

**PROFIL INTELEKTUALNY I JEGO ZALEŻNOŚCI Z BAZOWYMI
UMIĘTNOŚCIAMI NUMERYCZNYMI U DZIECI PRAWIDŁOWO
ROZWIJAJĄCYCH SIĘ**

Jakub Słupczewski

Instytut Psychologii

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

ul. Podmurna 74, 87-100 Toruń

e-mail: jakubslupczewski@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2237-4858>

Katarzyna Mańkowska

Instytut Socjologii

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

ul. Fosa Staromiejska 1a, 87-100 Toruń

e-mail: km@doktorant.umk.pl

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5367-3338>

Jacek Matulewski

Katedra Informatyki Stosowanej

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

ul. Grudziądzka 5/7, 87-100 Toruń

e-mail: jacekmatulewski@umk.pl

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1283-6767>

Natalia Sobolewska

Instytut Psychologii

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

ul. Podmurna 74, 87-100 Toruń

e-mail: sobolewska.natalia97@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6458-7555>

Marta Szymańska

Instytut Psychologii

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

ul. Podmurna 74, 87-100 Toruń

e-mail: szymanskaml97@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8874-3252>



Małgorzata Gut
Instytut Psychologii
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
ul. Podmurna 74, 87-100 Toruń
e-mail: mgut@umk.pl
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6540-7192>

ABSTRAKT

Cel badań: Istotne w rozwoju umiejętności numerycznych (m.in. porównywania liczb czy szacowania liczebności zbiorów) są takie funkcje poznawcze, jak m.in. pamięć i uwaga. Zaburzeniem związanym z trudnościami w nabywaniu podstawowych umiejętności arytmetycznych jest dyskalkulia. Znaczną część wskaźników poznawczych związanych z operowaniem materiałem numerycznym można oceniać używając *Skali Inteligencji Wechslera dla Dzieci (WISC-R)*. Celem badania było sprawdzenie korelacji między poziomem inteligencji i poziomem bazowych umiejętności numerycznych.

Metody badań: Grupa 22 dzieci w wieku od 7 do 8 lat wzięła udział w badaniu, w którym sprawdzano związek między wysokością wyników uzyskanych w podskalach *WISC-R* oraz wykonaniem zadań, które pozwalają na pomiar bazowych umiejętności numerycznych – szacowania, porównywania liczb oraz operowania mentalną osi liczbową (w zakresie 1–9), mierzonych testem *Prokalkulia 6-9*.

Wyniki badań: Wyniki wykazały, że dzieci przejawiające większą trudność w szacowaniu miejsca liczb na osi mają również niższy iloraz inteligencji. Z poziomem wykonania takich zadań koreluje dodatnio m.in. poziom inteligencji słownej. Mniejsza dokładność w szacowaniu miejsca liczb na osi bez podziałki wiąże się z mniejszą liczbą punktów uzyskanych w podskali Arytmetyka, a związek ten dotyczy przede wszystkim liczb ze środka osi liczbowej (od 4 do 6). Wykonanie podskali Arytmetyka jest również tym, co koreluje najsilniej z poziomem bazowych umiejętności matematycznych. Badanie ujawniło też związek między liczbą punktów w podskali Powtórzenie Cyfr i wykonaniem części zadań testu *Prokalkulia 6-9* – wyższy wynik w tej podskali wiąże się z lepszym szacowaniem liczebności zbioru oraz bardziej poprawnym porównywaniem liczb prezentowanych w różnych formatach.

Wnioski: Wyniki te sugerują, że umiejętności matematyczne korelują z niektórymi aspektami inteligencji (zwłaszcza z tymi wspierającymi zdolności wzrokowo-przestrzenne), a więc także wskazują na użyteczność *WISC-R* w procesie diagnozy dyskalkulii.

Słowa kluczowe: zdolności numeryczne, dyskalkulia, inteligencja, Skala Inteligencji Wechslera dla Dzieci (*WISC-R*)

An intelligence profile and its relationship with the basic numerical abilities in properly developing children

ABSTRACT

Aim of the study: Some cognitive functions, such as memory or attention, play an important role in the development of numerical skills (e.g. number comparison or

number line estimation). A disorder associated with difficulty in acquiring basic arithmetic abilities is defined as developmental dyscalculia. Some of the cognitive indices associated with numerical material processing can be assessed using the *Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC-R)*. The aim of the study was to check the correlation between the level of intelligence and basic numerical abilities.

Materials and Methods: A group of 22 children aged 7 to 8 took part in the study. We focused on the relationship between the level of the *WISC-R* subscales' performance and the results obtained in the tasks measuring the basic numerical skills – numerosity estimation, number comparison and number line estimation (for numerical interval 1 to 9), measured by the *Prokalkulia 6-9* test.

Results: The results showed that children with difficulties in number line estimation (NLE) had a lower intelligence quotient. The level of NLE performance correlated also with the level of verbal intelligence. Lower accuracy in NLE was associated with a lower number of points obtained in the Arithmetic subscale in *WISC*. It concerned mainly the position of numbers located in the center of the number line (from 4 to 6). Generally, the correlation coefficient was the strongest in case of performance of the Arithmetic subscale and the level of basic numerical skills. The study results also revealed a clear relationship between results obtained in the Digit Span subscale and the performance of some tasks of the *Prokalkulia 6-9* test. Namely, a higher score in this subscale was associated with the better number line estimation and number comparison (in case of different formats presented).

Conclusions: These results suggest that numerical skills correlate with certain aspects of intelligence (especially those related to the visual-spatial abilities), and thus the usefulness of *WISC-R* in the dyscalculia diagnosis.

