Phonological loop	21.82	3.75	20.99	4.07	19.30	3.24	7.02**	0.08
Sustained attention (PU1)	55.14	12.64	52.34	13.14	58.53	10.16	3.87*	0.05
Selective attention (PU1)	29.90	8.27	39.20	10.62	36.16	7.97	16.24**	0.16
Cognitive inhibition (PU1)	71.83	21.82	76.49	20.78	79.42	14.57	2.27	0.03
Attentional control (PU1)	123.14	28.98	132.00	29.95	115.00	28.71	4.95**	0.05
Cognitive flexibility (PU1)	99.49	14.48	103.66	10.88	94.45	12.79	7.59**	0.08
Attention and Calculation (PU1)	1.66	2.67	1.69	2.28	2.53	2.97	2.02	0.02
Verbal working memory (PU1)	24.73	2.30	23.69	2.63	22.86	1.99	9.51**	0.10
Verbal short-term memory (PU1)	12.41	3.93	12.73	3.46	11.47	3.34	1.95	0.02
Visual working memory (PU1)	19.14	3.35	18.68	3.87	18.02	2.84	1.62	0.02
Reasoning (PU1)	37.29	2.17	37.97	3.04	37.64	1.91	1.15	0.01
Initial letter fluency (PU1)	12.92	3.40	12.90	3.72	12.50	3.57	0.25	<0.01
Semantic fluency (PU1)	18.93	4.87	20.15	5.68	18.00	4.99	2.53	0.03
Planning (PU1)	6.51	1.18	6.78	1.34	7.03	2.23	1.49	0.02
Immediate Free Recall (Trial I)	4.22	1.46	4.07	1.73	2.79	1.40	15.14**	0.15
Immediate Free Recall (Trial II)	6.22	1.47	5.75	1.74	4.38	1.84	18.64**	0.18
Immediate Free Recall (Trial III)	7.36	1.45	6.81	1.62	5.19	1.97	26.90**	0.23
Long-Delay Free Recall	7.10	1.49	6.73	1.78	5.12	1.72	23.25**	0.21
Fluid intelligence IQ	105.56	12.57	101.22	11.98	97.51	12.11	6.31**	0.07
Attention – Theta/Beta Ratio (the higher the ratio, the less concentrated the attention)	3.07	0.87	3.33	0.81	3.10	0.68	1.82	0.02
Relax – Theta/SMR Ratio in the attention condition (the higher the ratio, the more relaxation)	2.69	0.73	2.93	0.63	2.72	0.58	2.24	0.03

p < .05, ** *p* < .01**TABLE 3.**

Means, Standard Deviations, and One-Way Analysis of Variance for Temperament Dimensions

Temperament Dimensions	Closed-skill exercise (<i>n</i> = 59)		Open-skill exercise (<i>n</i> = 59)		Without regular exercise (<i>n</i> = 58)		<i>F</i>	η^2
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>		
Shyness	11.58	3.90	10.97	3.76	12.86	5.37	2.83	0.03
Activity	20.68	2.68	21.58	2.15	18.22	5.14	13.88**	0.14
Sociability	19.36	3.52	20.80	2.47	18.88	3.84	5.29**	0.06
Emotionality	13.47	2.76	14.14	3.60	14.60	3.13	1.86	0.02

** *p* < .01

gymnasts. This may stem from the fact that this sport requires good selective attention: one needs to concentrate on a dynamic environment and quickly react to a variety of situations. This is corroborated by the findings of Williams et al. (2011), who indicated that the significance of such cognitive abilities appears to be considerably greater in so-called open sports disciplines, which require constant attentional focus, control of numerous situational variables, and adaptation to changing competitive conditions."

In fact, children who did not practice any sports also performed better in this regard in comparison to the gymnasts. This may indicate that gymnastics does not require, and therefore does not reinforce, this function.

