

# Rozwój nowoczesnych technologii

## w rehabilitacji chodu pacjentów neurologicznych – opis przypadku

mgr Marzena Adamczyk<sup>1,2</sup>, dr n. o kult. fiz. Wojciech Rusek<sup>1</sup>,  
dr n. o zdr. Joanna Baran<sup>1,3</sup>, dr n. o zdr. Justyna Leszczak<sup>1,3</sup>,  
dr hab. n. o zdr. prof. UR Teresa Pop<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centrum Rehabilitacji REHAMED-CENTER Sp. z o.o. w Tajęcinie

<sup>2</sup> RehaKlinika Sp. z o.o. w Rzeszowie

<sup>3</sup> Instytut Fizjoterapii, Uniwersytet Rzeszowski

### Zobacz



Link do filmu:  
<https://bit.ly/2CeGrhc>

**Title:** The development of modern technologies in the gait rehabilitation of neurological patients – a case report

**Streszczenie:** Andago to urządzenie przeznaczone do wspierania funkcjonalnej terapii chodu. Jego główną funkcją jest dynamiczne odciążenie masy ciała pacjenta. Opis niniejszego przypadku ma na celu przedstawienie możliwości zastosowania Andago, gdzie kluczowym elementem jest trening równowagi wraz z utrzymaniem właściwego kierunku chodu w warunkach odciążenia.

**Słowa kluczowe:** krwotok śródmózdzkowy, Andago, chód

**Summary:** Andago is a device designed to support functional gait therapy. Its main function is dynamic body weight support. The purpose of this case report is to show the possibility of using Andago, where the key element is balance training and maintaining gait direction during walking with body weight supported.

**Keywords:** cerebellar hemorrhage, Andago, gait



Robotyka rehabilitacyjna to wciąż nowa gałąź technologiczna, która intensywnie rozwija się od początku lat 90.

Swój rozkwit zawdzięcza nie tylko potrzebie zmniejszenia wysiłku fizycznego terapeutów, ale przede wszystkim badaniom naukowym, potwierdzającym neuroplastyczność ośrodkowego układu nerwowego. W przeszłości neurorehabilitacja chodu opierała się głównie na terapii indywidualnej z pacjentem. Koncentrowała się głównie na kształtowaniu wzorców ruchowych wykonywanych przez fizjoterapeutę, który korzystał z dostępnych pomocy ortopedycznych. Obecnie oprócz stosowanego zaopatrzenia ortopedycznego w postaci balkoników, kul itp. mamy możliwość wprowadzania do terapii nowoczesnych urządzeń, umożliwiających wielokrotne wykonywanie prawidłowych ruchów. Dzięki temu sumujące się, w czasie i przestrzeni, bodźce wpływają na mocniejsze pobudzenie procesu neuroplastyczności ośrodkowego układu nerwowego. Zaangażowanie pacjentów podczas terapii wzmacnia ten proces.

Aktualnie roboty rehabilitacyjne są kluczowymi technologiami wspomagającymi osoby cierpiące na zaburzenia funkcji kończyn. Pomagają one w przywracaniu fizjologicznej aktywności mięśniowej. Postęp technologiczny w połączeniu z lepszą znajomością procesu zdrowienia skraca czas rehabilitacji i poprawia jakość życia pacjentów (1-4).

### Technologie wspierające pacjenta podczas rehabilitacji chodu

Według badań epidemiologicznych najczęstszą przyczyną niepełnosprawności są stany neurologiczne, które negatywnie wpływają na prawidłowy chód. Arytmiczne i asymetryczne obciążanie kończyn dolnych oraz stopniowo zmniejszająca się prędkość poruszania prowadzą do zwiększenia ryzyka upadków. Dlatego rozwój technologii wspierających pacjenta podczas rehabilitacji chodu jest ważny, a przywrócenie funkcji lokomocyjnych jest konieczne do uzyskania niezależności w życiu codziennym.