Key words: numerical abilities, dyscalculia, intelligence, Wechsler Intelligence Scale for Children (*WISC-R*)

WPROWADZENIE

Poznawcze reprezentacje liczb i ich rozwój

Podstawą rozwoju umiejętności matematycznych u dzieci jest zmysł numeryczny (ang. *number sense*), który odpowiada między innymi za szybkie i dokładne określanie liczebności małych zbiorów (tzw. subitację), zdolność do porównywania wielkości liczbowych, czy rozumienie prostych operacji matematycznych (Dehaene, 2001). Prawidłowe funkcjonowanie zmysłu numerycznego pozwala opanować zarówno proste, jak i te trudniejsze umiejętności operowania materiałem numerycznym (Berch, 2005). Wspomniany materiał numeryczny można przetwarzać w różnych formatach: symbolicznym (np. liczba „7”) oraz niesymbolicznym (np. zbiór kropek). Z kolei myślenie matematyczne opiera się na materiale werbalnym oraz niewerbalnym, w tym np. na mentalnej reprezentacji osi liczbowej (ang. *Mental Numer Line*, MNL) (Dehaene, Spelke, Pinel, Stanescu, Tsivkin, 1999). Wskazuje to na przestrzenny charakter umysłowych reprezentacji liczb – większe liczby umiejscowione są po prawej, a mniejsze po lewej stronie MNL. Dowodami wspierającymi istnienie wspomnianej osi jest – zdaniem niektórych badaczy – istnienie m.in. efektu SNARC (ang. *Spatial Numerical Association of Response Codes*) (Dehaene, Bossini, Giraux, 1993), czy efektu dystansu

numerycznego (Moyer, Landauer, 1967). Pierwszy z nich polega na tym, że osoba badana szybciej reaguje prawą ręką na większe wartości liczbowe, a lewą na mniejsze (co wyjaśniane jest zgodnością między stroną reakcji i stroną, po której liczba jest zlokalizowana na MNL). Z kolei efekt dystansu numerycznego widoczny jest w sytuacji, gdy osobę badaną prosimy o wybór większej z dwóch liczb pokazywanych na ekranie. Wyniki jednoznacznie wskazują, że im różnica między tymi liczbami jest większa, tym szybciej dokonujemy takiego porównania. Kluczowym obszarem neuronalnym związanym z procesami przetwarzania materiału numerycznego oraz kompetencjami matematycznymi jest bruzda śródciemieniowa (Hubbard, Piazza, Pinel, Dehaene, 2005), choć literatura wskazuje też na szereg innych obszarów i struktur mózgowych zaangażowanych w przetwarzanie liczb, m.in. w płatach czołowych, ciemieniowych czy potylicznych (Butterworth, Walsh, 2011).

Dyskalkulia

Deficytem wynikającym z nieprawidłowego rozwoju struktur mózgowych odpowiedzialnych za operowanie materiałem numerycznym, ale przy zachowanym poziomie intelektualnym adekwatnym do wieku, jest dyskalkulia (Kucian, von Aster, 2015). Szacuje się, że zaburzenie to dotyka od 5 do 8% populacji w wieku szkolnym (Geary, 2011). Do grupy najbardziej charakterystycznych objawów dyskalkulii należą m.in. problemy z szacowaniem liczebności zbiorów (Kucian, von Aster, 2015), a także problemy z zapamiętywaniem i zapisem cyfr arabskich (von Aster, 2000). Co więcej, wskazuje się także na trudności w wydobywaniu z pamięci prostych faktów arytmetycznych (Mazzocco, Devlin, McKenney, 2008) oraz w przyswajaniu efektywnych strategii liczenia (Hanich, Jordan, Kaplan, Dick, 2001). Brak jednego i spójnego obrazu dyskalkulii jest przyczyną trudności w diagnozowaniu tego deficytu. W związku z tym poszukuje się metod pomocnych we wczesnym wykrywaniu i orzekaniu o ryzyku wystąpienia dyskalkulii lub już rozwiniętego deficytu (Ciechalska, Gut, 2018).

Związek zdolności poznawczych z umiejętnościami matematycznymi

Pamięć operacyjna, którą definiuje się jako mentalną przestrzeń roboczą, odpowiada za kontrolowanie, regulowanie oraz krótkotrwałe przechowywanie istotnych informacji, niezbędnych do wykonywania bieżących i złożonych zadań poznawczych (Miyake, Shah, 1999). Badania wskazują, że jest dobrym predyktorem poziomu wykonania testów, które służą do pomiaru bazowych kompetencji matematycznych (np. Rosselli, Matute, Pinto, Ardila, 2006). Deficyty poznawcze u osób z dyskalkulią związane są również z problemami w zakresie funkcjonowania pamięci długotrwałej – osoby te mają trudności w wydobywaniu z niej informacji arytmetycznych (Ostad, 1997). Wyniki te wskazują na znaczenie kontrolowania zasobów pamięci w trakcie diagnozowania dyskalkulii.

Duży wpływ na funkcjonowanie dzieci z diagnozą dyskalkulii mają także deficyty uwagi, współwystępujące z tym zaburzeniem. Badanie Mayes i Calhoun (2006) wykazało, że aż 26% osób z dyskalkulią jednocześnie cierpi na zespół nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi (ADHD). Aspektami uwagi, które są szczególnie osłabione u tych osób są: selektywność (Pestun, Roama-Alves, Ciasca, 2019) oraz koncentracja (Kroesbergen, Van Luit, 2003). Wyniki badań pokazują, że uczniowie, których uwaga funkcjonuje lepiej, są zdolni do dłuższego koncentrowania się na rozwiązywaniu zadań matematycznych (Van Luit, Toll, 2018). Z drugiej strony trenowa-

nie uwagi przekłada się w sposób pozytywny na wykonywanie zadań matematycznych (Rajaie, Allahviridiyani, Khalili, Sedeghi, 2011), co może być użyteczne w pracy z dziećmi z diagnozą dyskalkulii.

Nie bez znaczenia dla operowania materiałem numerycznym są też funkcje wykonawcze, definiowane jako zestaw umiejętności poznawczych koniecznych do kontrolowania i samoregulacji zachowania (Lezak, 1982). Nie bada się ich jednak w kontekście współwystępowania w dyskalkulii tak często jak pamięci czy uwagi. Podczas, gdy część badań potwierdza występowanie w tej grupie dzieci deficytów dotyczących umiejętności planowania (Van Luit, Toll 2018), które są konieczne w trakcie rozwiązywania zadań matematycznych, inne badania nie wykazują różnic dotyczących w zakresie tych funkcji poznawczych między grupą dzieci prawidłowo rozwijających się i tych z diagnozą dyskalkulii (Pestun i in., 2019).

