

dr Anna Gogola

Akademia Wychowania Fizycznego

im. Jerzego Kukuczki w Katowicach

ul. Mikołowska 72A

40-065 Katowice

Autoreferat habilitacyjny

Katowice 2026

Spis treści

Hiperłącza (pogrubiony kolor szary) prowadzą do odpowiednich punktów w dokumencie

1. Dane osobowe
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne
3. Informacje o zatrudnieniu w jednostkach naukowych
4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r, Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce
 - 4.1. Osiągnięcie projektowe: Wkład w rozwój technologii asystujących oraz interwencji rehabilitacyjnych wspierających lokomocję i mobilność osób z zaburzeniami neuromotorycznymi w Polsce
 - 4.1.1. Robotyczne i mechatroniczne technologie asystujące
 - 4.1.2. Interwencje rehabilitacyjne
 - 4.1.3. Podsumowanie projektowego osiągnięcia głównego
 - 4.2. Monografia naukowa: *Zmienność i wariantowość wzorców ruchowych dzieci od urodzenia do szóstego roku życia*
 - 4.3. Cykl publikacji naukowych: *Wiarygodność i użyteczność kliniczna metod pomiarowych stosowanych w ocenie funkcjonalnej dzieci i młodzieży*
5. Aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej uczelni
 - 5.1. Współpraca z instytucjami naukowymi
 - 5.2. Udział w stażach naukowych, mobilność oraz wizyty naukowe
 - 5.3 Udział w projektach badawczo-rozwojowych
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę
 - 6.1. Osiągnięcia dydaktyczne
 - 6.2. Osiągnięcia organizacyjne
 - 6.3. Osiągnięcia popularyzujące naukę

1. Dane osobowe

Anna Gogola (ORCID: 0000-0002-4146-3461)

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne

2.1. W obszarze rozwoju naukowego

Magister fizjoterapii

Podmiot: Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach

Tytuł pracy: *Metody operacyjnego wydłużania kończyn dolnych w przypadku jednostronnego skrócenia*

Promotor: dr hab. Stanisław Konzał, prof. AWF Katowice

Data uzyskania: 24.10.1994

Doktor nauk o kulturze fizycznej

Podmiot: Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach

Tytuł rozprawy doktorskiej: *Wady postawy ciała i kompensacja napięcia posturalnego, a nabyte wady zgryzu u dzieci i młodzieży*

Data uzyskania: 20.03.2012

Promotor: dr hab. Edward Saulicz

Recenzenci: prof. dr hab. Tadeusz Kasperczyk, dr hab. Bogdan Bacik, prof. AWF Katowice

2.2. W obszarze kwalifikacji zawodowych:

Studia podyplomowe – przygotowanie pedagogiczne

Podmiot: Uniwersytet Śląski, Wydział Pedagogiki i Psychologii

Nazwa dyplomu: Dyplom ukończenia podyplomowych studiów pedagogicznych

Uzyskane kwalifikacje: uprawnienia do wykonywania zawodu nauczyciela

Data uzyskania: 30.09.1996

Certyfikaty ukończenia kursów:

- Fizjoterapia neurorozwojowa i pediatryczna
 - Neuro-Developmental Treatment (NDT-Bobath) – 1997
 - Neuro-Developmental Treatment (NDT-Bobath Baby) – 1999
 - Integracja sensomotoryczna – 1999
 - Psychomotoryka – 2001

- Rozwojowa dysplazja stawu biodrowego, inne wady wrodzone i nabyte oraz choroby biodra u dzieci i młodzieży – 2004
- Neurokinezyjologiczna terapia taktylna – 2007
- Rehabilitacja funkcjonalna w zaburzeniach neurologicznych i ortopedycznych
 - Rehabilitacja osób po udarze mózgu metodą Bobath – 2008
 - Leczenie skolioz metodą Lehnert-Schroth – 2003
- Biomechanika, terapia układu mięśniowo-powięziowego i kontrola ruchu
 - Kinesiology Taping – 2008
 - Mięśniowo-powięziowe rozluźnianie tkanek miękkich – 2008
 - Ocena i terapia bólu kręgosłupa – 2011
 - Neurodynamic Solution – 2012
 - Neuromuscular Activation (Neurac) – 2015
- Diagnostyka funkcjonalna i technologie wspomagające proces rehabilitacji
 - Cykl szkoleń z zakresu laserów w medycynie – 1995-1998
 - Ultrasonografia narządu ruchu i sonofeedback w codziennej pracy fizjoterapeuty – 2012

3. Informacje o zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- 10.2000-09.2004 – Wykładowca w Zakładzie Rehabilitacji, Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach
- 10.2004-09.2005 – Asystent w Zakładzie Rehabilitacji, Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach
- 10.2005-09.2012 – Asystent w Zakładzie Fizjoterapii Układu Nerwowego i Narządu Ruchu, Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach
- 10.2012-09. 2017 – Asystent w Zakładzie Kinezyterapii i Metod Specjalnych Fizjoterapii, Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach
- 10.2017-obecnie – Adiunkt w Zakładzie Fizjoterapii Wieków Rozwojowych, Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce

4.1. Osiągnięcie projektowe: *Wkład w rozwój technologii asystujących oraz interwencji rehabilitacyjnych wspierających lokomocję i mobilność osób z zaburzeniami neuromotorycznymi w Polsce*

Osiągnięcie główne obejmuje cykl wzajemnie powiązanych projektów badawczo-rozwojowych realizowanych w dwóch komplementarnych obszarach: technologii asystujących (podrozdział 4.1.1.) oraz interwencji rehabilitacyjnych (podrozdział 4.1.2.), których wspólnym celem jest wspieranie lokomocji i mobilności osób z zaburzeniami neuromotorycznymi.

Technologie asystujące rozumiane są jako produkty, systemy i usługi służące utrzymaniu lub poprawie funkcjonowania osób z niepełnosprawnościami, zwiększeniu ich niezależności oraz wsparciu aktywnego uczestnictwa w życiu społecznym¹. W przyjętym ujęciu pełnią one rolę narzędzi wzmacniających i rozszerzających oddziaływanie usprawniające, a nie alternatywy dla nich². Interwencje rehabilitacyjne obejmują natomiast zespół działań terapeutycznych ukierunkowanych na optymalizację funkcjonowania oraz ograniczanie skutków niepełnosprawności realizowanych w interakcji ze środowiskiem życia pacjenta^{3,4}. Obejmują one programy i procedury służące poprawie funkcji organizmu, redukcji ograniczeń aktywności oraz poszerzeniu uczestnictwa w życiu społecznym⁵.

Tak zdefiniowane obszary pozostają ze sobą w ścisłej relacji, co jest zgodne ze stanowiskiem Światowej Organizacji Zdrowia (World Health Organization, WHO), podkreślającej konieczność integrowania interwencji rehabilitacyjnych z odpowiednio dobranymi technologiami asystującymi w celu zwiększenia efektywności i dostępności środków usprawniania^{6,7}.

Projekty zaprezentowane w dalszej części Autoreferatu tworzą spójny i długofalowy nurt w mojej działalności naukowej oraz wdrożeniowej. Łączą one wiedzę z zakresu fizjoterapii i biomechaniki z podejściem mechatronicznym umożliwiając projektowanie rozwiązań dostosowanych do

¹ World Health Organization. (2024). Assistive technology. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/assistive-technology>.

² World Health Organization & United Nations Children's Fund. (2022). Global report on assistive technology. <https://www.unicef.org/reports/global-report-assistive-technology>.

³ World Health Organization. (2007). Everybody's business: Strengthening health systems to improve health outcomes: WHO's framework for action. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/everybody-s-business-strengthening-health-systems-to-improve-health-outcomes>.

⁴ World Health Organization. (2019). Rehabilitation in health systems: Guide for action. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241515986>.

⁵ World Health Organization. (2001). International classification of functioning, disability and health (ICF). <https://www.who.int/standards/classifications/international-classification-of-functioning-disability-and-health>.

⁶ World Health Organization. (2014). Global Cooperation on Assistive Technology (GATE). [https://www.who.int/initiatives/global-cooperation-on-assistive-technology-\(gate\)](https://www.who.int/initiatives/global-cooperation-on-assistive-technology-(gate)).

⁷ World Health Organization. (2019). Rehabilitation in health systems. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241515986>.

zróżnicowanych potrzeb pacjentów na różnych etapach procesu usprawniania⁸. W obszarze technologii asystujących działania te obejmują projektowanie i wdrażanie narzędzi wspierających lokomocję i mobilność w postaci: rehabilitacyjnych egzoszkieleatów kończyn dolnych, rozwiązań hybrydowych łączących egzoszkieleat z platformą jezdnią oraz narzędzi automatyzujących indywidualne dopasowanie wózków inwalidzkich (ang. *wheelchair fitting*). W obszarze interwencji rehabilitacyjnych koncentrują się one na automatyzacji procesu planowania i wdrażania terapii oraz obiektywizacji oceny jej efektów z wykorzystaniem systemów odciążających poprzez podwieszenie, zintegrowanych z układami detekcji i narzędziami analizy ruchu. Wspólnym mianownikiem obydwu obszarów jest projektowanie rozwiązań technologicznych umożliwiających rozszerzenie zasięgu oddziaływania terapeutycznego z kliniki/ambulatorium do codziennego środowiska funkcjonowania pacjenta przy zachowaniu wysokiej jakości oraz standardów bezpieczeństwa. Projekty te, stanowiące podstawę mojego osiągnięcia głównego, tworzą spójny cykl (Tabela 1) obejmujący granty zakończone oraz aktualnie realizowane.

W przedstawionym cyklu grantów czterokrotnie pełniłam funkcję kierownika B+R i jeden raz kluczowego członka kadry B+R. Odpowiadałam za strategiczny nadzór nad realizacją projektów na wszystkich etapach – od koncepcji po przygotowanie do wdrożeń oraz koordynację interdyscyplinarnego zespołu.

Na etapie koncepcyjnym byłam odpowiedzialna za identyfikację rzeczywistych potrzeb klinicznych i luk technologicznych, oraz za sformułowanie głównych problemów badawczych i założeń projektowych. Prowadziłam analizy stanu wiedzy obejmujące aktualne doniesienia naukowe, rozwiązania patentowe i uwarunkowania aplikacyjne, a także definiowałam ramy metodologiczne projektów zapewniające ich spójność naukową.

Na etapie konkursowym odpowiadałam za merytoryczne przygotowanie projektów do oceny, w tym reprezentację wnioskodawcy podczas paneli eksperckich, prezentację założeń metodologicznych oraz udzielanie odpowiedzi na uwagi recenzentów.

Na etapie realizacji sprawowałam całościowy nadzór nad przebiegiem prac B+R, dbając o spójność koncepcyjną kolejnych etapów – od badań przemysłowych po prace rozwojowe. Koordynowałam współpracę zespołów klinicznych, inżynierskich i informatycznych, nadzorowałam prowadzenie testów funkcjonalnych oraz interpretowałam wyniki w celu iteracyjnej optymalizacji opracowywanych rozwiązań. Odpowiadałam także za przygotowanie dokumentacji technicznej i merytorycznej stanowiącej podstawę dalszych działań wdrożeniowych.

Podsumowując, mój wkład w realizację projektów miał charakter merytoryczny i koncepcyjny, obejmując aktywne kształtowanie założeń naukowych i technologicznych, oraz podejmowanie kluczowych decyzji metodologicznych, a nie wyłącznie zarządzanie procesem badawczo-rozwojowym.

⁸ Leonardi, M., Lee, H., Kostanjsek, N. et al. (2022). 20 Years of ICF-International Classification of Functioning, Disability and Health: Uses and Applications around the World. *International journal of environmental research and public health*, 19(18), 11321.

Tabela 1. Cykl grantów badawczo-rozwojowych realizowanych w obszarze technologii asystujących (granty 1-4; podrozdział 4.1.1.) oraz interwencji rehabilitacyjnych (grant 5; podrozdział 4.1.2.).

	Tytuł grantu	Okres realizacji	Rola	Finansowanie / Wartość	Cel grantu
1	<i>DreamMotion – opracowanie nowatorskich, mechatronicznych technologii w celu rehabilitacji osób z ciężkimi dysfunkcjami układu nerwowego</i> POIR.01.01.01-00-0028/17-00 (zał. 4.1a, 4.1b)	01.07.2017 – 31.08.2020	Kierownik B+R	NCBiR 4 983 574,00 PLN	Opracowanie prototypu egzoszkieletu kończyn dolnych umożliwiającego odwzorowanie fizjologicznego wzorca chodu, wyposażonego w 10 aktywnych oraz 3 pasywne stopnie swobody ruchu
2	<i>Innowacyjna technologia prowadzenia zdalnej rehabilitacji ruchowej zapewniająca bezpieczeństwo personelowi medycznemu i użytkownikom</i> POIR.01.01.01-00-2422/20 (zał. 4.1c, 4.1d)	01.04.2021 – 31.12.2023	Kierownik B+R	NCBiR 5 034 856,32 PLN	Modyfikacja prototypu egzoszkieletu w zakresie ergonomii, mobilności i architektury mechanicznej poprzez redukcję liczby stopni swobody do 4 aktywnych i 2 pasywnych oraz integracja z systemem telemedycznym
3	<i>Innowacyjna technologia robotycznej rehabilitacji ruchowej dla osób ze szczególnymi potrzebami</i> POIR.01.01.01-00-2338/20 (zał. 4.1e)	01.04.2021 – 31.12.2023	Kluczowy personel B+R	NCBiR 4 585 856,32 PLN	Opracowanie hybrydowego urządzenia łączącego egzoszkielet z platformą jezdnią, umożliwiającego zwiększenie zasięgu mobilności użytkownika oraz zmianę pozycji ciała z siadu do stania i odwrotnie
4	<i>Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych w automatyzacji pomiaru, doboru i produkcji personalizowanych wózków inwalidzkich</i> KPOD.07.07-IW.07-0310/24 (zał. 4.1f)	01.04.2025 – 31.05.2026	Kierownik B+R	ABM 3 574 732,80 PLN	Opracowanie zautomatyzowanej technologii dopasowania wózka inwalidzkiego z wykorzystaniem danych multimodalnych oraz algorytmów sztucznej inteligencji
5	<i>Opracowanie innowacyjnego systemu do dynamicznych ćwiczeń i rehabilitacji w odciążeniu dla osób z niepełnosprawnością ruchową, umożliwiającego śledzenie oraz analizę postępów za pomocą dedykowanego zestawu sensorów i aplikacji oraz utworzenie centrum badawczo-rozwojowego</i> FENG.01.01-IP.02-3374/23 (zał. 4.1g, 4.1h)	01.03.2024 – 30.10.2026	Kierownik B+R	PARP 3 048 968,65 PLN	Opracowanie zintegrowanego systemu łączącego warstwę konstrukcyjną, sensoryczną i fizjoterapeutyczną, umożliwiającego prowadzenie ćwiczeń w warunkach odciążenia z jednoczesną rejestracją parametrów ruchu w czasie rzeczywistym oraz obiektywizacją efektów terapii

NCBiR – Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; ABM – Agencja Badań Medycznych; PARP – Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości

4.1.1. Robotyczne i mechatroniczne technologie asystujące

Rozwój technologii asystujących stanowi jeden z dwóch głównych filarów mojej działalności badawczo-rozwojowej i jest realizowany jako spójny, długofalowy proces od 2017 roku. Poszczególne granty tworzyły kolejne etapy rozwoju jednej koncepcji technologicznej, systematycznie modyfikowanej w odpowiedzi na ujawniające się ograniczenia aplikacyjne oraz potrzeby kliniczne użytkowników.

Punktem wyjścia było opracowanie prototypu rehabilitacyjnego egzoszkieletu kończyn dolnych DreamMotion (prototyp P1), ukierunkowanego na wspomaganie lokomocji i rehabilitację chodu. Kolejne projekty koncentrowały się na jego optymalizacji pod kątem ergonomii, mobilności i bezpieczeństwa użytkowania, oraz na rozszerzeniu funkcjonalności o rozwiązania umożliwiające zdalny nadzór nad terapią, czego efektem był zoptymalizowany prototyp P2. Równolegle rozwijano koncepcję integracji prototypu P2 z platformą jezdnią umożliwiającą połączenie wspomaganie lokomocji na krótkich dystansach z efektywnym przemieszczaniem się na większe odległości w ramach jednego, komplementarnego systemu technologicznego. Naturalnym rozwinięciem tego nurtu były prace ukierunkowane na standaryzację procesu indywidualnego dopasowania wózków inwalidzkich z wykorzystaniem zautomatyzowanych procedur pomiarowych i analitycznych (ang. *wheelchair fitting*).

Podjęcie tego kierunku prac badawczo-rozwojowych wynika z faktu, że aktualny stan wiedzy nie oferuje skutecznych metod bezpośredniego leczenia uszkodzonych struktur ośrodkowego układu nerwowego, a interwencje terapeutyczne mają charakter pośredni, ukierunkowany na ograniczanie następstw takich uszkodzeń, jak np. zaburzenia kontroli ruchu, spastyczność, czy też ograniczenie zakresu ruchomości^{9,10}. Dostępne dane wskazują, że robotycznie wspomagany trening chodu może poprawiać parametry lokomocji, stabilność posturalną oraz wydolność funkcjonalną osób z zaburzeniami neuromotorycznymi^{11,12,13}, a także zwiększać niezależność funkcjonalną pacjentów^{14,15,16}. Jednocześnie podkreśla się, że technologie robotyczne nie stanowią alternatywy dla konwencjonalnej

⁹ Damiano, D. L., Longo, E., de Campos, A. et al. (2021). Systematic Review of Clinical Guidelines Related to Care of Individuals with Cerebral Palsy as Part of the World Health Organization Efforts to Develop a Global Package of Interventions for Rehabilitation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 102(9), 1764–1774.

¹⁰ Forte, G., Leemhuis, E., Favieri, F. et al. (2022). Exoskeletons for Mobility after Spinal Cord Injury: A Personalized Embodied Approach. *Journal of personalized medicine*, 12(3), 380.

¹¹ Qiu S, Pei Z, Wang C, Tang Z. et al. (2023). Systematic Review on Wearable Lower Extremity Robotic Exoskeletons for Assisted Locomotion. *Journal of Bionic Engineering*.20(2):436–69.

¹² Leow X, Ng S, Lau Y. Overground Robotic Exoskeleton Training for Patients With Stroke on Walking-Related Outcomes: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2023;104(10):1698–1710.

¹³ Koch, M. A., Font-Llagunes, J. M. (2021). Lower-limb exosuits for rehabilitation or assistance of human movement: A systematic review. *Applied Sciences*, 11(18), 8743.

¹⁴ Hu, X., Lu, J., Wang, Y. et al. (2024). Effects of a lower limb walking exoskeleton on quality of life and activities of daily living in patients with complete spinal cord injury: A randomized controlled trial. *Technology and health care : official journal of the European Society for Engineering and Medicine*, 32(1), 243–253

¹⁵ Juszczak, M., Gallo, E., Bushnik, T. (2018). Examining the Effects of a Powered Exoskeleton on Quality of Life and Secondary Impairments in People Living with Spinal Cord Injury. *Topics in spinal cord injury rehabilitation*, 24(4), 336–342.

¹⁶ Yoo, H. J., Bae, C. R., Jeong, H. et al. (2023). Clinical efficacy of overground powered exoskeleton for gait training in patients with subacute stroke: A randomized controlled pilot trial. *Medicine*, 102(4), e32761.

rehabilitacji, lecz jej uzupełnienie w ramach kompleksowych programów usprawniania¹⁷. Pomimo obserwowanych korzyści, u znacznej części pacjentów usprawnianie nie prowadzi do odzyskania samodzielnego chodu, co uzasadnia poszerzenie perspektywy projektowej poza rozwiązania skoncentrowane wyłącznie na treningu lokomocji. Współczesne podejście do mobilności osób z zaburzeniami neuromotorycznymi ujmuje ją jako swoiste kontinuum, obejmujące zarówno chód wspomagany technologicznie, jak i alternatywne formy przemieszczania się, w tym mobilność z wykorzystaniem wózków inwalidzkich^{18,19}.

W tym kontekście moja działalność badawczo-rozwojowa obejmuje przedsięwzięcia ukierunkowane na rozwój technologii wspierających zarówno lokomocję, jak i szeroko rozumianą mobilność osób z zaburzeniami neuromotorycznymi. W kolejnej części Autoreferatu zostaną szczegółowo scharakteryzowane kolejne projekty grantowe oraz zakres mojego wkładu w ich realizację.

4.1.1.1. Grant 1: DreamMotion – opracowanie nowatorskich, mechatronicznych technologii w celu rehabilitacji osób z ciężkimi dysfunkcjami układu nerwowego

Realizacja pierwszego grantu była odpowiedzią na zidentyfikowaną lukę technologiczną w obszarze robotycznego wsparcia lokomocji, obejmującą ograniczoną funkcjonalność dostępnych rozwiązań, wykorzystywanie uproszczonych modeli chodu oraz niewystarczającą adaptowalność systemów do złożonych deficytów neuromotorycznych ich użytkowników. Z inicjatywy mojej oraz zarządu spółki ATMAT (<https://atmat.pl/>) powstała koncepcja opracowania pierwszego polskiego egzoszkieletu rehabilitacyjnego odpowiadająca zarówno na zidentyfikowane luki technologiczne, jak i na realne potrzeby rynkowe (Tabela 1, zał. 4.1a). W skład zespołu projektowego weszli specjaliści z zakresu robotyki, mechatroniki i analizy ruchu, fizjoterapeuci, technolodzy, konstruktorzy, automatycy oraz elektronicy.

Prototyp P1 egzoszkieletu kończyn dolnych DreamMotion został wyposażony w dziesięć aktywnych stopni swobody ruchu, obejmujących przemieszczenia w stawach biodrowych, kolanowych i skokowych, oraz trzy stopnie pasywne, umożliwiające ruchy przedstopia oraz boczne pochylenie tułowia w zakresie 20°. Taka konfiguracja pozwalała na bardziej dokładne (w porównaniu z innymi propozycjami dostępnymi na rynku) odwzorowanie złożonej biomechaniki chodu fizjologicznego, w tym wybranych elementów ruchu miednicy. Konstrukcja zapewniała szeroki zakres dopasowania do rozmiarów ciała oraz możliwość personalizacji elementów kontaktujących się z ciałem z wykorzystaniem technologii druku 3D. Realizacja założeń technologicznych, obejmujących rozbudowany układ napędowy oraz zaawansowane rozwiązania mechaniczne, wpłynęła na uzyskanie

¹⁷ Forte, G., Leemhuis, E., Favieri, F. et al. (2022). Exoskeletons for Mobility after Spinal Cord Injury: A Personalized Embodied Approach. *Journal of personalized medicine*, 12(3), 380.