Working memory for verbal material was better in sport gymnasts. This is a surprising result, we assumed, that working memory for visual material may be better, because they must memorize the sets they perform. Interestingly, research to date has suggested better functioning in terms of visual memory, both short and long-term, in children who practice gymnastics aged 7-10 (e.g., Hsieh et al., 2017). We did not observe a difference between soccer players and gymnasts for free recall and long-delay free recall of visual material. Both groups performed similarly, which may indicate that visual memory is engaged and important for both gymnastics and soccer (in the latter, e.g., remembering what is happening in the field).

We found that sustained attention is the same in soccer players and gymnasts, as it might be expected that this skill is needed more in open-skill sports.

No significant differences were observed in executive functioning of the two groups of athletes. This contrasts with previous research, which has documented enhanced executive functioning, particularly inhibition, among individuals engaged in open-skill sports training (Di Russo, 2010; Voss et al., 2010; Wang et al., 2013). However, in our study, we did not observe differences in executive functioning (planning, reasoning, or cognitive inhibition).

The differences in this area may result from different age groups (most studies included older participants, usually aged 19-20) and in the current study, the number of correct hits and errors were analyzed while in the previous studies the reaction times were taken into account.

Our second hypothesis concerned whether the athlete groups performed better in comparison to the control group. The majority of statistically significant differences favoured athletes, which is in line with some reports about the positive impact of physical activity on cognitive functions (Bidzan-Bluma & Lipowska, 2018; Donnelly et al., 2016).

Individuals practicing soccer performed better in tasks engaging selective attention. This is in line with the research by Janssen et al. (2014), who examined children at the same age (10-11 years old) as in our study. Moreover, the two groups of athletes performed better in terms of the phonological loop – one of the components of working memory that stores auditory material (e.g., words). Better results in this area may be explained through research on the impact of sports on language functions. Previous studies have shown a positive impact on the broader lexical network and understanding of meaning of words,

as well as better ability to spot syntax errors (Scudder, Federmeier et al., 2014; Scudder, Lambourne et al., 2014) and better writing ability (Mullender-Wijnsma et al., 2016). Moreover, the sport gymnasts were characterised by better short- and long-term memory of visual material, and working memory than the control group.

We also investigated temperament as a moderator because we assumed that it plays a role in one's choice of sport. The results suggest that for physical activity, defined as expenditure of physical energy through motor activities (Oniszczenko, 2015), mean scores of children practicing sport gymnastics and soccer were significantly different to those of the control group. Both sport gymnasts and soccer players were characterised by faster speed and higher intensity of reaction.

Moreover, we observed differences in sociability, especially seeking contact with other people, between soccer players and the control group. This factor seems important for selecting an open-skill sport, in which frequent contact with other players is a necessity. These results are in line with previous studies suggesting that children who are more active have smaller increases in introversion as childhood progresses (Allen et al., 2015).

No differences were observed for shyness and emotionality. This may mean that in the case of temperament, activity (impacting on the overall choice to do sports) and sociability (impacting the choice between open-skill and closed-skill sports) are the more influential aspects.

Strengths and Limitations

A notable strength is that our sample was relatively large compared to previous studies.

Another strength lies in our comprehensive assessment of cognitive functions, encompassing memory processes, attention processes, executive functions, and language functions (verbal fluency). Previous studies have often concentrated on specific cognitive functions, whereas our study integrated a broader perspective. The research design incorporates two sports concepts, enabling simultaneous consideration of the nature of the sport (open or closed skill) and the cardiovascular demand (emphasizing the dynamic, aerobic component). Another key aspect of the current study is its focus on children, a departure from the predominant emphasis on adults in existing literature. All participants were within a specific developmental period: the crucial transition from childhood to adolescence, characterized by the development of logical thinking, the ability to decentrate, and the increasing dominance of voluntary over involuntary memory. Despite the challenges posed by the pandemic, data collection was executed individually by a single researcher (masked for the review), and no aspect of the study was conducted remotely."

One limitation of the project is that only fluid intelligence was measured. This type of intelligence may explain most of the assessed cognitive functions. However, in the case of the phonological loop, verbal intelligence (which was not measured) could have better explanatory value. Other limitations include the fact that this was a cross-sectional study, conducted at one time point, and that only two sport disciplines were taken into account.