**Praca  
recenzowana**

### Roboty służące do nauki chodu można podzielić na trzy kategorie:

- egzoszkielety stacjonarne odciążające masę ciała podczas chodu na bieżni,
- egzoszkielety umożliwiające poruszanie się w warunkach naturalnego środowiska,
- mobilne urządzenia odciążające.

Andago jest urządzeniem przeznaczonym do funkcjonalnej terapii chodu z dynamicznym odciążeniem pacjenta. Zwiększa poziom samodzielności i przyspiesza jej powrót. System Andago jest pomostem pomiędzy treningiem na bieżni a treningiem na naturalnym podłożu. Dynamiczny system odciążenia pacjenta umożliwia zachowanie fizjologicznej, wyprostowanej postawy. Podczas chodu osoba ćwicząca ma wolne ręce, może koncentrować się na zadaniu ruchowym, dodatkowo Andago dzięki własnemu napędowi przemieszcza się wraz z pacjentem w intuicyjny sposób.

Korzystanie z bieżni jest oczywistym wyborem dla pacjentów po uszkodzeniu ośrodkowego układu nerwowego we wczesnej fazie rehabilitacji, kiedy ich stan funkcjonalny wymaga dużo większego wspomagania. W późniejszym okresie potrzebny jest trening na naturalnym podłożu, ale często z odciążeniem masy ciała, tak aby zapewnić bezpieczeństwo i komfort w utrwalaniu prawidłowych ruchów. Coraz częściej pacjenci mają dostęp również do egzoszkieletów znacznie wspomagających funkcję chodu (5, 6). Potencjał cennej pomocy robotycznej jest dodatkowo zwiększany, gdy w grę wchodzi bezpieczeństwo pacjenta. Mechanizm częściowego wspomagania masy ciała daje możliwość samodzielnego wykonania zadania (7).

## Materiał i metody

W pracy opisano postępowanie rehabilitacyjne u 29-letniej pacjentki. Doznała ona w wieku 22 lat krwotoku śródmózdkowego w wyniku pęknięcia malformacji tętniczo-żylny lewej półkuli mózgu, z przebiegiem do układu komorowego i nawrotowego krwawienia do mózgu. Zastosowano leczenie operacyjne polegające na kraniektomii i ewakuacji naczyniaka.

Po zabiegu, z powodu niewydolności krążeniowej i oddechowej, pacjentkę podłączono do respiratora i zastosowano sedację farmakologiczną. Wykonane badanie angio-KT głowy wykazało rozległą malformację naczyniową w lewej półkuli mózgu na obszarze ok. 4,5 cm, a w jej obrębie sieć skłębionych naczyń tętniczych i żylnych różnej szerokości do maks. ok. 11 mm.

Po dwóch tygodniach odstawiono sedację, uzyskując powrót świadomości i wydolnego oddechu. Pacjentkę odłączono od respiratora i ekstubowano, jednak po kilku godzinach ponownie ją zaintubowano z powodu zalegania wydzieliny w drzewie oskrzelowym.

W wykonanej po sześciu tygodniach od operacji kontrolnej tomografii komputerowej uwidoczniło się: zmniejszenie wielkości hyperdensyjnego krwaka do 37 x 27 mm, brak obecności hyperdensyjnej krwi w obrębie układu komorowego oraz pojawienie się przestrzeni płynowej wielkości 60 x 40 x 13 mm zlokalizowanej w sąsiedztwie prawej półkuli mózgu.

Następnego dnia wykonano drugi etap embolizacji polegający na zacementowaniu selektywnie dwóch naczyń zaopatrujących zmianę i zamknięte je kolejno za pomocą mieszaniny embolizacyjnej. Kontrolna angiografia potwierdziła zamknięcie tej części malformacji.