¹⁸ Smith, E. M., & Pearlman, J. (2023). WHO wheelchair provision guidelines set an aspirational standard for assistive technology service delivery. *Assistive technology: the official journal of RESNA*, 35(3), 203–204. <https://doi.org/10.1080/10400435.2023.2222598>

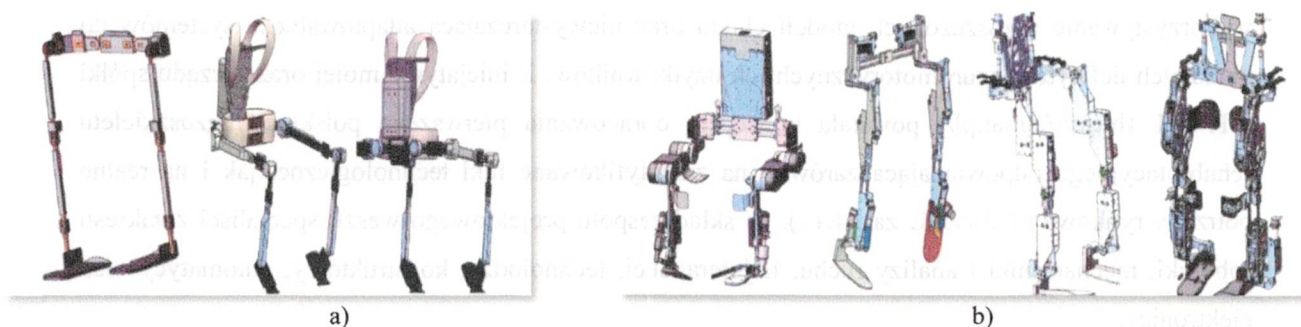
¹⁹ Lankhorst, K., de Groot, S., & Valent, L. (2020). Monitoring physical activity in wheelchair users: A systematic review. *Disability and Rehabilitation*, 42(7), 952963.

wysokiej masy własnej konstrukcji (45 kg) oraz na relatywnie krótki czas pracy na jednym cyklu ładowania baterii (2h). Powstały system, mimo zauważalnych ograniczeń, nie odbiegał istotnie od stanu techniki charakterystycznego dla lat 2015-2017^{20,21} i stanowił znaczącą konkurencję dla produktów powstających w innych krajach.

Charakterystyka etapów realizacji grantu badawczo-rozwojowego

Projektowanie prototypu P1 odbywało się w powtarzalnych cyklach (iteracjach), gdzie każda iteracja obejmowała: planowanie, projektowanie, implementację i testowanie. Powstające w wyniku tego procesu kolejne prototypy były doskonalone na podstawie analizy błędów poprzedniego modelu.

W początkowej fazie (etap badań przemysłowych) działania koncentrowały się na zdefiniowaniu architektury systemu oraz weryfikacji kluczowych założeń biomechanicznych dotyczących odwzorowania wzorca chodu u osób z ciężkimi deficytami neuromotorycznymi. Na tym etapie w środowisku Computer-Aided Design (CAD) powstały pierwsze projekty prototypów pasywnych (tj. bez ‘silników’) i aktywnych (tj. z ‘silnikami’) egzoskieletów, różniących się liczbą stopni swobody ruchu oraz zakresem regulacji rozmiarowej (Rycina 1).

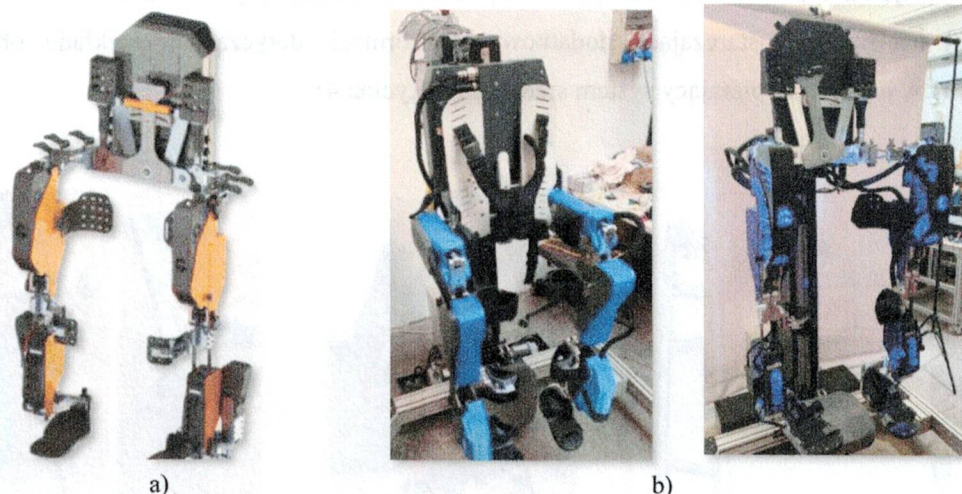


Rycina 1. Kolejne iteracje projektowe prototypu P1 egzoskieletu DreamMotion wykonane w środowisku wirtualnym: a) lekkie modele pasywne bez napędów, b) cięższe modele aktywne z napędami obsługującymi poruszające się przeguby.

Wykorzystanie technologii druku 3D umożliwiło szybkie przejście od modelu wirtualnego do fizycznej konstrukcji prototypu P1 (Rycina 2). Istotnym problemem badawczym był w tej fazie dobór odpowiednich napędów obsługujących poruszające się przeguby, różniące się od siebie w zależności od obsługiwanego stawu (biodrowego, kolanowego i skokowego). Napędy testowane były przez dłuższy czas pozwalający na ocenę stopnia nagrzewania się układu i eliminację zagrożeń wynikających z przegrzania (oparzenia skóry). Uzupełnieniem konstrukcji mechanicznej było opracowanie odpowiednich elementów łączących użytkownika z urządzeniem (peloty, wyściółki).

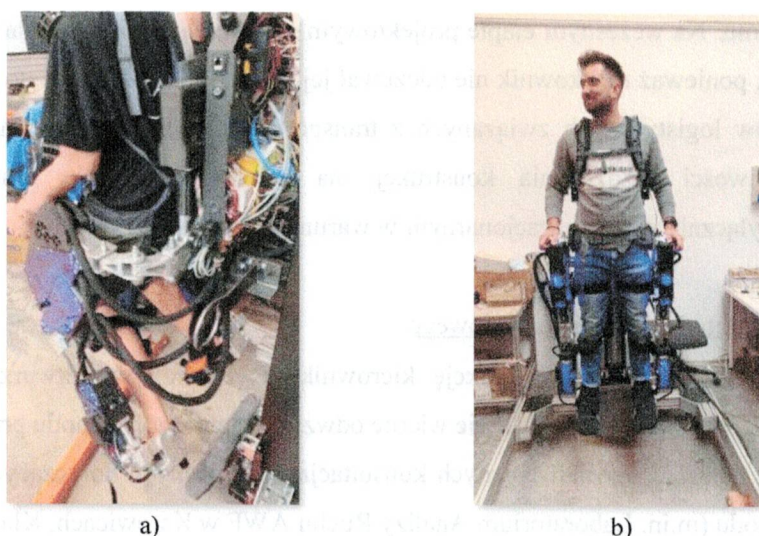
²⁰ Louie, D. R., & Eng, J. J. (2016). Powered robotic exoskeletons in post-stroke rehabilitation of gait: a scoping review. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 13(1), 53.

²¹ Young, A. J., & Ferris, D. P. (2017). State of the Art and Future Directions for Lower Limb Robotic Exoskeletons. *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering: a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 25(2), 171–182.



Rycina 2. Kompletna konstrukcja prototypu P1 egzoszkieletu rehabilitacyjnego DreamMotion: a) model aktywny opracowany w środowisku wirtualnym, b) fizyczny prototyp P1 zamontowany na stelażu testowym.

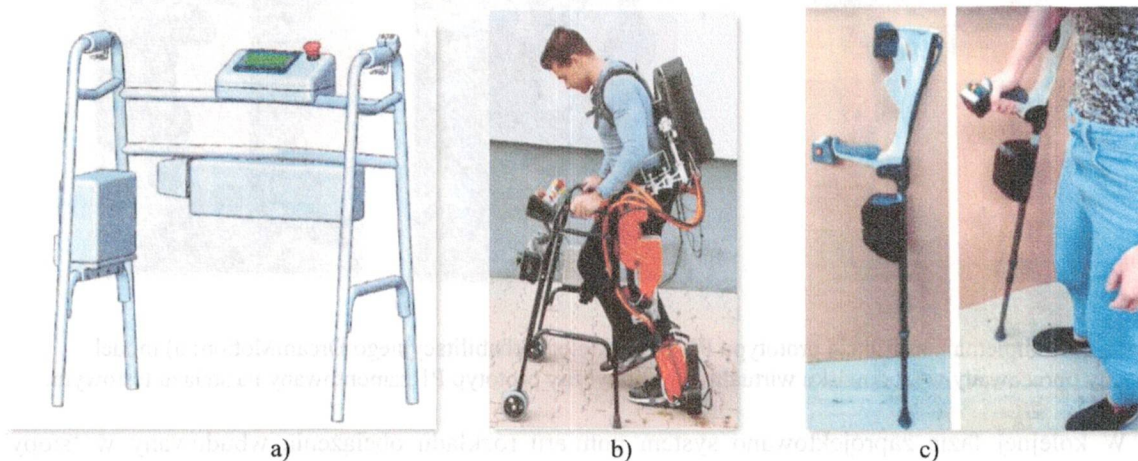
W kolejnej fazie zaprojektowano system pomiaru rozkładu obciążenia wbudowany w ‘stopy’ urządzenia oraz dodatkowe czujniki w okolicy bioder i kolan pozwalające na estymację położenia środka ciężkości w czasie rzeczywistym. Dalsze prace skoncentrowano na rozwoju systemu sterowania egzoszkieletem pozwalającego na jednoczesną integrację wszystkich napędów i czujników. Sterowanie oparto na algorytmach generujących trajektorie ruchu zgodnie z wzorcami zakodowanymi wcześniej w pamięci urządzenia. Prototyp P1 oferował dwa tryby pracy – trening chodu w warunkach stacjonarnych oraz rzeczywisty chód. Testy prowadzono początkowo z wykorzystaniem manekinu (Rycina 3a), a po uzyskaniu odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa – na członkach zespołu projektowego (Rycina 3b).



Rycina 3. Testowanie fizycznego prototypu P1 egzoszkieletu DreamMotion: a) wczesny etap z wykorzystaniem manekinu, b) zaawansowany etap z udziałem członków zespołu projektowego.

W dalszych krokach prace rozszerzono o akcesoria systemowe: 1) stanowisko do ćwiczeń stacjonarnych, 2) balkonik – posiadający dodatkowy pakiet baterii do zasilania egzoszkieletu, a zarazem

pełniący funkcję zabezpieczenia przed upadkiem podczas lokomocji (Rycina 4), oraz 3) zestaw kul z czujnikami nacisku – dostarczający dodatkowych informacji dotyczących rozkładu obciążeń i wyposażony w joystick wspierający system sterowania (Rycina 4).



Rycina 4. Akcesoria systemowe wspierające stabilność oraz sterowanie egzozskieletu DreamMotion: a) model balkonika wykonany w środowisku wirtualnym wraz z panelem sterującym, przyciskami start-stop oraz dodatkową baterią, b) testowanie egzozskieletu i fizycznego prototypu balkonika z udziałem członków zespołu projektowego, c) prototyp kul wraz z zestawem czujników nacisku oraz wmontowanym joystickiem wspomagającym sterowanie urządzeniem.

Ostatni etap prac obejmował pełną integrację wszystkich elementów systemu – egzozskieletu, akcesoriów wspomagających oraz warstwy informatycznej – w jedno spójne i funkcjonalne rozwiązanie. Na tym etapie wyraźnie ujawniły się trudności związane ze sterowaniem urządzeniem o dużej liczbie stopni swobody ruchu, a także problemy natury użytkowej obejmujące proces zakładania oraz transport systemu. Na wczesnym etapie projektowym masa urządzenia nie była traktowana jako parametr krytyczny, ponieważ użytkownik nie odczuwał jej bezpośrednio. Nie wzięto jednak wówczas pod uwagę aspektów logistycznych związanych z transportem urządzenia. Przy masie 45 kg oraz ograniczonej możliwości rozdzielenia konstrukcji na niezależne moduły system mógł być wykorzystywany wyłącznie w trybie stacjonarnym w warunkach ambulatoryjnych.

Wkład kierownika grantu badawczo-rozwojowego

W omawianym grantzie pełniłam funkcję kierownika B+R oraz współtworzyłam koncepcję naukową projektu, której celem było możliwie wierne odwzorowanie wzorca chodu przez egzozskielet. W tym celu brałam udział w specjalistycznych konsultacjach klinicznych dotyczących najczęstszych zaburzeń funkcji chodu (m.in. Laboratorium Analizy Ruchu AWF w Katowicach, Klaster Technologia w Medycynie w Rzeszowie (zał. 4.1i), Pracownia Diagnostyki Narządu Ruchu w Centrum Zdrowia Dziecka w Warszawie). Pozyskaną wiedzę wykorzystałam podczas opracowywania wraz z zespołem inżynierów podstaw konstrukcyjnych, doboru odpowiednich napędów oraz algorytmów sterowania. Ponadto, byłam odpowiedzialna za selekcję elementów kontaktowych urządzenia z ciałem

użytkownika. Uczestniczyłam także w testach opracowanych rozwiązań z wykorzystaniem manekinów oraz zdrowych ochotników z zespołu projektowego.

4.1.1.2. Grant 2: Innowacyjna technologia prowadzenia zdalnej rehabilitacji ruchowej zapewniająca bezpieczeństwo personelowi medycznemu i użytkownikom

Zidentyfikowane mankamenty konstrukcyjne i użytkowe prototypu P1 egzoszkieletu DreamMotion stały się punktem wyjścia do sformułowania kolejnych celów badawczo-rozwojowych oraz podstawą do ubiegania się o dalsze środki finansowe przeznaczone na modyfikację i optymalizację systemu.

Rosnące doświadczenie zespołu projektowego, a także rozwinięte zaplecze organizacyjne i technologiczne wnioskodawcy (DMG sp. z o.o.) oraz podwykonawcy (ATMAT sp. z o.o.), stworzyły podstawę do kontynuacji prac badawczo-rozwojowych w kolejnym grantzie (Tabela 1, zał. 4.1c). Ponownie zostałam zaproszona do zespołu projektowego by pełnić funkcję kierownika B+R.

Rezultatem prac w grantzie 2 było opracowanie prototypu P2 egzoszkieletu o poprawionej ergonomii, mobilności oraz zwiększonym poziomie bezpieczeństwa użytkownika. Zmodyfikowana konstrukcja została ponadto rozszerzona o system wirtualnej rzeczywistości oraz moduł telemedyczny umożliwiający zdalny nadzór nad procesem rehabilitacji.

Kierunek podjętych prac badawczo-rozwojowych wynikał bezpośrednio z krytycznej analizy działania prototypu P1 oraz obserwowanych trendów rozwoju technologii robotycznych wskazujących na potrzebę upraszczania konstrukcji i lepszego dostosowania rozwiązań do warunków użytkowych^{22,23,24}. Dodatkowym impulsem była pandemia COVID-19, która uwidoczniła znaczenie narzędzi telemedycznych pozwalających na ograniczenie bezpośredniego kontaktu z personelem medycznym i bezpieczne rozszerzenie terapii poza warunki kliniczne^{25,26}.

Prototyp P2 egzoszkieletu DreamMotion został wyposażony w cztery aktywnie poruszane przeguby (stawy biodrowe i kolanowe) oraz dwa przeguby pasywne (stawy skokowe). Konstrukcja zachowała pełny zakres regulacji wymiarowej, a także możliwość indywidualnej adaptacji parametrów pracy urządzenia. Zoptymalizowana architektura modułowa, oparta na czterech niezależnych segmentach, poprawiła ergonomię obsługi, bezpieczeństwo użytkownika oraz łatwość transportu i montażu. Redukcja liczby napędów i modyfikacja konstrukcji mechanicznej pozwoliły na obniżenie masy własnej egzoszkieletu do około 27 kg oraz wydłużenie czasu pracy na baterii do około 8 godzin. Wprowadzone modyfikacje konstrukcyjne zbliżyły prototyp P2 egzoszkieletu DreamMotion do parametrów

²² Shi, D., Zhang, W., Zhang, W. et al. (2019). A review on lower limb rehabilitation exoskeleton robots. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 32, 74.

²³ Rodríguez-Fernández, A., Lobo-Prat, J., Font-Llagunes, J. M. (2021). Systematic review on wearable lower-limb exoskeletons for gait training in neuromuscular impairments. Journal of neuroengineering and rehabilitation, 18(1), 22.

²⁴ Ali, A., Fontanari, V., Schmoelz, W. et al. (2021). Systematic Review of Back-Support Exoskeletons and Soft Robotic Suits. Frontiers in bioengineering and biotechnology, 9, 765257.

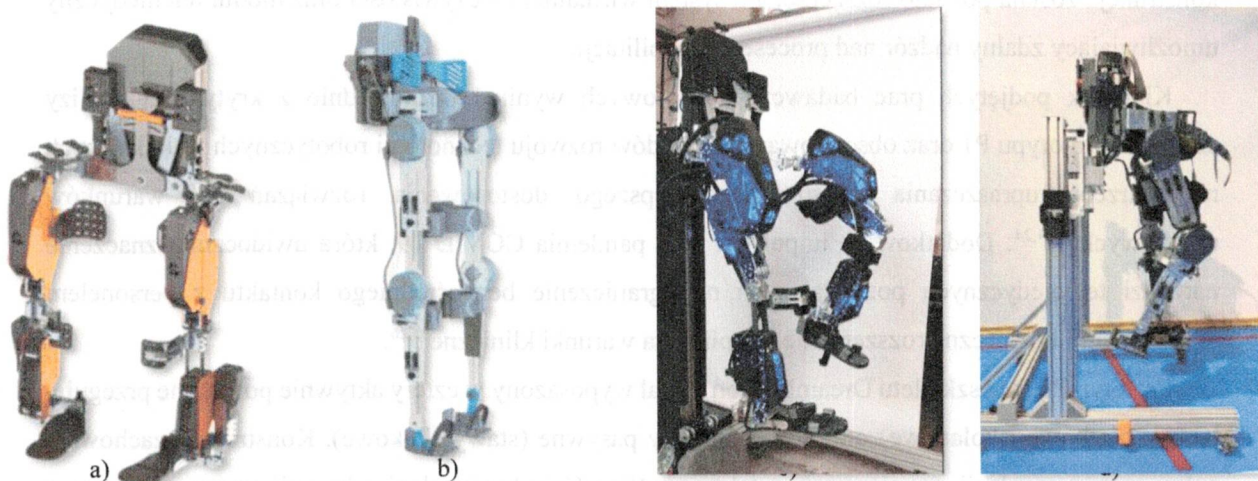
²⁵ Akbari, A., Haghverd, F., Behbahani, S. (2021). Robotic Home-Based Rehabilitation Systems Design: From a Literature Review to a Conceptual Framework for Community-Based Remote Therapy During COVID-19 Pandemic. Frontiers in robotics and AI, 8, 612331.

²⁶ Sarker, S., Jamal, L., Ahmed, S. F. et al. (2021). Robotics and artificial intelligence in healthcare during COVID-19 pandemic: A systematic review. Robotics and autonomous systems, 146, 103902.

reprezentowanych przez światowej klasy egzoszkielety kończyn dolnych, a zintegrowanie urządzenia z technologią wirtualnej rzeczywistości oraz z systemem telemedycznym wręcz wyróżniała projekt na specjalistycznym rynku.

Charakterystyka etapów realizacji grantu badawczo-rozwojowego

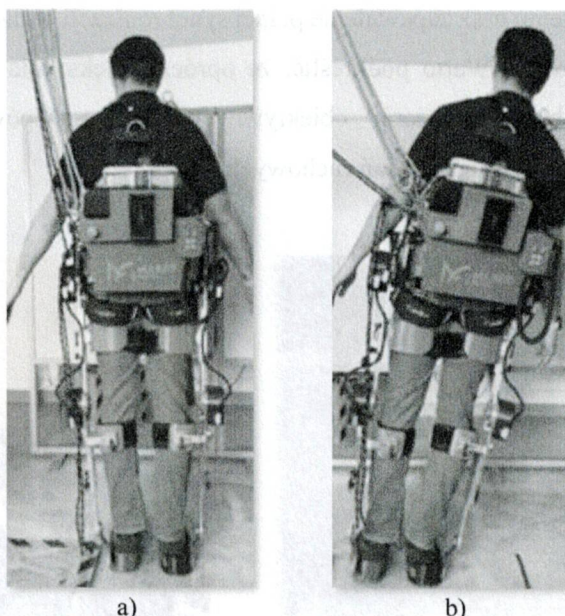
Grant 2 również realizowano w modelu iteracyjnym obejmującym badania przemysłowe oraz eksperymentalne prace rozwojowe. W pierwszym etapie zweryfikowano przyjęte założenia koncepcyjne, a następnie przeprowadzono prace projektowe w środowisku CAD, które doprowadziły do modyfikacji architektury i redukcji liczby stopni swobody ruchu oraz obniżenia masy konstrukcji. W kolejnym etapie wykonano fizyczny prototyp P2, podzielony na cztery niezależne segmenty z zoptymalizowanym układem napędowym dostosowanym do wymogów bezpiecznej obsługi urządzenia w warunkach domowych. Rycina 5 ilustruje wprowadzone zmiany konstrukcyjne egzoszkieletu DreamMotion na tym etapie projektowym (modele CAD i konstrukcja fizyczna) poprzez porównanie rozwiązań zastosowanych w prototypach P1 i P2.



Rycina. 5. Modyfikacje konstrukcyjne egzoszkieleta rehabilitacyjnego DreamMotion: a) model P1 zaprojektowany w środowisku wirtualnym, b) model P2 zaprojektowany w środowisku wirtualnym, c) fizyczna konstrukcja prototypu P1 (13 stopni swobody, masa 45 kg), d) fizyczny prototyp P2 (6 stopni swobody, masa 27 kg). Różnice między wersjami P1 i P2 obejmują znaczne 'odchudzenie' konstrukcji poprzez zmniejszenie liczby i typu napędów oraz (niewidoczne) wydłużenie czasu pracy z 2 do 8 godzin przy tej samej wielkości baterii.

W dalszej kolejności opracowano system sterowania dostosowany do zmodyfikowanej konstrukcji mechanicznej. W prototypie P2 przyjęto odmienną strategię działania tego systemu opartą o korekcję ruchu w czasie rzeczywistym na podstawie danych z czujników reagujących na zmiany napięcia mięśniowego, czujników położenia kąтового przegubów oraz aktualnego położeniu środka ciężkości. Celem takiego podejścia było wspomaganie realizacji wzorca ruchu zainicjowanego przez użytkownika, a nie narzucanie mu wcześniej zdefiniowanej trajektorii za pomocą urządzenia. Rozbudowanie systemu sterowania polegało również na wprowadzeniu interfejsu pozwalającego na przekazywanie

użytkownikowi informacji o bieżącym stanie urządzenia. Po zakończeniu wszystkich opisanych prac prowadzono testy stabilności urządzenia w warunkach laboratoryjnych (Rycina 6).



