



SPOŁECZEŃSTWO
EDUKACJA
JĘZYK

Tom 14/2021, ss. 251-265

ISSN 2353-1266

e-ISSN 2449-7983

DOI: 10.19251/sej/2021.14.1(16)

www.sej.mazowiecka.edu.pl

Tomasz Przybyła

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Orcid: 0000-0002-8309-6559

WYKORZYSTANIE NOWYCH TECHNOLOGII W PRACY Z DZIEĆMI Z DYSKALKULIĄ

USE OF NEW TECHNOLOGIES IN WORKING WITH CHILDREN WITH DYSCALCULIA

Abstrakt

Dyskalkulia rozwojowa charakteryzuje się obniżonymi umiejętnościami numerycznymi i palcowymi. Na ogół dyskalkulia dotyczy dzieci z trudnościami w uczeniu się matematyki i zwykle wiąże się z problemami uniemożliwiającymi efektywne nabywanie kompetencji matematycznych. Istnieją różne sposoby wspierania dzieci z dyskalkulią, nie ma jednak w stosunku do nich jednego podejścia terapeutycznego. Wśród dostępnych publikacji odnajdujemy takie, które omawiają możliwości wsparcia terapii dzieci z dyskalkulią przez nowe rozwiązania technologiczne. W niniejszym opracowaniu zweryfikowano to zagad-

Abstract

Developmental dyscalculia is characterized by decreased numerical and finger skills. In general, dyscalculia affects children with learning disabilities in mathematics and is usually associated with problems that prevent effective acquisition of mathematical competence. There are different ways of supporting children with dyscalculia, but there is no single therapeutic approach to it. Among the available publications we can find some that discuss the possibility of supporting the therapy of children with dyscalculia by new technological solutions. The present study verified this issue by means of a review of English-

nienie za pomocą przeglądu najnowszej literatury anglojęzycznej. Odnotowano badania dotyczące wykorzystania nowych technologii w pracy z dziećmi z dyskalkulią i wskazano na kilka potencjalnie wykorzystywanych narzędzi technologicznych oraz ich korzyści wynikające z tego typu pomocy. Przegląd literatury pokazuje, że technologia może wzmocnić terapię edukacyjną dzieci z dyskalkulią oraz że istnieje potrzeba zintensyfikowanych badań na ten temat, jak i potrzeba ujednoczenia stosowanej w tym zakresie terminologii.

SŁOWA KLUCZOWE

nowe technologie, dyskalkulia, technologiczne wspomaganie terapii, edukacja matematyczna, dziecko

language literature. Research on the use of new technologies in working with children with dyscalculia is noted and several potentially used technological tools and their benefits of this type of assistance are pointed out. The literature review shows that technology can enhance educational therapy for children with dyscalculia and that there is a need for intensified research on this topic, as well as a need to standardize the terminology used in this area.

KEYWORDS

new technologies, dyscalculia, technological support of therapy, mathematics education, child

1. Wprowadzenie

Pomimo dynamicznego rozwoju techniki, nadal musimy mieć świadomość tego, jak nawet aktualne wyniki badań są niepełne i jak wiele jeszcze w ww. kwestiach nie wiemy. Procesy przetwarzania liczb i wykonywania obliczeń są złożone, zależne chociażby od sprawności naszego mózgu i określonych jego części czy być może rozwoju praktyki, a nasze możliwości badania dzieci, w tym tych z dyskalkulią, nadal niedoskonałe. Tym bardziej istotne wydają się być poświęcone temu zagadnieniu badania, wynikająca z nich wiedza i możliwe do zastosowania dyrektywy pedagogiczne, na temat wykorzystywania nowych technologii do pracy z osobami przejawiającymi trudności w uczeniu się matematyki (Przybyła i Basińska i Klichowski 2014; Przybyła i Klichowski 2018; Klichowski i Przybyła 2017; Przybyła i inni 2020; Przybyła i inni 2021).

Problematyczną kwestią, na którą natrafi każdy poszukujący informacji na temat nie tylko dyskalkulii, ale także możliwych form wsparcia i pomocy osób nią dotkniętych, będzie fakt, iż dyskalkulia nie ma jednej ogólnie przyjętej definicji (Oszwa, 2006, 2008a, 2008b, 2009; Landerl i Kaufmann 2015; Jurek i Lipowska i Walerzak-Więckowska 2018). Widać to chociażby w skrajnie różnych określeniach, mogących wskazywać na zupełnie inne jednostki chorobowe (Wilson et al. 2015; Oszwa 2006) i inne problemy znaczące dla społeczeństwa, których doświadcza osoba nimi dotknięta (Landerl i Kaufmann 2015; Aquil i Ariffin 2020), ale przede wszystkim także w zniekształceniu procesu diagnozy i nie pozwalaniu na poprawne ukierunkowanie właściwych oddziaływań terapeutycznych (Jurek i Lipowska i Walerzak-Więckowska 2018). Uznaje się, że najlepsze rezultaty terapeutyczne przynoszą właśnie interwencje specyficzne dla dane-

go objawu, polegające na treningu specyficznych treści matematycznych (Haberstroh i Schulte-Körne 2019), a badane przypadki wykazują skuteczność indywidualnie dobrej terapii, gdy uda się przeprowadzić wczesną diagnozę i wczesną interwencję – wówczas to można uzyskać klinicznie istotną zmianę i zapobiec objawom behawioralnym i emocjonalnym (De Nigris i Masciarelli i Guariglia 2020).