Tym, co jeszcze wydaje się mieć związek z umiejętnościami matematycznymi, jest zdolność do logicznego myślenia, a zatem u osób z dyskalkulią powinno obserwować się deficyty również w tym obszarze. Wyniki badań pokazują też, że rozumowanie logiczne jest silnie zależne od zasobów innych obszarów poznawczych – pamięci roboczej, ale także od poziomu inteligencji ogólnej i płynnej (Chiesi, Primi, Morsanyi, 2011; De Neys, 2006). Inne badania wskazują też bezpośrednio na deficyty w poziomie rozumowania i logicznego myślenia u dzieci z dyskalkulią (Pappas, Polychroni, Drigas, 2019).

Związek inteligencji z umiejętnościami matematycznymi

Pojawienie się klasyfikacji DSM-V w 2013 roku, gdy wprowadzono pojęcie „specyficznego zaburzenia uczenia się” spowodowało, że iloraz inteligencji stracił na znaczeniu w trakcie diagnozowania dyskalkulii. Posługując się kryteriami zawartymi w klasyfikacji istnieje możliwość diagnozowania specyficznego zaburzenia uczenia się np. matematyki, niezależnie od tego, czy występuje rozbieżność pomiędzy wynikami w teście inteligencji a wynikami testów mierzących właśnie kompetencje matematyczne, czy też nie. Z drugiej jednak strony, w procesie diagnozowania którejkolwiek z odmian specyficznego zaburzenia uczenia się konieczne jest potwierdzenie, że rozwój intelektualny dziecka znajduje się co najmniej na przeciętnym poziomie (Oszwa, Krasowicz-Kupis, 2008). Narzędziem często stosowanym w tym celu w warunkach polskich jest *Skala Inteligencji Wechslera dla Dzieci (WISC-R)*.

Dotychczasowe badania, które dotyczyły związku pomiędzy inteligencją ogólną i trudnościami z zakresu umiejętności matematycznych nie dostarczyły spójnych wyników. Podczas, gdy część z nich potwierdza istnienie takiej zależności (Passolunghi, Cornoldi, 2008), to w innych nie udaje się znaleźć takiego potwierdzenia (Passolunghi, Vercelloni, Schadee, 2007). Podobnie, wyniki badań nie pozwalają jednoznacznie odpowiedzieć na pytanie, na co konkretnie trzeba zwrócić uwagę w wynikach WISC-R, żeby móc mówić o diagnozie specyficznych zaburzeń uczenia się. Sugeruje się, że większe znaczenie ma tutaj rozbieżność w wynikach między Skalą Słowną i Skalą Bezsłowną, niż ogólny wynik uzyskany przez diagnozowaną osobę (Rourke, 1989). W grupie uczniów z trudnościami w nauce matematyki częściej występuje wyższy wynik w Skali Bezsłownej w stosunku do tego w Skali Słownej, ale zdarzają się też przypadki z odwrotną konfiguracją (Oszwa, Krasowicz-Kupis, 2008). Dokonanie dokładnego przeglądu literatury z tego zakresu nie doprowadziło jednak do stworzenia

jednorodnego i spójnego profilu wyników dla osób z tej grupy klinicznej (Kavale, Forness, 1984). Jeden z projektów przeprowadzonych w polskich warunkach pozwolił jednak wskazać na pewne cechy charakterystyczne takiego profilu (Oszwa, Krasowicz-Kupis, 2008). Jego wyniki sugerują, że wykonanie WISC-R w grupie osób z trudnościami z matematyką cechuje się wysokimi wynikami w podskalach Porządkowanie Obrazków i Rozumienie. Z drugiej strony, podskalami, które zostały wykonane najslabiej były: Arytmetyka, Kodowanie oraz Labirynty, czyli te, które mierzą różne aspekty funkcjonowania wzrokowo-przestrzennego, planowanie oraz rozumowanie. Cechą charakterystyczną stworzonego w ten sposób profilu było obniżenie wyników w podskali Arytmetyka bez jednoczesnego obniżenia rezultatów w podskali Powtórzenie Cyfr. Biorąc pod uwagę wieloczynnikowy charakter *Skali Inteligencji Wechslera dla Dzieci* sugeruje się, że narzędzie to może być szczególnie przydatne we wskazywaniu na obszary, z którymi poszczególne osoby mają największe problemy.

Wnioski z zaprezentowanych wyżej wyników badań wskazują na istnienie zależności pomiędzy intelektem i zdolnościami poznawczymi a umiejętnościami matematycznymi. Być może warto zastanowić się nad wykorzystaniem oceny tych obszarów funkcjonowania poznawczego w diagnozie deficytu, jakim jest dyskalkulia, która mimo wielu lat badań nie jest prosta. Stworzenie jednorodnego profilu intelektualnego związanego z kompetencjami matematycznymi powinno pozwolić na skuteczniejsze i prostsze diagnozowanie dyskalkulii przez specjalistów z tego zakresu. Przeprowadzone przez nas badanie było właśnie próbą stworzenia takiego profilu.

Celem przeprowadzonego badania było sprawdzenie korelacji między poziomem wykonania WISC-R oraz wykonaniem zadań, które pozwalają na pomiar bazowych umiejętności numerycznych.