Rycina. 6. Testy stabilności określające wielkość sił zewnętrznych powodujących upadek: a) pozycja początkowa stania obunóż przy bocznym (prawostronnym) kierunku wektora siły; b) pozycja końcowa po 'fazie lotu', rozpoczętej z pozycji stania obunóż, przy bocznym (prawostronnym) kierunku wektora siły wywołującej upadek; liny systemu bezpieczeństwa znajdują się po lewej stronie ciała uczestnika (zał. 4.1j)²⁷.

Uzyskane wyniki wskazały, że siły niezbędne do wywołania utraty stabilności przez osobę korzystającą z egzoszkieletu są relatywnie niskie (od 1,45% do 8,30% ciężaru ciała badanego). Zarówno w pozycji stojącej obunóż, jak i jednoonóż, najniższe wartości sił wywołujących upadek odnotowano przy wektorze skierowanym ku tyłowi. Wyniki te wyznaczyły kierunek dalszego rozwoju opracowywanej technologii, wskazując na konieczność modyfikacji konstrukcji w celu zwiększenia bezpieczeństwa użytkownika, szczególnie zaś – zapobiegania upadkowi egzoszkieletu ku tyłowi. Wnioski te są zbieżne z przeglądem literatury przedmiotu, gdzie również wskazuje się na konieczność wprowadzania różnych strategii zapobiegania upadkom^{28, 29}. Znajdują się pośród nich zarówno rozwiązania mechaniczne w postaci dodatkowych wsporników, jak również wspomaganie systemu sterowania sztuczną inteligencją.

Kolejne etapy prac obejmowały integrację prototypu egzoszkieletu P2 z systemami wirtualnej rzeczywistości oraz telemedycznym. W pierwszej kolejności został opracowany system wirtualnej rzeczywistości (VR) zsynchronizowany w czasie rzeczywistym z ruchem egzoszkieletu i umożliwiający

²⁷ Woźniak, P., Gnat, R., Gogola, A. et al. (2025). The magnitude of external fall-inducing forces in subjects using the DreamMotion exoskeleton prototype in static body positions - a pilot study. *Acta of bioengineering and biomechanics*, 10.37190/abb-204782. Advance online publication.

²⁸ Rajagopalan, R., Litvan, I., Jung, T. P. (2017). Fall Prediction and Prevention Systems: Recent Trends, Challenges, and Future Research Directions. *Sensors* (Basel, Switzerland), 17(11), 2509.

²⁹ Sam, R. Y., Lau, Y. F. P., Lau, Y., et al. (2023). Types, functions and mechanisms of robot-assisted intervention for fall prevention: A systematic scoping review. *Archives of gerontology and geriatrics*, 115, 105117.

pacjentom z niedowładem kończyn dolnych przeniesienie się w przestrzeń dla nich nieosiągalną (np. spacer po górach) oraz wykonywanie tam intensywnych ćwiczeń (Rycina 7).

Kluczowym zagadnieniem badawczym na tym etapie prac była eliminacja opóźnień w przesyłaniu informacji w obrębie systemu oraz zapewnienie pełnej synchronizacji bodźców wzrokowych płynących z gogli z ruchem urządzenia. Warto podkreślić, że oprócz zwiększenia atrakcyjności, dodatkowym celem wdrożenia VR było stworzenie obiektywnych miar postępów funkcjonalnych poprzez wprowadzenie różnej skali trudności zadań ruchowych.



Rycina 7. Działanie systemu wirtualnej rzeczywistości: a) wirtualne otoczenie imitujące środowisko górskie z poruszającym się egzoszkieletem, b) testowanie systemu wirtualnej rzeczywistości z udziałem członków zespołu projektowego.

Dalszym etapem działań w grancie 2 było opracowanie systemu telmedycznego umożliwiającego bezpieczne przeprowadzanie ćwiczeń w warunkach domowych. Pula danych rejestrowanych przez urządzenie obejmowała wybrane parametry fizjologiczne (częstość pracy serca, ciśnienie tętnicze), parametry egzoszkieletu wraz z akcesoriami w postaci kul i chodzika (wielkość sił nacisku na podłoże, zmiany położenia środka ciężkości) oraz wirtualnej rzeczywistości (Rycina 8). Następnie rozwinięto algorytmy przetwarzania danych umożliwiające monitorowanie przebiegu ruchu i automatyczne wykrywanie błędów oraz przesyłanie korekt do pacjenta realizującego terapię w warunkach domowych.



Rycina 8. Schemat przepływu informacji pomiędzy prototypem P2 egzoszkieletu DreamMotion a systemem telmedycznym.

Wkład kierownika grantu badawczo-rozwojowego

W grantcie 2 pełniłam funkcję kierownika B+R, a mój wkład obejmował merytoryczne współtworzenie oraz nadzór nad procesem modyfikacji prototypu P1 do wersji P2. W szczególności odpowiadałam za analizę wpływu redukcji liczby stopni swobody ruchu na jakość wzorca chodu, co miało bezpośrednie przełożenie na opracowanie nowych założeń konstrukcyjnych, zaplanowanie innego rodzaju napędów oraz odmiennych algorytmów sterowania.

Brałam również udział w opracowaniu systemu wirtualnej rzeczywistości, w ramach którego przygotowałam zestaw ćwiczeń ukierunkowanych na poprawę siły mięśni i równowagi ciała, współdecydowałam o sposobie wizualizacji środowiska oraz dostosowywałam jego elementy do potrzeb użytkownika (dzieci, młodzież, dorośli). Ponadto, uczestniczyłam w tworzeniu koncepcji systemu telemedycznego, ze szczególnym uwzględnieniem doboru parametrów istotnych klinicznie w kontekście zdalnej rehabilitacji oraz projektowaniu przyjaznego dla pacjenta interfejsu.

4.1.1.3. Grant 3: Innowacyjna technologia robotycznej rehabilitacji ruchowej dla osób ze szczególnymi potrzebami

Pomimo faktu opracowania zmodyfikowanej wersji egzoszkieletu DreamMotion P2 zaobserwowałam, że użytkownik może korzystać z tej technologii jedynie w przestrzeni ograniczonej do gabinetów rehabilitacyjnych. Znajomość potrzeb osób z zaburzeniami neuromotorycznymi wyraźnie wskazuje na konieczność poszukiwania rozwiązań pozwalających na zwiększenie ich mobilności w szerszym pojętym środowisku życia codziennego. Integracja zdobytej wiedzy technologicznej z obserwacjami klinicznymi doprowadziła mnie do zainicjowania niestandardowego rozwiązania odpowiadającego na potrzeby osób pozbawionych możliwości samodzielnego przemieszczania się – koncepcji systemu hybrydowego łączącego egzoszkielec z platformą jezdnią. Spotkała się ona z pozytywnym przyjęciem zespołu projektowego, co zapoczątkowało proces opracowania nowego wniosku grantowego, w którym rolę wnioskodawcy objęła spółka DMG sp. z o.o., a rolę podwykonawcy – ATMAT sp. z o.o. Z uwagi na bardziej techniczny charakter projektu przyjął w nim funkcję specjalisty ds. biomechaniki (Tabela 1, zał. 4.1e).

W efekcie prac badawczo-rozwojowych powstała wspomniana wyżej hybryda. Fuzja umożliwiła połączenie dwóch trybów funkcjonowania osoby z niepełnosprawnością: lokomocji dwunożnej z wykorzystaniem egzoszkieletu oraz przemieszczania się w pozycji siedzącej przy użyciu platformy. Co ciekawe i ważne zarazem, transfer pomiędzy trybami odbywał się bez konieczności zdejmowania egzoszkieletu. Platforma jezdna została wyposażona w napęd elektryczny oraz system mobilnego ładowania egzoszkieletu z własnych akumulatorów. niespotykanym na skalę światową było również rozwiązanie umożliwiające bezpieczną zmianę pozycji użytkownika z siedzącej na stojącą bez udziału asystenta. Obrany w tym grantcie kierunek działań wykazywał zgodność z zaleceniami WHO,

podkreślającymi konieczność rozwijania technologii asystujących i systemów wsparcia sprzyjających zwiększaniu samodzielności oraz uczestnictwa osób z niepełnosprawnością w życiu społecznym^{30, 31}.

Charakterystyka etapów realizacji grantu badawczo-rozwojowego

Prace w prezentowanym grantie przebiegały w typowym podziale na przemysłowe oraz eksperymentalne prace rozwojowe. W początkowej fazie prac przemysłowych określono kluczowe założenia koncepcyjne platformy jezdnej. Obejmowały one dobór odpowiedniego układu napędowego, optymalne usytuowanie siedziska względem punktów podparcia egzoszkieletu, zaprojektowanie architektury energetycznej oraz opracowanie sposobu sterowania. Wszystkie te elementy definiowano z uwzględnieniem masy egzoszkieletu, położenia środka ciężkości użytkownika oraz warunków codziennej eksploatacji.

W dalszej kolejności przeprowadzono prace symulacyjne w środowisku CAD, obejmujące opracowanie trójwymiarowych modeli platformy oraz analizę rozkładu obciążeń i stabilności układu. Kolejnym etapem było wykonanie fizycznego prototypu oraz wyposażenie go w infrastrukturę obsługującą egzoszkielet, w tym bank energii, dedykowane połączenia elektryczne umożliwiające ładowanie urządzenia, a także układy zabezpieczające system zasilania (ochrona przed przeciążeniem, przegrzaniem i niekontrolowanym rozładowaniem). Po zmontowaniu prototypu skonstruowano stanowisko badawcze, na którym przeprowadzono walidację wytrzymałościową oraz ocenę stabilności konstrukcji pod obciążeniem. Zaprojektowano również system zmiany pozycji użytkownika korzystającego z egzoszkieletu. Koncepcja hybrydowego rozwiązania wymusiła opracowanie mechanizmu dotychczas niespotykanego w robotyce medycznej, a mianowicie umożliwiającego autonomiczną zmianę pozycji bez udziału asystenta. Rozwiązanie umożliwiało bezpieczne przejście z pozycji siedzącej do stojącej i odwrotnie oraz stabilne utrzymanie pozycji pionowej bez konieczności korzystania z balkonika, kul czy wsparcia drugiej osoby. Mechanizm został zoptymalizowany pod względem ergonomii i bezpieczeństwa, a etap prac uznano za zakończony w momencie osiągnięcia 25-sekundowego czasu zmiany pozycji.

W efekcie, skonstruowana platforma jezdna wraz z użytkownikiem w egzoszkielecie uzyskała możliwość pokonania dystansu 3 km w trybie własnego zasilania akumulatorowego, przy jednoczesnej zdolności do doładowania egzoszkieletu do minimum 60%. Konstrukcję zaprojektowano w wariantcie modułowym, co umożliwiło jej transport samochodem osobowym (masa pojedynczego modułu nie przekraczała 10 kg). Szerokość platformy ograniczono do 80 cm, zapewniając możliwość swobodnego przejazdu przez standardowe drzwi. Etap ten zakończono testami weryfikującymi stabilność układu,

³⁰ World Health Organization. (2024). Assistive technology. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/assistive-technology>.

³¹ World Health Organization & United Nations Children's Fund. (2022). Global report on assistive technology. <https://www.unicef.org/reports/global-report-assistive-technology>.

ergonomię zastosowanych mechanizmów oraz bezpieczeństwo użytkownika podczas zmian pozycji (Rycina 9).



Rycina 9. Testy zmiany pozycji z siadu do stania w opracowanym rozwiązaniu hybrydowym egzoszkiet DreamMotion P2 – platforma jezdna.

Wkład eksperta ds. biomechaniki

Moja rola w przedstawianym grancie uwidoczniła się szczególnie na etapie koncepcyjnym, gdzie byłam inicjatorką wprowadzenia koncepcji rozwiązania hybrydowego oraz systemu zmiany pozycji ciała użytkownika. Uczestniczyłam w definiowaniu założeń funkcjonalnych systemu, w tym w określeniu trajektorii ruchu egzoszkietu podczas zmiany pozycji, co w dalszych etapach stanowiło podstawę do opracowania algorytmów sterowania. Brałam również udział w procesie testowania konstrukcji – zarówno na stanowisku badawczym, jak i w warunkach laboratoryjnych z udziałem zdrowych ochotników oraz osób z niepełnosprawnościami kończyn dolnych.

4.1.1.4. Grant 4: Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych w automatyzacji pomiaru, doboru i produkcji personalizowanych wózków inwalidzkich dla zwiększenia dostępności i jakości życia osób z niepełnosprawnością ruchową

Opracowane przez nasz zespół projektowy zaawansowane technologie robotyczne istotnie wyprzedzają obecne standardy zaopatrzenia ortopedycznego w Polsce i na bieżącym etapie mają charakter rozwiązań perspektywicznych. W zawiązku z powyższym swoje zainteresowania skierowałam na bardziej teraźniejszy obszar, a mianowicie w stronę problematyki doboru wózków inwalidzkich dla osób z niepełnosprawnościami. Współczesna rehabilitacja postrzega te urządzenia nie jako alternatywę dla reedukacji chodu, lecz jako integralny element systemu wspierania mobilności, umożliwiający utrzymanie aktywności oraz samodzielności w codziennym funkcjonowaniu. Takie podejście jest jednoznacznie akcentowane w aktualnych zaleceniach WHO dotyczących zaopatrzenia w wózki inwalidzkie, w których podkreśla się, że skuteczność technologii asystujących zależy nie tylko od samego urządzenia, lecz od jakości całego procesu jego doboru, indywidualnego dopasowania,

szkolenia użytkownika oraz monitorowania efektów użytkowania^{32, 33, 34}. Jednocześnie przeglądy literatury wskazują, że w obszarze zaopatrzenia w technologie asystujące – w tym wózki inwalidzkie – nadal brakuje powszechnie wdrożonych, obiektywnych i porównywalnych narzędzi oceny oraz standaryzowanych procedur doboru wózków inwalidzkich^{35,36}.

Wieloaspektowa analiza problemu doprowadziła mnie do wniosku, że istotnym wyzwaniem pozostaje zastąpienie procesu subiektywnego dopasowania wózka modelem opartym na obiektywnych, powtarzalnych i automatycznie rejestrowanych danych antropometrycznych oraz biomechanicznych. Wyraźnie zarysowany problem i zdefiniowana luka technologiczna stała się podstawą do rozpoczęcia działań w kierunku zainteresowania tym tematem środowisk badawczo-rozwojowych oraz przemysłowych. W efekcie tych starań powstał projekt grantowy, w którym rolę wnioskodawcy objęła spółka ATMAT sp. z o.o., natomiast ja ponownie pełnię (grant w trakcie realizacji) funkcję kierownika B+R (Tabela 1, zał. 4.1f).

Prace w granie 4 ciągle trwają, a ich celem jest aktualnie opracowanie mobilnej stacji pomiarowej umożliwiającej szybkie, obiektywne i powtarzalne dopasowanie wózka inwalidzkiego do indywidualnych parametrów posturalnych pacjenta. Proces ten określany bywa (z ang.) jako wheelchair fitting, co rozumiane jest jako proces kompleksowej oceny cech antropometrycznych pacjenta i indywidualnego dopasowania na ich podstawie wózka inwalidzkiego.

Charakterystyka etapów realizacji grantu badawczo-rozwojowego

Na dzień sporządzenia niniejszego opracowania (marzec 2026) zakończono etap badań przemysłowych, a dalsze działania realizowane są w ramach prac rozwojowych obejmujących komponent konstrukcyjny, pomiarowy i analityczny.

W warstwie konstrukcyjnej zaprojektowano i wykonano modułowe elementy stanowiska pomiarowego, w tym uchwyty i peloty stabilizujące ciało pacjenta podczas zbierania danych. W warstwie pomiarowej wyselekcjonowano zestaw technik pomiarowych obejmujących skany 3D, parametry biomechaniczne, antropometryczne oraz rozkład sił nacisku na podłoże. W tym celu zaprojektowano platformę integrującą różne typy urządzeń pomiarowych, a do automatycznej obróbki danych zastosowano modele wykorzystujące sztuczne sieci neuronowe. W warstwie analitycznej trwa opracowywanie techniki automatycznego generowania plików projektowych (głównie modeli CAD) na

³² Barthod, C., Berthiaume, J., Schmouth, M.-È., Bédard, J., Routhier, F., & Best, K. L. (2025). A Mapping Review of Existing Tools to Assess Physical Qualities of Manual Wheelchair Users. *Disabilities*, 5(2), 54. <https://doi.org/10.3390/disabilities5020054>

³³ *Guidelines on the Provision of Manual Wheelchairs in Less Resourced Settings*. (2008). World Health Organization.

³⁴ *Wheelchair provision guidelines*. (2023). World Health Organization.

³⁵ Donegá, T. J., Borges, J. P., Dos Santos, S. S., Alves, D. A. C., Ferreira, J. F., Arruda Neto, J. E., Cardoso, L. S., & Araújo, C. A. (2025). Prescription methodology integrated with equipment designed for customising racing wheelchair. *Disability and rehabilitation. Assistive technology*, 20(3), 679–691

³⁶ Lankhorst, K., de Groot, S., & Valent, L. (2020). Monitoring physical activity in wheelchair users: A systematic review. *Disability and Rehabilitation*, 42(7), 952–963.

postawie zgromadzonych danych, umożliwiających personalizację konstrukcji wózka. System będzie przetwarzał zgromadzone dane na konkretne parametry projektowe, uwzględniające obciążenia statyczne i dynamiczne, dobór materiałów oraz wytrzymałość konstrukcji. Korzystać będzie przy tym z bazy materiałowej pozwalającej na dobór odpowiednich komponentów. Istotnym elementem systemu będzie również możliwość tworzenia i archiwizacji bazy danych obejmującej zaprojektowane konstrukcje, komponenty i spersonalizowane akcesoria przypisane do konkretnego użytkownika. W końcowej fazie przewidziano testy wszystkich modułów stacji pomiarowej oraz aplikacji analitycznej.

Wkład kierownika grantu badawczo-rozwojowego

W grantie pełnię funkcję kierownika B+R. Do moich dotychczasowych zadań należało określenie kluczowych parametrów biomechanicznych i antropometrycznych, istotnych z punktu widzenia komfortu oraz bezpieczeństwa użytkownika, gdyż projektując wózek należy z jednej strony uwzględnić takie ustawienie ciała, które zapobiega pogłębianiu się deformacji narządu ruchu, a z drugiej zapewnia użytkownikowi komfort podczas wielogodzinnego korzystania z urządzenia. Wytypowanie takich parametrów stanowiło podstawę dla doboru odpowiednich narzędzi pomiarowych (pomiarów liniowych, skanera 3D), a w następnym kroku dla zdefiniowania niezbędnego minimum danych wykorzystywanych w algorytmach sztucznej inteligencji.

W kolejnych etapach prac rozwojowych będę nadzorować proces walidacji systemu – zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i podczas testów z udziałem grupy docelowej.

4.1.2. Interwencje rehabilitacyjne

Obszar interwencji rehabilitacyjnych stanowi drugi filar mojej działalności badawczo-rozwojowej i koncentruje się na projektowaniu oraz obiektywizacji metod usprawniania dla osób z zaburzeniami neuromotorycznymi. Punktem wyjścia do jego rozwoju były wieloletnie doświadczenia kliniczne, które ujawniły zarówno ograniczenia w praktycznym wykorzystywaniu skutecznych metod fizjoterapeutycznych, jak i brak obiektywnych narzędzi służących ocenie ich efektywności. Moje zainteresowania w prezentowanym obszarze zostały oparte o analizę dowodów naukowych wskazujących jednoznacznie, że ćwiczenia prowadzone w warunkach odciążenia (Body Weight Support^{37,38}, Partial Body Weight Support³⁹, Partial Body Weight Support Treadmill Training^{40,41},

³⁷ Berra, E., De Icco, R., Avenali, M. et al. (2019). Body Weight Support Combined with Treadmill in the Rehabilitation of Parkinsonian Gait: A Review of Literature and New Data from a Controlled Study. *Frontiers in neurology*, 9, 1066.

³⁸ Ettema, S., Pennink, G. H., Buurke, T. J. W. et al. (2024). Clinical indications and protocol considerations for selecting initial body weight support levels in gait rehabilitation: a systematic review. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 21(1), 97.

³⁹ Arroyo-Fernández, R., Menchero-Sánchez, R., Pozuelo-Carrascosa, D. P. et al. (2024). Effectiveness of Body Weight-Supported Gait Training on Gait and Balance for Motor-Incomplete Spinal Cord Injuries: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Journal of clinical medicine*, 13(4), 1105.

⁴⁰ Yang, F. A., Chen, S. C., Chiu, J. F. et al. (2022). Body weight-supported gait training for patients with spinal cord injury: a network meta-analysis of randomised controlled trials. *Scientific reports*, 12(1), 19262.

⁴¹ Srivastava, S., Seamon, B. A., Patten, C. et al. (2023). Variation of body weight supported treadmill training parameters during a single session can modulate muscle activity patterns in post-stroke gait. *Experimental brain research*, 241(2), 615–627.

Partial Body Weight-Bearing⁴² należą do form interwencji rehabilitacyjnych o wysokiej skuteczności udokumentowanej, m.in., w usprawnianiu chodu, równowagi oraz działaniach dążących do podniesienia poziomu niezależności lokomocyjnej u pacjentów po udarze mózgu, z uszkodzeniami rdzenia kręgowego oraz u dzieci z mózgowym porażeniem (MPD)^{43,44,45, 46}.

Istotnym elementem skutecznej interwencji jest nie tylko wybór samej formy terapii, lecz również możliwość jej ewaluacji, monitorowania i modyfikacji w oparciu o obiektywne narzędzia pomiarowe. W tym kontekście coraz większą rolę odgrywają rozwiązania wykorzystujące czujniki inercyjne, elektromiografię powierzchniową oraz systemy wizyjne^{47,48}.

Posiadając doświadczenia kliniczne wsparte przeglądem literatury podjęłam decyzję o rozwinięciu obszaru interwencji rehabilitacyjnych o nową wiedzę w zakresie ćwiczeń w odciążeniu. Koncepcja taka wiązała się z opracowaniem modeli prawidłowego wykonywania tychże ćwiczeń oraz monitorowania ich przebiegu przez system wizyjny umożliwiający weryfikację poprawności i ewentualną korektę. Dodatkowo, równoczesne zastosowanie narzędzi do pomiaru poziomu odciążenia pełnić miało funkcję mierzalnego wskaźnika postępów terapii – zmniejszające się zapotrzebowanie na odciążenie odzwierciedlać może bowiem wzrost samodzielnej aktywności pacjenta. Należy w tym miejscu podkreślić, że opisywany kierunek działań stanowi rozwinięcie szerszej koncepcji rozwijanej przeze mnie i prof. dra hab. Rafała Gnata w ramach naszej autorskiej metody terapeutycznej Developmental Neuro-Motor Stimulation (DENEMS), która została szczegółowo opisana w podrozdziale 6.