Conclusions

Our results suggest significant differences in the selectiveness and divisibility of attention, working memory, and visual memory between children engaged in soccer and those participating in sports gymnastics. Furthermore, these children demonstrated superior performance on cognitive functioning tests compared to their non-physically active peers. Young athletes also exhibited more active temperaments, with soccer players being notably more sociable. It is noteworthy that this study contributes to the existing literature by examining pre-adolescent children and investigating a range of cognitive functions.

Future Directions

In the future, it would be worth taking into account cognitive functions in individuals practicing other sport disciplines with varying dynamic and static loads, as well as taking into account their closed-skill versus open-skill character. It would also be valuable to conduct longitudinal studies, extending them throughout subsequent developmental phases and adding gender-uniform samples.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to greatly thank all the participants for investing the time to participate in our studies. We would like to thank Padraic Coughlan for proofreading the article.

No potential conflict of interest was reported by the authors.

The author(s) disclosed receipt of the following financial support for the research, authorship, and/or publication of this article: The work of IBB was supported by the program UGrants-Start from the University of Gdańsk 533-0C10 GS66-22.

The research project was approved by the Ethics Committee (decision no. 27/2020) at the Institute of Psychology at the University of Gdańsk and by ClinicalTrials.gov (NCT number: NCT04753047). All participants (in the case of children and parents) provided written consent to participate in the study.

DATA AVAILABILITY

The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author. The data are not publicly available due to restrictions - they contain information that could compromise the privacy of research participants.

REFERENCES

- Allen, M. S., Vella, S. A., & Laborde, S. (2015). Sport participation, screen time, and personality trait development during childhood. *British Journal of Developmental Psychology*, 33(3), 375–390. <https://doi.org/10.1111/bjdp.12102>
- Bidzan-Bluma, I., Jochimek, M., & Lipowska, M. (2023). Cognitive functioning of preadolescent gymnasts, including bioelectrical brain activity. *Perceptual and Motor Skills*, 130(2), 714–731. <https://doi.org/10.1177/00315125231156722>
- Bidzan-Bluma, I. (2021). Twin-to-twin transfusion syndrome donor and recipient and their subsequent cognitive functioning in late childhood as juvenile athletes-A case study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2545. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052545>
- 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. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040800>
- Biernat, E., Stupnicki, R., & Gajewski, A. K. (2007). Międzynarodowy Kwestionariusz Aktywności Fizycznej (IPAQ) – wersja polska [International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) – Polish version]. *Wychowanie Fizyczne i Sport*, 51(1), 47–54.
- Borkowska, A. R., Sajewicz-Radtke, U., Lipowska, M., Kalka, D., & Radtke, B. M. (2015). *Bateria diagnozy funkcji poznawczych PU-1* [PU-1 Cognitive Function Diagnosis Battery]. Pracownia Testów Psychologicznych i Pedagogicznych.
- Budnik-Przybylska, D., & Kuchta, D. (2020). Czy istnieją związki między predyspozycjami temperamentalnymi w sposobie stosowania wyobrażeń u młodych sportowców? [Is There a Relation between Temperamental Predispositions and the Use of Imagery in Young Athletes?]. *Psychologia Rozwojowa*, 25(2), 59–71. <https://doi.org/10.4467/20843879PR.20.012.12267>
- Buss, A. H., & Plomin, R. (1984). Theory and measurement of EAS. In A. H. Buss & R. Plomin (Eds.), *Temperament: Early developing personality traits* (pp. 98–130). Erlbaum.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*, 2nd ed. Routledge
- Di Russo, F., Bultrini, A., Brunelli, S., Delussu, A. S., Polidori, L., Taddei, F., Trabalesi, M., & Spinelli, D. (2010). Benefits of sports participation for executive function in disabled athletes. *Journal of Neurotrauma*, 27(12), 2309–2319. <https://doi.org/10.1089/neu.2010.1501>
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., 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. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000901>
- Hötting, K., & Röder, B. (2013). Beneficial effects of physical exercise on neuroplasticity and cognition. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(9), 2243–2257. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.04.005>
- Hsieh, S. S., Lin, C. C., Chang, Y. K., Huang, C. J., & Hung, T. M. (2017). Effects of childhood gymnastics program on spatial working memory. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(12), 2537–2547. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001399>
- Huang, R., Lu, M., Song, Z., & Wang, J. (2015). Long-term intensive training induced brain structural changes in world class gymnasts. *Brain Structure & Function*, 220(2), 625–644. <https://doi.org/10.1007/s00429-013-0677-5>
- Janssen, M., Chinapaw, M. J. M., Rauh, S. P., Toussaint, H. M., Van Mechelen, W., * Verhagen, E. A. L. M. (2014). A short physical activity break from cognitive tasks increases selective attention in primary school children aged 10–11. *Mental Health and Physical*