Oszwa (2006, 2008a, 2008b, 2009) wskazuje, iż w anglojęzycznych publikacjach naukowych stosowana jest duża różnorodność terminów w zakresie pojęć stosowanych do opisu trudności w uczeniu się matematyki u dzieci. Powodem tego może być różna perspektywa przyjęta przez realizującego badania badacza, czy ich interdyscyplinarny charakter, jednak doprowadza to do sytuacji, gdzie zamiennie zastosowane zostają takie terminy jak na przykład: zaburzenie (*disorder*), zaburzona zdolność/ dysfunkcja/ upośledzenie (*disability*), czy trudność (*difficulties*).

Problem nie jest incydentalny, albowiem ponad 2,4 miliona dzieci w systemie szkół publicznych ma zdiagnozowane zaburzenia w uczeniu się (w tym dysleksję i dyskalkulię rozwojową) (Alloway i Carpenter 2020). Dyskalkulia rozwojowa jest specyficznym zaburzeniem uczenia się (Castaldi et al. 2018; Monei i Pedro 2017; Pappas i Drigas 2015) charakteryzującym się trwałym deficytem w uczeniu się matematyki (Geduk et al. 2020; McCaskey et al. 2020; De Castro et al. 2014) – obejmuje dzieci z trudnościami w uczeniu się matematyki – u dzieci, które rozwijają się umysłowo w sposób normalny (prawidłowy rozwój intelektualny) w sprzyjających warunkach edukacyjnych (Castaldi i Piazza i Iuculano 2020; Oszwa 2006), ale wykazują znaczące deficyty w procesach poznawczych (Estévez-Pérez et al. 2019; Wilson et al. 2015; Osisanya i Lazarus i Adewunmi 2013). A zatem odnosi się do tych uczniów, którzy mają problemy z liczeniem uniemożliwiające im na efektywne radzenie sobie z zagadnieniami matematycznymi, a jednocześnie nie ujawniają żadnych zaburzeń ogólnych funkcji umysłowych i nie doświadczają żadnych edukacyjnych dyskomfortów. Stąd ich matematyczne trudności są często rozwojowym zaskoczeniem dla ich otoczenia (Babtie i Emerson 2015; Ciecialska i Gut 2018; Košč 1974; Landerl i Kaufmann 2015; Mareschal i Butterworth i Tolmie 2013; Oszwa 2008). Liczba dzieci doświadczających dyskalkulii nie jest zjawiskiem marginalnym, ale i jednoznacznym do oszacowania – dane wskazują, że uczniowie tacy stanowią średnio 3-8% populacji szkolnej (Re et al. 2020; Landerl i Kaufmann 2015; choć niektórzy autorzy szacują ten przedział na 3-7% populacji szkolnej (Lu et al. 2021; Haberstroh i Schulte-Körne 2019) lub 5-7% populacji (Bugden et al. 2021)). Dokonując przeglądu literatury możemy przekonać się, że choć istnieje wiele prac dotyczących terapii dzieci z dyskalkulią, i choć w części z nich odnajdziemy opracowania dotyczące technologicznego wsparcia takiej terapii, to jednak ilość niejednoznacznych fraz stosowanych dla określenia tego zaburzenia, nie ułatwia samych poszukiwań. Celem niniejszego artykułu było określenie jakie technologie opisane w literaturze stosowane są w terapii dzieci z dyskalkulią, jak i zweryfikowanie, czy wpisując w bazach naukowych opisane w literaturze frazy, stosowane dla określenia dzieci z trudnościami w matematyce, otrzymamy oczekiwane rekordy.

2. Procedura przeglądu literatury

Aby sprawdzić, w jaki sposób pedagodzy mogą pomóc uczniom z dyskalkulią wykorzystując do tego nowe technologie zastosowano procedurę opracowaną na potrzeby wcześniejszego badania (Przybyła i Klichowski, 2019), przeanalizowano 1488 abstraktów z takich baz danych, jak:

- Academic Research Source eJournals,
- Academic Search Ultimate,
- AHFS Consumer Medication Information,
- Communication Source,
- ERICH,
- Health Source – Consumer Edition,
- Health Source: Nursing/Academic Edition,
- Library, Information Science & Technology Abstracts,
- MasterFILE Premier,
- MEDLINE,
- OpenDissertation,
- PsycARTICLES,
- PsycINFO,
- Teacher Reference Center.

Przeszukując ww. bazy zastosowano sortownie ograniczając zakres otrzymanych wyników określając datę publikacji (2019-2021) oraz typy źródeł (recenzowane czasopisma akademickie). Ze względu na opisaną we wstępie różnorodność terminów stosowanych do opisu trudności w uczeniu się matematyki u dzieci, oprócz powszechnie stosowanych zwrotów użyto także tych mniej popularnych (Landerl i Kaufmann 2015; Osza 2006a; Osza 2008, 26). Miało to zapewnić możliwość dotarcia do relatywnie największej liczby artykułów. Wymienione poniżej polskie, dosłowne tłumaczenia (przywołane za Osza 2008, 26-27) autor tej publikacji zamieszcza ze świadomością, że niektóre ze zwrotów nie są już osadzone we współcześnie stosowanej terminologii. Były to:

- *dyscalculia* – dyskalkulia;
- *mathematical disorder* – zaburzenia matematyczne;
- *mathematical disabilities* – niezdolność, upośledzenie matematyczne;
- *mathematics disabilities* – upośledzenie w zakresie matematyki;
- *arithmetic disabilities* – upośledzenie arytmetyczne;
- *specific arithmetic disabilities* – specyficzne upośledzenie arytmetyczne;
- *specific arithmetical impairment* – specyficzne upośledzenie arytmetyczne;
- *math learning disabilities* – trudności w uczeniu się matematyki;
- *mathematical disabled children* – dzieci niezdolne do matematyki;
- *mathematical difficulties* – trudności matematyczne;
- *specific arithmetic difficulties* – specyficzne trudności arytmetyczne;
- *developmental dyscalculia* – dyskalkulia rozwojowa;

- *profound developmental dyscalculia* – ciężka dyscalculia rozwojowa.