4.1.2.1. Grant 5: Opracowanie innowacyjnego systemu do dynamicznych ćwiczeń i rehabilitacji w odciążeniu dla osób z niepełnosprawnością ruchową

Wyraźnie zarysowana koncepcja rozwijania obszaru ćwiczeń terapeutycznych w odciążeniu skłoniła mnie do nawiązania współpracy z LEVICARE sp. z o.o. (<https://levicare.pl/>), która jest wiodącym polskim producentem systemów podwieszanych wykorzystywanych w fizjoterapii. Połączenie wiedzy kliniczno-naukowej z zapleczem technologicznym wnioskodawcy stworzyło solidną bazę do zainicjowania niniejszego projektu (Tabela 1, zał. 4.1g), który pozostaje aktualnie w trakcie

⁴² Novak, I., Morgan, C., Fahey, M., et al. (2020). State of the Evidence 2019: Systematic Review of Interventions for Preventing and Treating Children with Cerebral Palsy. *Current neurology and neuroscience reports*, 20(2), 3.

⁴³ Jiang, Z., Zhang, X., Fu, Q. et al. (2024). Effects of body weight support training on balance and walking function in stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in neurology*, 15, 1413577.

⁴⁴ Arroyo-Fernández, R., Menchero-Sánchez, R., Pozuelo-Carrascosa, D. P. et al. (2024). Effectiveness of Body Weight-Supported Gait Training on Gait and Balance for Motor-Incomplete Spinal Cord Injuries: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Journal of clinical medicine*, 13(4), 1105.

⁴⁵ Yang, F. A., Chen, S. C., Chiu, J. F. et al. (2022). Body weight-supported gait training for patients with spinal cord injury: a network meta-analysis of randomised controlled trials. *Scientific reports*, 12(1), 19262.

⁴⁶ Ettema, S., Pennink, G. H., Buurke, T. J. W. et al. (2024). Clinical indications and protocol considerations for selecting initial body weight support levels in gait rehabilitation: a systematic review. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 21(1), 97.

⁴⁷ Bai, A., Song, H., Wu, Y. et al. (2025). Sliding-Window CNN + Channel-Time Attention Transformer Network Trained with Inertial Measurement Units and Surface Electromyography Data for the Prediction of Muscle Activation and Motion Dynamics Leveraging IMU-Only Wearables for Home-Based Shoulder Rehabilitation. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 25(4), 1275.

⁴⁸ Liu, Y., Zhang, Q., Li, W. (2025). Enhancing lower-limb rehabilitation: a scoping review of augmented reality environment. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 22(1), 114.

realizacji. Jego celem jest opracowanie zintegrowanego systemu wspierającego prowadzenie ćwiczeń w odciążeniu z możliwością równoległej rejestracji parametrów ruchu. Rozwiązanie integruje warstwę konstrukcyjną, sensoryczną oraz fizjoterapeutyczną poprzez połączenie modułowej konstrukcji nośnej z systemem pomiarowym, co umożliwi monitorowanie poziomu odciążenia oraz trajektorii wykonywanych ruchów. Dodatkowym rezultatem projektu będzie stworzenie aplikacji mobilnej umożliwiającej bezpieczne i poprawne wykonywanie ćwiczeń w warunkach domowych.

Charakterystyka etapów realizacji grantu badawczo-rozwojowego

Realizacja projektu została zaplanowana jako sekwencja dwóch etapów badań przemysłowych oraz jednego etapu prac rozwojowych.

W ramach pierwszego etapu badań przemysłowych w warstwie konstrukcyjnej opracowano modułową konstrukcję nośną oraz jednostkę podnoszącą. Elementy te rozwijano jako odrębne obiekty projektowe, podlegające niezależnej weryfikacji funkcjonalnej i bezpieczeństwa użytkowania. Konstrukcja nośna została zaprojektowana jako struktura modułowa umożliwiająca łatwy montaż i transport. Modele opracowane w środowisku CAD poddano analizom wytrzymałościowym, co pozwoliło na optymalizację geometrii oraz redukcję masy przy zachowaniu wymaganej sztywności. Następnie został wykonany fizyczny prototyp konstrukcji nośnej, który na podstawie przeprowadzonych testów został oceniony jako spełniający wymagania normy ISO w zakresie bezpieczeństwa użytkowania oraz odporności na obciążenia statyczne do 170 kg.

Jednostka podnosząca przeznaczona jest z kolei do podnoszenia i opuszczania użytkownika oraz precyzyjnej regulacji poziomu odciążenia (Rycina 10). Skonstruowany prototyp został poddany testom i uzyskał certyfikat w zakresie bezpieczeństwa oraz odporności na obciążenia statyczne oraz dynamiczne. Jednostka charakteryzuje się maksymalnym udźwigiem do 150 kg, zapewnia płynne i kontrolowane podnoszenie użytkownika bezpośrednio z podłogi do pozycji pionowej. System został wyposażony w zasilanie akumulatorowe, sterowanie za pomocą pilota, wyłącznik krańcowy oraz funkcję awaryjnego opuszczania. Rozwiązanie wykazuje pełną kompatybilność z opracowaną konstrukcją nośną, tworząc spójny i bezpieczny system.

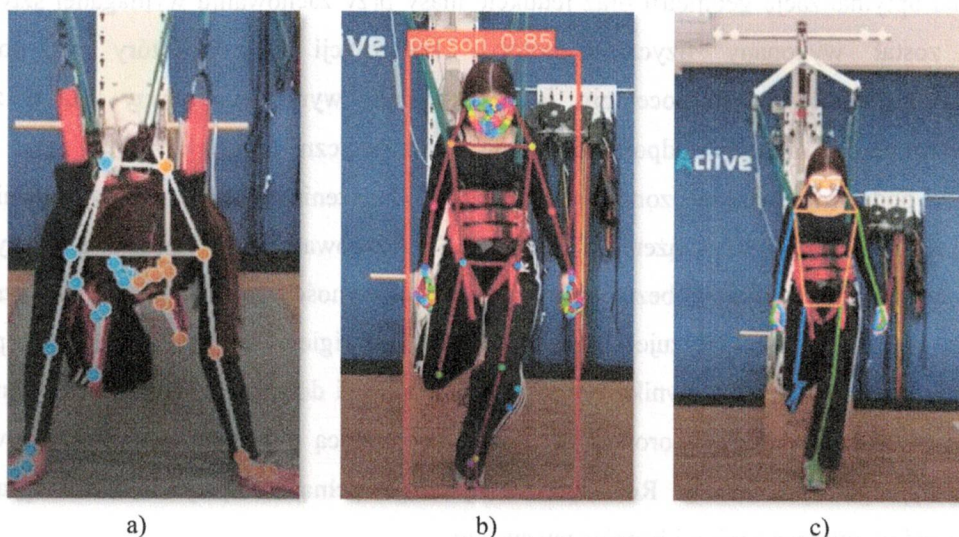
Drugi etap badań przemysłowych stanowiła analiza możliwości wykorzystania danych wizyjnych rejestrowanych z użyciem kamer do estymacji położenia punktów anatomicznych ciała, a na ich podstawie określania zakresów ruchomości w stawach użytkownika. Oceniano tutaj wybrane typy oprogramowania, w tym BlazePose, ViTPose oraz RTMPose, pod kątem ich przydatności w tych celach (Rycina 11). Na podstawie przeprowadzonych rejestracji zdecydowano się wybrać software BlazePose oferujący wysoką dokładność przy relatywnie niskich wymaganiach sprzętowych.



a)

b)

Rycina 10. Elementy systemu do ćwiczeń w odciążeniu stworzone w pierwszym etapie badań przemysłowych w granice 5: a) modułowa konstrukcja nośna, b) jednostka podnosząca podczas testów.



a)

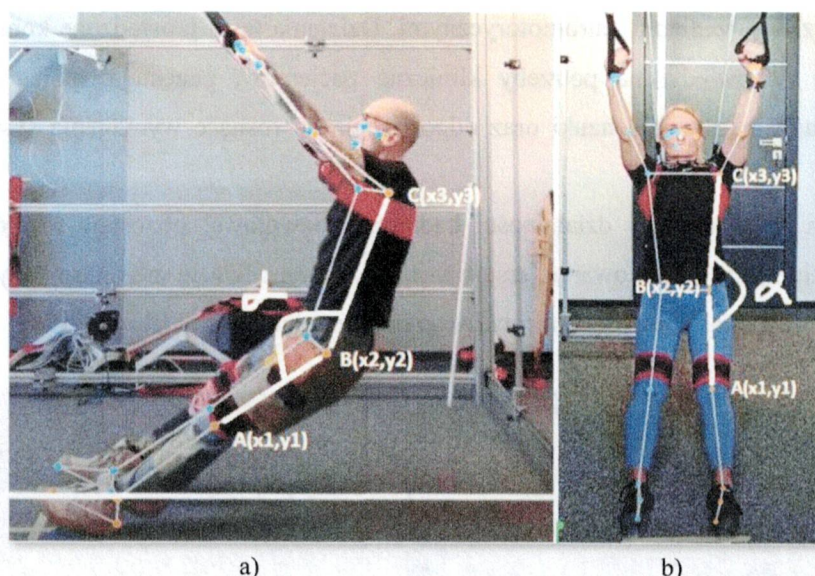
b)

c)

Rycina 11. Przykładowe efekty testowego zastosowania różnych typów oprogramowania do identyfikacji punktów anatomicznych podczas ćwiczeń: a) BlazePose, b) ViTPose, c) RTMPose. Software BlazePose został wybrany do dalszych prac jako oferujący największą precyzję.

Na etapie prac rozwojowych opracowano metodykę wykonania sześciu ćwiczeń terapeutycznych dostosowanych do potrzeb pacjentów z zaburzeniami neuromotorycznymi o zróżnicowanym nasileniu podzielonych na trzy grupy wiekowe. Niezależnie od grupy docelowej, wszystkie ćwiczenia ukierunkowano na aktywizację mięśni prostowników stawu biodrowego. W dalszej kolejności opracowano modele prawidłowego przebiegu wszystkich ćwiczeń oraz wykonano setki rejestracji, które służyły jako materiał wejściowy w procesie ‘trenowania’ systemu wizyjnego do poprawnej estymacji położenia punktów anatomicznych. Na tej podstawie, w kolejnym etapie projektu (rozpoczętym w

marcu 2026), opracowana zostanie aplikacja mobilna dająca pacjentom ćwiczącym w warunkach domowych możliwość weryfikacji poprawności wykonania zadania ruchowego (Rycina 12).



Rycina 12. Dwa przykłady efektów wizualizacji kątów w stawach osoby ćwiczącej uzyskanych za pomocą stworzonej aplikacji mobilnej. Kąty te są istotne z punktu widzenia weryfikacji poprawności wykonywanych ćwiczeń – ich wielkość, poprzez odpowiednie sygnały z aplikacji, będzie w czasie rzeczywistym informować pacjenta o poprawnym/niepoprawnym wykonaniu zadania ruchowego. Zaprezentowano przykładowe ćwiczenia z kątami dla stawu biodrowego w płaszczyźnie strzałkowej (a) i czołowej (b).

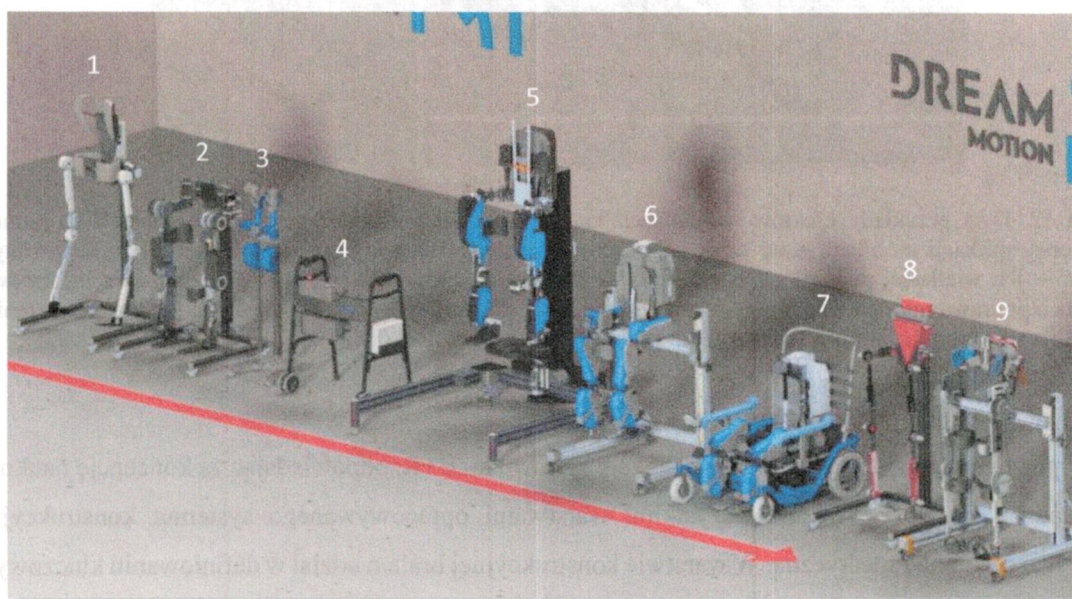
Wkład kierownika grantu badawczo-rozwojowego

W prezentowanym projekcie pełnię funkcję kierownika B+R, odpowiadając za koncepcję naukową oraz nadzór merytoryczny nad wszystkimi warstwami opracowywanego systemu: konstrukcyjną, sensoryczną i fizjoterapeutyczną. W warstwie konstrukcyjnej brałam udział w definiowaniu kluczowych parametrów konstrukcji nośnej oraz jednostki podnoszącej w aspekcie wykorzystania ich do prowadzenia ćwiczeń w warunkach ambulatoryjnych i domowych. Określone wymagania stanowiły następnie punkt wyjścia do prac projektowych prowadzonych w środowisku CAD, a finalnie wpłynęły na konstrukcję fizycznych prototypów. W warstwie sensorycznej wspierałam informatyków w definiowaniu parametrów pomiarowych istotnych z punktu widzenia fizjoterapii (zakresów ruchu, wielkości obciążeń) oraz nad oceną przydatności wybranych programów do estymacji położenia punktów anatomicznych. W warstwie fizjoterapeutycznej odpowiadałam za opracowanie koncepcji ćwiczeń realizowanych w obciążeniu, w tym określenie ich charakteru w zależności od wieku oraz stopnia zaburzeń neuromotorycznych, opracowanie modeli prawidłowego przebiegu oraz nadzór nad realizacją nagrań służących do ‘trenowania’ systemu wizyjnego. Na obecnym etapie projektu (marzec 2026) zarządzam pracami nad integracją trzech warstw systemu w jeden funkcjonalnie spójny układ, zapewniający powiązanie parametrów mechanicznych, sensorycznych i terapeutycznych.

4.1.3. Podsumowanie projektowego osiągnięcia głównego

Moje osiągnięcie główne stanowi spójny cykl projektów badawczo-rozwojowych ukierunkowanych na rozwój technologii asystujących oraz interwencji rehabilitacyjnych w celu wspierania lokomocji i mobilności osób z zaburzeniami neuromotorycznymi. Działania te są prowadzone konsekwentnie od kilkunastu lat w odpowiedzi na potrzeby kliniczne pacjentów, pozostają spójne z aktualnymi światowymi kierunkami rozwoju nauki oraz odpowiadają na rosnące wymagania systemów opieki zdrowotnej.

Dominującym nurtem mojej działalności badawczo-rozwojowej pozostaje rozwój technologii asystujących, obejmujący projektowanie, testowanie oraz optymalizację zaawansowanych rozwiązań mechatronicznych wspierających różne formy lokomocji oraz mobilności (Rycina 13).



Rycina 13. Urządzenia wytworzone w ramach osiągnięcia głównego w obszarze technologii asystujących. Od lewej: (1,2) kolejne iteracje prototypu P1 egzozskieletu DreamMotion, (3,4) akcesoria rehabilitacyjne (kule z joystickiem i rejestracją sił nacisku, balkonik z panelem sterującym do egzozskieletu), (5,6) finalny prototyp P1 DreamMotion, (7) platforma jezdna, (8,9) kolejne iteracje prototypu P2 DreamMotion.

Należy zaznaczyć, iż świadomość istnienia coraz to nowszych kierunków rozwoju robotycznych technologii asystujących (podrozdział 4.1.1.) skłoniły mnie oraz zespół projektowy egzozskieletu DreamMotion (granty 1-4) do podjęcia dalszych działań mających na celu udoskonalenie urządzenia poprzez wykorzystanie sztucznej inteligencji, w tym sztucznych sieci neuronowych w jego systemach sterujących (Tabela 2). Kierunek ten pozostaje w pełni spójny z aktualnymi światowymi trendami

rozwoju egzoszkieleatów rehabilitacyjnych^{49, 50, 51, 52} i należy traktować go jako formę kontynuacji dotychczas wykonanych i wykonywanych prac.

Tabela 2. Planowane i ocenione pozytywnie granty stanowiące kontynuację rozwoju technologii asystujących.

	Tytuł grantu	Okres realizacji	Rola	Finansowanie / Wartość	Cel grantu
1	Opracowanie technologii wykorzystującej sztuczną inteligencję w rehabilitacji urządzeniami robotycznymi (zał. 4.1k)	w trakcie procedury konkursowej	Kierownik B+R	MCP 3 384 812 PLN	Opracowanie rozwiązań wykorzystujących algorytmy sztucznej inteligencji do adaptacyjnego sterowania egzoszkieleatem rehabilitacyjnym
2	Zintegrowany system rehabilitacji lokomocyjnej z aktywną stabilizacją i adaptacyjnym sterowaniem AI (zał. 4.1l)	w trakcie procedury konkursowej	Kierownik B+R	NCBiR 4 397 773 PLN	Opracowanie zintegrowanego systemu rehabilitacji lokomocji wykorzystującego aktywną stabilizację oraz adaptacyjne sterowanie oparte na sztucznej inteligencji

MCP – Małopolskie Centrum Przedsiębiorczości, NCBiR – Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

W obszarze interwencji rehabilitacyjnych (podrozdział 4.1.2.) prowadzone prace badawczo-rozwojowe doprowadziły do zakończenia etapu badań przemysłowych oraz wejścia w etap drugi, obejmujący integrację opracowanych komponentów systemu. Należy podkreślić, że obszar ten będzie również przedmiotem dalszego rozwoju w planowanych projektach grantowych, ponieważ aktualnie prowadzone prace badawczo-rozwojowe już teraz pozwoliły na identyfikację elementów wymagających dalszej optymalizacji.

⁴⁹ Coser, O., Tamantini, C., Soda, P. et al. (2024). AI-based methodologies for exoskeleton-assisted rehabilitation of the lower limb: a review. *Frontiers in robotics and AI*, 11, 1341580.

⁵⁰ Huang, G. S., Yen, M. H., Chang, C. C. et al. (2024). Development of an individualized stable and force-reducing lower-limb exoskeleton. *Biomedical physics & engineering express*, 10(5), 10.1088/2057-1976/ad686f.

⁵¹ van der Kooij, H., van Asseldonk, E. H. F., Sartori, M. et al. (2025). AI in therapeutic and assistive exoskeletons and exosuits: Influences on performance and autonomy. *Science robotics*, 10(104), eadt7329.

⁵² Abbas, G. H., Speksnijder, C., Ramnarain, D. et al. (2025). AI-Driven Rehabilitation Robotics: Advancements in and Impacts on Patient Recovery. *Cureus*, 17(10), e94273.

4.2. Monografia naukowa: *Zmienność i wariantowość wzorców ruchowych dzieci od urodzenia do szóstego roku życia*

4.2.1. Geneza monografii i ciągłość koncepcji

Monografia *Zmienność i wariantowość wzorców ruchowych dzieci od urodzenia do szóstego roku życia* (zał.4.2a)⁵³ stanowi rozwinięcie wcześniejszej publikacji (również o monograficznym charakterze) *Edukacja sensomotoryczna niemowląt* (zał. 4.2b)⁵⁴, która była punktem wyjścia oraz merytorycznym fundamentem rozwoju podejmowanej problematyki. Z tego też względu omówienie prezentowanego tutaj osiągnięcia wymaga krótkiego odniesienia do *Edukacji sensomotorycznej niemowląt*, pozwalającego ukazać ciągłość oraz ewolucję pierwotnej koncepcji. Obydwie monografie zostały opracowane we współautorstwie z dr hab. Małgorzatą Matyją, przy czym mój wkład w ich przygotowanie miał w obydwu przypadkach charakter wiodący.

Pierwsza monografia opisywała rozwój wzorców posturalnych i ruchowych u niemowląt bez strukturalnych uszkodzeń układu nerwowego, prezentujących różne typy napięcia mięśniowego w obrębie szeroko rozumianej normy rozwojowej, jednak klasyfikowane często jako dzieci przejawiające objawy rozwojowych zaburzeń koordynacji (ang. *developmental coordination disorder – DCD*)^{55,56}. W pierwszej części monografii jako dogodny punkt odniesienia dla dalszych porównań, przedstawiony został prawidłowy rozwój wzorców ruchowych u dzieci normotonicznych, a w następnej – odchylenia od tegoż punktu obserwowane w przypadkach zaburzeń napięcia mięśniowego. Analizą objęto okres od urodzenia do ukończenia pierwszego roku życia. W ujęciu chronologicznym zaprezentowano proces asymilacji kolejnych wzorców ruchowych – od przetaczania, poprzez siadanie i wstawanie, aż do chodu – wskazując zarówno ich typowy przebieg, jak różnorodne strategie kompensacyjne ujawniające się przy zmianach napięcia mięśni. Poczynione obserwacje wskazały, iż niemowlęta z symptomami hipertonii deficyty kontroli motorycznej kompensują poprzez wzmożone napięcie mięśniowe w proksymalnych i dystalnych częściach ciała (np. chód na palcach), natomiast niemowlęta z symptomami hipotonii – poprzez zwiększanie płaszczyzny podparcia, nadmierne przodopochylenie miednicy oraz koślawość lub przeprost stawów kolanowych.

4.2.2. Założenia teoretyczne oraz nowatorstwo

Monografia *Zmienność i wariantowość wzorców ruchowych dzieci od urodzenia do szóstego roku życia* stanowi krok w kierunku wniesienia podejmowanej wcześniej problematyki na nowy, jakościowo

⁵³ Gogola, A., Matyja, M. *Zmienność i wariantowość wzorców ruchowych dzieci od urodzenia do szóstego roku życia*. Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach, 2023.

⁵⁴ Matyja, M., Gogola, A. *Edukacja sensomotoryczna niemowląt*. Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach, 2010.

⁵⁵ Blank, R., Barnett, A. L., Cairney, J., et al. (2019). International clinical practice recommendations on the definition, diagnosis, assessment, intervention, and psychosocial aspects of developmental coordination disorder. *Developmental medicine and child neurology*, 61(3), 242–285.

⁵⁶ Biotteau, M., Albaret, J. M., & Chaix, Y. (2020). Developmental coordination disorder. *Handbook of clinical neurology*, 174, 3–20.

wyższy poziom rozwoju. Jej celem było opracowanie spójnej koncepcji oceny rozwoju ruchowego dzieci, opartej na kluczowych, ujętych w jej tytule pojęciach zmienności i wariantowości wzorców motorycznych.