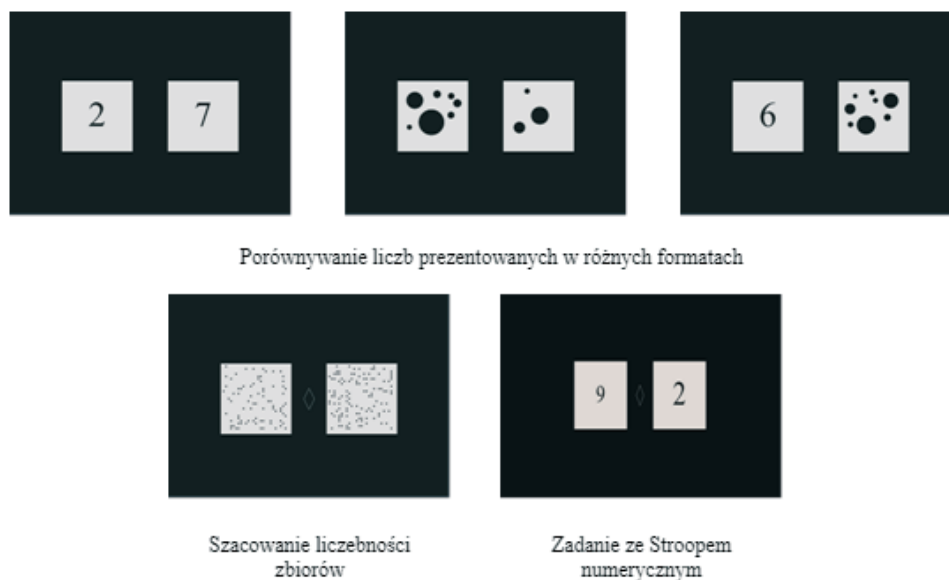
METODOLOGIA

Osoby badane

W badaniach wzięło udział 22 dzieci w wieku od 7 do 8 lat (13 chłopców oraz 9 dziewczynek), uczniów klas 1 – 3 szkoły podstawowej. Średnia wieku wyniosła 7,83 lat. Warunkiem wzięcia udziału w badaniu przez dziecko było wyrażenie zgody przez rodzica. Projekt został zaakceptowany przez lokalną Komisję Bioetyczną na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu.

Metody

Narzędziem, które posłużyło w badaniu do oceny bazowych umiejętności matematycznych był test oceny behawioralnych wskaźników umysłowych reprezentacji liczb i ryzyka dyskalkulii *Prokalkulia 6-9* (Gut, Goraczewski, Matulewski, 2016). W związku z tym, że jest to metoda komputerowa, pozwala ona na bardzo precyzyjny i obiektywny pomiar mierzonych wskaźników. Test ten składa się z dwóch części. W pierwszej z nich dziecko wykonuje szereg zadań, w których liczy się poprawność reakcji i czas odpowiedzi (zob. rysunek 1). Zadaniem tymi są: porównywanie liczb przedstawianych w różnych formatach (symboliczny, niesymboliczny, mieszany), szacowanie liczebności dużych zbiorów kropek, a także Stroop numeryczny, czyli zadanie, w którym dziecko porównuje cyfry arabskie różniące się wielkością fizyczną i numeryczną. Dziecko poprzez możliwie najszybsze i bezbłędne wciśnięcie właściwego klawisza musi stwierdzić, która z prezentowanych na ekranie liczb jest większa.



Rysunek 1. Przykładowe zadania i bodźce w teście „Prokalkulia 6-9”.

Druga część testu polega na szacowaniu miejsca liczb (w przedziale 1–9) na osi bez podziałki. W tych zadaniach dokonywany jest wyłącznie pomiar wielkości błędu szacowania, a czas reakcji osoby badanej przestaje mieć znaczenie. Zadaniem dziecka jest oszacowanie i wskazanie myszą komputerową, w którym miejscu na osi powinna się znaleźć liczba wyświetlana na ekranie nad osią. Oś ma zaznaczony jedynie początek oraz koniec – liczby „1” oraz „9”. Zadanie to występuje w wariacie, w którym liczby są prezentowane w formie symbolicznej (jako cyfry) oraz niesymbolicznej (jako zbiory kropek) (zob. rysunek 2).



Rysunek 2. Przykładowe zadania z zakresu szacowania miejsca liczby na osi w teście „Prokalkulia 6-9”.

W celu dokonania pomiaru ilorazu inteligencji, a także jego składowych u uczestników badania zastosowano *Skalę Inteligencji Wechslera dla Dzieci (WISC-R)* (Maczak, Piotrowska, Ciarkowska, 2008). Składa się ona z dwóch skal: skali słownej oraz skali bezsłownej. W skład testów słownych wchodzi: Wiadomości, Arytmetyka, Podobieństwa, Rozumienie, Słownik oraz Powtarzanie Cyfr jako test zastępczy. Z kolei testa-

mi składającymi się na skalę bezsłowną są: Porządkowanie Obrazków, Uzupełnianie Obrazków, Wzory z Klocków, Układanki, Kodowanie i Labirynty, które są testem zastępczym. Wyniki uzyskiwane w wyżej wymienionych częściach umożliwiają obliczenie ilorazów inteligencji w Skali Pełnej (SP), Skali Słownej (SS) i Skali Bezsłownej (SB). W przeprowadzonym przez nas badaniu dzieci nie wykonywały testów: Wzory z Klocków oraz Słownik, które zastąpiono odpowiednimi dla nich testami zastępczymi. Przyczyną takiej zmiany był fakt, że testy zastępcze uznano za potencjalnie efektywniejsze w wyjaśnianiu poziomu poszczególnych bazowych kompetencji matematycznych u dzieci.

Procedura

Po zapoznaniu rodzica z informacją o projekcie, a także podpisaniu przez niego zgody na udział dziecka w badaniu oraz przetwarzanie danych osobowych, dziecko przystępowało do właściwej procedury badawczej, na którą składały się dwa odrębne spotkania. W trakcie pierwszego z nich było proszone o wykonanie zadań z komputerowego testu *Prokalkulia 6-9*. Podczas drugiego spotkania dziecko wykonywało wybrane zadania ze *Skali Inteligencji Wechslera dla Dzieci (WISC-R)*.