Takie sortowanie doprowadziło do wyselekcjonowania 48 artykułów. Zostały one opublikowane w 38 różnych czasopismach (alfabetyczna lista czasopism znajduje się w Tab. 1).

Tabela 1. Lista analizowanych czasopism

Nr.	Tytuł czasopisma
1	Asian Journal of Medical Science
2	Behavioral Sciences
3	Behaviour & Information Technology
4	Career Development and Transition for Exceptional Individuals
5	Computers & Education
6	Developing Number Sense in Students with Mathematics Learning Disability Risk
7	Developmental Science
8	Educação Matemática Pesquisa
9	Education and Training in Autism and Developmental Disabilities
10	European Journal of Special Needs Education
11	Exceptionality
12	Exceptionality Education International
13	Focus on Autism & Other Developmental Disabilities
14	Frontiers in Psychology
15	International Education Studies
16	International Journal for Technology in Mathematics Education
17	International Journal of Disability, Development and Education
18	Intervention in School and Clinic
19	Journal of Biological Education
20	Journal of Educational Computing Research
21	Journal of Educational Technology Systems
22	Journal of Special Education
23	Journal of Special Education Technology
24	Learning Disabilities - A Contemporary Journal
25	Learning Disabilities Research & Practice
26	Learning Disabilities: A Contemporary Journal
27	Learning Disability Quarterly
28	Mathematics Enthusiast
29	Medical Journal of Mashhad University of Medical Sciences
30	Participatory Educational Research
31	Preventing School Failure
32	Psychological Research

33	Remedial & Special Education
34	Research in Developmental Disabilities
35	Teaching Exceptional Children
36	Technology & Disability
37	The Journal of Special Education
38	The Spanish Journal of Psychology

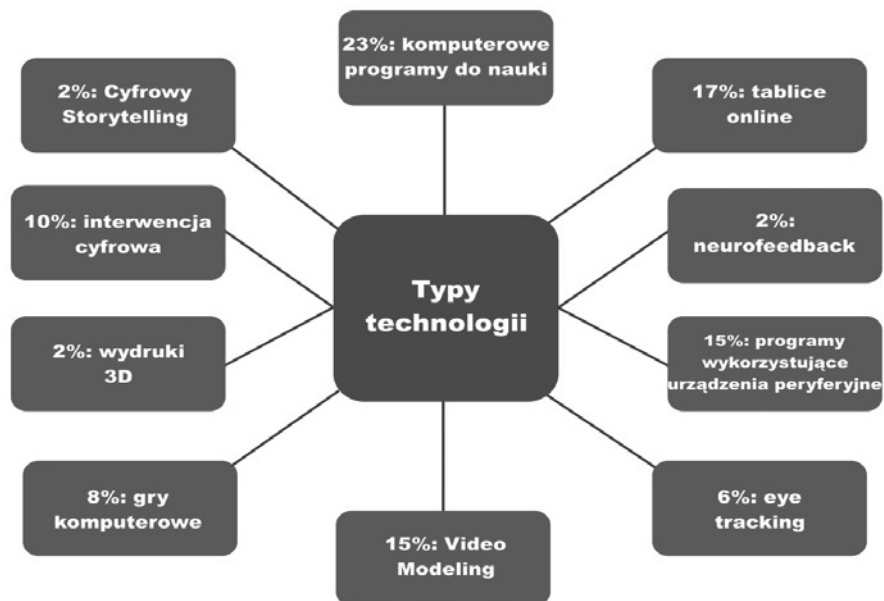
3. Wyniki przeglądu literatury

3.1. Analiza ilościowa

Okazało się, że wpisując do baz danych różnorodne, zaczerpnięte z literatury frazy, otrzymano bardzo różne efekty poszukiwań. Najwięcej analizowanych abstraktów, w którym pojawiała się nie tylko dana fraza, ale w abstrakcie można było przeczytać także o zastosowanej technologii, dotyczyło *mathematics disabilities* – 46 %, *mathematical difficulties* 25% i *developmental dyscalculia* 10%. Pozostałe 19% dotyczyło reszty wyszukiwanych haseł (6 % abstraktów dotyczyło *math learning disabilities*, 4% – *dyscalculia*, a po 2% – *mathematical disorder*, *mathematical disabilities*, *arithmetic disabilities* i *mathematical disabled children*). Zaskoczeniem był natomiast brak prac, w których pojawiłyby się takie frazy jak: *specific arithmetic disabilities*, *specific arithmetical impairment*, *profound developmental dyscalculia* czy *specific arithmetic difficulties*. Rekordy te albo nie znajdowały swojej egzemplifikacji w wybranym okresie, lub też w pojawiających się abstraktach nie wspomniano o użyciu w ich kontekście technologii.

Wreszcie, jak pokazuje Ryc. 1, badanie ujawniło, że w pracy z dziećmi przejawiającymi problemy matematyczne wykorzystywane są różne nowe technologie. Wynika z tego, że pracując z dziećmi manifestującymi problemy matematyczne można korzystać z różnych elektronicznych urządzeń cyfrowych (wykryto 10 głównych grup), od prostych narzędzi cyfrowych, jak komputerowe programy do nauki, czy narzędzia online, po złożone, takie jak neurofeedback, eye tracking, czy wydruki 3D. Ukazuje to, że uczniowie doświadczający trudności matematycznych nie tylko istnieją w debacie nad wykorzystaniem w ich kontekście technologicznego wsparcia, ale są tematem ciągłych badań i poszukiwań.