Podstawę teoretyczną monografii stanowiły współczesne koncepcje neurofizjologii rozwoju, w których zmienność zachowań ruchowych traktowana jest jako kluczowy wyznacznik prawidłowego funkcjonowania i dojrzewania ośrodkowego układu nerwowego w odróżnieniu od klasycznych podejść opartych na teorii tzw. kamieni milowych⁵⁷. Szczególne znaczenie miały tutaj prace Hadders-Algra, wskazujące, że zmienność ruchowa stanowi fundamentalny mechanizm umożliwiający adaptację, selekcję efektywnych strategii motorycznych oraz uczenie się ruchu^{58,59,60}. Zgodnie z tym ujęciem rozwój motoryczny ma charakter dynamiczny i nieliniowy, a obserwowane wzorce ruchowe stanowią przejściowe rozwiązania dostosowawcze, a nie sztywno zdefiniowane formy, z których jedne można traktować jako 'normatywne', a inne nie. W praktyce oznacza to porzucenie oceny rozwoju wyłącznie poprzez odnoszenie się do pojedynczych, wyodrębnionych wzorców ruchowych na rzecz dynamicznej analizy całego procesu, w którym kolejne etapy stanowią element ciągłej reorganizacji układu ruchu (a ściślej neuro-motorycznego). Etapy te obierać mogą różnorodne kursy, a o ich normalności lub zaburzeniu mogą świadczyć jedynie uzyskiwane przez dziecko kompetencje ruchowe. W takim ujęciu ściśle i jakże zachowawcze przypisywanie prezentacji określonych wzorców motorycznych do konkretnych miesięcy życia, bez uwzględnienia osobniczo zróżnicowanego oraz adaptacyjnego charakteru rozwoju może prowadzić do istotnych błędów diagnostycznych, pociągających za sobą konsekwencje medyczne i społeczne.

Wartą zaznaczenia inspiracją dla przyjętej koncepcji oceny jakości rozwoju motorycznego były również założenia metody Prechtl'a oraz ich rozwinięcie zaproponowane przez Einspieler i wsp., w których redukcja zmienności spontanicznych ruchów globalnych (tzw. z ang. *general movements*) została uznana za jeden z najwcześniejszych markerów zaburzeń neurologicznych^{61,62,63}. Uzupełnieniem tej perspektywy były badania Dusing i Harbourne, podkreślające znaczenie zmienności kontroli posturalnej dla rozwoju sensomotorycznego, uczenia się ruchu oraz kształtowania funkcjonalnych

⁵⁷ Hellbrügge, T., Pechstein, W., Klee, D., & Kratzsch, H. (1994). Monachijska funkcjonalna diagnostyka rozwojowa. Część I: Pierwszy rok życia. MedPharm.

⁵⁸ Hadders-Algra, M. (2002). Variability in infant motor behavior: A hallmark of the healthy nervous system. *Infant Behavior and Development*, 25(4), 433–451.

⁵⁹ Hadders-Algra, M. (2010). Variation and variability: Key words in human motor development. *Physical Therapy*, 90(12), 1823–1837.

⁶⁰ Hadders-Algra M. (2018). Early human motor development: From variation to the ability to vary and adapt. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 90, 411–427.

⁶¹ Prechtl, H. F. R. (2001). General movement assessment as a method of developmental neurology: New paradigms and their consequences: The 1999 Ronnie MacKeith Lecture. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 43(12), 836–842.

⁶² Einspieler, C., Prechtl, H. F. R., Bos, A. F., Ferrari, F., & Cioni, G. (2004). *Prechtl's method on the qualitative assessment of general movements in preterm, term and young infants*. Mac Keith Press.

⁶³ Einspieler, C., & Prechtl, H. F. (2005). Prechtl's assessment of general movements: a diagnostic tool for the functional assessment of the young nervous system. *Mental retardation and developmental disabilities research reviews*, 11(1), 61–67.

strategii motorycznych^{64,65}. Wszyscy wymienieni autorzy podkreślali, że ograniczenie zmienności może wybitnie przyczyniać się do utrwalania mniej efektywnych rozwiązań ruchowych, natomiast jej obecność sprzyja eksploracji nowych idei motorycznych oraz adaptacyjnych zdolności układu nerwowego.

Nowatorstwo prezentowanej monografii polega na systemowym przeniesieniu pojęć zmienności i wariantowości, dotychczas odnoszonych wyłącznie do wczesnej diagnostyki neurologicznej niemowląt, na pełne spektrum rozwoju motorycznego dzieci w pierwszych sześciu latach życia. Co bardzo istotne, po raz pierwszy w historii krajowej literatury neurorozwojowej zaproponowano spójną koncepcję interpretacji przebiegu procesu rozwoju motorycznego dzieci, w której zmienność i wariantowość zostały uznane za immanentne cechy jego prawidłowości oraz nieodzowny warunek opanowywania coraz bardziej złożonych rozwiązań rozbudowujących arsenał dostępnych umiejętności ruchowych. Zaproponowane ujęcie zakłada odejście od sekwencyjnego opisu rozwoju opartego wyłącznie na realizacji wspomnianych 'kamieni milowych' na rzecz jakościowej analizy różnorodności strategii ruchowych i sposobów rozwiązywania zadań motorycznych przez dziecko. Koncepcja ta nigdy wcześniej nie została tak wyraźnie i spójnie zasygnalizowana w polskiej, profesjonalnej literaturze związanej z tą tematyką.

4.3.3. Znaczenie kliniczne i aplikacyjne oraz oddziaływanie

Monografia *Zmienność i wariantowość wzorców ruchowych dzieci od urodzenia do szóstego roku życia* wzbogaca krajową diagnostykę pediatryczną o szczegółowy, jakościowy opis zmienności podstawowych wzorców ruchowych, takich jak przetaczanie, siadanie, wstawanie czy chód, umożliwiając śledzenie procesu ich dojrzewania w perspektywie wieloletniej. Ujęcie takie pozwala nie tylko na bardziej precyzyjną ocenę etapów rozwoju motorycznego, ale, co najważniejsze, umożliwia uwzględnienie w tym działaniu zarówno zróżnicowanego tempa rozwoju, jak wielowariantowego sposobu nabywania poszczególnych umiejętności. Monografia udostępnia czytelnikom poczynioną w tymże nowatorskim duchu analizę wszystkich podstawowych wzorców ruchowych, kładąc jednak największy nacisk na zmienność chodu, gdzie obok jakościowych, obejmuje również jego parametry czasowo-przestrzenne oraz kinematyczne. Takie podejście pozwala uniknąć błędnych interpretacji klinicznych wynikających z oceny jakości chodu wyłącznie w odniesieniu do wieku kalendarzowego dziecka z pominięciem doświadczenia związanego z faktycznym czasem wykorzystywania tego wzorca ruchowego (w oczywisty sposób doświadczenie to jest większe u dzieci zaczynających chodzić, czy też 'używać wzorca chodu', wcześniej).

Wymiar aplikacyjny monografii znajduje swe pierwsze bezpośrednie odzwierciedlenie w fakcie, iż stała się ona merytorycznym fundamentem opracowanej przeze mnie we współpracy z prof. dr hab.

⁶⁴ Dusing, S. C., & Harbourne, R. T. (2010). Variability in postural control during infancy: Implications for development, assessment, and intervention. *Physical Therapy*, 90(12), 1838–1849.

⁶⁵ Dusing S. C. (2016). Postural variability and sensorimotor development in infancy. *Developmental medicine and child neurology*, 58 Suppl 4, 17–21.

Rafałem Gnatem, metody Developmental Neuro-Motor Stimulation (DENEMS, patrz też podrozdział 6). W swej istocie, DENEMS operacjonalizuje pojęcia zmienności i wariantowości rozwoju wzorców ruchowych na potrzeby praktyki klinicznej, umożliwiając ich systematyczną ocenę w szerokim spektrum wiekowym dzieci. W kolejnej odsłonie, znaczenie użytkowe monografii przejawia się w upowszechnianiu tak rozumianej diagnostyki w działalności szkoleniowej skierowanej do fizjoterapeutów i lekarzy, a realizowanej na poziomie krajowym i międzynarodowym. Szkolenia obejmujące tę problematykę prowadzone są w Polsce we współpracy ze Śląską Izbą Lekarską (zał. 4.2c), Akademią Górnośląską im. Wojciecha Korfanteo w Katowicach (zał. 4.2.d), a za granicą – z Uniwersytetem w Daugavpils (Łotwa), Centrum Medycznym RehabTeam w Ałmatach (Kazachstan), Fundacją ARDI w Ałmatach (Kazachstan), Centrum Medycznym Stupenki Kids w Taszkencie (Uzbekistan), a przed rokiem 2022 także z Międzynarodową Akademią Rehabilitacji Medycznej w Moskwie (Rosja). Przyczyniają się do szerokiego propagowania przedstawionych w monografii, nowoczesnych poglądów na diagnozę rozwoju ruchowego i, co szczególnie ważne, obejmują swym zasięgiem także kraje prezentujące niższy poziom specjalistycznej wiedzy oraz ograniczony dostęp do światowych jej źródeł.

Oddziaływanie monografii należy również rozpatrywać w szerszym kontekście ciągłości mojego dorobku naukowego i dydaktycznego, zapoczątkowanego wspominaną na wstępie publikacją *Edukacja sensomotoryczna niemowląt*. Ta pierwsza monografia została wydana w trzech kolejnych edycjach (2005, 2007 i 2010), co stanowi wyraźny wskaźnik trwałego zainteresowania środowiska medycznego, dydaktycznego i terapeutycznego problematyką rozwoju dziecka w pierwszych miesiącach życia oraz nowatorskim spojrzeniem na nią. Konieczność przygotowania kolejnych wydań w relatywnie krótkich odstępach czasu świadczy o wyczerpywaniu się poprzednich edycji w szybkim tempie, a tym samym o długotrwale utrzymującym się zapotrzebowaniu na tego rodzaju wiedzę. Ponadto, publikacja ta jest wykorzystywana i wskazywana na wielu uczelniach w Polsce jako podręcznik kształcenia podstawowego w ramach przedmiotów dotyczących fizjoterapii pediatricznej oraz metod specjalnych fizjoterapii w wieku rozwojowym. Do placówek tych należą, m.in., Akademia Wychowania Fizycznego w Katowicach, Śląski Uniwersytet Medyczny, Akademia Kultury Fizycznej w Krakowie, Uniwersytet im. Jana Długosza w Częstochowie, Uniwersytet Rzeszowski, Akademia Pomorska w Słupsku oraz Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie. Obecność monografii w programach nauczania oraz w zbiorach bibliotek akademickich potwierdza jej ugruntowaną pozycję jako jednej z fundamentalnych pozycji wykorzystywanych w edukacji w obszarze fizjoterapii wieku rozwojowego.

Druga monografia stanowi logiczne rozwinięcie i pogłębienie tej problematyki, rozszerzając jej perspektywę diagnostyczną i interpretacyjną na pełen okres wczesnego dzieciństwa. W tym przypadku publikację wykonano w formie elektronicznej. Monografia znajduje stopniowo coraz szersze zastosowanie w dydaktyce akademickiej, m.in. w ramach przedmiotów takich jak *Diagnostyka rozwoju ruchowego w wieku rozwojowym*, *Metody specjalne w fizjoterapii dzieci* oraz *Fizjoterapia wieku*

rozkładowego w Akademii Wychowania Fizycznego w Katowicach oraz *Diagnoza i terapia małego dziecka* w Akademii Górnośląskiej w Katowicach.

Zróznicowany zasięg oddziaływania obydwu monografii wynika przede wszystkim z odmiennych uwarunkowań czasowych i merytorycznych. Publikacja *Edukacja sensomotoryczna niemowląt* funkcjonuje w środowisku klinicznym i akademickim od kilkunastu lat, co pozwoliło ugruntować jej silną pozycję w edukacji kolejnych roczników studentów. Monografia *Zmienność i wariantowość wzorców ruchowych dzieci od urodzenia do szóstego roku życia* ukazała się relatywnie niedawno, bo w roku 2023, więc jej wykorzystanie dydaktyczne dopiero się kształtuje. Ponadto, ma ona bardziej zaawansowany naukowo charakter i jest adresowana przede wszystkim do specjalistów zajmujących się neurofizjologią rozwoju, diagnostyką funkcjonalną oraz praktyką kliniczną. Wprowadza też nową perspektywę oceny rozwoju dziecka, dotychczas nieadekwatnie słabo w stosunku do jej znaczenia sygnalizowaną w literaturze krajowej. Szersze włączenie tej pozycji do praktyki klinicznej i dydaktyki wymaga czasu oraz zmiany utrwalonych schematów myślenia o rozwoju motorycznym.

4.3.4. Wkład autorski

W przypadku pierwszej monografii *Edukacja sensomotoryczna niemowląt* własny udział autorski szacuję na 50%. Przejawiał się zarówno na etapie koncepcyjnym, jak i w trakcie realizacji prac, byłam bowiem główną współautorką koncepcji merytorycznej oraz autorką pierwszej wersji manuskryptu. Do moich zadań należało opracowanie zasadniczej części treści dotyczących interpretacji oceny rozwoju motorycznego niemowląt, w tym jakościowego i ilościowego opisu wzorców ruchowych, dobór i analiza źródeł naukowych oraz ich integracja z obserwacjami klinicznymi. Ponadto, osobiście przygotowywałam ilustracje/schematy stanowiące istotny element dydaktyczny wzbogacający publikację oraz odpowiadałam za całościową oprawę graficzną.

W drugiej monografii *Zmienność i wariantowość wzorców ruchowych dzieci od urodzenia do szóstego roku życia* mój udział istotnie wzrósł i szacuję go na około 80% (zał. 4.2e). Byłam autorką koncepcji merytorycznej oraz pierwszej wersji manuskryptu, odpowiadając za sformułowanie głównych założeń teoretycznych, strukturę oraz przyjętą perspektywę interpretacyjną rozwoju ruchowego dziecka. Istotnym elementem mojego wkładu było opracowanie autorskiego, spójnego ujęcia zmienności i wariantowości wzorców ruchowych w całym okresie wczesnego dzieciństwa, oraz przeniesienie tej koncepcji na grunt praktyki diagnostycznej i klinicznej. Do moich zadań należała analiza i krytyczna interpretacja literatury naukowej z zakresu neurofizjologii rozwoju, diagnostyki funkcjonalnej i teorii uczenia się ruchu, a także integracja tych treści z wieloletnim doświadczeniem klinicznym. Odpowiadałam również za opracowanie strony graficznej publikacji, w tym koncepcję i przygotowanie ilustracji/schematów, a także za analizę uwag recenzentów i wprowadzenie sugerowanych korekt merytorycznych oraz redakcyjnych. Wkład współautorki miał charakter uzupełniający, natomiast odpowiedzialność za zasadniczą linię koncepcyjną, interpretacyjną i naukową publikacji leżała po mojej stronie.

4.3. Cykl publikacji naukowych: *Wiarygodność i użyteczność kliniczna metod pomiarowych stosowanych w ocenie funkcjonalnej dzieci i młodzieży*

4.3.1. Wykaz publikacji naukowych

a) **Gogola, A.**, Gnat, R., Dziub, D., Gwóźdź, M., Zaborowska, M. (2016). The impact of the neurodevelopmental traction technique on activation of lateral abdominal muscles in children aged 11-13 years. *NeuroRehabilitation*, 39(2), 183–190. (zał. 4.3a)

Impact factor = 1.4 | Punkcja MNiSW = 25

Wkład: opracowanie koncepcji oraz modelu badań; rekrutacja i kwalifikacja uczestników; współpraca przy przeprowadzeniu badań oraz opracowaniu danych; przygotowanie oryginalnej wersji manuskryptu; wizualizacja; nadzór nad projektem; odpowiedzi na recenzje; pozyskanie finansowania.

b) **Gogola, A.**, Gnat, R., Zaborowska, M., Dziub, D., Gwóźdź, M. (2018). Asymmetry of activation of lateral abdominal muscles during the neurodevelopmental traction technique. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 22(1), 46–51. (zał. 4.3b)

Punkcja MNiSW = 5

Wkład: opracowanie koncepcji oraz modelu badań; rekrutacja i kwalifikacja uczestników; współpraca przy przeprowadzeniu badań oraz opracowaniu danych; przygotowanie oryginalnej wersji manuskryptu; wizualizacja; nadzór nad projektem; odpowiedzi na recenzje; pozyskanie finansowania.

c) **Gogola, A.**, Matyja, M., Gnat, R., Masłowska, A., Kobylarczyk, B. (2023). Specificity of manual testing of the gluteal muscle strength in preschool children: a single-center cross-sectional study. *Physiotherapy Review*, 27(4), 65–75. (zał. 4.3c)

Punkcja MNiSW = 140

Wkład: opracowanie koncepcji oraz modelu badań; rekrutacja i kwalifikacja uczestników; współpraca przy przeprowadzeniu badań oraz opracowaniu danych; przygotowanie oryginalnej wersji manuskryptu; wizualizacja; nadzór nad projektem; odpowiedzi na recenzje; pozyskanie finansowania.

d) **Gogola, A.**, Polaczek, A., Woźniak, P., Wolny, T. (2025). Pectoral and hip flexors muscle length tests as elements of developmental age postural examination standardized for the purpose of interdisciplinary utilization. *International Journal of Special Education*, 40(1), 134–144. (zał. 4.3d)

Impact factor = 0,9 | Punkcja MNiSW = 70

Wkład: opracowanie koncepcji oraz modelu badań; rekrutacja i kwalifikacja uczestników; współpraca przy przeprowadzeniu badań oraz opracowaniu danych; przygotowanie oryginalnej

wersji manuskryptu; wizualizacja; nadzór nad projektem; odpowiedzi na recenzje; pozyskanie finansowania.

e) Gnat, R., **Gogola, A.**, Polaczek, A., Woźniak, P., Wolny, T. (2025). Investigating the reliability of the knee joint flexors and extensors muscles length tests modified to meet the requirements of scientific research. *Journal of Rehabilitation*, 26, 230–253. (zał. 4.3e)

Impact factor = 0,3 | Punktacja MNiSW = 20

Wkład: współpraca przy opracowaniu koncepcji oraz modelu badań; rekrutacja i kwalifikacja uczestników; współpraca przy przeprowadzeniu badań, opracowaniu danych oraz przygotowaniu oryginalnej wersji manuskryptu; pozyskanie finansowania.

f) **Gogola, A.**, Woźniak, P., Piscova, Z., Rubika, A., Lukjańenko, L., Kaminska, I., Gnat, R. (2026). Reliability of joint position sense and force sense measurements in children with developmental coordination disorder. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 11(1), 35. (zał. 4.3f)

Impact factor = 2,4 | Punktacja MNiSW = 20

Wkład: opracowanie koncepcji oraz modelu badań; rekrutacja i kwalifikacja uczestników; współpraca przy przeprowadzeniu badań oraz opracowaniu danych; przygotowanie oryginalnej wersji manuskryptu; nadzór nad projektem; odpowiedzi na recenzje; pozyskanie finansowania oraz rejestracja badania.

g) **Gogola, A.**, Woźniak, P., Piscova, Z., Rubika, A., Lukjańenko, L., Kaminska, I., Gnat, R. Measures of resistance sense and joint position sense variability are not reliable in children with developmental coordination disorder. *Journal of Motor Learning and Development*, in review. (zał. 4.3g)

Wkład: opracowanie koncepcji oraz modelu badań; rekrutacja i kwalifikacja uczestników; współpraca przy przeprowadzeniu badań oraz opracowaniu danych; przygotowanie oryginalnej wersji manuskryptu; nadzór nad projektem; odpowiedzi na recenzje; pozyskanie finansowania oraz rejestracja badania.

4.3.2. Omówienie tematyki i wyników prac tworzących cykl

Moje zainteresowania naukowe, znajdujące swój wyraz w publikacjach, koncentrują się na poszukiwaniu obiektywnych i klinicznie użytecznych technik diagnostycznych umożliwiających ocenę procesu rozwoju ruchowego człowieka oraz monitorowanie efektów terapii. Wskazywany w tym miejscu cykl publikacji obejmuje dwa obszary, na których problem oceny wiarygodności technik pomiarowych służących analizie zachowań motorycznych człowieka pojawia się w nieco odmiennych odsłonach.

W obszarze pierwszym pojawiają się parametry opisujące strukturę i/lub aktywność mięśni kontrolujących tzw. rejon centralny ciała (głębsze warstwy mięśni powłok brzusznych (publikacje a, b);

mięśnie pośladkowe (publikacja c)) oraz związane z długością/skróceniem wybranych mięśni obwodowych (piersiowych i zginaczy stawu biodrowego (publikacja d); zginaczy i prostowników stawu kolanowego (publikacja e)). W drugim obszarze występują natomiast techniki pomiarowe bardziej związane neurofizjologią ruchu, w tym wypadku – z oceną propriocepcji (publikacje f, g). Każdy z tych dwóch obszarów jest traktowany jako integralny komponent tego samego problemu badawczego, co usprawiedliwia ich łączne ujęcie w ramach jednego cyklu publikacyjnego.

W dwóch publikacjach związanych z obszarem pierwszym (publikacje a i b) badania prowadzono w populacji typowo rozwijających się dzieci. Można traktować je jako swego rodzaju załączek moich zainteresowań rozwiniętych w pełni nieco później, gdyż przedstawione w nich analizy dotyczące zmian parametrów morfologicznych mięśni bocznej części powłok brzusznych w odpowiedzi na neurorozwojową technikę trakcji oparte zostały na danych uzyskanych z użyciem metod pomiarowych zweryfikowanych przeze mnie pod kątem wiarygodności. Rezultaty oceny owej wiarygodności referowane są w obydwu pracach. W pomiarach, w nowatorski i specyficzny sposób wykorzystywana była nieinwazyjna technologia ultrasonograficzna. Rejestrowane obrazy poddawano wystandaryzowanym korektom, po czym wykonywano trzykrotny pomiar grubości mięśni skośnych zewnętrznych, skośnych wewnętrznych oraz poprzecznego brzucha. Co bardzo istotne wiarygodność analizowano nie tylko dla pomiarów prowadzonych w warunkach spoczynkowych, tj. przed wykonaniem trakcji, ale również po jej zastosowaniu. Był to, poza wykonywaniem pomiarów w nietypowej, siedzącej pozycji ciała, ważny element decydujący o oryginalności badań. Uzyskiwane wyniki charakteryzowały się wiarygodnością z przedziału od dobrej do doskonałej, co stwierdzono obliczając współczynniki korelacji wewnątrzklasowej (ang. *Intraclass Correlation Coefficient*, ICC). Współczynnik ten w najgorszym przypadku, tj. dla mięśnia poprzecznego brzucha, przyjmował wartość 0,82 (wiarygodność dobra), a dla mięśni skośnych wewnętrznych i zewnętrznych – odpowiednio 0,93 i 0,95 (wiarygodność doskonała). Korzystny wpływ na poziom wiarygodności pomiaru wywierało uśrednianie wyników pomiarów powtarzanych. Już dwa powtórzenia dawały zadawalające efekty, natomiast powtórzenie trzecie z reguły powodowało podniesienie wartości ICC do poziomu >0,80. Największe trudności w ocenie sprawił, co uwidacznia się już powyżej, mięsień poprzeczny brzucha. W jego przypadku do wiarygodnej oceny grubości zawsze niezbędne okazywały się trzy powtarzane pomiary.