Po zabiegu pacjentkę odłączono od respiratora, oddychała ona samodzielnie przez rurkę intubacyjną, a następnie wykonano tracheostomię. Z powodu wodogłowia, cztery miesiące od incydentu, pacjentce zaimplantowano zastawkę komorowo-otrzewnową. W trakcie kolejnych dwóch miesięcy hospitalizacji stan pacjentki ulegał stopniowej poprawie i została ona przeniesiona na oddział rehabilitacji, gdzie przez dwa miesiące realizowano indywidualny program usprawniania.

W późniejszym okresie pacjentka regularnie korzystała z rehabilitacji stacjonarnej i ambulatoryjnej.

Przy przyjęciu do centrum rehabilitacji Rehamed-Center, po siedmiu latach od incydentu, wykonano badanie fizjoterapeutyczne, podczas którego u pacjentki stwierdzono:

- obniżone napięcie mięśniowe, bardziej nasilone w kończynach lewych,
- zdolność samodzielnego poruszania się na aktywnym wózku inwalidzkim,
- nieprawidłową pozycję siedzącą, z protrakcją głowy i barków, kifotyzacją odcinka piersiowego kręgosłupa oraz tyłopochylenie miednicy,
- zaburzenia koordynacji dystalnych części kończyn,
- dysmetrię i dysdiadochokinezę,
- osłabienie siły mięśni kończyn i tułowia,
- ataksję czterokończynową bardziej zauważalną w kończynach lewych,
- znaczne zaburzenia równowagi w pozycji stojącej, nasilające się podczas chodu,
- chód ataktyczny, możliwy jedynie z pomocą drugiej osoby,
- potrzebę niewielkiej pomocy podczas wykonywania czynności dnia codziennego.

Pacjentka była w logicznym kontakcie i zauważono u niej również spowolnienie psychoruchowe oraz mowę skandowaną.

Po diagnostyce stanu funkcjonalnego zaplanowano program usprawniania, który obejmował:

- odtwarzanie prawidłowego napięcia mięśni, ćwiczenia statyczne ciała, trening równowagi i koordynacji, ćwiczenia szybkości i celności ruchów oraz zmniejszania ich amplitudy – realizowane trzy razy dziennie podczas 45-minutowych terapii indywidualnych z fizjoterapeutą,
- 45-minutową aktywną pionizację,
- 45-minutowy trening chodu na Andago.

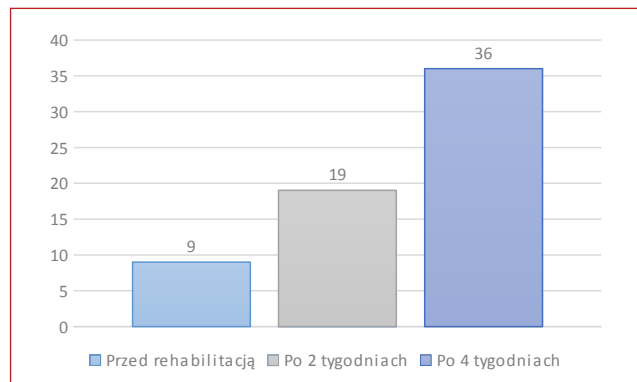
W celu oceny efektów zastosowanego programu usprawniania, przed jego wdrożeniem przeprowadzono badania za pomocą skal i testów. Dokonano oceny równowagi skalą Berga (*Berg Balance Scale*), wykonano test Tinetti, Up & Go oraz marszu 6-minutowego. Sprawność funkcjonalną określono skalą Barthel. Wszystkie badania wykonano trzykrotnie: przed terapią, po upływie 2 oraz 4 tygodni.

W wyniku prowadzonej rehabilitacji uzyskano znaczną poprawę parametrów równowagi i koordynacji, jakości chodu oraz sprawności funkcjonalnej pacjentki.