WYNIKI BADAŃ

Aby odpowiedzieć na pytanie, czy istnieje związek między poziomem intelektu dzieci a poziomem ich bazowych kompetencji numerycznych, przeprowadzono szereg analiz korelacyjnych między wskaźnikami pochodzącymi z dwóch testów: *Skali Inteligencji Wechslera dla Dzieci* oraz *Prokalkulii 6-9*. Wyniki analiz zdecydowano się podzielić na dwie grupy. Pierwsza z nich dotyczy związku między wynikami *WISC-R* z wynikami z zadań mierzących czas i poprawność porównywania liczb prezentowanych w różnych formatach, szacowania liczebności zbiorów i Stroopa numerycznego. W drugiej części analizy korelacji skoncentrowane były na związku wskaźników z *WISC-R* ze zdolnościami dzieci do operowania mentalną osią liczbową. Wyniki wszystkich 22 dzieci zostały włączone do analiz. Aby sprawdzić, czy poszczególne zmienne są ze sobą skorelowane, przeprowadzono analizę korelacji nieparametrycznym współczynnikiem ρ Spearmana.

Porównywanie liczb, szacowanie, Stroop numeryczny

Wyniki analiz skoncentrowane na tej grupie wskaźników z testu *Prokalkulia 6-9* wykazały związek z tylko jedną podskalą *Skali Inteligencji Wechslera dla Dzieci* – Potwarzaniem Cyfr. Okazało się, że wyższe wyniki uzyskiwane przez dzieci w tej podskali są związane z dłuższym czasem reakcji w zadaniach polegających na szacowaniu liczebności zbiorów ($\rho = 0,44, p < 0,05$), a także w zadaniu ze Stroopem numerycznym ($\rho = 0,43, p < 0,05$). Siła tych korelacji jest umiarkowana. Dla pierwszej pary zmiennych współczynnik determinacji wynosi 19%, a dla drugiej 18%, co pozwala wyjaśniać kolejno 19% i 18% współdzielonej przez zmienne wariancji. Co więcej, poziom wykonania tego zadania z *WISC-R* koreluje umiarkowanie oraz dodatnio ze sprawnością w porównywaniu liczb prezentowanych w różnych formatach (format symboliczny vs format niesymboliczny) ($\rho = 0,55, p < 0,01$), a także z umiejętnością szacowania liczebności zbiorów ($\rho = 0,54, p < 0,01$). Współczynnik determinacji w przypadku pierwszej pary pozwala wyjaśniać 30% współdzielonej wariancji, a w przypadku drugiej 29%. Wyniki w tym zadaniu związane również były

umiarkowanie i ujemnie z czasem reakcji prostej sprawdzanej u dzieci ($\rho = -0,44, p < 0,05$) – wyższy poziom wykonania zadań z podskali Powtarzanie Cyfr związany był z krótszym czasem reakcji. Uzyskany rezultat pozwala wyjaśnić 19% współdzielonej wariancji. Wyniki wykonanych analiz dla innych par wskaźników z obydwu testów okazały się nieistotne statystycznie.

Operowanie MNL

Przechodząc do analizy tej części prezentowanych wyników należy pamiętać, że dokładność szacowania miejsca liczb na osi wyrażana jest wielkością błędu szacowania, a co za tym idzie – wyższa wartość wielkości błędu szacowania (wskaźnik dokładności) związana jest zawsze z gorszym szacowaniem miejsca liczb na osi.

Wyniki analiz wykazały, że uśredniony błąd szacowania miejsca liczb na osi (prezentowanych w formie symbolicznej) jest skorelowany umiarkowanie i ujemnie zarówno z wynikiem uzyskanym w Skali Pełnej (IQ) ($\rho = -0,50, p < 0,05$), jak i Skali Słownej ($\rho = -0,50, p < 0,05$) WISC-R. Co za tym idzie – wyższy poziom wykonania całego testu oraz podtestów składających się na Skalę Słowną związany jest z dokładniejszym szacowaniem miejsca liczb na osi bez podziałki. Taka sama zależność została wykazana dla liczb prezentowanych w formie niesymbolicznej (jako zbiory kropek) i dotyczyła ona ponownie rezultatów uzyskiwanych przez dzieci w Skali Pełnej ($\rho = -0,50, p < 0,05$) oraz w Skali Słownej ($\rho = -0,55, p < 0,01$) WISC-R. Jeśli chodzi o dokładność szacowania miejsca konkretnych wartości liczbowych, wyższe wyniki w Skali Pełnej związane były również z dokładniejszym szacowaniem miejsca takich wartości, jak 2 ($\rho = -0,47, p < 0,05$) i 7 ($\rho = -0,54, p < 0,05$), prezentowanych w formie symbolicznej. Dla formatu niesymbolicznego taka zależność była istotna wyłącznie dla liczby 7 ($\rho = -0,45, p < 0,05$). Z kolei rezultaty uzyskane przez dzieci na Skali Bezsłownej korelowały wyłącznie z dokładnością szacowania miejsc liczb z końca osi - z liczbą 8 prezentowaną w formie symbolicznej ($\rho = -0,43, p < 0,05$) oraz 7 w formie niesymbolicznej ($\rho = -0,47, p < 0,05$). Tak więc wyższy wynik w tej skali związany był z dokładniejszym szacowaniem miejsca tych konkretnych liczb na osi bez podziałki. Wszystkie te korelacje miały umiarkowaną siłę, a współczynnik determinacji pozwalał wyjaśniać od 19 do 30% wariancji współdzielonej przez te zmienne.

Wyniki dalszych analiz wykazały sporadyczne pojawianie się lub brak korelacji pomiędzy wielkością błędu szacowania miejsca liczb (prezentowanych w różnych formatach) na osi bez podziałki a rezultatami uzyskiwanymi w takich podskalach WISC-R, jak Wiadomości, Podobieństwa, Rozumienie, Uzupełnianie Obrazków, Porządkowanie Obrazków, czy Układanki. W związku z tym postanowiono skoncentrować się w analizach na pozostałych podskalach WISC-R: Arytmetyce, Powtarzaniu Cyfr, Kodowaniu i Labiryntach, które były podskalami najczęściej skorelowanymi ze wskaźnikami poziomu wykonania zadania polegającego na szacowaniu miejsca liczb na osi bez podziałki.

