

Częstotliwość występowania zaburzeń rozwoju sprawności ręki w zakresie samoobsługi, grafomotoryki i innych czynności szkolnych - analiza obliczeniowa

Emilia Mikołajewska*¹, Dariusz Mikołajewski²

¹Katedra Fizjoterapii, Wydział Nauk o Zdrowiu, Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. Jagiellońska 13/15, 85-067 Bydgoszcz
e-mail: emiliam@cm.umk.pl

²Instytut Informatyki, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, ul. Kopernika 1, 85-064 Bydgoszcz
e-mail: dmikolaj@ukw.edu.pl

Streszczenie: Jedną z przyczyn trudności samoobsługowych i grafomotorycznych są opóźnienia lub brak rozwoju chwyt podstawowych. Celem pracy było określenie częstotliwości występowania zaburzeń rozwoju sprawności ręki w zakresie samoobsługi, grafomotoryki i innych czynności szkolnych oraz wypracowanie podstaw do wdrożenia ich modelu obliczeniowego. Tylko 6% dzieci nie miało żadnych deficytów, a prawie 41% miało deficyty tylko w zakresie funkcji ręki. Model obliczeniowy ułatwił analizę oraz stanowi obiecujące rozwiązanie na przyszłość: do gromadzenia, analizy i predykcji wyników.

Słowa kluczowe: rehabilitacja, ręka, grafomotoryka, deficyty ręki, terapia ręki, model obliczeniowy, sztuczne sieci neuronowe.

Prevalence of hand development disorders in self-care, graphomotor and other school activities - a computational analysis

Abstract: One of the causes of self-service and graphomotor difficulties is delays or lack of development of the basic grasp. The aim of the study was to determine the frequency of hand developmental impairments in self-care, graphomotor and other school activities and to develop a basis for implementing their computational model. Only 6% of the children had no deficits, and almost 41% had deficits only in hand function. The computational model facilitated the analysis and is a promising solution for the future: for collecting, analysing and predicting results.

Keywords: rehabilitation, hand, graphomotorics, hand deficits, hand therapy, computational model, artificial neural networks.

1. Wprowadzenie

Ocena funkcjonowania motorycznego u małych dzieci stała się w ostatnich latach coraz ważniejsza, ponieważ uznano, że upośledzenie motoryczne jest związane z trudnościami poznawczymi, językowymi, społecznymi i emocjonalnymi [1]. Z dotychczasowej literatury nie wynika jasno, co należy oceniać w odniesieniu do funkcjonowania motorycznego, ponadto nie ma jednego złotego standardu czy narzędzia do badania zdolności motorycznych u dzieci [1, 2]. Jedną z przyczyn trudności samoobsługowych i grafomotorycznych są opóźnienia lub brak rozwoju chwytów podstawowych (hakowy, cylindryczny, szczypcowy, trójpunktowy, obustronny, oburęczny). Celem pracy jest określenie częstotliwości

występowania zaburzeń sprawności ręki dzieci w aspekcie czynności samoobsługowych i grafomotorycznych.

1.1. Umiejętności samoobsługowe

Terminowy rozwój kamieni milowych sprawności ręki w zakresie samoobsługi wpływa na adekwatny do wieku stopień samodzielności dziecka w żłobku, przedszkolu, a później w szkole oraz warunkuje niezależność dziecka w tym zakresie. Stąd tak ważne by te czynności były poddawane ocenie a w przypadku opóźnień treningowi. Rozwój omawianych kamieni milowych sprawności ręki w zakresie samoobsługi zawiera:

- jedzenie,
- rozbieranie i ubieranie (ubieranie)
- rozsuwanie i zasuwanie suwaków (suwaki),

- rozpinanie i zapinanie guzików (guziki),
- higieniczne (mycie, czynności toaletowe).

1.2. Umiejętności grafomotoryczne

Terminowy rozwój kamieni milowych grafomotorycznych zapewnia postępy w zakresie pisania niezbędne podczas realizacji obowiązku szkolnego. Zaburzenia w tym zakresie mogą wpływać na gorszą jakość pisma, jego nieczytelność a poprzez to opóźnienie w tempie pisania oraz gorszą ocenę przez otoczenie szkolne, co może owocować np. niechęcią i wycofaniem się dziecka z grupy rówieśniczej.