Rycina 1. Trendy w badaniach nad wykorzystaniem nowych technologii w pracy z dziećmi z dyskalkulią w latach 2019-2021



Źródło: opracowanie własne

Badanie ujawniło również, że komputerowe programy do nauki pojawiały się z największą ilością przeszukiwanych fraz (6) i pojawiły się z takimi hasłami jak: *mathematical disabled children*, *mathematics disabilities*, *developmental dyscalculia*, *dyscalculia*, *mathematical difficulties* oraz *mathematics disabilities*. Kolejnymi, najczęściej opisywanymi typami technologii były: video modeling – 4 frazy – (*mathematics disabilities*, *dyscalculia*, *developmental dyscalculia*, *mathematical disabilities*) oraz interwencja cyfrowa – 4 frazy – (*mathematics disabilities*, *dyscalculia*, *mathematical difficulties*, *developmental dyscalculia*), a w dalszej kolejności programy wykorzystujące urządzenia peryferyjne – 3 frazy – (*math learning disabilities*, *mathematical difficulties*, *mathematics disabilities*), po 2 frazy: Cyfrowy Storytelling (*mathematics disabilities*, *mathematical disorder*), tablice online (*mathematics disabilities*, *mathematical disabled children*), eye tracking (*mathematical difficulties*, *developmental dyscalculia*), gry komputerowe (*mathematical difficulties*, *mathematics disabilities*), a po 1 frazie: neurofeedback (*arithmetic disabilities*) oraz Wydruki 3D (*math learning disabilities*).

Analizując zebrany materiał z perspektywy różnych terminów stosowanych do opisu trudności w uczeniu się matematyki u dzieci zauważono, że pojawiały się one najczęściej z ukazanymi w Tabeli 2 typami technologii.

Tabela 2. Terminy stosowane do opisu trudności w uczeniu się matematyki u dzieci a typy technologii

	komputerowe programy do nauki	video modeling	interwencja cyfrowa	Cyfrowy Storytelling	tablice online	neurofeedback	eye tracking	gry komputerowe	programy wykorzystujące urządzenia peryferyjne	Wydruki 3D
mathematics disabilities	X	X	X	X	X	-	-	X	X	-
arithmetic disabilities	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
developmental dyscalculia	X	X	X	-	-	-	X	-	-	-
dyscalculia	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-
math learning disabilities	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X
mathematical difficulties	X	-	X	-	-	-	X	X	X	-
mathematical disabilities	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
mathematical disorder	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
mathematical disabled children	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-

Źródło: opracowanie własne

Wnioskować można, że niektóre z terminów służących do opisu trudności w uczeniu się matematyki stosowane są w publikacjach naukowych częściej niż inne. Być może wynika to z ich szerszego zakresu pojęciowego, czy lepszego opisu w literaturze anglojęzycznej. Warto jednak odnotować, iż terminem stosowanym z największą ilością nowych technologii była fraza *mathematics disabilities* (aż z 7 typami technologii).

3.2. Jakościowa analiza wybranych przykładów

Najliczniej reprezentowane w literaturze były dwie poszukiwane frazy: *mathematics disabilities* (upośledzenie w zakresie matematyki) oraz *mathematical difficulties* (trudności matematyczne). Z tego powodu, właśnie tym dwóm kategoriom, postanowiono się przyjrzeć dokładniej.

3.2.1. Badania związane z frazą *mathematics disabilities*

W badaniu Sari i Olkun (2020) chciano sprawdzić, czy można poprawić umiejętności posługiwania się przybliżonym systemem liczbowym (*approximate number system*) u uczniów szkoły podstawowej, którzy osiągają słabe wyniki w matematyce. Po przeprowadzeniu szeregu testów (Mathematics Achievement Test (MAT), Arithmetic Performance Test (APT), Number Line Estimation Test (NLE), Raven Standard Progressive Matrices Test (RSPMT)) wyłoniono z 302 uczniów grupę 26 dzieci, które uzyskały najniższe wyniki. Następnie losowo przydzielono je do grupy eksperymentalnej i kontrolnej. Grupa eksperymentalna, w czasie wolnym od zajęć szkolnych, grała na tablecie w trzy gry matematyczne mające na celu rozwijanie przybliżonego systemu liczbowego przez dwie godziny tygodniowo przez okres trzech tygodni (w sumie 6 godzin). Z kolei grupa kontrolna nie miała żadnej z tych gier (również grali w gry, ale w gry niematematyczne). W efekcie podjętych działań zaobserwowano, że w grupie eksperymentalnej nastąpił wzrost zarówno precyzji szacowania, jak i osiągnięć matematycznych. Zastosowane gry pomagały nie tylko w rozumieniu przestrzennej reprezentacji wielkości, ale przede wszystkim prowadziły do poprawy osiągnięć matematycznych badanych dzieci.