Podskala, która wyróżniała się zarówno pod względem liczby istotnych korelacji, jak i ich siły, była podskala Arytmetyka. Wyższy poziom uzyskiwanych rezultatów w tej podskali związany był z uśrednionym mniejszym błędem szacowania miejsca liczb na osi – umiarkowanie dla formatu symbolicznego ($\rho = -0,58, p < 0,01$) oraz silnie dla formatu niesymbolicznego ($\rho = -0,67, p < 0,01$). Co więcej, wyższe wyniki z tego testu korelowały ujemnie z wielkością błędu szacowania miejsca liczby 2 ($\rho =$

-0,52, $p < 0,05$), 4 ($\rho = -0,59$, $p < 0,01$), 5 ($\rho = -0,68$, $p < 0,01$), 6 ($\rho = -0,48$, $p < 0,05$), 7, ($\rho = -0,62$, $p < 0,01$), 8 ($\rho = -0,46$, $p < 0,05$) zaprezentowanych badanych w formacie symbolicznym oraz 2 ($\rho = -0,56$, $p < 0,01$), 5 ($\rho = -0,58$, $p < 0,01$) i 6 ($\rho = -0,58$, $p < 0,01$) prezentowanych w formacie niesymbolicznym. Siła korelacji z wynikami z tej podskali wynosiła od umiarkowanej do wysokiej. Współczynnik determinacji w tym przypadku pozwala wyjaśniać od 21% do 46% współdzielonej przez poszczególne zmienne wariancji.

Wyniki uzyskane w podskali Powtarzanie Cyfr również korelowały ujemnie z wielkością błędu szacowania, z tym że korelacje te dotyczyły przede wszystkim skrajnych wartości z osi liczbowej – 2 ($\rho = -0,58$, $p < 0,01$) oraz 7 ($\rho = -0,48$, $p < 0,05$) prezentowanych w formacie symbolicznym oraz 8 ($\rho = -0,47$, $p < 0,05$) w formacie niesymbolicznym. W tym wypadku współczynnik determinacji waha się między 22% a 34%.

Również wyniki uzyskiwane w podskali Kodowanie były skorelowane z poziomem wykonania zadań z osią bez podziałki. Ścisłej, wyższe rezultaty w tym zadaniu WISC-R związane były umiarkowanie z dokładniejszym ogólnym szacowaniem miejsca liczb (prezentowanych w formacie symbolicznym) na osi ($\rho = -0,44$, $p < 0,05$). Uzyskiwane w tej podskali wyniki korelowały również z dokładnością szacowania liczb z końca osi – 7 ($\rho = -0,48$, $p < 0,05$) oraz 8 ($\rho = -0,49$, $p < 0,05$) prezentowanych w formie cyfry nad osią, a także z wielkością błędu szacowania liczby 3 prezentowanej w formie zbioru kropek ($\rho = -0,49$, $p < 0,05$). Współczynnik determinacji w przypadku korelacji wyników uzyskiwanych w podskali Kodowanie z wskaźnikami testu *Prokalkulia 6-9* pozwala wyjaśniać od 19 do 24% współdzielonej przez zmienne wariancji.

Ostatnią podskalą WISC-R, której wyniki korelowały z poziomem wykonania zadań polegających na szacowaniu miejsca liczb na osi bez podziałki, były Labirynty. Rezultaty w podskali Labirynty były dodatnio i umiarkowanie związane z szacowaniem liczb prezentowanych w obu formatach: 8 prezentowanej w formacie symbolicznym ($\rho = -0,54$, $p < 0,01$) oraz 7 w formacie niesymbolicznym ($\rho = -0,45$, $p < 0,05$). A zatem, im lepsze wykonanie Labiryntów, tym mniejsza precyzja szacowania miejsca tych liczb na osi.

WNIOSKI I DISKUSJA

W badaniu podjęto próbę dokonania pomiaru funkcjonowania poznawczego u dzieci oraz późniejszego porównania go z ich poziomem podstawowych kompetencji matematycznych. Uzyskane wyniki miały posłużyć w określeniu profilu wyników WISC-R, który byłby pomocny w diagnozowaniu zaburzenia rozwojowego jakim jest dyskalkulia. W związku z tym, celem badania było sprawdzenie korelacji między poziomem wykonania WISC-R oraz wykonaniem zadań, które pozwalają na pomiar bazowych umiejętności numerycznych.

Wyniki analiz korelacyjnych potwierdziły istnienie istotnych związków pomiędzy poszczególnymi wynikami uzyskiwanymi w obydwóch testach – *Skali Inteligencji Wechslera dla Dzieci* oraz *Prokalkulii 6-9*. Mimo że wykazane korelacje w większości były o umiarkowanej sile, to rezultaty badania wskazują na pewne charakterystyczne cechy profilu poznawczego związanego z podstawowymi kompetencjami numerycznymi.

Są one zgodne z dotychczasową wiedzą z tego zakresu, która sugeruje wieloczynnikowość trudności matematycznych zarówno u dzieci prawidłowo rozwijających się, jak i tych dotkniętych dyskalkulią (Oszwa, Krasowicz-Kupis, 2008).

Badania wykazały, że istotny dla prawidłowego posługiwania się MNL, która jest wskazywana jako podłoże innych, bardziej złożonych umiejętności matematycznych, jest zarówno ogólny poziom funkcjonowania poznawczego, jak też tzw. inteligencja skryzalizowana, która według modelu Cattella i Horna odpowiada m.in. za zdolności werbalne i liczbowe oraz rozumowanie oparte na znajomości zasad logiki (Ortiz, 2015). Warto podkreślić jest fakt, że iloraz inteligencji słownej i pełnej idzie w parze ze zdolnością do precyzyjnego szacowania miejsca liczb przedstawianych w obu formatach – zarówno cyfr arabskich, jak i zbiorów kropek.