Rozwój omawianych kamieni milowych w zakresie sprawności ręki grafomotorycznych i innych szkolnych to:

- chwyt grafomotoryczny 1 (chg1),
- chwyt grafomotoryczny 2 (chg2),
- chwyt grafomotoryczny 3 (chg3),
- chwyt grafomotoryczny 4 (chg4),
- cięcie nożyczkami,
- temperowanie,
- klejenie.

1.3. Cel pracy

Celem pracy było określenie częstotliwości występowania zaburzeń rozwoju sprawności ręki w zakresie samoobsługi, grafomotoryki i innych czynności szkolnych oraz wypracowanie podstaw do wdrożenia ich modelu obliczeniowego.

2. Materiał i metody

2.1. Materiał

Wykorzystano wyniki badań diagnostycznych pacjentów z opieki ambulatoryjnej z lat 2018-2022. W badaniu wykorzystano wyniki badań diagnostycznych dzieci. Rodzice zgłaszali się z dziećmi z inicjatywy własnej określając dostrzegane nieprawidłowości. Jako kryterium włączenia przyjęto wiek <18 r.ż., brak porażenia lub amputacji kończyn górnych. Jako kryterium wyłączenia z badań przyjęto wiek > lub równy 18 lat, porażenie lub amputacja kończyn górnych.

Terapeuta prowadzący, pracujący z pacjentami dorosłymi i dziećmi. W zakresie terapii dzieci specjalizował się w:

- terapii w zakresie opóźnień rozwoju ruchowego i odruchowego,
- wadach postawy i stóp,
- zaburzeniach traktu ustno-twarzowego,

- zaburzeniach w zakresie motoryki małej (samoobsługi i grafomotoryki),
- co warunkowało pacjentów z różnymi problemami funkcjonalnymi.

Tabela 1. Charakterystyka grupy badanej (N=66).

Parametr	Wartość
Wiek:	
- wartość minimalna	3-m-ce
- wartość maksymalna	16 lat
- średnia	5,30
- odchylenie standardowe	1,20
- mediana	6
Płeć:	
- K	30 (45,45%)
- M	36(54,55%)

2.2. Metody badawcze

Badanie retrospektywne. Każde dziecko miało wykonaną diagnozę funkcjonalną fizjoterapeutyczną.

2.3. Analiza statystyczna

Wyniki badań, obliczeń i modeli zapisywano w arkuszu kalkulacyjnym MS Excel.

Analizę statystyczną przeprowadzono przy użyciu programu Statistica 13 (StatSoft, Tulsa, USA).

Normalność rozkładu danych sprawdzono za pomocą testu Shapiro-Wilka. Dla potrzeb określenia istotności statystycznej różnic ustalono wartość p na poziomie 0.

Analizowane wartości o rozkładzie zbliżonym do rozkładu normalnego przedstawiono jako wartości średnie i odchylenie standardowe (SD). Analizowane wartości o rozkładach różnych od rozkładu normalnego przedstawiono za pomocą wartości minimalnej, dolnego kwartyła (Q1), mediany, górnego kwartyła (Q3) i wartości maksymalnej.

Kierunek i siłę korelacji pomiędzy analizowanymi danymi przedstawiono za pomocą współczynnika Rho Spearmana.

2.4. Analiza obliczeniowa

Jako sztuczną sieć neuronową do rozwiązania wykorzystano sieć neuronową typu feed-forward z algorytmem wstecznej propagacji napisaną w środowisku programistycznym Matlab. Podczas budowy sieci zbudowano wiele eksperymentalnych ANN, a w artykule przedstawiono tylko najbardziej obiecujące. Warunkami doboru parametrów wejściowych były:

- jednorodne wartości,

- normalizacja danych wejściowych.
- Struktura sieci neuronowej została wybrana na podstawie wiedzy programisty oraz metodą prób i błędów. Zastosowaliśmy:
- trójwarstwową sieć neuronową typu forward (rysunek 2),
- algorytm wstecznej propagacji (ang. *backpropagation* - BP),
- naiwne techniki inicjalizacji.