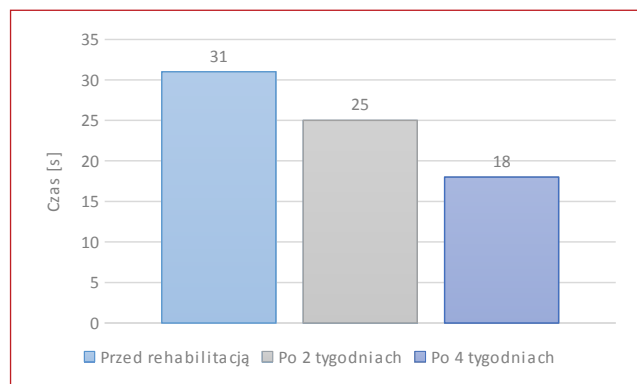
## Wyniki

Zmniejszona mobilność ruchowa była głównym problemem pacjentki, dlatego ważne było przeprowadzenie trzech testów: Up & Go, 6-minutowego testu marszowego oraz Tinetti. Po zakończeniu miesięcznego programu usprawniania, poprawiły się wszystkie mierzone parametry. Wynik testu Up & Go zmniejszył się z 31 do 18 sekund (ryc. 2). Zatem występujące u pacjentki wysokie ryzyko upadków i niesprawności funkcjonalnej znacznie się zmniejszyło po terapii. Podczas wstępnej oceny, pacjentka nie była w stanie wykonać 6-minutowego testu marszowego, a w ostatnim dniu rehabilitacji ukończyła całą próbę i przeszła 235 metrów (ryc. 3). Podczas pierwszych badań równowaga i chód pacjentki były zaburzone, o czym świadczył wynik testu Tinetti, w którym uzyskała ona jedynie 2 punkty (2 w części dotyczącej równowagi i 0 w części dotyczącej chodu). Po miesięcznej rehabilitacji wynik zdecydowanie się poprawił i pacjentka uzyskała 15 punktów (10 w części dotyczącej równowagi i 5 w części dotyczącej chodu) (ryc. 4, 5).

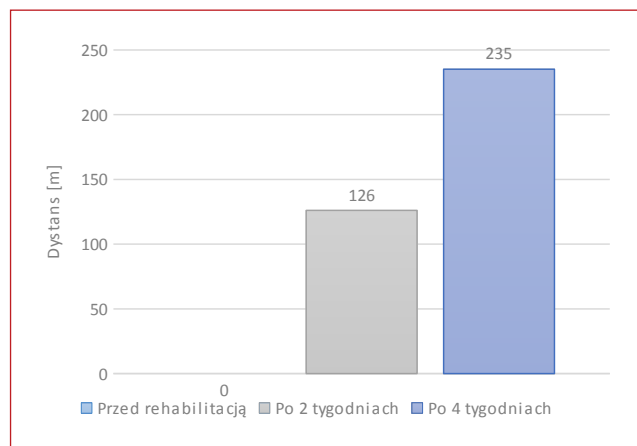
W ocenie równowagi skalą Berga przed rozpoczęciem rehabilitacji pacjentka uzyskała 9 punktów, a po dwóch miesiącach wynik poprawił się o 27 punktów. Osiągnięcie przez pacjentkę 36 punktów oznacza, że ryzyko upadku zmniejszyło się z wysokiego do średniego (ryc. 1).