Z kolei w badaniu Emily C. Bouck, Jiyoung Park, i Kelly Stenze (2020) wzięło udział trzech uczniów szkoły specjalnej w wieku od 11 do 13 lat. Wykorzystano w tym badaniu urządzenie mobilne (iPad) z aplikacją CuisenaireVR Rods firmy Brainiaccamp. Celem badania było wykorzystanie urządzenia (*virtual manipulatives*) – w tym przypadku był to iPad z aplikacją – jako technologii wspomagającej w nauce matematyki, aby pomóc badanym nabyć i utrzymać umiejętność rozwiązywania problemów związanych z dzieleniem z resztą. Badacze spotykali się z każdym z chłopców osobno. Każdy uczeń uczestniczył w jednej sesji dziennie, a sesje odbywały się zazwyczaj jeden-dwa dni w tygodniu. Każda sesja trwała mniej niż 15 minut – wliczając w to czas na instruktaż.

Badaczki odkryły, że trzech uczniów nabyło i utrzymało dokładność w rozwiązywaniu problemów z dzieleniem z resztą, gdy otrzymali do dyspozycji iPada z aplikacją i wyraźnymi instrukcjami ze strony badaczek. Okazało się, że uczniowie utrzymywali wysoki poziom dokładności, a dwóch uczniów utrzymało 100% dokładności jeszcze wiele tygodni po zakończeniu interwencji, w trakcie której realizowali zajęcia z wykorzystaniem technologii. Badanie to potwierdza, że uczniowie niepełnosprawni mogą korzystać z urządzeń cyfrowych (*virtual manipulatives*) podczas nauki matematyki i może to przynosić pożądane rezultaty. Należy jednak pamiętać, że samo dostarczenie uczniom technologii wspomagającej jest niewystarczające – uczniowie niepełnosprawni muszą otrzymać bardzo konkretne, dokładne instrukcje i należy nauczyć ich, jak korzystać z technologii, która ma ich wspierać.

W badaniu zrealizowanym przez Emily C. Bouck, Jordan Shurr i Jiyoung Park (2020) sprawdzano wykorzystanie nowych technologii do nauki mnożenia i dzielenia dla uczniów z zaburzeniami rozwojowymi. Już we wstępie zasygnalizowano, że nauczanie matematyki dla uczniów z niepełnosprawnością intelektualną i autyzmem jest ważne, jednak nie można zapomnieć o tym, by badacze i praktycy, skoncentrowali się na utrwalaniu pojęć matematycznych, a nie tylko na ich przyswajaniu przez tych uczniów.

W badaniu wzięło udział czterech uczniów z zaburzeniami rozwojowymi uczęszczających do szkoły specjalnej. Uczniów do badania zarekomendował ich nauczyciel, potwierdzając ich problemy z matematyką. Byli to dwaj 14 letni chłopcy i dwie dziewczynki w wieku 13 i 14 lat. Badanie zrealizowano wykorzystując do tego tablice online z aplikacją Color Tiles firmy Brainingcamp. Wszystkie sesje realizowane były indywidualnie, przy udziale dwóch badaczy. Każdy uczeń ukończył minimum pięć sesji bazowych, 15 sesji interwencyjnych, osiem sesji podtrzymujących oraz cztery sesje przedłużonego podtrzymywania. Każda sesja interwencyjna trwała mniej niż 15 minut, a pozostałe sesje trwały jeszcze krócej. W wyniku podjętych działań okazało się, że troje uczniów gimnazjum, którzy ukończyli całą interwencję, nabyło, ale przede wszystkim także utrzymało docelowe umiejętności matematyczne – mnożenia i dzielenia. Zaproponowano, że uzyskane wyniki mają wpływ na wykorzystanie pakietów interwencyjnych w nauczaniu podstawowych umiejętności matematycznych uczniów z zaburzeniami rozwojowymi.

3.2.2. Badania związane z frazą *mathematical difficulties*

Maïke Schindler i inni (2019) postanowili sprawdzić w jaki sposób uczniowie z trudnościami matematycznymi różnią się od uczniów typowo rozwijających się w rozpoznawaniu ilości w ustrukturyzowanych reprezentacjach liczb całkowitych. Wykorzystali do tego metodę eye trackingu, która miała pomóc w identyfikacji strategii rozpoznawania ilości przez uczniów. W projekcie uczestniczyło 20 uczniów szkoły ogólnokształcącej w wieku od 10 do 11 lat. Grupę badawczą wyłoniono z uczniów manifestujących trudności matematyczne, dodatkowo przeprowadzając z nimi jakościowe wywiady diagnostyczne. Eksperymenty zostały przeprowadzone przy użyciu urządzenia do śledzenia ruchów gałek ocznych – Tobii Pro Glasses 2 – ponieważ chciano zbadać spojrzenia uczniów w sposób bardziej szczegółowy (sprawdzenie kiedy spojrzenia uczniów odchodzą poza monitor i gdzie dokładnie – na przykład w stronę osoby realizującej badanie).

Wydawać by się mogło, że badanie nie uzasadnia wykorzystania technologii w pracy z dziećmi z dyskalkulią ponieważ nie znaleziono znaczących różnic między 10 uczniami z trudnościami matematycznymi i 10 uczniami typowo rozwijającymi się. Okazało się nawet, że (w pojedynczych zadaniach) uczniowie typowo rozwijający się popełniali nieco więcej błędów od tych z trudnościami matematycznymi. Jednak w ujęciu całościowym, biorąc pod uwagę sumę czasów odpowiedzi wszystkich zadań, różnice między grupami były znaczące. Z sumy czasów można więc wnioskować na temat możliwych trudności matematycznych u uczniów. Jednak to tylko sugestia, albowiem zrealizowano zbyt mało serii zadań, by móc to potwierdzić. Potwierdzić z kolei można potencjał eye trackingu jako metody badawczej. Eksperyment ukazał wiele strategii uczniowskich, z których kilka nie zostało odnalezionych w poprzednich badaniach. Sugeruje się, że wykorzystanie eye trackingu wydaje się być szczególnie korzystną metodą badawczą dla uczniów z trudnościami matematycznymi.