3. Wyniki

Wyniki badania przedstawiono w tabelach 2-6.

Tabela 2. Zbiorcze wyniki badania.

Rodzaj zaburzenia	Liczba przypadków (n=66) [-]	Udział procentowy [%]
Zaburzenia związane tylko ze sprawnością ręki	9	13,64
Zaburzenia inne niż związane z rozwojem sprawności ręki	33	50,00
Zaburzenia dotyczące sprawności ręki i inne	20	30,30
Brak zdiagnozowanych zaburzeń	4	6,06

W grupie badanej zaobserwowano 42 osoby z zaburzeniami funkcji ręki, co stanowi 63,64% badanej grupy

Tabela 3. Zaburzenia w obszarze chytów grafomotorycznych i innych umiejętności szkolnych

	Ch.g 1	Ch.g 2	Ch.g 3	Ch.g 4	Cięcie	Temp	Klej
Liczba	3	2	11	8	2	1	

W grupie badanej zaobserwowano 16 osób z zaburzeniami w zakresie chytów grafomotorycznych oraz 11 osób z zaburzeniami w zakresie innych umiejętności szkolnych.

Tabela 4. Zaburzenia w obszarze chwytów podstawowych

L.p	Ch hak	Ch cyl	Ch sz	Ch trj	Ch obustr	Ch obur
Liczba	3	3	9	9	4	5

W grupie badanej zaobserwowano 33 osoby tj. 50% z zaburzeniami w zakresie chwytów podstawowych.

Tabela 5. Zaburzenia w obszarze samoobsługi

L.p	Ubieranie	Suwaki	Guziki	Jedzenie	Higieniczne
Liczba	2	2	2	0	0

W grupie badanej zaobserwowano 6 osób z zaburzeniami w zakresie samoobsługi.

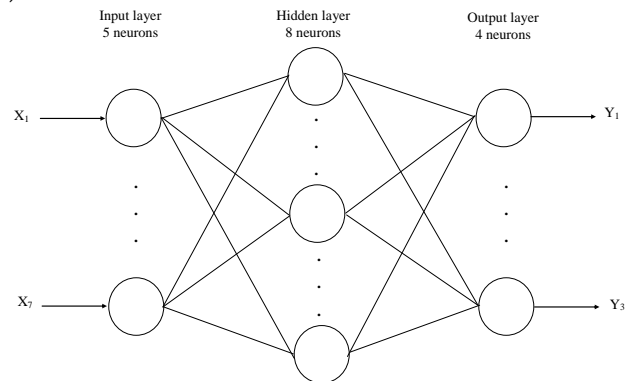
Przy analizie zależności deficytów od wieku najwięcej deficytów zaobserwowano w przedziale wieku do 3 lat (Tabela 6).

Tabela 6. Liczba deficytów wg grup wiekowych.

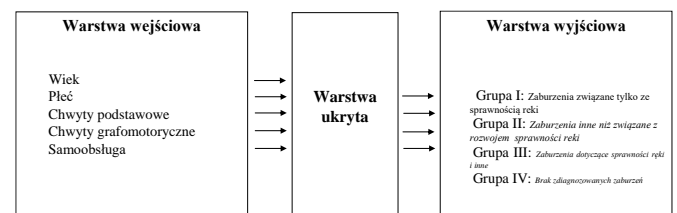
Rodzaj deficytu	Wiek [lata]					
	do 3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18
Tylko ręka	2	3	4	0	0	0
Ręka i inne	10	3	4	3	0	0
Inne	14	2	7	5	4	1
Bez zab	3	1	0	0	0	0
Razem	29	9	15	8	4	1

Przy analizie zależności deficytów od płci: więcej deficytów w obszarze dysfunkcji ręki zaobserwowano u chłopców niż u dziewcząt.

a)