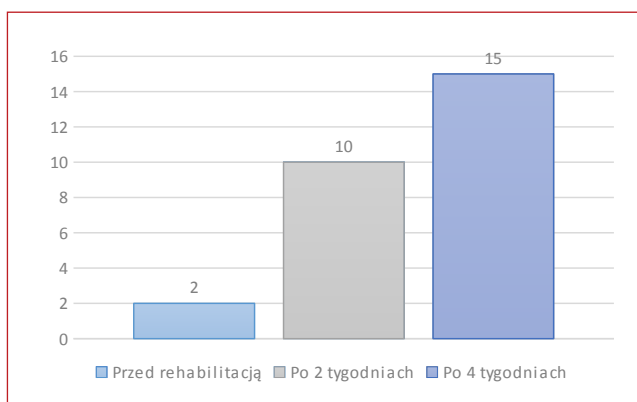
Ryc. 1. Zmiany wyników w skali Berga



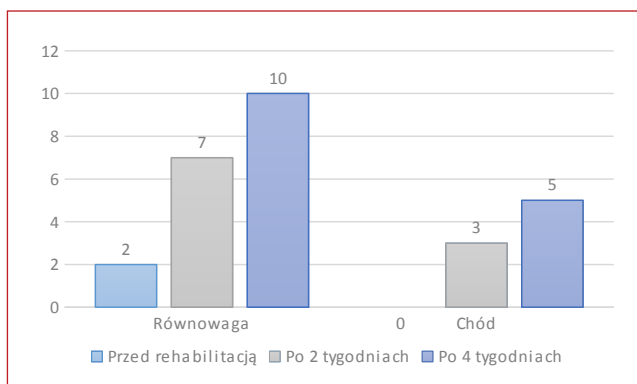
Ryc. 2. Zmiany wyników testu Up & Go



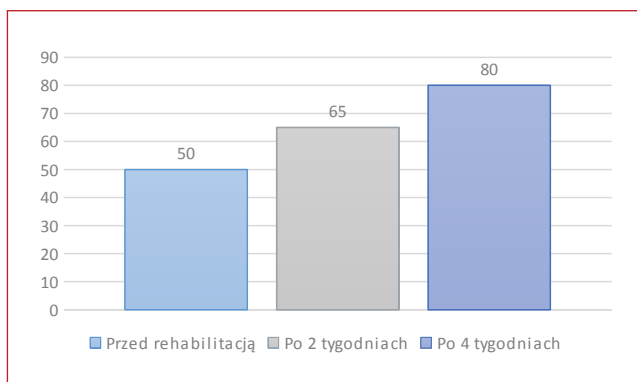
Ryc. 3. Zmiany wyników 6-minutowego testu marszowego



Ryc. 4. Zmiany wyników testu Tinetti



Ryc. 5. Zmiany wyników w poszczególnych częściach testu Tinetti



Ryc. 6. Zmiany wyników skali Barthel

Liczne badania nad wykorzystaniem technologii w reedukacji chodu wykazały ich pozytywny wpływ w zakresie poprawy jakości chodu, równowagi i koordynacji oraz czynności dnia codziennego.

Sprawność funkcjonalną pacjentki mierzono za pomocą skali Barthel, w której maksymalny wynik wynosi 100. Podczas wstępnej oceny pacjentka uzyskała 50 punktów, a po miesięcznej rehabilitacji wynik poprawił się o 30 i wyniósł 80 punktów (ryc. 6). Po upływie 4 tygodni zdolność utrzymania równowagi statycznej i dynamicznej oraz sprawność funkcjonalna pacjentki uległy znacznej poprawie w stosunku do wartości wyjściowych. Pacjentka była również w stanie wykonać samodzielnie więcej czynności dnia codziennego (tab. 1).

## Dyskusja

Trening chodu wspomagany urządzeniami odciążającymi masę ciała może być bardziej skuteczny niż konwencjonalny trening chodu, ponieważ pacjenci są w stanie samodzielnie i bezpiecznie pokonywać dłuższe dystanse. Liczne badania nad wykorzystaniem technologii w reedukacji chodu wykazały pozytywny ich wpływ w zakresie poprawy jakości chodu, równowagi i koordynacji oraz czynności dnia codziennego.