Istotna wartość aplikacyjna tych prac polega na dostarczeniu badaczom eksplorującym zbliżoną tematykę użytecznego narzędzia wzbogacającego ich warsztat naukowy. Pozwalają one również na uzyskanie dogodnego punktu odniesienia, gdyż wiarygodność parametrów poddawanych w nich pomiarom została zaprezentowana nie tylko z użyciem ICC, ale również miar o charakterze bezwzględnym (tj. posiadających konkretną jednostkę (w tym przypadku milimetry)) – standardowych błędów pomiaru oraz najmniejszych wykrywalnych różnic. Można również zaznaczyć, jednakże już poza perspektywą prezentowanego cyklu publikacyjnego, iż w przytaczanych pracach dostarczono danych wskazujących, że największą różnorodność zmian morfologicznych przed i po wykonaniu

trakcji (publikacja a) oraz najwyższy poziom asymetrii pomiędzy stronami ciała (publikacja b) wykazywał mięsień poprzeczny brzucha. Odpowiedzi pozostałych mięśni bocznej ściany powłok brzusznych pozostawały bardziej jednolite. Wszystkie te obserwacje mają istotne implikacje diagnostyczne. Po pierwsze – wskazują jak wykonywać pomiary, by mogły one służyć wyciąganiu wiarygodnych wniosków (jest to implikacja najważniejsza z perspektywy cyklu); po drugie – chronią przed nadinterpretacjami polegającymi na traktowaniu wszelkich asymetrii, także i tych w obrębie mięśni brzucha, jako marker patologii, oraz wspierają racjonalne wykorzystanie ultrasonografii w ocenie funkcjonalnej układu ruchu.

Kolejna z publikacji poświęconych mięśniom centralnego rejonu ciała (publikacja c) miała odmienny charakter w porównaniu z wcześniejszymi pracami wykorzystującymi technikę ultrasonograficzną i koncentrowała się na manualnym testowaniu mięśni pośladkowych u dzieci w wieku przedszkolnym. Była ona już w całości poświęcona tematowi wiarygodności pomiaru i nie weryfikowała żadnych innych hipotez niezwiązanych z prezentowanym cyklem publikacji. Cel badania stanowiło wprowadzenie takich modyfikacji standardowego testu siły mięśni pośladkowych, które zapewnią uzyskiwanie wiarygodnych wyników u dzieci w różnych kategoriach wiekowych oraz przy wykonywaniu ich przez wielu terapeutów. Warto wskazać trudności metodyczne związane z wdrażaniem tych testów w wieku przedszkolnym wiążą się m.in. z poziomem współpracy dziecka, rozumieniem instrukcji oraz zdolnością do selektywnej aktywacji ocenianych grup mięśniowych. Zastosowane modyfikacje dotyczyły zatem wprowadzenia odpowiednich instrukcji słownych oraz przyjaznych dziecku pomocy ułatwiających zrozumienie procedur (kolorowe tabliczki, wskaźniki, przestrzenne punkty odniesienia). Z uwagi na charakter testów, wiarygodność procedury oceniano w tym przypadku poprzez analizę zgodności ocen niezależnych badaczy z wykorzystaniem współczynnika Kappa Cohena, który wskazał na poziom zgodności od umiarkowanego (0,54) do doskonałego (1,0). Wyniki te potwierdziły zatem możliwość pozyskiwania wiarygodnych danych z użyciem zmodyfikowanych procedur poddanych analizie. Obserwacje przeprowadzone w dwóch grupach wiekowych (3-5 lat oraz 5-7 roku życia) wykazały ponadto istnienie ich zróżnicowanych wariantów, od strategii charakteryzujących się dominacją ruchów globalnych i zaangażowaniem większej liczby grup mięśniowych u młodszych dzieci, do bardziej selektywnej aktywacji mięśni pośladkowych obserwowanej u dzieci starszych.

Dalsze publikacje dotyczące pierwszego obszaru w cyklu poświęcone zostały ocenie wiarygodności testów długości wybranych mięśni obwodowych. Logicznie uzupełniają one wcześniej przywoływane badania dotyczące mięśni związanych z centralnym rejonem ciała, rozszerzając analizę o mięśnie położone bardziej peryferyjnie, których skrócenia istotnie wpływają na kontrolę postawy i wzorce ruchowe.

W publikacji *Pectoral and hip flexors muscle length tests as elements of developmental age postural examination standardized for the purpose of interdisciplinary utilization* (publikacja d) wykorzystano zmodyfikowane, kliniczne testy długości mięśni piersiowych oraz zginaczy stawu biodrowego, oparte

na pomiarach kątowych z zastosowaniem cyfrowych inklinometrów. Modyfikacje testów obejmowały precyzyjną standaryzację pozycji wyjściowych, kontrolę ustawienia miednicy i tułowia, oraz zastosowanie jednoznacznych instrukcji werbalnych. Pomiary przeprowadzane były wielokrotnie (3 powtórzenia) przez dwóch badaczy w trzech sesjach na przestrzeni jednego tygodnia. Należy podkreślić tutaj wartość tak szeroko rozbudowanego projektu metodologicznego, pozwalającego na równoczesną ocenę wielu aspektów wiarygodności. Uzyskane wyniki wskazały na wiarygodność od dobrej do doskonałej. Najniższą wartość ICC (0,81) zarejestrowano dla pojedynczego badacza i jednego powtórzenia pomiaru w teście mięśni zginaczy stawu biodrowego przy czasowym odstępie pomiędzy sesjami pomiarowymi wynoszącym 5 dni. Zwiększenie liczby powtarzanych pomiarów do trzech zawsze podnosiło uzyskiwaną wartość ICC do $>0,90$ (wiarygodność doskonała). Wyższe wartości ICC pojawiały się też przy mniejszym odstępie czasowym pomiędzy sesjami (3 dni). W takich okolicznościach istotnemu zmniejszeniu ulegały wartości standardowych błędów pomiarowych oraz najmniejszych wykrywalnych różnic. Co ciekawe, pomiary prowadzone u tej samej osoby przez dwóch podobnie wytrenowanych badaczy nie cechowały się niższą wiarygodnością. Odpowiedni trening wyeliminował zatem błędy pomiarowe typowo powstające w takich okolicznościach.

W publikacji *Investigating the reliability of the knee joint flexors and extensors muscles length tests modified to meet the requirements of scientific research* (publikacja e) oceniano u dzieci i młodzieży wiarygodność zmodyfikowanych testów długości mięśni zginaczy oraz prostowników stawu kolanowego. Badania oparto o ten sam układ metodologiczny, co w przypadku opisanym powyżej. Istotnym elementem modyfikacji obydwu testów było zastosowanie dynamometru w celu standaryzacji wielkości siły rozciągającej docelowe mięśnie. Uzyskiwana wartość ICC w najgorszym przypadku wyniosła 0,79 (zginacze stawu biodrowego, 1 powtórzenie testu, dwaj niezależni badacze i 5 dni odstępu pomiędzy sesjami pomiarowymi). Była to, biorąc pod uwagę wszystkie te negatywne wpływy, i tak wiarygodność z górnego krańca przedziału określanego zwykle jako dobry. Po zastosowaniu trzech powtarzanych pomiarów w zdecydowanej większości analiz ICC przekroczyły poziom 0,90. Równolegle obserwowano systematyczne zmniejszenie standardowych błędów pomiaru oraz najmniejszych wykrywalnych różnic.

Z punktu widzenia wartości aplikacyjnej obydwie przedstawione powyżej publikacje wykazały, że proste, niedrogie narzędzia pomiarowe, takie jak cyfrowe inklinometry, dynamometry ręczne, mogą stanowić wiarygodną alternatywę dla zaawansowanych technologii, pod warunkiem zastosowania ściśle wystandaryzowanych procedur wymagających odpowiedniego pozycjonowania, stabilizacji ciała, kontroli wielkości aplikowanych sił, jasnych instrukcji, jak również treningu osób wykonujących pomiary.

Drugi obszar tematyczny wyróżniony w moim cyklu publikacyjnym nieodmiennie wiąże się z oceną wiarygodności przydatnych terapeutycznie pomiarów, jednak obejmuje dwie publikacje traktujące o niej w związku z badaniem parametrów opisujących propriocepcję. Docelową populację stanowiły w tych pracach dzieci z rozwojowym zaburzeniem koordynacji (ang. *Developmental Coordination*

Disorder, DCD). Celem badań było dostarczenie wiarygodnych narzędzi do obiektywnej oceny propriocepcji, która stanowi jeden z fundamentalnych komponentów kontroli ruchu, a jej ilościowa ocena u dzieci – szczególnie z DCD – pozostaje wyzwaniem metodologicznym i interpretacyjnym.

Pierwsza z publikacji zaliczonych do tej grupy, *Reliability of joint position sense and force sense measurements in children with developmental coordination disorder* (publikacja f), miała na celu ocenę wiarygodności adaptowanych protokołów oceny tzw. absolutnych błędów czucia pozycji stawu oraz czucia oporu, dostosowanych do możliwości poznawczych i motorycznych dzieci z rozpoznanym DCD. W badaniach wykazano wysoką wiarygodność zarówno dla jednego, jak i wielu badaczy, co potwierdzono wartościami współczynników ICC przekraczającymi zawsze 0,86. Co ciekawe, tak korzystne wyniki uzyskiwano nawet przy zastosowaniu pojedynczych powtórzeń pomiaru błędu absolutnego czucia pozycji/oporu przebiegającego według zaproponowanego protokołu, co świadczy o jego wysokiej wartości naukowej i klinicznej. Uśrednianie wyników trzech powtarzanych pomiarów prowadziło do dalszego zwiększenia i tak już wysokiego poziomu wiarygodności. W tym wypadku wszystkie pomiary wykonywano w trakcie pojedynczej sesji.

Druga publikacja, *Measures of resistance sense and joint position sense variability are not reliable in children with developmental coordination disorder* (publikacja g), stanowiąca logiczną kontynuację poprzedniej, przedstawia natomiast krytyczną weryfikację wiarygodności parametrów opisujących propriocepcję opartych na zmienności wyników uzyskiwanych w kolejnych powtórzeniach tego samego testu (błąd zmienny (ang. *variable error*) oraz wskaźnik zmienności (ang. *coefficient of variation*)). Uzyskiwane dla takich miar ICC jedynie w nielicznych przypadkach wskazywały na możliwość ich wiarygodnego wykorzystywania w nauce bądź klinice (np. błąd zmienny czucia pozycji stawu biodrowego w płaszczyźnie strzałkowej (ruch zginania) – ICC >0,90). Najczęściej jednak przyjmowały one bardzo niskie wartości, nie wyłączając wartości ujemnych (rzadki przypadek wskazujący, ujmując rzecz prosto, na całkowity brak wiarygodności).

Łącznie, dwie ostatnie publikacje dostarczają spójnych i praktycznych rekomendacji dotyczących doboru wskaźników możliwych do wykorzystania w ocenie propriocepcji w wieku rozwojowym. Pokazują one, że wskaźniki oparte o wartości bezwzględne mierzonych parametrów wykazują doskonałą wiarygodność, przez co mogą być polecane naukowcom i klinicystom zajmującym się populacją z DCD, natomiast tych opartych o miary zmienności (błąd zmienny, współczynnik zmienności) należy unikać.

4.3.3. Znaczenie praktyczne oraz naukowe cyklu publikacji

Przedstawiony cykl publikacji stanowi istotny wkład w rozwój diagnostyki funkcjonalnej w wieku rozwojowym. Dostarcza on bowiem empirycznych danych wskazujących sposoby wykonywania niektórych przydatnych klinicznie/naukowo pomiarów, które pozwalają na uzyskanie zadawalającego poziomu wiarygodności. Ma to kluczowe znaczenie dla poprawności wnioskowania naukowego, gdyż nawet trafnie sformułowane hipotezy mogą prowadzić do niejednoznacznych lub błędnych wniosków,

jeśli są weryfikowane z wykorzystaniem narzędzi o niskiej wiarygodności. Zaproponowane techniki pomiarowe mogą zatem z powodzeniem posłużyć jako narzędzia w badaniach eksperymentalnych prowadzonych w dziedzinie w fizjoterapii pediatrycznej przez innych autorów. Wartość użyteczna publikacji wskazanych w cyklu może być w tym świetle uznana za wysoką.

5. Aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej uczelni

5.1. Współpraca z instytucjami naukowymi

5.1.1. Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu (Katedra i Klinika Ortopedii Szczękowej i Ortodoncji)

W okresie styczeń 2011 – grudzień 2012 kierowałam projektem naukowo-badawczym *Wady postawy ciała i kompensacja napięcia posturalnego a nabyte wady zgryzu u dzieci i młodzieży* (zał. 5.1a). Celem projektu było określenie zależności pomiędzy jakością postawy ciała a nasileniem oraz rodzajem wad zgryzu u dzieci i młodzieży, ze szczególnym uwzględnieniem funkcjonalnych powiązań układu stomatognatycznego z globalnymi wzorcami posturalnymi.

Badania zostały przeprowadzone w modelu nierandomizowanego badania przekrojowego, obejmującego 336 dzieci. Grupa badana została zrekrutowana zarówno w poradniach ortodontycznych (238 dzieci ze zdiagnozowaną wadą zgryzu), jak i w środowisku szkolnym (98 dzieci, w tym dzieci bez wad zgryzu). Diagnostykę ortodontyczną przeprowadziła dr n. med. Agata Tuczyńska z Katedry i Kliniki Ortopedii Szczękowej i Ortodoncji w 111. Szpitalu Wojskowym w Poznaniu, natomiast ocenę cech posturalnych całej badanej grupy wykonałam osobiście w tej samej placówce.

W efekcie przeprowadzonych badań wykazano istnienie istotnych zależności pomiędzy nasileniem wad zgryzu a wybranymi parametrami posturalnymi, obejmującymi nieprawidłowe ustawienie barków i łopatek, obniżone napięcie mięśni brzucha, zmiany parametrów funkcjonalnych struktur przyległych do stawów skroniowo-żuchwowych oraz funkcjonalne skrócenia niektórych mięśni. Wnioski aplikacyjne wskazują z jednej strony na potrzebę poszerzenia standardowej oceny postawy ciała o elementy diagnostyki układu stomatognatycznego, a z drugiej – na uwzględnianie jakości postawy w procesie diagnostycznym wad zgryzu. W kwestii postępowania leczniczego uwzględnić należy natomiast wprowadzanie ćwiczeń poprawiających postawę ciała u dzieci leczonych z powodu wad zgryzu.

Omawiany projekt miał na gruncie krajowym wybitnie pionierski charakter. Stanowił on jedno z pierwszych polskich badań integrujących perspektywę fizjoterapeutyczną i ortodontyczną w analizie etiologii nabytych wad zgryzu i otwierając nowy kierunek myślenia o ich funkcjonalnym podłożu oraz możliwościach wczesnej interwencji terapeutycznej. W dzisiejszych czasach związku pomiędzy jakością zgryzu a postawą ciała dzieci stanowią już elementy powszechnej wiedzy terapeutycznej i na trwałe zagościły w świadomości specjalistów reprezentujących różne profesje. Nie należy sądzić, że było tak już w roku 2012. Przedstawiony tutaj projekt niewątpliwie był przyczynkiem do zainicjowania zmian, których liczne skutki obserwowane są dzisiaj, a postęp nie ulega wyhamowaniu. Efektem współpracy naukowo-badawczej były ponadto następujące publikacje:

- **Gogola, A.,** Saulicz, E., Matyja, M., Linek, P., Myśliwiec, A., Tuczynska, A., Molicka, D. (2014). Assessment of connection between the bite plane and body posture in children and teenagers. *Developmental Period Medicine*, 18(4), 453–458. (zał. 5.1b)
- **Gogola, A.,** Saulicz, E., Matyja, M., Myśliwiec, A., Tuczynska, A., Kuszewski, M., Gutowska, A. (2015). Analysis of the relationship between the quality of body posture and occlusion in children and adolescents. *Fizjoterapia Polska*, 15(2), 52–58. (zał. 5.1c)

5.1.2 Akademia Kultury Fizycznej im. Bronisława Czecha w Krakowie, Instytut Nauk o Sporcie

W okresie od stycznia 2024 do września 2024 brałam udział w projekcie naukowo-badawczym *Wielkość zewnętrznych sił powodujących upadek u osób korzystających z prototypu egzoskieletu DreamMotion w statycznych pozycjach ciała*. Projekt stanowił bezpośrednią kontynuację i rozwinięcie zadań realizowanych przeze mnie w ramach pełnienia funkcji kierownika B+R w grantach: *DreamMotion: opracowanie nowatorskich, mechatronicznych technologii w celu rehabilitacji osób z ciężkimi dysfunkcjami układu nerwowego* (POIR.01.01.01-00-0028/17, patrz też podrozdział 4.1.1.1.) oraz *Innowacyjna technologia prowadzenia zdalnej rehabilitacji ruchowej zapewniająca bezpieczeństwo personelowi medycznemu i użytkownikom* (POIR.01.01.01-00-2422/20, patrz też podrozdział 4.1.1.2.) (zał. 5.1d).

Celem przeprowadzonych badań było określenie wielkości sił zewnętrznych mogących prowadzić do utraty równowagi i upadku osób korzystających z prototypu P2 polskiego egzoskieletu DreamMotion w statycznej pozycji ciała. Projekt miał charakter pilotażowy i stanowił element procesu testowania możliwości funkcjonalnych oraz bezpieczeństwa opracowanego urządzenia. Część pomiarowa została przeprowadzona na grupie ochotników w Laboratorium Analizy Ruchu Akademii Wychowania Fizycznego w Katowicach, natomiast część analityczna – w Akademii Kultury Fizycznej im. Bronisława Czecha w Krakowie. Ocenie poddawano wartości sił wywołujących utratę równowagi osoby wykorzystującej egzoskielet w kilku statycznych pozycjach ciała, przy zastosowaniu różnych kierunków oddziaływania (przedni, tylny, boczny w stronę kończyny podporowej, boczny w stronę kończyny wykonującej wyrok). Uzyskane wyniki wskazały, że siły niezbędne do wywołania kontrolowanego upadku przez osobę korzystającą z egzoskieletu są relatywnie niskie, szczególnie wtedy, gdy wektor siły kieruje się ku tyłowi. Wyniki te wyznaczyły kierunek dalszego rozwoju opracowywanej technologii, wskazując na konieczność modyfikacji konstrukcji egzoskieletu w celu zwiększenia bezpieczeństwa użytkownika. Wykazują one zbieżność z innymi źródłami, które również wskazują na konieczność wprowadzania różnych strategii zapobiegania upadkowi użytkownika wraz z egzoskieletem, zarówno mechanicznych, w postaci np. dodatkowych wsporników zwiększających płaszczyznę podparcia, jak i zaawansowanych technologii cyfrowych, np. sztuczne sieci neuronowe.

Efektom współpracy naukowo-badawczej z Akademią Kultury Fizycznej im. Bronisława Czecha w Krakowie była publikacja:

- Woźniak, P., Gnat, R., **Gogola, A.**, Fedejko-Kaflowska, K., Rydzik, L., & Ambroży, T. (2025). The magnitude of external fall-inducing forces in subjects using the DreamMotion exoskeleton prototype in static body positions - a pilot study. *Acta of bioengineering and biomechanics*, 10.37190/abb-204782. Advance online publication. <https://doi.org/10.37190/abb-204782> (zał. 5.1e).

Ponadto, wyniki badań zostały zaprezentowane podczas międzynarodowych wydarzeń naukowych:

- International Scientific Conference: Family-Health-Disease, Zlín (Czechy), 10-12.10.2024 – Woźniak P., Gnat R., **Gogola A.**: The magnitude of external fall-inducing forces in subjects using the DreamMotion exoskeleton prototype in static body position (zał. 5.1f).
- Międzynarodowe Spotkanie Naukowo-Szkoleniowe: Robotyka i nowoczesne formy kształcenia w zawodach medycznych, Kraków, 03.09.2025 – **Gogola A.**, Woźniak P., Dyląg M. Gnat R.: Identyfikacja luk technologicznych jako podstawa projektowania nowoczesnych systemów do rehabilitacji robotycznej (zał. 5.1g).
- Międzynarodowe Spotkanie Naukowo-Szkoleniowe: Robotyka i nowoczesne formy kształcenia w zawodach medycznych, Kraków, 03.09.2025 – **Gogola A.**, Woźniak P., Dyląg M. Gnat R.: Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych a dobór zaopatrzenia ortopedycznego (zał. 5.1h).

5.1.3. Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Centrum Innowacji i Symulacyjnej Edukacji

W dniach 26-27 czerwca 2025 r. odbyłam wizytę studyjną realizowaną na podstawie umowy o współpracy pomiędzy Akademią Wychowania Fizycznego w Katowicach a Śląskim Uniwersytetem Medycznym w Katowicach. Podczas spotkania zaprezentowałam efekty prowadzonych przeze mnie projektów badawczo-rozwojowych finansowanych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz Polską Agencję Rozwoju Przedsiębiorczości, ze szczególnym uwzględnieniem rozwoju technologii asystujących, w tym egzozskieletu DreamMotion, a także nowoczesnych form interwencji rehabilitacyjnych, obejmujących systemy do ćwiczeń w odciążeniu. Przedmiotem dyskusji były również rozwiązania wspierające adaptację środowiska domowego osób z niepełnosprawnością. Przedstawiciele Śląskiego Uniwersytetu Medycznego zaprezentowali z kolei wykorzystujące sztuczną inteligencję rozwiązania technologiczne stosowane w dydaktyce i badaniach naukowych. W trakcie spotkania zostały ustalone kierunki dalszej współpracy naukowo-badawczej i dydaktycznej pomiędzy instytucjami oraz zaplanowane cykliczne spotkania robocze. Ustalony został również plan mojego stażu naukowego stanowiącego kontynuację wymiany doświadczeń pomiędzy zespołami badawczymi (zał. 5.1i).

W okresie od 25 listopada do 5 grudnia 2025 r. odbyłam staż naukowy, którego celem było opracowanie koncepcji oraz realizacja badań pilotażowych w zainicjowanym projekcie *Stabilność posturalna a wady wzroku generowane z wykorzystaniem technologii wirtualnej rzeczywistości*. Działania badawcze prowadzone były w Centrum Innowacji i Symulacyjnej Edukacji Medycznej Śląskiego Uniwersytetu Medycznego. Obejmowały one udział w warsztatach dotyczących badań

stabilometrycznych z zastosowaniem technologii symulujących wady wzroku oraz realizację badań pilotażowych z udziałem studentów Uczelni. W pomiarach uczestniczyło 15 ochotników bez zdiagnozowanych wad wzroku, u których w warunkach laboratoryjnych oceniano wpływ różnych typów symulowanych zaburzeń widzenia na stabilność posturalną.