W związku z próbą stworzenia profilu wyników *WISC-R* charakterystycznych dla poziomu posiadanych podstawowych kompetencji matematycznych, cenniejsze okazały się rezultaty otrzymane w poszczególnych podskalach. Co ciekawe, dwie z tych podskal składają się na inteligencję słowną, a dwie na inteligencję bezsłowną. Jednym z bardziej wyróżniających się elementów tego profilu okazały się być korelacje podskali Powtarzanie Cyfr z czasem i poprawnością wykonywania: zadań polegających na szacowaniu liczebności zbiorów; Stroopa numerycznego oraz porównywania liczb prezentowanych w różnych formatach. Wyższe wyniki w tej podskali z jednej strony związane były z dłuższym czasem reakcji, ale z drugiej – oznaczały większą poprawność wykonywanych przez dzieci zadań. W świetle tych danych wydaje się, że nie bez znaczenia w nabywaniu podstawowych umiejętności matematycznych są zasoby związane z rozumieniem, pamięcią krótkotrwałą, przetwarzaniem informacji, a także dotychczasowe doświadczenia z liczbami, czyli to, co może być mierzone tą podskalą.

Warto podkreślić są też korelacje podskali *WISC-R*, jaką jest Arytmetyka. Podskala ta korelowała zarówno najczęściej, jak i najsilniej, ze wskaźnikami dotyczącymi operowania osią liczbową. Układ uzyskanych wyników pozwala stwierdzić, że dzieci uzyskujące więcej punktów w tej podskali precyzyjniej szacowały miejsce liczb na osi. Związek ten był widoczny na poziomie ogólnego błędu szacowania oraz w przypadku konkretnych wartości liczbowych – w szczególności tych ze środka osi liczbowej (4, 5, 6, 7). Oznaczać to może, że dla sprawniejszego posługiwania się mentalną osią liczbową kluczowe są takie procesy i umiejętności poznawcze, jak pamięć werbalna, przetwarzanie sekwencyjne, pojemność i koncentracja uwagi, a także szybkość procesów umysłowych. Wykonanie zadań z tej podskali na wysokim poziomie wymaga od osoby badanej umiejętności łącznego wykorzystywania zdolności intelektualnych (np. wiedza o dokonywaniu operacji numerycznych) oraz pozaintelektualnych (np. koncentracja uwagi).

Również wyniki dwóch podskal składających się na inteligencję bezsłowną (inaczej: płynną) okazały się być związane ze wskaźnikami dotyczącymi operowania osią liczbową. Tymi podskalami były Labirynty i Kodowanie. Oprócz tego, że korelacje dotyczyły zarówno formatu symbolicznego, jak i niesymbolicznego, charakterystyczny jest fakt, że związki te występowały przede wszystkim dla wartości liczbowych z końca osi. Taka sytuacja nie miała miejsca w przypadku innych uzyskanych korelacji, gdzie przeważały zależności wyników podskal *WISC-R* ze wskaźnikami dotyczącymi środkowych wartości z osi liczbowej. Wykonanie tych testów wymaga od dziecka

przede wszystkim wysokiego poziomu zdolności wzrokowo-przestrzennych, a także umiejętności koncentrowania się na zadaniu przez dłuższy czas. Co więcej, poprawne wykonywanie Kodowania i Labiryntów związane jest z umiejętnością planowania i późniejszego działania zgodnego z tym planem oraz szybkością przetwarzania informacji.

Przedstawione tu wyniki ujawniają interesujące związki między poszczególnymi wskaźnikami *WISC-R* i poziomem podstawowych umiejętności matematycznych. Uzyskane rezultaty pozwalają przypuszczać, że tym co jest najsilniej powiązane z poszczególnymi składowymi inteligencji i funkcjonowania poznawczego jest operowanie mentalną reprezentacją osi liczbowej. Co więcej, wyniki te wydają się być zgodne np. z badaniami Passolunghi i Cornoldi (2008), w których potwierdzono zależność pomiędzy poziomem inteligencji i poziomem kompetencji numerycznych. Wyciągnięte na tej podstawie wnioski dość jednoznacznie pokazują, na jakie aspekty funkcjonowania poznawczego powinno się zwracać szczególną uwagę w trakcie diagnozowania trudności z matematyką, ale także analizy tego, nad czym należy pracować, aby ułatwić nabywanie umiejętności z tego zakresu osobom np. z diagnozą dyskalkulii. Jest to również silny argument na rzecz bardziej szczegółowej oceny profilu intelektualnego w trakcie stawiania diagnozy różnego rodzaju zaburzeń w uczeniu się. Nie inaczej jest w przypadku dyskalkulii, której wieloczynnikowość nie pozwala na opieranie się wyłącznie o ogólny iloraz inteligencji w procesie diagnozy. Otrzymane w tym badaniu korelacje między bazowymi umiejętnościami matematycznymi a wykonaniem *WISC-R*, wskazują na szczególne znaczenie następujących wskaźników *WISC-R* w dyskusji nad ich użytecznością w procesie diagnozy: Arytmetyka i Powtarzanie Cyfr w Skali Słownej oraz Labirynty i Kodowanie w Skali Bezsłownej.

Należy jednak również wziąć pod uwagę, że ograniczeniem metodologii opisanego tu badania była niewielka grupa przebadanych dzieci. W związku z tym, wyniki te powinno się traktować jako wstęp do następnych badań, w których można będzie poszukiwać bardziej szczegółowego profilu wyników związanych z posiadanymi kompetencjami matematycznymi. Szczególnie istotne w planowaniu takich badań powinno być zestawienie wyników dzieci prawidłowo rozwijających się z rezultatami dzieci cierpiących na trudności w nabywaniu umiejętności matematycznych (w tym na dyskalkulię). Tak przeprowadzone – na większych próbach dzieci – badania umożliwiłyby stworzenie jednoznacznych wskazówek dla diagnostów, na co należy zwracać szczególną uwagę w procesie diagnozy dyskalkulii.

BIBLIOGRAFIA

- [1] American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic And Statistical Manual Of Mental Disorders (DSM-5®)*. American Psychiatric Pub.
- [2] Berch, D. B. (2005). Making sense of number sense: Implications for children with mathematical disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 38 (4), 333-339.
- [3] Butterworth, B., Walsh, V. (2011). Neural basis of mathematical cognition. *Current Biology*, 21 (16), 618-621.
- [4] Chiesi, F., Primi, C., Morsanyi, K. (2011). Developmental changes in probabilistic reasoning: The role of cognitive capacity, instructions, thinking styles, and relevant knowledge. *Thinking & Reasoning*, 17 (3), 315-350.
- [5] Ciecialska, D., Gut, M. (2018). Komputerowe versus papierowe narzędzia oceny umiejętności matematycznych dzieci. *Neuropsychiatria & Neuropsychologia/Neuropsychiatria i Neuropsychologia*, 13 (3), 104-113.
- [6] Dehaene, S., Bossini, S., Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122 (3), 371-396.