Badania Ada L. i wsp. wykazały, że pacjenci, którzy korzystali z terapii chodu na urządzeniu odciążającym masę ciała, szybciej wracali do samodzielnego chodzenia. W randomizowanym badaniu 120 pacjentów po udarze, którzy nie byli w stanie chodzić, zostało losowo przydzielonych do grupy badanej (60 osób) i kontrolnej (60 osób). Grupa badana korzystała z 30-minutowego treningu chodu z odciążeniem ciężaru ciała za pomocą uprzęży, podczas gdy grupa kontrolna chodziła bez wsparcia. W ciągu 6 miesięcy od rozpoczęcia badania 43 uczestników z grupy badanej osiągnęło niezależny chód, w porównaniu z 36 pacjentami z grupy kontrolnej. Dodatkowo wykazano, że pacjenci z grupy badanej 2 tygodnie wcześniej podjęli samodzielny chód, z medianą czasu 5 tygodni w porównaniu do 7 tygodni dla grupy kontrolnej (8). Fabara i wsp., przeprowadzając badania na 20 dorosłych z zaburzeniami chodu, zauważyli jego poprawę po zastosowaniu terapii na Andago. Czterech pacjentów nie było w stanie samodzielnie wykonać 10-metrowego testu marszowego, a przy pomocy Andago już tylko jeden. Mediana szybkości chodzenia bez urządzenia wynosiła 0,29 m/s, a w Andago – 0,32 m/s. Różnica ta nie była istotna statystycznie, jednak postrzegana przez pacjentów skala trudności chodzenia została zmniejszona w przypadku korzystania z Andago (9). Pohl i wsp. objęli badaniami 155 pacjentów po udarze mózgu i podzielili ich na grupę badaną (77 osób), korzystającą z 20-minutowego treningu chodu z odciążeniem i 25-minutowej tradycyjnej kinezyterapii. Grupa kontrolna otrzymała 45 minut konwencjonalnej kinezyterapii (78 osób). Pacjenci

Skala/test	Przed rehabilitacją	Po 2 tygodniach	Po 4 tygodniach
Skala Berga	9	19	36
Test Up & Go [s]	31	25	18
Test marszu 6-minutowego [m]	0	126	235
Test Tinetti	2	10	15
Skala Barthel	50	65	80

Tab. 1. Wyniki wykonywanych testów i skal

korzystali z terapii pięć dni w tygodniu, przez miesiąc. Analiza wyników wykazała, że po zakończonym procesie usprawniania znacznie większa liczba pacjentów w grupie badanej chodziła niezależnie. Samodzielny chód odnotowano u 41 pacjentów z grupy badanej, a u 17 w grupie kontrolnej ( $p = 0,0001$ ). Również istotnie więcej pacjentów korzystających z treningu w odciążeniu osiągnęło wskaźnik Barthel powyżej lub równy 75. Było to 44 pacjentów w grupie badanej i 21 w grupie kontrolnej ( $p = 0,0001$ ) (10).

W metaanalizie Carpino i wsp. stwierdzono, że terapia oparta na zastosowaniu urządzeń wspomagających rehabilitację chodu pacjentów po udarze mózgu jest bardziej skuteczna niż konwencjonalna fizjoterapia. Dla pacjentów w fazie przewlekłej korzystających z urządzeń, średnia prędkość chodu po terapii wynosiła 0,14 m/s, a korzystających z konwencjonalnej terapii 0,04 m/s ( $p = 0,0026$ ) (2).

Korzystne efekty zastosowania treningu chodu w odciążeniu przedstawili również Visintin i wsp. Dane zebrane na grupie stu pacjentów po udarze mózgu wykazały, że po terapii chodu z odciążeniem masy ciała pacjenci lepiej radzili sobie z utrzymaniem równowagi. Odzyskiwali oni znacznie szybciej zdolność samodzielnego poruszania się i mieli lepszą wytrzymałość podczas chodu. Po sześciotygodniowym okresie leczenia grupa 50 pacjentów ćwiczących w warunkach odciążenia uzyskała znacznie wyższą ocenę równowagi w skali Berga niż grupa kontrolna (37,3 vs 29,5;  $p = 0,001$ ). Prędkość chodu pacjentów z grupy badanej poprawiła się o 0,16 m/s, podczas gdy w grupie kontrolnej tylko o 0,1 m/s ( $p = 0,029$ ). Próba wytrzymałości podczas chodu również wykazała lepsze wyniki u pacjentów, którzy korzystali z treningu chodu w odciążeniu. Byli oni w stanie przejść dystans dłuższy o 147,4 m, a pacjenci z grupy kontrolnej o 105 m ( $p = 0,018$ ) (11).