W eksperymencie Magdy Praet i Annemie Desoete (2019) brało udział 49 dzieci z wczesnymi trudnościami matematycznymi, 65 dzieci osiągających przeciętne wyniki w nauce oraz 48 dzieci 5-letnich osiągających wysokie wyniki w nauce. Aby sprawdzić

skuteczność i trwałość wczesnej interwencji dla dzieci z trudnościami matematycznymi w przedszkolu wszyscy uczestnicy badania grali w różne gry matematyczne przez okres 5 tygodni. Eksperyment miał za zadanie zweryfikować, czy rozwijając zdolności pamięci roboczej u dzieci w przedszkolu, możliwe jest przyspieszenie rozwoju umiejętności liczenia dzieci w klasie 1. Celem badania było określenie wpływu przyjaznych dzieciom gier komputerowych na pamięć roboczą u dzieci z problemami we wczesnej matematyce oraz u dzieci osiągających przeciętne i dobre wyniki.

Zaobserwowano, że w efekcie podjętych działań – wraz z upływem czasu – wczesne umiejętności arytmetyczne wszystkich dzieci poprawiały się. Stwierdzono, że zabawy w liczenie i porównywanie oraz zabawy stymulujące pamięć roboczą stosowane w przedszkolu mogą potencjalnie poprawić wczesne umiejętności arytmetyczne małych dzieci. Popierają to dane, z których wynika, że około 87% dzieci z problemami w nauce, które uczestniczyły w grach stymulujących pamięć roboczą, osiągało przeciętne wyniki w zakresie umiejętności arytmetycznych. Wnioskować można, że dzieci zagrożone trudnościami w nauce matematyki, mogą odnieść duże korzyści z zastosowania pewnych gier komputerowych w celu zapobiegania późniejszym trudnościom w nauce. Trwałość opisanych efektów sprawdzono także na początku klasy 1 (po okresie wakacji) i ustalono, że nie zniknęły one przez czas dwumiesięcznej przerwy od nauki.

Z kolei w badaniu Anny Mari Re et al. (2020) oceniano skuteczność wspieranego cyfrowo programu treningowego dla poprawy umiejętności numerycznych dzieci z trudnościami matematycznymi. Uczestników ($n = 57$) przydzielono do dwóch grup, z czego eksperymentalna korzystała dodatkowo z aplikacji internetowej („I bambini contano” lub „Children count” w języku angielskim). Dokonane pomiary ukazały, że dzieci z grupy eksperymentalnej osiągnęły znacznie wyższą poprawę w zakresie faktów arytmetycznych i obliczeń pisemnych niż grupa kontrolna. Potwierdzono, że skuteczność eksperymentalnego programu szkoleniowego utrzymywała się do 2 miesięcy po zakończeniu interwencji. Sugeruje się, że specjalistyczna interwencja bezpośrednia oraz wspomagany cyfrowo trening w domu mogą przynieść korzyści dzieciom z trudnościami w uczeniu się matematyki.

Wiele wcześniejszych badań sugeruje, że wciąż brakuje narzędzia, które sprawdziłoby kluczowe procesy numeryczne, a celem jego byłoby określenie stylu uczenia się dzieci z trudnościami w matematyce lub dyskalkulią. Postuluje się, że takie narzędzie oceny ma fundamentalne znaczenie dla wczesnej interwencji i wsparcia uczniów, którzy mają problemy z matematyką. Karagiannakis i Noël (2020) zaprezentowali narzędzie online, które zostało zaprojektowane i opracowane tak, by osiągnięcie tych celów było możliwe. Test Profilu Matematycznego (*Test MathPro*) składa się z 18 podtestów, które oceniają umiejętności numeryczne. Zrealizowane z jego użyciem badanie przeprowadzono w Belgii na próbie 622 dzieci ze szkół podstawowych (klasy 1-6). W analizowanej publikacji, rekomenduje się wykorzystywanie *Test MathPro* jako bardzo obiecujące narzędzie do prowadzenia badań na dużą skalę oraz dla klinicyстів do nakreślenia profilu matematycznego dzieci z trudnościami matematycznymi lub dyskalkulią ponieważ pozwala na wyjątkowo szeroką ocenę procesów numerycznych.

Podsumowanie

Z przeprowadzonych analiz wynika, że technologie są testowane, jak i wykorzystywane w pracy z dziećmi trudnościami w matematyce lub z dyskalkulią. Brakuje jednak badań i wynikających z nich konkretnych wskazań do stosowania ich w pracy z dziećmi z dyskalkulią. Istnieje zatem potrzeba przeprowadzenia interdyscyplinarnych (tj. prowadzonych przez neurobiologów, pedagogów i technologów) badań nad potrzebą wspierania dzieci z dyskalkulią przy wykorzystaniu technologii dostępnych w i poza edukacją. Uzyskany materiał badawczy ujawnił, że wykorzystywanie nowych technologii w pracy z dziećmi przejawiającymi problemy matematyczne może być interesujące dla badaczy, jak i potwierdził zasadność stosowania nowych technologii, w celu poprawy funkcjonowania dzieci z dyskalkulią, jak i lepszego poznania ciągle jednak nie do końca rozpoznanego problemu. Wśród typów opisywanych w analizowanych abstraktach technologii są takie, które stosowane są z powodzeniem w edukacji i terapii od lat, jak i takie, o których użyciu w edukacji, a w edukacji dzieci z trudnościami matematycznymi, rzadko w dyskursie naukowym można przeczytać. Warto dlatego na bieżąco sprawdzać i weryfikować czy w zakresie podjętych rozważań naukowych nie następuje jakiś przełom, mogący pomóc nie tylko w diagnozowaniu, ale i we wspieraniu osób dotkniętych dyskalkulią rozwojową. Tym bardziej, że jak ukazała ta analiza, podejmuje się rozważania, w których postuluje się nowe technologie do stosowania w terapii dzieci w z dyskalkulią.