- Activity*, 7(3), 129–134. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2014.07.001>
- Jochimek, M., & Łada, A. (2019). Help or hindrance: The relationship of physical activity with aggressiveness and self-esteem in 16-year-old adolescents. *Health Psychology Report*, 7(3), 242–253. <https://doi.org/10.5114/hpr.2019.86698>
- Knapp, B. H. (1963). *Skill in sport: The attainment of proficiency*. Routledge & Kegan Paul.
- Knapp, B. H. (1967). *Skill in sport*. Routledge & Kegan.
- Krenn, B., Finkenzerler, T., Würth, S., & Amesberger, G. (2018). Sport type determines differences in executive functions in elite athletes. *Psychology of Sport and Exercise*, 38, 72–79. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.06.002>
- Lamberti, G., & Weidlich, S. (1999). *DCS: A visual learning and memory test for neuropsychological assessment*. Hogrefe & Huber.
- Levine, B. D., Baggish, A. L., Kovacs, R. J., Link, M. S., Maron, M. S., & Mitchell, J. H. (2015). Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: Task force 1: Classification of sports: Dynamic, static, and impact: A scientific statement from the American heart association and American college of cardiology. *Journal of the American College of Cardiology*, 66(21), 2350–2355. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.09.033>
- Lubar, J. F. (1991). Discourse on the development of EEG diagnostics and biofeedback for attention-deficit/hyperactivity disorders. *Biofeedback and Self-Regulation*, 16(3), 201–225. <https://doi.org/10.1007/bf01000016>
- Mitchell, J. H., Haskell, W., Snell, P., & Van Camp, S. P. (2005). Task force 8: Classification of sports. *Journal of the American College of Cardiology*, 45(8), 1364–1367. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.02.015>
- Monastra, V. J., Lubar, J. F., Linden, M., VanDeusen, P., Green, G., Wing, W., ... & Fenger, T. N. (1999). Assessing attention deficit hyperactivity disorder via quantitative electroencephalography: an initial validation study. *Neuropsychology*, 13(3), 424–433. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.13.3.424>
- Möhring, W., Klupp, S., Ludyga, S., & Grob, A. (2022). Executive functions in children engaging in open-and closed-skilled sports. *Psychology of Sport and Exercise*, 61, 102218. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2022.102218>
- Mullender-Wijnsma, M. J., Hartman, E., de Greeff, J. W., Bosker, R. J., Doolaard, S., & Visscher, C. (2015). Improving academic performance of school-age children by physical activity in the classroom: 1-year program evaluation. *Journal of School Health*, 85(6), 365–371. <https://doi.org/10.1111/josh.12259>
- Oniszczenko W. (2015). *Kwestionariusz temperamentu EAS Arnolda H. Bussa i Roberta Plomina: wersja dla dorosłych i dla dzieci: adaptacja polska: podręcznik (zmodyfikowany)* [Arnold H. Buss and Robert Plomin's EAS temperament questionnaire: adult and child version: Polish adaptation: manual (modified)]. Pracownia Testów Psychologicznych Polskiego Towarzystwa Psychologicznego
- Poulton, E. C. (1957). On prediction in skill movements. *Psychological Bulletin*, 54, 467–478. <https://doi.org/10.1037/h0045515>
- Scudder, M. R., Federmeier, K. D., Raine, L. B., Direito, A., Boyd, J. K., & Hillman, Ch. H. (2014). The association between aerobic fitness and language processing in children: Implications for academic achievement. *Brain and Cognition*, 87, 140–152. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2014.03.016>