Uzyskane wyniki z naszej obserwacji pokazują, że nawet u pacjentki w okresie przewlekłym po uszkodzeniu mózdzku można uzyskać znaczną poprawę stanu funkcjonalnego. Podsumowując: czterotygodniowy, intensywny program usprawniania uzupełniony o trening chodu w odciążeniu doprowadził do poprawy równowagi, jakości chodu i sprawności funkcjonalnej. ■

### Wnioski

Rehabilitacja z zastosowaniem nowoczesnych urządzeń do rehabilitacji chodu jest dobrym uzupełnieniem konwencjonalnej terapii. Poprzez uzyskanie lepszych rezultatów w znacznym stopniu przyczynia się do poprawy efektywności rehabilitacji.

Konieczne jest ciągłe badanie i weryfikacja nowo pojawiających się na rynku urządzeń tak, aby w proces usprawniania wprowadzać te najbardziej efektywne.

### Piśmiennictwo

1. Harwin W.S., Patton J.L., Edgerton V.R.: Challenges and opportunities for robot-mediated neurorehabilitation. „Proceedings of the IEEE”, 2006, 94, 9, 1717-1726.
2. Carpino G., Pezzola A., Urbano M. i wsp.: Assessing effectiveness and costs in robot-mediated lower limbs rehabilitation: a meta-analysis and state of the art. „Journal of Healthcare Engineering”, 2018.
3. Musselman K.E., Shah M., Zariffa J.: Rehabilitation technologies and interventions for individuals with spinal cord injury: translational potential of current trends. „Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation”, 2018, 15, 1, 40.
4. Langan J., Subryan H., Nwogu I.: Reported use of technology in stroke rehabilitation by physical and occupational therapists. „Disabil Rehabil: Assist Technol.”, 2017, 16.
5. You S.H., Jang S.H., Kim Y.H.: Virtual reality-induced cortical reorganization and associated locomotor recovery in chronic stroke: an experimenter-blind randomized study. „Stroke”, 2005, 36, 1166-1171.
6. Mikolajczyk T., Ciobanu I., Badea D.J.: Advanced technology for gait rehabilitation: an overview. „Advances in Mechanical Engineering”, 2018, 10, 7, 1-19.
7. Galvez J.A., Kerdanyan G., Maneekobkunwong S.: Measuring human trainers skill for the design of better robot control algorithms for gait training after spinal cord injury. „Rehabilitation Robotics”, 2005, 231-234.
8. Ada L., Dean C.M., Morris M.E.: Randomized trial of treadmill walking with body weight support to establish walking in subacute stroke: the MOBILISE trial. „Stroke”, 2010, 41, 1237-1242.
9. Fabara E., O'Brien A., Vergara-Diaz G.: Usability of a new over-ground bodyweight support device (Andago 2.0) for gait training. „Archives of Physical Medicine and Rehabilitation”, 2016.
10. Pohl M., Werner C., Holzgraefe M. i wsp.: Repetitive locomotor training and physiotherapy improve walking and basic activities of daily living after stroke: a single-blind, randomized multicenter trial. „Clin Rehabil”, 2007, 21, 17-27.
11. Visintin M., Barbeau H., Korner-Bitensky K.: A new approach to retrain gait in stroke patients through body weight support and treadmill stimulation. „Stroke”, 1998, 1122-1128.