Podziękowania

W okresie przygotowania niniejszej pracy Tomasz Przybyła był wspierany przez grant European Cooperation in Science and Technology: European Network on Brain Malformations (Neuro-MIG) (COST Action CA16118) i advancing Social inclusion through Technology and EmPowerment (CA COST Action CA19104).

Literatura

- Alloway, Tracy Packaim i Rachel K. Carpenter. 2020. The relationship among children's learning disabilities, working memory, and problem behaviours in a classroom setting: Three case studies. *The Educational and Developmental Psychologist*, 37(1), 4-10. <https://doi.org/10.1017/edp.2020.1>.
- Aquil, Mahammas Amimul Ihsan i Mazeyanti Mohd Ariffin. 2020. Dyscalculia, causes, interventions and malaysian scenario. *PalArch's Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology*, 17(5), 1131-1151. <https://doi.org/10.48080/jae.v17i5.3318>.
- Bouck, Emily C. i Jiyoung Park i Kelly Stenzel. 2020. Virtual manipulatives as assistive technology to support students with disabilities with mathematics. *Preventing*

- School Failure: Alternative Education for Children and Youth*, 64(4), 281-289. <https://doi.org/10.1080/1045988X.2020.1762157>.
- Bouck, Emily C. i Jordan ShurrJiyoon i Park. 2020. Virtual Manipulative-Based Intervention Package to Teach Multiplication and Division to Secondary Students With Developmental Disabilities. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 35(4), 195-207. <https://doi.org/10.1177/1088357620943499>.
- Bugden, Stephanie et al. 2021. Identifying Children with Persistent Developmental Dyscalculia from a 2-min Test of Symbolic and Nonsymbolic Numerical Magnitude Processing. *Mind, Brain, and Education*, 15(1), 88-102. <https://doi.org/10.1111/mbe.12268>.
- Castaldi, Elisa et al. 2018. Asymmetrical interference between number and item size perception provides evidence for a domain specific impairment in dyscalculia. *PLoS one*, 13(12), e0209256. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209256>
- Castaldi, Elisa i Manuela Piazza i Teresa Iuculano. 2020. Learning disabilities: Developmental dyscalculia. *Handbook of Clinical Neurology* (174), 61-75. <http://doi.org/10.1016/B978-0-444-64148-9.00005-3>.
- Ciechalska, Dominika i Małgorzata Gut, 2018. Komputerowe versus papierowe narzędzia oceny umiejętności matematycznych dzieci. *Neuropsychiatria i Neuropsychologia*, 13(3), 104-113. <https://doi.org/10.5114/nan.2018.81251>.
- De Castro, Marcus Vasconcelos et al. 2014. Effect of a virtual environment on the development of mathematical skills in children with dyscalculia. *PLoS one*, 9(7), e103354. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103354>.
- De Nigris, Anna i Giovanni Masciarelli i Cecilia Guariglia. (2020). Efficacy of neuropsychological rehabilitation on numerical and calculation abilities: A developmental case study. *Applied Neuropsychology: Child*, 9(3), 271-281. <https://doi.org/10.1080/21622965.2018.1553044>.
- Drigas Athanasios i Marios Pappas. 2015. ICT Based Screening Tools and Etiology of Dyscalculia. *International Journal of Engineering Pedagogy (ijEP)*, 5(3). <http://dx.doi.org/10.3991/ijep.v5i3.4735>.
- Emerson Jane i Patricia Babbie. 2014. *The dyscalculia solution: Teaching number sense*. London, UK: Bloomsbury Education.
- Estévez-Pérez, Nancy et al. (2019). Numerical processing profiles in children with varying degrees of arithmetical achievement. *Acta Psychologica*, 198, 102849. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2019.05.001>.
- Geduk, Salih et al. 2020. Effective connectivity provides a disease signature for dyscalculia: an fMRI study. *Anatomy: An International Journal of Experimental and Clinical Anatomy*, 14(2). <http://doi:10.2399/ana.20.S2iv>.
- Haberstroh, Stefan i Gerd Schulte-Körne. 2019. The diagnosis and treatment of dyscalculia. *Deutsches Ärzteblatt International*, 116(7), 107. <http://doi:10.3238/arztebl.2019.0107>.
- Karagiannakis, Giannis i Marie-Pascale Noël. 2020. Mathematical Profile Test: A Preliminary Evaluation of an Online Assessment for Mathematics Skills of Chil-