- Scudder, M. R., Lambourne, K., Drollette, E. S., Herrmann, S., Washburn, R., Donnelly, J. E., & Hillman, C. H. (2014). Aerobic capacity and cognitive control in elementary school-age children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(5), 1025. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000199>
- Sitnik-Warchulska K, Izydorczyk B, & Lipowska M. (2019). Wyzwania klinicznej diagnostyki psychologicznej dzieci i młodzieży. Rekomendacje konsultantów w dziedzinie psychologii klinicznej [Clinical psychological diagnosis in children and adolescents: challenges and recommendations of consultants in clinical psychology]. *Psychiatria i Psychologia Kliniczna*, 19(1), 54–62. <https://doi.org/10.15557/PIPK.2019.0008>
- Stańczak, J. (2013). *Neutralny Kulturowo Test Inteligencji Cattella – wersja 2 zrewidowana przez Rudolfa H. Weißa we współpracy z Bernhardem Weißem* [Culturally Neutral Cattell Intelligence Test – version 2 revised (CFT-20-R) by Rudolf H. Weiß in cooperation with Bernhard Weiß]. Pracownia Testów Psychologicznych PTP.
- Thompson, M., & Thompson, L. (2012). *Neurofeedback. Wprowadzenie do podstawowych koncepcji psychofizjologii stosowanej* [Neurofeedback. Introduction to the basic concepts of applied psychophysiology]. Biomed Neurotechnologie.
- Verburgh, L., Scherder, E. J., Van Lange, P. A., & Oosterlaan, J. (2016). Do elite and amateur soccer players outperform non-athletes on neurocognitive functioning? A study among 8-12 year old children. *PloS One*, 11(12), e0165741. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165741>
- Vestberg, T., Reinebo, G., Maurex, L., Ingvar, M., & Petrovic, P. (2017). Core executive functions are associated with success in young elite soccer players. *PloS One*, 12(2), e0170845. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170845>
- Voss, M. W., Kramer, A. F., Basak, C., Prakash, R. S., & Roberts, B. (2010). Are expert athletes 'expert' in the cognitive laboratory? A meta-analytic review of cognition and sport expertise. *Applied Cognitive Psychology*, 24(6), 812–826. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170845>
- Wang, C. H., Chang, C. C., Liang, Y. M., Shih, C. M., Chiu, W. S., Tseng, P., & Juan, C. H. (2013). Open vs. closed skill sports and the modulation of inhibitory control. *PloS One*, 8(2), e55773. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055773>
- Wang, J., Lu, M., Fan, Y., Wen, X., Zhang, R., Wang, B., Ma, Q., Song, Z., He, Y., Wang, J., Huang, R. (2016). Exploring brain functional plasticity in world class gymnasts: A network analysis. *Brain Structure & Function*, 221(7), 3503–3519. <https://doi.org/10.1007/s00429-015-1116-6>
- Waleriańczyk, W., & Stolarski, M. (2021). Inteligentny sport: o związkach inteligencji z aktywnością fizyczną i poziomem wykonania sportowego [Intelligent sport: about the relationship

between intelligence, physical activity and the level of sports performance]. In: M. Zajenkowski (ed.), *Inteligencja w codziennym życiu* [Intelligence in everyday life] (pp. 233–257). Liberi Libri. <https://doi.org/10.47943/lib.9788363487515.rozdzial09>

Williams, A. M., Ford, P. R., Eccles, D. W., & Ward, P. (2011). Perceptual-cognitive expertise in sport and its acquisition: Implications for applied cognitive psychology. *Applied Cognitive Psychology*, 25, 3, 432–442. <https://doi.org/10.1002/acp.1710>.

RECEIVED 09.05.2024 | ACCEPTED 17.06.2024