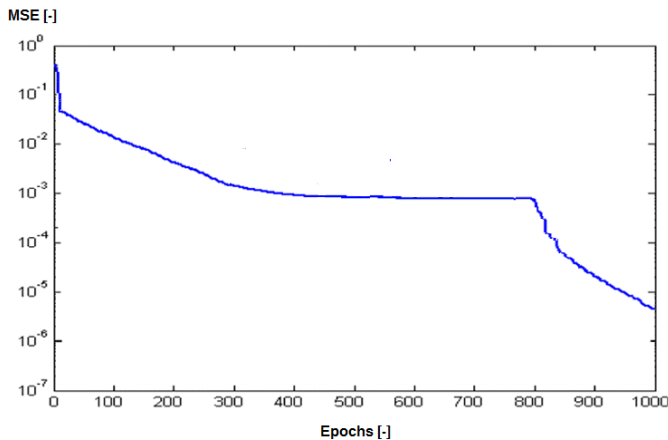


b)



Rysunek 1. Struktura sieci neuronowej.

Wszystkie warstwy sieci neuronowej wykorzystywały sigmoidalną funkcję aktywacji.



Rysunek 2. Zmiana wartości błędu średniokwadratowego (MSE) podczas uczenia sieci.

Tabela 7. Ocena jakości wybranych sztucznych sieci neuronowych.

Nazwa sieci	Jakość (uczenie)	Jakość (testowanie)
MLP 5-6-4	0.8223	0.8445
MLP 5-7-4	0.8813	0.8967
MLP 5-8-4	0.9111	0.9207
MLP 5-9-4	0.8889	0.8943
MLP 5-10-4	0.8698	0.8733

Tabela 8. Wartości MSE dla sieci neuronowych użytych w badaniu.

Nazwa sieci	MSE
MLP 5-6-4	0.02
MLP 5-7-4	0.01
MLP 5-8-4	0.001
MLP 5-9-4	0.01
MLP 5-10-4	0.02

4. Dyskusja

Dzieciństwo charakteryzuje się dużą neuroplastycznością wpływającą na naukę motoryki, sprawność fizyczną i rozwój poznawczy. Pomimo ponad 50 lat od czasów pierwszej indeksowanej publikacji nt. zaburzeń funkcji ręki u dzieci wciąż widoczne są luki badawcze. Dużo uwagi poświęca się powiązaniu między sprawnością fizyczną a zdolnościami poznawczymi w dzieciństwie, szczególnie w obliczu obserwowanego spadku sprawności fizycznej

u dzieci. Postawiono hipotezę, że elementy sprawności fizycznej wymagające precyzyjnej koordynacji w porównaniu z prostymi elementami sprawności są silniej powiązane z uwagą. Wyniki dotychczasowych badań wskazują, że wysoka biegłość dziecka w złożonych elementach sprawności fizycznej (np. skakaniu na jednej nodze) może być prognostykiem uwagi u dzieci w wieku przedszkolnym [3]. Brak jest bardziej szczegółowych badań dotyczących powiązania koordynacji funkcji ręki ze zdolnościami poznawczymi.

W badaniach dużą uwagę zwraca się na siłę chwytu ręki w populacjach pediatrycznych i wiarygodność jej pomiaru w grupach dzieci zdrowych i z deficytami oraz zróżnicowanie wyników w zależności od płci, wieku i ręki dominującej [4-6]. Zmniejszenie siły chwytu u dziecka jest brane pod uwagę przy planowaniu rehabilitacji i innych przyszłych działań (np. zaopatrzenia rehabilitacyjnego).

Obszarem szczególnego zainteresowania są deformacje kończyn górnych u dzieci i ich wpływ na rozwój motoryczny i poznawczy. W latach 2010-2015 we Włoszech na 3 100 421 żywych urodzeń u 765 dzieci zaobserwowano deformacyjne wady rozwojowe rąk i kończyn górnych. Częstość ich występowania wynosiła 2,5 na 10 000 żywych urodzeń, z przewagą u płci męskiej i po prawej stronie. Największy odsetek stanowiły polidaktylia promienista, syndaktylia prosta, simbrachidaktylia i syndaktylia złożona, a rzadziej występowały kciuk trójpalczasty,