- dren in Grades 1–6. *Behavioral Sciences*, 10(8), 126. <https://doi.org/10.3390/bs10080126>.
- Klichowski, Michał i Tomasz Przybyła, 2017. *Does cyberspace increase young children's numerical performance? A brief overview from the perspective of cognitive neuroscience*. W: Świat małego dziecka. *Przestrzeń instytucji, cyberprzestrzeń i inne przestrzenie dzieciństwa*, red. Hanna Krauze-Sikorska i Michał Klichowski, 425-444, Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM, ISBN 978-83-232-3154-7
- Košć, Ladislav. 1974. Developmental dyscalculia. *Journal of Learning Disabilities*, 7, 46-59.
- Landerl, Karin i Liane Kaufmann. 2015. *Dyskalkulia*. Gdańsk: Harmonia Universalis.
- Lu, Y. et al. 2021. Can abacus course eradicate developmental dyscalculia. *Psychology in the Schools*, 58(2), 235-251. <https://doi.org/10.1002/pits.22441>.
- Mareschal, Denis i Brian Butterworth i Andy Tolmie. 2013. *Educational neuroscience*. Wiley-Blackwell.
- McCaskey, Ursina et al. 2020. Persistent differences in brain structure in developmental dyscalculia: a longitudinal morphometry study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 272. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00272>.
- Monei, Thato i Athena Pedro. 2017. A systematic review of interventions for children presenting with dyscalculia in primary schools. *Educational Psychology in Practice*, 33(3), 277-293. <https://doi.org/10.1080/02667363.2017.1289076>.
- Osisanya, Ayo i Kelechi Lazarus i Abiodun Adewunmi. 2013. Manifestations of dyslexia and dyscalculia. *Journal of International Special Needs Education*, 16(1), 40-52. <https://doi.org/10.9782/2159-4341-16.1.40>.
- Oszwa, Urszula 2008b. *Psychologia trudności arytmetycznych u dzieci. Doniesienia z badań*. Kraków: Impuls.
- Oszwa, Urszula. 2006. *Zaburzenia rozwoju umiejętności arytmetycznych. Problem diagnozy i terapii*. Kraków: Impuls.
- Oszwa, Urszula. 2008a. *Wczesna diagnoza dziecięcych trudności w liczeniu. Wybrane zagadnienia*. Kraków: Impuls.
- Oszwa, Urszula. 2009. *Psychologiczna analiza procesów operowania liczbami u dzieci z trudnościami w matematyce*. Lublin: Wydawnictwo UMCS w Lublinie.
- Praet, Magda i Annemie Desoete. 2019. A Pilot Study about the Effect and Sustainability of Early Interventions for Children with Early Mathematical Difficulties in Kindergarten. *Learning Disabilities: A Contemporary Journal*, 17(1), 29-40.
- Przybyła, Tomasz et al. 2020. *Dziecięca matematyka*. W: *Pedagogika dziecka. Podręcznik akademicki*, red. Hanna Krauze-Sikorska i Michał Klichowski, 119-137. Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM, ISBN 978-83-232-3590-3.
- Przybyła, Tomasz et al. 2021. *Zastosowania neurofeedbacku w edukacji matematycznej: eksperyment Speed-Math z udziałem uczniów wyższych klas szkoły podstawowej*. W: *Liczy w cyfrowym świecie. Rozmowy o współczesnej edukacji matematycznej dziecka*, red. Tomasz Przybyła, 101-123, Poznań, Wydawnictwo Naukowe UAM, ISBN 978-83-232-3907-9.

- Przybyła, Tomasz i Anna Basińska i Michał Klichowski. 2013. *Smartphones and children's mathematics*. W: *Children in the postmodern world: culture, media, social inequality*, red. Anna Basińska, Michał Klichowski i Hanna Krauze-Sikorska, 11-20. Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM, ISBN 978-83-232-2634-5.
- Przybyła, Tomasz i Michał Klichowski. 2018. „Cyfrowe liczby”: Przykłady narzędzi ICT służących kształtowaniu kompetencji matematycznych ucznia poprzez stymulację praktyki. W: *Psychoedukacyjne problemy młodzieży, czyli jak być świadomym wychowawcą*, 56-64. Poznań: Kuratorium Oświaty w Poznaniu.
- Przybyła, Tomasz i Michał Klichowski. 2019. Neuro-edu-techno (NET) approach in studies on educational therapy for developmental delays: A case of focal cortical dysplasia. *Studia Edukacyjne*, (52), 97-106.
- Re, Anna Maria et al. 2020. Response to a Specific and Digitally Supported Training at Home for Students With Mathematical Difficulties. *Frontiers in Psychology*, 11, 2039. <http://doi:10.3389/fpsyg.2020.02039>.
- Sari, Mehmet i Sinan Olkun. 2020. Developing number sense in students with mathematics learning disability risk. *International Online Journal of Primary Education (IOJPE)*, 9(2), 228-243, ISSN: 1300-915X.
- Schindler, Maike et al. 2019. Quantity recognition in structured whole number representations of students with mathematical difficulties: An eye-tracking study. *Learning Disabilities: A Contemporary Journal*, 17(1), 5-28.
- Walerzak-Więckowska Anna i Anna Lipowska i Paweł Jurek. (2018). *Dyskalkulia rozwoju-deficyt wiadomości matematycznych czy umiejętności arytmetycznych-od rozważań terminologicznych do praktyki diagnostycznej*. W: *Polskie Forum Psychologiczne*, 23(4). <http://doi: 10.14656/PFP20180407>.
- Wilson, Anna J. et al. 2015. Dyscalculia and dyslexia in adults: cognitive bases of comorbidity. *Learning and individual differences*, 37, 118-132. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2014.11.017>.

Informacje o autorze: Tomasz Przybyła, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, adiunkt. Zainteresowania naukowe: technologie wspomagające edukację, kształtowanie kompetencji matematycznych, poznanie matematyczne, aplikacje edukacyjne, trudności matematycznych,

Kontakt:
tomekprzybyla@gmail.com,

Adres korespondencyjny:
Pracownia Badań nad Procesem Ucznienia się, Wydział Studiów Edukacyjnych, ul. Szamarzewskiego 89, 60-568 Poznań.