Moje zadania w trakcie stażu obejmowały ocenę wiarygodności wykorzystywanych narzędzi pomiarowych, opracowanie metodologii planowanego badania właściwego, analiza aktualnego piśmiennictwa, przygotowanie dokumentacji do Komisji Bioetycznej oraz wstępna selekcja czasopism naukowych do planowanych publikacji (zał. 5.1j).

5.1.4. Akademia Wychowania Fizycznego im. Józefa Piłsudskiego w Warszawie

W okresie od maja do października 2025 r. podejmowałam współpracę naukowo-badawczą z Akademią Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie ramach ogólnopolskiego projektu *WF z AWF – Aktywny dzisiaj dla zdrowia w przyszłości*, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW/2025/DAP/103; wartość finansowania: 32 938 300 PLN) (zał. 5.1k).

Celem projektu jest przeprowadzenie populacyjnych badań ukierunkowanych na ocenę jakości postawy ciała dzieci w wieku przedszkolnym oraz poziomu aktywności fizycznej rodzin. Działania te służą określeniu aktualnego stanu kondycji fizycznej badanej populacji, a w perspektywie mają opracowanie i wdrożenie przez Ministerstwo systemowych rozwiązań prozdrowotnych.

Projekt realizowany jest etapowo z udziałem zespołów naukowych reprezentujących wszystkie Akademie Wychowania Fizycznego w Polsce. W jego ramach pełnię funkcję koordynatora zespołu badawczego na terenie województwa śląskiego. Celem etapu 1 (2025) było przeprowadzenie badań populacyjnych dzieci w wieku przedszkolnym ukierunkowanych na ocenę postawy ciała, poziomu aktywności fizycznej oraz wybranych parametrów fizjologicznych i biometrycznych. Moim zadaniem w ramach etapu 1 było przeprowadzenie analizy wyników oraz opracowanie raportu z badań wykonanych na terenie województwa śląskiego (zał. 5.1l). Ten cząstkowy raport został następnie włączony do raportu ogólnopolskiego przez koordynatora projektu dr hab. Agnieszkę Stępień i przekazany do Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Dokonałam również przeglądu aktualnego piśmiennictwa w celu przygotowania publikacji naukowych prezentujących wyniki projektu. Dotychczas możliwości ich upublicznienia pojawiły się w ramach następujących konferencji naukowych:

- 7. Kongres Zdrowie Polaków 2025, Kajetany, 24-26.11.2025 – Chwalczyńska A., Wiernicka M., **Gogola A.**, Stępień A., Lulińska E., Gargas G., Kędra A., Matyja M., Dołecińska D., Ewertowska P., Gawrylczyk J., Kępińska M., Kłosek M., Kopytiuk R., Wójtowicz D.: Czynniki warunkujące postawę ciała przedszkolaków (zał. 5.1l).
- 17. Konferencja PTF: Perspektywy rozwoju fizjoterapii, Warszawa, 28-29.11.2025 – Chwalczyńska A., Wiernicka M., **Gogola A.**, Stępień A., Lulińska E., Gargas G., Kędra A.,

Matyja M., Dolecińska D., Ewertowska P., Gawrylczyk J., Kępińska M., Kłosek M., Kopytiuk R., Wójtowicz D.: Ponadnormatywna masa ciała – objaw czy przyczyna (zał. 5.1m).

- 17. Konferencja PTF: Perspektywy rozwoju fizjoterapii, Warszawa, 28-29.11.2025 – Wiernicka M., Chwalczyńska A., **Gogola A.**, Stępień A., Lulińska E., Gargas G., Kędra A., Matyja M., Dolecińska D., Ewertowska P., Gawrylczyk J., Kępińska M., Kłosek M., Kopytiuk R., Wójtowicz D.: Ocena wybranych parametrów postawy ciała dzieci w wieku 4-6 lat (zał. 5.1m).

5.1.5. Faculty of Natural Sciences and Healthcare, Daugavpils University, Lotwa

Od wiosny roku 2025 do chwili obecnej uczestniczę w realizacji projektu naukowo-badawczego *The influence of intensified sensory stimulation on upper extremity sensory parameters and motor function in children with Developmental Coordination Disorder* prowadzonego na podstawie porozumienia o współpracy pomiędzy Akademią Wychowania Fizycznego w Katowicach a Daugavpils University, Łotwa (zał. 5.1n). W projekcie tym pełnię funkcję kierownika oraz koordynatora polskiego zespołu badawczego (zał. 5.1o). Celem projektu jest ocena wpływu intensywnej stymulacji sensorycznej na funkcję kończyn górnych u dzieci z rozwojowym zaburzeniem koordynacji (ang. *Developmental Coordination Disorder* – DCD). Efekty dotychczasowej współpracy naukowcami z Daugavpils University obejmują:

- opracowanie koncepcji badania i modelu metodologicznego;
- określenie kryteriów kwalifikacji uczestników;
- uzyskanie zgody Komisji Etyki Badań Fizjoterapeutów (zał. 5.1p);
- rejestracja badania klinicznego (<https://clinicaltrials.gov/study/NCT06959329>);
- opracowanie protokołów oraz realizację badań pilotażowych w międzynarodowym zespole w ośrodkach rehabilitacyjnych w Daugavpils przez koordynatora łotewskiego dr Annę Rubikę;
- ocenę wiarygodności narzędzi pomiarowych stosowanych do oceny czucia pozycji stawu i czucia oporu, oraz publikację tych wyników:

– **Gogola, A.**, Woźniak, P., Piscova, Z., Rubika, A., Lukjańenko, L., Kaminska, I., Gnat, R. (2026). Reliability of joint position sense and force sense measurements in children with Developmental Coordination Disorder. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 11(1), 35 (zał. 5.1r)).

– **Gogola A.**, Woźniak P, Piscova Z, Rubika A, Lukjańenko L, Kaminska I, Gnat R. Measures of resistance sense and joint position sense variability are not reliable in children with developmental coordination disorder. *Journal of Motor Learning and Development*, in review (zał. 5.1.s).

Obecnie realizowany jest kolejny, kluczowy etap projektu, obejmujący przeprowadzenie randomizowanego, kontrolowanego eksperymentu mającego na celu określenie skuteczności zintensyfikowanej stymulacji sensorycznej w poprawie funkcji motorycznych kończyn górnych oraz parametrów związanych z propriocepcją. Badanie to posiada potencjał wprowadzenia zmian w aktualnie

panujących poglądach na pochodzenie zaburzeń ruchowych u osób z DCD oraz na paradygmaty wdrażanych działań leczniczych i zapobiegawczych. Należy zaznaczyć, iż projekt o charakterze kontrolowanego eksperymentu ma szanse dostarczyć dowody naukowe o najwyższej jakości.

5.2. Udział w stażach naukowych, mobilność oraz wizyty naukowe

5.2.1. Staże naukowe oraz mobilność

- Staż kliniczno-naukowy w Klinice Ortopedycznej dla Dzieci (Kinderklinik Behandlungszentrum 'Kind im Zentrum' Chiemgau) w Aschau im Chiemgau, Niemcy. Kierownik: dr Florian Paulitsch. Czas trwania: 25.04.2022 – 08.05.2022 kontynuowany do chwili obecnej w formie 2-3 dniowych spotkań kliniczno-naukowych odbywających się 3-4 razy w roku (zał. 5.2a).
- Staż naukowy w Śląskim Uniwersytecie Medycznym w Katowicach (Centrum Innowacji i Symulacyjnej Edukacji). Kierownik: dr hab. Anna Brzęk, prof. SUM. Czas trwania: 25.11.2025 – 05.12.2025, kontynuowany w ramach wspólnego projektu naukowo-badawczego (zał. 5.2b).
- Erasmus+ Staff Mobility – Teaching Assignments. Daugavpils University, Daugavpils, Łotwa. Czas trwania: 03.02.2025 – 07.02.2025 (zał. 5.2c).
- Erasmus+ Staff Mobility – Teaching Assignments. Daugavpils University, Daugavpils, Łotwa. Czas trwania: 03.11.2025 – 07.11.2025 (zał. 5.2d).

5.2.2. Wizyty naukowe

- Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach. Czas trwania: 26-27.06.25 (zał. 5.2e).

5.3. Udział w projektach badawczo-rozwojowych

Udział w projektach badawczo-rozwojowych został szczegółowo omówiony w podrozdziale 4.1 oraz zestawiony w Tabelach 1 i 2. Ponadto pełniłam funkcję kierownika trzech projektów finansowanych w ramach badań statutowych Akademii Wychowania Fizycznego w Katowicach:

- Ocena stabilności ciała u dzieci z różnymi strategiami kompensacji obniżonego napięcia posturalnego (2014 – 2017)
- Obiektywizacja fizjoterapeutycznych technik diagnostycznych stosowanych w ocenie skuteczności metod usprawniania dzieci z dysfunkcjami rozwojowymi układu nerwowego i mięśniowo-szkieletowego (2015 – 2018)
- Opracowanie narzędzi klinicznych oraz laboratoryjnych w celu oceny napięcia posturalnego u niemowląt (2017 – 2020)

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę

6.1. Osiągnięcia dydaktyczne

6.1.1. Projekty badawcze wykonane w współpracy ze studentami

- **Gogola, A.,** Gnat, R., Dziub, D., Gwóźdź, M., & Zaborowska, M. (2016). The impact of the neurodevelopmental traction technique on activation of lateral abdominal muscles in children aged 11-13 years. *NeuroRehabilitation*, 39(2), 183–190.
- **Gogola, A.,** Gnat, R., Zaborowska, M., Dziub, D., & Gwóźdź, M. (2018). Asymmetry of activation of lateral abdominal muscles during the neurodevelopmental traction technique. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 22(1), 46–51.
- **Gogola, A.,** Matyja, M., Żoczek, K., & Wodzis, P. (2017). Analyze of relation between passive stiffness of pelvic girdle muscles and foot architecture in preschool children. *Physiotherapy and Health Activity*, 25, 32–37.
- Rutka, M., Myśliwiec, A., Wolny, T., **Gogola, A.,** Linek, P. (2021). Influence of Chest and Diaphragm Manual Therapy on the Spirometry Parameters in Patients with Cerebral Palsy: A Pilot Study. *BioMed Research International*, 2021, 6263973.
- **Gogola, A.,** Matyja, M., Gnat, R., Masłowska, A., Kobylarczyk, B. (2023). Specificity of manual testing of the gluteal muscle strength in preschool children: a single-center cross-sectional study. *Physiotherapy Review*, 27(4), 65-75.

6.1.2. Udział w konferencjach studenckich kół naukowych

- Opiekun 1 pracy na International Medical Student's Conference, Kraków, 19.04.2018.
 - Aleksandra Masłowska, Beata Kobylarczyk – Wiarygodność i trafność zmodyfikowanego testu oceniającego siłę mięśni pośladkowych u dzieci w wieku od 3 do 7 lat.
- Opiekun 3 prac na Ogólnopolskiej Konferencji Studenckich Kół Naukowych: Zagadnienia kultury fizycznej, fizjoterapii i zdrowia w badaniach młodych naukowców. Warszawa, 08.06.2018.
 - Agnieszka Polaczek – Systematyczny przegląd literatury w zakresie badań w temacie rozwoju dostosowań posturalnych u niemowląt i małych dzieci – I Nagroda.
 - Martyna Swatowska – Systematyczny przegląd literatury w zakresie badań w temacie rozwoju motorycznego niemowląt i małych dzieci – Wyróżnienie.
 - Sławomir Morel – Ocena kontroli głowy u dziecka z czterokończynowym mózgowym porażeniem po aplikacji taśm kinesiotaping na mięsień prostownik grzbietu.

6.1.3. Aktywność promotorska oraz recenzencka

- Promotor prac magisterskich – 59 prac obronionych w latach od 2012-2025,
- Promotor pomocniczy rozprawy doktorskiej mgr Ewy Bartelmus: Transformacja emocjonalna u kobiet po porodzie fizjologicznym (obrona 24 marca 2022),
- 38 recenzji prac magisterskich,
- 5 recenzji artykułów w czasopismach (Journal of Bodywork and Movement Therapies, Advances in Neurodevelopmental Disorders, Early Human Development, Journal of Developmental and Physical Disabilities, Disability and Rehabilitation),
- Recenzja i redakcja naukowa monografii: Pountney, T. E., Abu-Zaitoun, A. (2011). Podejście Chailey do postępowania posturalnego: Wyjaśnienie teoretycznych aspektów postępowania posturalnego i ich praktycznego zastosowania poprzez terapię i sprzęt (red. Matyja, M., Gogola, A.). ReHouse – Gilewski, Boryczka, Makarevskaya.

6.2. Osiągnięcia organizacyjne

6.2.1. Developmental Neuro-Motor Stimulation Institute International – rozwój i upowszechnianie autorskiego podejścia diagnostyczno-terapeutycznego w fizjoterapii pediatrycznej

Moja wieloletnia praktyka kliniczna w obszarze fizjoterapii pediatrycznej ujawniła istotne luki systemowe wynikające z braku spójnych i ujednoliconych podejść diagnostyczno-terapeutycznych obejmujących całe spektrum rozwoju dziecka. Dominujące modele postępowania ukierunkowane na wiek pacjenta (np. fizjoterapia niemowląt), bądź na określoną jednostkę kliniczną (np. mózgowie porażenie dziecięce), funkcjonują obecnie jako rozproszone obszary lecznicze. W konsekwencji sytuacja ta ogranicza zachowanie ciągłości i spójności długofalowego procesu usprawniania dziecka.

W odpowiedzi na zidentyfikowane uwarunkowania opracowałam we współpracy z prof. dr hab. Rafałem Gnatem (równy wkład obu autorów) naszą autorską koncepcję rehabilitacyjną Developmental Neuro-Motor Stimulation (DENEMS)^{66,67} (zał. 6.2.1a, 6.2.1b). Ma ona charakter interdyscyplinarny i odchodzi od ortodoksyjnego posługiwania się ściśle wyodrębnionym zbiorem narzędzi terapeutycznych integrując wiedzę z zakresu fizjoterapii neurorozwojowej, biomechaniki, ortotyki oraz technologii wspomagających. Koncepcja DENEMS została osadzona w paradygmacie medycyny opartej na dowodach (ang. *evidence based medicine*, EBM)⁶⁸. Oznacza to, że proponowane instrumentarium diagnostyczno-terapeutyczne zostało wyselekcjonowane na podstawie analizy aktualnych źródeł naukowych (w tym randomizowanych badań klinicznych, przeglądów systematycznych, rekomendacji

⁶⁶ Gnat, R., Gogola, A. (2020). DENEMS – nowa koncepcja terapii neurorozwojowej. *Rehabilitacja w Praktyce*, 6, 35–41.

⁶⁷ Gogola, A., Gnat, R. (2024). Jak uporządkować wielokierunkowy proces usprawniania dzieci z zaburzeniami neurorozwojowymi oraz nadać mu atrakcyjny dla pacjenta charakter. *Rehabilitacja w Praktyce*, (4), 8–10.

⁶⁸ Sackett, D. L., Rosenberg, W. M. C., Gray, J. A. M., et al. (1996). Evidence based medicine: What it is and what it isn't. *BMJ*, 312(7023), 71–72. 1

klinicznych)^{69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,79} pozostaje w zgodzie z doświadczeniem autorów oraz uwzględnia wartości i preferencje pacjenta w procesie podejmowania decyzji terapeutycznych. Takie ujęcie problemu oferuje zachowanie równowagi pomiędzy dowodami naukowymi, ekspertyzą kliniczną oraz indywidualnym profilem funkcjonalnym dziecka. W celu popularyzacji metody oraz dotarcia do jak największego grona fizjoterapeutów-praktyków jej zarys został opublikowany w polskim czasopiśmie popularno-naukowym (zał. 6.2.1a, 6.2.1b). Można również zapoznać się z nim na stronie <https://denems.pl/>.

Podstawy diagnostyczne koncepcji DENEMS, poza wymienionymi powyżej przesłankami, zostały ukształtowane w oparciu o wyniki badań własnych. W efekcie powstała ujednolicona karta diagnostyczna obejmująca cały okres rozwojowy dziecka – od urodzenia do zakończenia procesów wzrostowych. Karta ta ma charakter otwarty, co oznacza możliwość doboru poszczególnych narzędzi i testów w zależności od wieku dziecka oraz stopnia i charakteru zaburzeń neuromotorycznych. Fundament diagnostyki dzieci w najwcześniejszym okresie rozwoju stanowi monografia *Zmienność i wariantowość wzorców ruchowych dzieci od urodzenia do szóstego roku życia* (omówiona w **podrozdziale 4.2**), która – odchodząc od klasycznej oceny tzw. ‘kamieni milowych’ – wprowadza podejście oparte na analizie jakości i zmienności wzorców motorycznych, zgodne z aktualną wiedzą neurofizjologiczną. Kolejne elementy karty diagnostycznej zostały wzbogacone o wyniki własnych badań pozwalających na ocenę różnych aspektów posturalno-sensorycznych w przebiegu rozwoju, które szczegółowo zostały omówione w **podrozdziale 4.3.2**. Warto uzupełnić ten fragment o prace nieuwzględnione w prezentowanym tam cyklu publikacji, a poświęcone analizie zmienności wariantów przyjmowania pozycji siedzącej u dzieci w wieku przedszkolnym^{80,81}, ocenie architektury stopy u dzieci

⁶⁹ Damiano, D. L., Longo, E., Carolina de Campos, A., et al. (2021). Systematic Review of Clinical Guidelines Related to Care of Individuals with Cerebral Palsy as Part of the World Health Organization Efforts to Develop a Global Package of Interventions for Rehabilitation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 102(9), 1764–1774.

⁷⁰ Spasticity in under 19s: management. (2016). National Institute for Health and Care Excellence (NICE).

⁷¹ The Swedish Cerebral Palsy Follow-up Program (CPUP). 2024.

⁷² The American Academy for Cerebral Palsy and Developmental Medicine (AACPDMD) care pathway: dystonia.

2022. <https://www.aacpdm.org/publications/care-pathways/dystonia-in-cerebral-palsy>

⁷³ NSW Health. Management Of Cerebral Palsy in Children: A Guide For Allied Health Professionals. NSW Government. 2018. 1–148.

⁷⁴ Novak, I., Morgan, C., Fahey, M., et al. (2020). State of the Evidence 2019: Systematic Review of Interventions for Preventing and Treating Children with Cerebral Palsy. *Current neurology and neuroscience reports*, 20(2), 3.

⁷⁵ Jackman, M., Sakzewski, L., Morgan, C., et al. (2022). Interventions to improve physical function for children and young people with cerebral palsy: international clinical practice guideline. *Developmental medicine and child neurology*, 64(5), 536–549.

⁷⁶ Te Velde, A., Morgan, C., Finch-Edmondson, M., et al. (2022). Neurodevelopmental Therapy for Cerebral Palsy: A Meta-analysis. *Pediatrics*, 149(6), e2021055061.

⁷⁷ Demont, A., Gedda, M., Lager, C., et al. (2022). Evidence-Based, Implementable Motor Rehabilitation Guidelines for Individuals with Cerebral Palsy. *Neurology*, 99(7), 283–297.

⁷⁸ Faccioli S, Pagliano E, Ferrari A, Maghini C, Siani MF, Sgherri G, et al. (2023). Evidence-based management and motor rehabilitation of cerebral palsy children and adolescents: a systematic review. *Front Neurol*, 14.

⁷⁹ Morgan, C., Fethers, L., Adde, L. et al. (2021). Early Intervention for Children Aged 0 to 2 Years with or at High Risk of Cerebral Palsy: International Clinical Practice Guideline Based on Systematic Reviews. *JAMA pediatrics*, 175(8), 846–858.

⁸⁰ Matyja, M., Gogola, A., Gnat, R., et al. (2019). Warianty przyjmowania pozycji siedzącej u dzieci w wieku trzech i czterech lat. *Rehabilitacja w Praktyce*, 3, 80–85.

⁸¹ Matyja, M., Gogola, A., Gnat, R., et al. (2018). Warianty przyjmowania pozycji siedzącej u dzieci w wieku pięciu i sześciu lat. *Rehabilitacja w Praktyce*, 5, 74–78.

w wieku przedszkolnym⁸² oraz ruchów rotacyjnych tułowia u dzieci starszych⁸³ (zał. 6.2.1c, 6.2.1d, 6.2.1e, 6.2.1f).

Podstawy terapeutyczne koncepcji DENEMS, analogicznie do podstaw diagnostycznych, zostały ukształtowane w oparciu o ogólne zasady EBM oraz wzbogacone wynikami badań własnych. W efekcie opracowana metodyka ćwiczeń dostosowywana jest do wieku dziecka, dominującego typu napięcia mięśniowego oraz charakteru zaburzeń ruchowych. W strukturze jednostki terapeutycznej wyodrębnione zostały zarówno oddziaływania pasywne (terapia manualna), jak i interwencje o charakterze neurofizjologicznym, ukierunkowane na poprawę kontroli motorycznej.

Proces terapeutyczny w koncepcji DENEMS rozpoczyna część manualna, która – choć w nurcie terapii neurorozwojowych dopiero zyskuje na znaczeniu – pełni dwojaką funkcję. Z jednej strony prowadzi do rozluźnienia tkanek (w przypadku hipertonii), z drugiej – stanowi formę stymulacji receptorów układu nerwowego (w hipotonii). Empiryczne podstawy tego podejścia zostały osadzone zarówno w analizie aktualnego piśmiennictwa, jak i w badaniach własnych, poświęconych np. wpływowi technik manualnych stosowanych w obrębie klatki piersiowej i przepony na wybrane parametry spirometryczne u dzieci z porażeniem mózgowym⁸⁴ (zał. 6.2.1g) oraz stosowaniu gipsów w celu zwiększenia zakresu ruchomości w stawach i poprawy elastyczności tkanek miękkich⁸⁵. Pozostając w obszarze oddziaływania mechanicznego na tkanki DENEMS zwraca uwagę na odpowiednio dobrane pozycjonowanie ciała, traktowane jako element podtrzymujący elastyczność tkanek. Punktem inicjującym rozwój tego komponentu koncepcji była wykonana przeze mnie recenzja naukowa pierwszej w Polsce zwartej pozycji przedstawiającej empiryczne dowody przemawiające za zasadnością całodobowego pozycjonowania dzieci z ciężkimi zaburzeniami neuromotorycznymi⁸⁶. Biorąc pod uwagę stymulujący wpływ terapii manualnej na układ nerwowy należy też wspomnieć, że ta składowa metody jest obecnie przedmiotem eksploracji empirycznej w międzynarodowym projekcie naukowym *The influence of intensified sensory stimulation on upper extremity sensory parameters and motor function in children with developmental coordination disorder* (podrozdział 5.1.5.).

Rozwój części neurofizjologicznej koncepcji DENEMS również, częściowo, inspirowany był wynikami badań własnych, a charakterystycznym jej elementem są ćwiczenia realizowane w warunkach odciążenia, które umożliwiają wykonywanie wzorców ruchowych niedostępnych dla dziecka przy pełnym działaniu siły grawitacji. Odciążenie pełni funkcję mechanizmu modulującego warunki ruchu

⁸² Gogola, A., Matyja, M., Żoczek, K., et al. (2017). Analyze of relation between passive stiffness of pelvic girdle muscles and foot architecture in preschool children. *Physiotherapy and Health Activity*, 25, 32–37.