kciuk w dłoni, synostoza bliższa kości promieniowej i deformacja Sprengela. Dziedziczenie i predyspozycje rodzinne do tych wad odnotowano w 25 przypadkach. Trzeba przy tym zauważyć, że częstość występowania deformacji kończyn górnych we Włoszech jest uważana za niższą niż w innych krajach. Pomimo spadku liczby urodzeń we Włoszech, tendencja występowania wrodzonych zaburzeń ręki utrzymuje się na stałym poziomie [7]. Z kolei w badaniach amerykańskich przeprowadzonych w stanie Nowy Jork zaobserwowano, że wrodzone anomalie kończyn górnych są częstsze niż wcześniej zgłaszano. Częstość występowania anomalii była wyższa w mieście Nowy Jork w porównaniu z populacją stanu Nowy Jork (odpowiednio 33,0 i 21,9 na 10 000 żywych urodzeń), przy dużej częstości występowania polidaktylii [8]. Częstość występowania deformacji kończyn górnych w Finlandii w latach 1993-2005 wynosiła 5,25 na 10 000 żywych urodzeń [9], natomiast na Węgrzech w latach 1975-1984 5,51 na 10 000 urodzeń [10].

Wyniki przedstawionych badań, a szczególnie ich modele obliczeniowe, już znajdują zastosowanie w budowie modeli schorzeń [11,12] i wirtualnych bliźniaków [13] osób zdrowych i pacjentów z dysfunkcjami.

Automatyzacja

i obiektywizacja diagnostyki, terapii, rehabilitacji i opieki wpłynę na wzrost efektywności terapii zdalnych, w tym telerehabilitacji [14,15], w tym poprzez stosowanie zaawansowanych rozwiązań technologicznych [16,17] i materiałowych [18,19]. Kierunki dalszych badań stanowią w szczególności:

- badanie tzw. dynamicznej normy, tj. modeli obliczeniowych dzieci zdrowych w zależności od wieku, płci, budowy i innych czynników, aktualizowanych w czasie rzeczywistym na podstawie pomiarów z urządzeń noszonych przez same dzieci podczas normalnej aktywności,
- badanie i wczesne wykrywanie opisywanych grup deficytów funkcji ręki, również autoamtyczne i półautomatyczne,
- opracowanie systemu profilaktyki, monitorowania i terapii ww. deficytów oraz reagowania na zmiany w ich rodzaju i stopniu,
- modele deficytów (w tym cyfrowe bliźniaki), w tym na potrzeby terapii personalizowanej,
- model predykcyjne, wskazujące na konieczność podjęcia określonych działań prewencyjnych w określonych populacjach w ściśle określonych punktach czasowych,
- wzrost świadomości społecznej w obszarze deficytów ręki.

Ograniczenie badań stanowi ich niewielka ilość oraz ograniczona próba (również: terytorialnie). Z ww. względów należy ją traktować jako badanie wstępne.

5. Wnioski

Konieczne jest zintegrowanie wyników i metodyki niniejszego badania retrospektywnego z analizą prospektywną, zarejestrowanie częstości występowania dysfunkcji rąk oraz wdrożenie strategii ich wczesnej diagnostyki i terapii. Modelowanie obliczeniowe może zapewnić efektywniejsze metody i narzędzia analityczne, jednak kluczowa pozostaje współpraca interdyscyplinarna pozwalająca efektywniej wykorzystać istniejące możliwości [20]. Konieczne jest uwzględnienie specyfiki pacjentów oraz jej zmian w czasie (np. skutków rozpowszechnienia smartfonów i tabletek wśród dzieci), mogące wpływać na aktualność badań [21,22].