- [7] Dehaene, S., Spelke, E., Pined, P., Stanesco, R., Tsivkin, S. (1999). Sources of mathematical Thinking: behavioral and brain-imaging evidence. *Science*, 284 (5416), 970-974.
- [8] Dehaene, S. (2001). Précis of "The number sense". *Mind and Language*, 16 (1), 16-36.
- [9] De Neys, W. (2006). Dual processing in reasoning: Two systems but one reasoner. *Psychological Science*, 17 (5), 428-433.
- [10] Geary, D. C. (2011). Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: a 5-year longitudinal study. *Developmental Psychology*, 47 (6), 1539-1552.
- [11] Gut, M., Goraczewski, Ł., Matulewski, J. (2016) *Test oceny behawioralnych wskaźników umysłowych reprezentacji liczb i ryzyka dyskalkulii*. Pomorskie Centrum Diagnostyki, Terapii i Edukacji Matematycznej Promathematica
- [12] Hanich, L. B., Jordan, N. C., Kaplan, D., Dick, J. (2001). Performance across different areas of mathematical cognition in children with learning difficulties. *Journal of Educational Psychology*, 93 (3), 615-626.
- [13] Hubbard, E.M., Piazza M., Pined P., Dehaene S. (2005) Interactions between number and space in parietal cortex. *Nature Reviews Neuroscience*, 6 (6), 435-448.
- [14] Kavale, K. A., Forness, S. R. (1984). A meta-analysis of the validity of Wechsler scale profiles and recategorizations: patterns or parodies? *Learning Disability Quarterly*, 7 (2), 136-156.
- [15] Kroesbergen, E. H., Van Luit, J. E. (2003). Mathematics interventions for children with special educational needs: A meta-analysis. *Remedial and Special Education*, 24 (2), 97-114.
- [16] Kucian, K., von Aster, M. (2015). Developmental dyscalculia. *European Journal of Pediatrics*, 174 (1), 1-13.
- [17] Lezak, M. D. (1982). The problem of assessing executive functions. *International Journal of Psychology*, 17 (1-4), 281-297.
- [18] Matczak, A., Piotrowska, A., Ciarkowska, W. (2008), *Skala inteligencji D. Wechslera dla dzieci - wersja zmodyfikowana (WISC - R). Podręcznik*. Warszawa: Pracownia Testów Polskiego Towarzystwa Psychologicznego
- [19] Mayes, S. D., Calhoun, S. L. (2006). Frequency of reading, math, and writing disabilities in children with clinical disorders. *Learning and Individual Differences*, 16 (2), 145-157.
- [20] Mazzocco, M. M., Devlin, K. T., McKenney, S. J. (2008). Is it a fact? Timed arithmetic performance of children with mathematical learning disabilities (MLD) varies as a function of how MLD is defined. *Developmental Neuropsychology*, 33 (3), 318-344.
- [21] Miyake, A., Shah, P. (red.). (1999). *Models of working memory: mechanisms of active maintenance and executive control*. Cambridge University Press.
- [22] Moyer, R. S., Landauer, T. K. (1967). Time required for judgements of numerical inequality. *Nature*, 215 (5109), 1519-1520.
- [23] Ortiz, S. O. (2015). CHC theory of intelligence. W: S. Goldstein, D. Princiotta, J. Naglieri (red.), *Handbook of intelligence: evolutionary theory, historical perspective, and current concepts* (ss. 209-277). Nowy Jork: Springer
- [24] Ostad, S. A. (1997). Developmental differences in addition strategies: a comparison of mathematically disabled and mathematically normal children. *British Journal of Educational Psychology*, 67 (3), 345-357.
- [25] Oszwa, U., Krasowicz-Kupis, G. (2008). Struktura intelektu dzieci ze specyficznymi trudnościami w uczeniu się matematyki. *Przegląd Psychologiczny*, 51 (4), 491-511.
- [26] Pappas, M. A., Polychroni, F., Drigas, A. S. (2019). Assessment of mathematics difficulties for second and third graders: cognitive and psychological parameters. *Behavioral Sciences*, 9 (7), 76.
- [27] Passolunghi, M. C., Cornoldi, C. (2008). Working memory failures in children with arithmetical difficulties. *Child Neuropsychology*, 14(5), 387-400.
- [28] Passolunghi, M. C., Vercelloni, B., Schadee, H. (2007). The precursors of mathematics learning: Working memory, phonological ability and numerical competence. *Cognitive Development*, 22 (2), 165-184.
- [29] Pestun, M. S. V., Roama-Alves, R. J., Ciasca, S. M. (2019). Neuropsychological and educational profile of children with dyscalculia and dyslexia: a comparative study. *Psico-USF*, 24 (4), 645-659.
- [30] Rajaie, H., Allahviridiyani, K., Khalili, A., Sadeghi, A. (2011). Effect of teaching attention to the mathematic performance of the students with dyscalculia in the third and fourth grade of elementary school. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 15, 3024-3026.
- [31] Rosselli, M., Matute, E., Pinto, N., Ardila, A. (2006). Memory abilities in children with subtypes of dyscalculia. *Developmental Neuropsychology*, 30 (3), 801-818.
- [32] Rourke, B. P. (1989). *Nonverbal learning disabilities: The syndrome and the model*. Guilford Press.
- [33] Van Luit, J. E. H., Toll, S. W. M. (2018). Associative cognitive factors of math problems in students diagnosed with developmental dyscalculia. *Frontiers in Psychology*, 9, 1-31.
- [34] Von Aster, M. (2000). Developmental cognitive neuropsychology of number processing and calculation: varieties of developmental dyscalculia. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 9 (2), 41-57.