⁸³ Matyja, M., Saulicz, E., Gogola, A., et al. (2010). An assessment of rotational mobility of the trunk among teenagers with faulty posture. *Journal of Human Kinetics*, 24, 43–50.

⁸⁴ Rutka, M., Myśliwiec, A., Wolny, T., Gogola, A., Linek, P. (2021). Influence of Chest and Diaphragm Manual Therapy on the Spirometry Parameters in Patients with Cerebral Palsy: A Pilot Study. *BioMed research international*, 2021, 6263973.

⁸⁵ Gogola, A., Wolny, T. (2014). Wpływ gipsów hamujących na wybrane parametry posturalne – analiza przypadku. W A. Michalska & J. Błońska (Red.), *Aktualne problemy diagnozy i terapii osób z niepełnosprawnościami sprzężonymi i zaburzeniami rozwojowymi* (s. 121–132), Libron.

⁸⁶ Pountney, T. E., Abu-Zaitoun, A. (2011). Podejście Chailey do postępowania posturalnego: Wyjaśnienie teoretycznych aspektów postępowania posturalnego i ich praktycznego zastosowania poprzez terapię i sprzęt (red. Matyja, M., Gogola, A.). ReHouse – Gilewski, Boryczka, Makarevskaya.

w zależności od aktualnych możliwości funkcjonalnych – u pacjentów z ciężkimi deficytami neuromotorycznymi pozwala ono na inicjację aktywności ruchowej, natomiast u dzieci i młodzieży z lżejszymi zaburzeniami stanowi narzędzie kontrolowanej progresji terapii, umożliwiające stopniowe zwiększanie złożoności i intensywności zadań ruchowych. Rozwój tego komponentu metody znajduje bezpośrednie odzwierciedlenie w prowadzonych przeze mnie pracach badawczo-rozwojowych, opisanych w **podrozdziale 4.1.2.1** (grant 5: *Opracowanie innowacyjnego systemu do dynamicznych ćwiczeń i rehabilitacji w odciążeniu*).

Prawne, instytucjonalne oraz aplikacyjne aspekty związane z DENEMS

Metoda DENEMS została objęta ochroną prawną w postaci znaku towarowego nr Z.505080, na podstawie decyzji Urzędu Patentowego RP z dnia 25.03.2020 (zał. **6.2.1h**). W Polsce szkolenia uzyskały akredytację Polskiego Towarzystwa Fizjoterapii, na Łotwie – Ministerstwa Zdrowia Republiki Łotwy (LAPPOS, Nr. TIP2024/402). W celu zapewnienia trwałego zaplecza instytucjonalnego dla rozwoju i upowszechniania koncepcji, w dniu 24.10.2019, z inicjatywy członków-założycieli (mojej oraz prof. dra hab. Rafała Gnata), powołana została do życia fundacja Developmental Neuro-Motor Stimulation Institute International (DENEMSII), w której pełnię funkcję członka Zarządu. Uzyskanie przez fundację w 2021 roku statusu Organizacji Pożytku Publicznego umożliwiło istotne rozszerzenie działalności klinicznej, edukacyjnej oraz popularyzującej.

Koncepcja DENEMS została wdrożona do systemu kształcenia specjalistów w dziedzinie fizjoterapii, w szczególności do programu studiów podyplomowych *Neurorozwojowa terapia i diagnoza dzieci z dysfunkcjami układu nerwowego*, realizowanych w Akademii Górnośląskiej w Katowicach, oraz rozwija się w formie certyfikowanych szkoleń dla fizjoterapeutów w Polsce oraz za granicą (zał. **6.2.1i**). Od grudnia 2019 roku do chwili obecnej pełnię funkcję Starszego Międzynarodowego Instruktora tejże koncepcji. W tym okresie przeprowadziłam wspólnie z prof. dr hab. Rafałem Gnatem ponad 30 szkoleń na terenie Polski, a ponadto 9 szkoleń w Federacji Rosyjskiej (Międzynarodowa Akademia Medycznej Rehabilitacji (MAMR), Moskwa, współpraca zakończona 26.02.2022), 20 szkoleń na Łotwie (Uniwersytet w Daugavpils), 6 szkoleń w Kazachstanie (Centrum Medyczne RehabTeam, Ałmaty oraz Fundacja Rodziców Dzieci z Niepełnosprawnością (ARDI), Ałmaty), 1 szkolenie w Uzbekistanie (Centrum Medyczne Stupenki Kids, Taszkient). Do chwili obecnej pełny cykl edukacji DENEMS ukończyło lub przechodzi 300-400 specjalistów z ww. krajów. Równolegle z prowadzonymi kursami dla fizjoterapeutów szkoleni są instruktorzy. Pełny cykl edukacyjny i uprawnienia Młodsze Instruktorzy zdobyło już dwóch kandydatów z Kazachstanu, którzy prowadzą samodzielne certyfikowane kursy w Azji Centralnej od 2024 roku.

Ponadto, w okresie od roku 2022 do chwili obecnej przeprowadziłam we współpracy ze Śląską Izbą Lekarską kilka cykli szkoleń dokształcających dla lekarzy pediatrów: *Nowe trendy w diagnostyce neurorozwojowej dzieci młodszych i starszych w metodzie Developmental Neuro-Motor Stimulation* (zał. **6.2.1j**).

6.2.2. W inicjatywie dla opracowania polskich standardów leczenia dzieci z mózgowym porażeniem: Konsultacyjny Zespół Interdyscyplinarny oraz Rada Naukowa

Potrzeba opracowania interdyscyplinarnych, ogólnokrajowych wytycznych dotyczących leczenia dzieci z MPD pojawiła się jeszcze wcześniej niż zaprezentowana powyżej koncepcja DENEMS. Jej źródłem był zauważony przeze mnie brak spójnych, systemowych wzorców postępowania integrujących działania specjalistów różnych dziedzin zaangażowanych w terapię tej grupy pacjentów. Zgromadzone doświadczenia kliniczne oraz powołanie fundacji DENEMSII stworzyły organizacyjne i merytoryczne podstawy do podjęcia bardziej sformalizowanych działań na rzecz opracowania polskich standardów leczenia dzieci z MPD.

Istotnym etapem w rozwoju tego kierunku była moja inicjatywa powołania Konsultacyjnego Zespołu Interdyscyplinarnego, którego celem było wypracowanie wspólnego modelu badania, wnioskowania i postępowania terapeutycznego dla dzieci z MPD. W skład Zespołu weszli: prof. dr hab. n. med. Sławomir Snela (ortopedia, zał. 6.2.2a), dr n. med. Jerzy Luszawski (neurochirurgia, zał. 6.2.2b) oraz specjaliści z zakresu ortotyki i technologii asystujących. Konsultacyjny Zespół Interdyscyplinarny funkcjonuje nieprzerwanie od roku 2014 do chwili obecnej realizując swą działalność przede wszystkim w strukturach Centrum Medycznego mikroSmoki w Katowicach (zał. 6.2.2c) (https://mikrosmoki.pl/konsultacje/konsultacje_wielospecjalistyczne). Zgromadzenie specjalistów różnych dziedzin w jednym miejscu i czasie stwarza warunki do bezpośredniego transferu wiedzy oraz integracji perspektyw klinicznych. Model taki ogranicza konieczność odbywania licznych wizyt specjalistycznych oraz umożliwia wypracowanie jednej, spójnej rekomendacji końcowej dotyczącej planu leczenia dziecka. W latach 2014- 2025 przeprowadziliśmy łącznie konsultacje interdyscyplinarne 487 dzieci.

W celu nadania działalności Zespołu bardziej formalnego charakteru fundacja DENEMSII włączyła na mój wniosek jego inicjatywy w ramy własnych działań statutowych, dostarczając zaplecza organizacyjnego i wzmacniając potencjał merytoryczny (<https://denems.pl/konsultacje-interdyscyplinarne>) (zał. 6.2.2d).

Oprócz działalności klinicznej Zespół aktywnie popularyzował model interdyscyplinarnej opieki poprzez czynny udział w konferencjach naukowych oraz prezentację wyników wspólnej pracy. Należały do nich:

- Konferencja *Nauka i profilaktyka fizjoterapii w służbie chorym. Współczesne trendy w leczeniu zaburzeń neurorozwojowych*, Akademia Górnośląska, Katowice, 19.11.2022: *Własne doświadczenia w interdyscyplinarnym planowaniu procesu leczenia dzieci z dysfunkcjami centralnego układu nerwowego* (Gogola, A. i wsp., zał. 6.2.2e),
- V Ogólnopolska Konferencja Polskiej Akademii Niepełnosprawności Dziecięcej *Porozmawiajmy o...*, Lublin, 07-10.11.2024: *Ogólnopolskie rekomendacje leczenia dziecka z MPD* (Gogola, A. i wsp., zał. 6.2.2f),

- Konferencja *Wczesne wspomaganie rozwoju dziecka i jego rodziny – perspektywa międzysektorowa*, Uniwersytet Śląski, Wydział w Cieszynie, 17-18.10.2024: Efekt interdyscyplinarnego podejścia do usprawniania pacjenta z ciężką postacią mózgowego porażenia o charakterze dystonicznym – 12 lat obserwacji (Gogola, A. i wsp., zał. 6.2.2g),
- VI Międzynarodowa Konferencja: *Razem od początku – edukacja, zdrowie i relacje w międzysektorowym wsparciu małego dziecka i jego rodziny*, Istebna, 16-17.10.2025: *Konsultacje wielospecjalistyczne jako podstawa planowania długofalowej opieki nad pacjentem* (Gogola, A. i wsp., zał. 6.2.2.h, poz. 6).

Ponadto, w ramach wspólnych przedsięwzięć przeprowadziliśmy liczne szkolenia, m.in. na zaproszenie Fundacji Incorpore, Fundacji Dzieciom: Zdażyć z Pomocą (zał. 6.2.2i) oraz Śląskiej Izby Lekarskiej (zał. 6.2.2j), co przyczyniło się do upowszechniania interdyscyplinarnego modelu postępowania w środowisku medycznym.

Drugim istotnym doświadczeniem, które przyczyniło się do podjęcia działań na rzecz opracowania polskich wytycznych leczenia dzieci z MPD był mój staż kliniczno-naukowy w Klinice Ortopedycznej dla Dzieci (Kinderklinik Behandlungszentrum 'Kind im Zentrum') w Aschau im Chiemgau (Niemcy) zrealizowany pod kierownictwem dra Floriana Paulitscha (zał. 6.2.2k). W trakcie stażu uzyskałam możliwość zapoznania się z praktycznym wdrażaniem międzynarodowych rekomendacji klinicznych do funkcjonującego tam systemu opieki nad pacjentami. W późniejszym okresie, w ramach dalszej wymiany doświadczeń ukierunkowanych na ujednolicanie podejścia do leczenia dzieci z MPD zaprosiłam dra Floriana Paulitscha do współpracy z naszym Konsultacyjnym Zespołem Interdyscyplinarnym w Polsce. Efektem tej międzynarodowej współpracy jest publikacja przedstawiająca długoterminowe, klinicznie istotne rezultaty terapii prowadzonej u pacjentki pozostającej pod moją opieką od momentu urodzenia. Opracowanie obejmuje 12-letni okres postępowania terapeutycznego realizowanego zgodnie z aktualnymi międzynarodowymi wytycznymi klinicznymi⁸⁷ (zał. 6.2.2l).

Zdobyte w ten sposób wiedza i doświadczenia kliniczne oraz wsparcie organizacyjne fundacji DENEMSII umożliwiły mi zainicjowanie, we współpracy z Fundacją Dzieciom: Zdażyć z Pomocą, procesu opracowania ogólnokrajowych standardów leczenia dzieci z MPD. W lipcu 2024 roku wystosowaliśmy wspólny list otwarty do Ministerstwa Zdrowia (zał. 6.2.2l) wskazujący na konieczność opracowania polskich wytycznych terapeutycznych dla pacjentów z MPD. Inicjatywa ta uzyskała szerokie poparcie przedstawicieli środowisk akademickich, medycznych i fizjoterapeutycznych, a także organizacji pozarządowych, przedsiębiorców branżowych oraz rodziców dzieci z niepełnosprawnością. W sierpniu 2024 roku w jej efekcie została powołana Rada Naukowa, do przewodniczenia której

⁸⁷ Gogola, A., Gnat, R., Snela, S., Luszawski, J., Filip, D., Muzalewski, A., Paulitsch, F. (2025). Effects of interdisciplinary therapy in a patient with severe dystonic cerebral palsy: A 12-year follow-up case report. *International Journal of Special Education*, 40(1), 159–170.

zaproszenie otrzymał prof. dr hab. Marek Jóźwiak, specjalista w zakresie ortopedii dziecięcej, a w skład weszli przedstawiciele różnych obszarów medycyny i nauk o zdrowiu (m.in. lekarze, fizjoterapeuci, psychologowie, logopedzi), włączając naturalnie moją osobę, jako inicjatorki przedsięwzięcia (zał. 6.2.2m, 6.2.2n). Pierwsze efekty aktywności Rady w postaci zwartej publikacji opracowanych standardów w języku polskim planowane są do końca roku 2026. W związku z podejmowaną tam problematyką, jeszcze przed tym terminem opracowałam wspólnie z prof. dr hab. Rafałem Gnatem publikację poświęconę przeglądowi aktualnych, rekomendowanych podejść do leczenia bólu u dzieci z MPD⁸⁸ (zał. 6.2.2o) oraz współczesnej perspektywy planowania procesu usprawniania dzieci z MPD (zał. 6.2.2p)⁸⁹. Planowane są również opracowania zwarte w języku angielskim oraz publikacje w polskich czasopismach medycznych dla upowszechnienia wypracowanych standardów. We współpracy z Ministerstwem kompletne rekomendacje zostaną oficjalnie wdrożone do systemu opieki zdrowotnej w Polsce.

Prócz opisanych powyżej działań o ogólnokrajowym zasięgu podejmuję ciągle wysiłki w kierunku popularyzacji światowych wytycznych usprawniania dzieci w piśmiennictwie krajowym. Do realizacji tego celu wybieram periodyki o charakterze popularno-naukowym, gdyż z ich udziałem szansa dotarcia do ‘szeregowego’ terapeuty znacząco wzrasta. Uważam, iż z racji na aspekt społeczny warto poświęcić na to nieco czasu odsuwając na bok fakt, iż publikacje takie nie przynoszą dochodu w postaci punktacji Impact Factor, czy też rosnącej liczby cytowań. Niektóre z tychże opracowań powstały jako komentarze eksperckie na zaproszenie wydawnictwa *Rehabilitacja w Praktyce*^{90,91} (zał. 6.2.2r, 6.2.2s). Tematyka poruszana jest również coraz szerzej na wystąpieniach konferencyjnych oraz specjalistycznych webinarach na zaproszenie, m. in., Stowarzyszenia Fizjoterapia Polska, czy też Polskiego Towarzystwa Fizjoterapii (zał. 6.2.2t).

6.2.3. Ogólnopolska Sieć Turystyki Wytchnieniowej – działania systemowe na rzecz poprawy jakości życia osób z niepełnosprawnościami i ich rodzin

W omawianej grupie osiągnięć należy wskazać również inicjatywę związaną z rozwojem tzw. Ogólnopolskiej Sieci Turystyki Wytchnieniowej (zał. 6.2.3a). Sieć ta została powołana w 2022 roku i zrzesza podmioty zajmujące się turystyką oraz wdrażaniem różnych form opieki wytchnieniowej dla osób z niepełnosprawnościami i ich rodzin. Sieć została zawiązana z inicjatywy organizacji pozarządowych i obecnie funkcjonuje jako platforma współpracy środowisk zaangażowanych w rozwój

⁸⁸ Gogola, A., Gnat, R. (2025). Evidence-Based Classification, Assessment, and Management of Pain in Children with Cerebral Palsy: A Structured Review. *Healthcare* (Basel, Switzerland), 13(20), 2608.

⁸⁹ Gogola, A., Gnat, R., Skworc, A., Luszawski, J., & Snela, S. (2026). Integrating the ICF and the F-Words Framework to Support Family-Centered Pediatric Care for Children with Neurodevelopmental Disorders: A Narrative Review. *Children*, 13(3), 354. <https://doi.org/10.3390/children13030354>.

⁹⁰ Gnat, R., Gogola, A. (2023). Aktualne wytyczne do interdyscyplinarnej rehabilitacji dzieci i młodzieży z różnymi odmianami neuro-motorycznych zaburzeń rozwojowych. *Rehabilitacja w Praktyce*, 4, 8–10.

⁹¹ Gogola, A., Gnat, R., Małecka-Rzodkiewicz, M. (2024). Światowe wytyczne w zakresie interdyscyplinarnego usprawniania dzieci i młodzieży z mózgowym porażeniem dziecięcym: Opisowy przegląd literatury oraz wnioski dla Polski. *Rehabilitacja w Praktyce*, 4, 14–19.

turystyki wytchnieniowej w Polsce. Na obecnym etapie nie posiada jeszcze osobowości prawnej, jednak prowadzone są działania zmierzające do jej formalizacji. Proces organizacyjny i koordynacyjny realizowany jest przez Fundację Ładne Historie. W swojej bieżącej działalności Sieć współpracuje z Ministerstwem Funduszy i Polityki Regionalnej uczestnicząc w działaniach ukierunkowanych na systemowe umocowanie turystyki wytchnieniowej w Polsce.

Celem działalności Sieci jest rozwój usług wytchnieniowych w sektorze turystyki poprzez zwiększanie dostępności aktywnych form opieki, upowszechnianie wiedzy na temat znaczenia turystyki dla zdrowia osób z niepełnosprawnością.

Mój udział w prezentowanym przedsięwzięciu ma charakter ekspercki i obejmuje wspieranie działań Sieci poprzez edukację specjalistów, rodziców oraz przedstawicieli samorządów, w zakresie znaczenia aktywności fizycznej dla zdrowia oraz jakości życia dzieci i młodzieży z niepełnosprawnościami. Na zaproszenie kierownictwa Sieci pełniłam funkcję ekspertki w cyklu spotkań poświęconych opracowaniu i wdrażaniu modelu turystyki wytchnieniowej w Polsce. W szczególności były to:

- Panel z 12 grudnia 2024 w siedzibie Ministerstwa Funduszy i Polityki Regionalnej w Warszawie w sprawie rekomendacji dotyczących rozwoju turystyki wytchnieniowej w kontekście ekonomii społecznej, finansowania publicznego oraz współpracy międzysektorowej; wygłosiłam w nim prezentację *Współczesne rekomendacje dotyczące roli aktywności fizycznej w procesie usprawniania dzieci i młodzieży z zaburzeniami neurorozwojowymi* (zał. 6.2.3b),
- Panel dyskusyjny z 10 czerwca 2025 w Bukowinie Tatrzańskiej *Turystyka wytchnieniowa i nauka: potencjał współpracy z uczelniami wyższymi*; tematyka dotyczyła możliwości i wyzwań związanych z budowaniem współpracy między środowiskiem naukowym a sektorem społecznym i turystycznym w kontekście dostępności i rozwoju turystyki wytchnieniowej; moderował Przemysław Herman, zastępca Dyrektora Departamentu Europejskiego Funduszu Społecznego w Ministerstwie Funduszy i Polityki Regionalnej,
- Spotkanie z 29 września 2025 *Model turystyki wytchnieniowej – wersja wstępna do konsultacji środowiskowych*; podczas którego omówiono wyniki badań prowadzonych w ramach projektu *Urlop od opieki* oraz przedstawiono propozycje rozwiązań systemowych w obszarze turystyki wytchnieniowej.

W ramach wypracowywania modelu turystyki wytchnieniowej aktualnie powstają rekomendacje zmian prawnych dotyczących, m.in., ekonomii społecznej, współpracy z branżą hotelarską, wykorzystania środków publicznych, mające na celu ułatwienie jego wdrożenia. Przewidywany efekt to potencjalnie ustawa, uchwała lub rozporządzenie ministerialne, regulujące sposób implementacji modelu na terenie Polski.

6.2.4. Polskie Stowarzyszenie na Rzecz Osób z Niepełnosprawnością Intelktualną – wdrażanie modelu zintegrowanej opieki nad osobami z niepełnosprawnościami

Od 2010 roku współpracuję z Polskim Stowarzyszeniem na Rzecz Osób z Niepełnosprawnością Intelktualną (PSONI) oddział w Żorach (zał. 6.2.4). Zakres współpracy obejmuje wsparcie Dyrekcji placówki w zakresie wdrażania standardów procesu diagnostyczno-terapeutycznego oraz szkolenia kadr w obszarze interdyscyplinarnych strategii postępowania integrujących fizjoterapię, programy domowe, aktywność fizyczną oraz zaopatrzenie ortopedyczne.

Efektem wieloletnich działań było współtworzenie oraz systematyczne doskonalenie modelu zarządzania procesem usprawniania osób z dysfunkcjami motorycznymi i intelektualnymi, obejmującego wszystkie etapy opieki – od wczesnej interwencji dla noworodków po wsparcie w okresie dorosłości. Wypracowany model aktywnie funkcjonuje w strukturach PSONI i integruje działalność Ośrodka Wczesnej Interwencji, Ośrodka Rehabilitacyjno-Rewalidacyjno-Wychowawczego, Warsztatów Terapii Zajęciowej oraz Mieszkań Treningowych. Przyjęte rozwiązania organizacyjne zapewniają ciągłość wsparcia terapeutycznego oraz społecznego osobom z niepełnosprawnościami na kolejnych etapach życia.

6.3. Osiągnięcia popularyzujące naukę

6.3.1. Aktywność konferencyjna oraz udział w komitetach naukowych

Pełny wykaz konferencji naukowych, w których brałam czynny udział – w większości na zaproszenie – przedstawiłam w załączniku 6.2.2h. Łącznie obejmuje on 28 wydarzeń, z czego w 5 pełniłam funkcję członka komitetu organizacyjnego oraz naukowego (zał. 6.3.1a, 6.3.1b).

6.3.2. Webinaria

Przeprowadziłam szereg wykładów online dla fizjoterapeutów, lekarzy oraz rodziców dzieci z niepełnosprawnościami w ramach współpracy ze Stowarzyszeniem Fizjoterapia Polska, Akademią Górnośląską, Międzynarodową Akademią Rehabilitacji Medycznej (Moskwa), Fundacją Dzieciom: Zdażyć z pomocą, Fundacją Incorpore, Śląską Izbą Lekarską; w zakresie planowania procesu diagnostyczno-terapeutycznego w oparciu o EBM, interdyscyplinarnego podejścia do usprawniania dzieci i młodzieży z zaburzeniami neuromotorycznymi, kryteriów doboru technologii asystujących, roli aktywności fizycznej osób z niepełnosprawnością.

Oryginał dokumentu podpisała:

dr Anna Gogola (27.03.2026 r.)

(podpis wnioskodawcy)