Literatura

1. Piek J.P., Hands B., Licari M.K. Assessment of motor functioning in the preschool period. *Neuropsychol Rev.* 2012;22(4):402-13.
2. van Dokkum N.H., Reijneveld S.A., de Best J.T.B.W., Hamoen M., Te Wierike S.C.M., Bos A.F., de Kroon M.L.A. Criterion Validity and Applicability of Motor Screening Instruments in Children Aged 5-6 Years: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(2):781.
3. Wick K., Kriemler S., Granacher U. Associations between measures of physical fitness and cognitive performance in preschool children. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2022;14(1):80.
4. Gąsior J.S., Pawłowski M., Jeleń P.J., Rameekers E.A., Williams C.A., Makuch R., Werner B. Test-Retest Reliability of Handgrip Strength Measurement in Children and Preadolescents. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(21):8026.
5. de Souza M.A., Martinez E.Z., da Silva Lizzi E.A., Cezarani A., de Queiroz Davoli G.B., Bená M.I., da Rosa Sobreira C.F., Mattiello-Sverzut A.C. Alternative instrument for the evaluation of handgrip strength in Duchenne muscular dystrophy. *BMC Pediatr.* 2022;22(1):334.
6. Buitenhuis S.M., Pondaag W., Wolterbeek R., Malessy M.J.A. Gripforce reduction in children with an upper neonatal brachial plexus palsy. *J Rehabil Med.* 202;53(8):jrm00219.
7. Senes F.M., Calevo M.G., Adani R., Baldrighi C., Bassetto F., Corain M., Landi A., Lando M., Monticelli A., Novelli C., Pajardi G., Rosanda E., Rossello M.I., Santecchia L., Zoccolan A., Catena N. Hand and Upper Limb Malformations in Italy: A Multicentric Study. *J Hand Surg Asian Pac Vol.* 2021;26(3):345-350.
8. Goldfarb C.A., Shaw N., Steffen J.A., Wall L.B. The Prevalence of Congenital Hand and Upper Extremity Anomalies Based Upon the New York Congenital Malformations Registry. *J Pediatr Orthop.* 2017;37(2):144-148.
9. Koskimies E., Lindfors N., Gissler M., Peltonen J., Nietosvaara Y. Congenital upper limb deficiencies and associated malformations in Finland: a population-based study. *J Hand Surg Am.* 2011;36(6):1058-65.
10. Evans J.A., Vitez M., Czeizel A. Congenital abnormalities associated with limb deficiency defects: a population study based on cases from the Hungarian Congenital Malformation Registry (1975-1984). *Am J Med Genet.* 1994;49(1):52-66.
11. Mikołajewski, D.; Prokopowicz, P. Effect of COVID-19 on Selected Characteristics of Life Satisfaction Reflected in a Fuzzy Model. *Appl. Sci.* 2022;12:7376.
12. Prokopowicz, P.; Mikołajewski, D. Fuzzy Approach to Computational Classification of Burnout—Preliminary Findings. *Appl. Sci.* 2022;1: 3767.
13. Rojek I., Mikołajewski D., Dostatni E. Digital twins in product lifecycle for sustainability in manufacturing and maintenance. *Applied Sciences* 2021; 11(1):31.
14. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Roboty rehabilitacyjne. *Rehabil. Prakt* 2010; 4:49-53.
15. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Zastosowania automatyki i robotyki w wózkach dla niepełnosprawnych i egzoszkieletach medycznych. *Pomiary Automatyka Robotyka* 2011; 15(5), 58-63.

16. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Ethical considerations in the use of brain-computer interfaces. *Central European Journal of Medicine* 2013; 8(6):720-724.
17. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Informatyka afektywna w zastosowaniach cywilnych i wojskowych. *Zeszyty Naukowe/Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych im. gen. T. Kościuszki* 2013; 2: 171-184
18. Macko, M., Szczepański, Z., Mikołajewski, D., Mikołajewska, E., Listopadzki, S. The Method of Artificial Organs Fabrication Based on Reverse Engineering in Medicine. In: Rusiński, E., Pietrusiak, D. (eds) *Proceedings of the 13th International Scientific Conference RESRB 2016. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-50938-9_36
19. Rojek I, Mikołajewski D, Dostatni E, Macko M. AI-Optimized Technological Aspects of the Material Used in 3D Printing Processes for Selected Medical Applications. *Materials*. 2020; 13(23):5437.
20. Kim E., Won Y., Shin J. Analysis of Children's Physical Characteristics Based on Clustering Analysis. *Children*. 2021;8(6):485.
21. Mikołajewska E. Mikołajewski D. *Terapia Ręki. Podstawy diagnozy i terapii*. FEM Bydgoszcz 2021.
22. Mikołajewska E. Mikołajewski D. *Terapia Ręki. Grafomotoryka*. FEM Bydgoszcz 2021.