

Roboty terapeutyczne w rehabilitacji neurologicznej dzieci

Therapeutic robots in neurorehabilitation of children

¹Emilia Mikołajewska, ²Dariusz Mikołajewski

¹Oddział Kliniczny Paraplegii z Pododdziałem Wybudzeń oraz Oddział Kliniczny Wczesnej Rehabilitacji Neurologicznej, Klinika Rehabilitacji, 10 Wojskowy Szpital Kliniczny z Polikliniką SP ZOZ w Bydgoszczy

²Katedra Informatyki Stosowanej, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

STRESZCZENIE

Wykorzystanie robotów terapeutycznych może stanowić nowoczesną metodę uzupełniającą dotychczasowe podejście w rehabilitacji neurologicznej dzieci, podwyższającą jej efektywność. Liczba badań w tym zakresie jest jednak ograniczona. W pracy przeprowadzono przegląd piśmiennictwa recenzowanych badań indeksowanych w głównych bazach danych, używając wyspecyfikowanych słów kluczowych oraz jednoznacznych kryteriów uwzględnienia i pominięcia. Dokonano syntezy reprezentatywnych pozycji piśmiennictwa oraz dyskusji w celu przedstawienia zakresu tematycznego oraz wagi aktualnych dowodów naukowych. Niezbędne są dalsze badania mające określić czynniki determinujące relację pacjent (dziecko)–robot terapeutyczny, jej siłę oraz wskazówki do praktyki klinicznej.

Słowa kluczowe: robotyka, rehabilitacja neurologiczna, robot terapeutyczny, dzieci, deficyt neurologiczny

ABSTRACT

The application of therapeutic robots may be perceived as the newest supplementary method within contemporary pediatric neurorehabilitation and can be related to its effectiveness. However, the number of research in the area is limited. A rigorous research of literature reviews indexed in major databases was conducted using the specified keywords and explicit inclusion and exclusion criteria. Representative literature was synthesized and discussed to indicate the scope and weight of current evidence. More research is needed to establish important factors determining patient (child)-therapeutic robot relationship, the strength of this association and guidances to clinical practice.

Key words: robotics, neurorehabilitation, therapeutic robot, children, neurological deficit

Rehabilitacja neurologiczna dzieci stawia przed prowadzącymi ją specjalistami medycznymi ogromne wymagania. Różnorodność i złożoność deficytów spotykanych u dzieci, nałożenie ich na kolejne etapy rozwoju młodego organizmu oraz konieczność współpracy jednocześnie z dzieckiem i jego rodzicami/opiekunami wymagają od personelu medycznego nie tylko dużego zaangażowania, ale również ścisłej współpracy w ramach wielodyscyplinarnego zespołu terapeutycznego. Konieczność zachowania obiektywizmu, profesjonalizmu oraz aktywnej postawy wspierania rodziców, również w przypadku niepowodzeń w terapii, nakłada się tu na potrzebę pozyskania ich zaufania oraz, przede wszystkim, zainteresowania i współpracy dziecka w ramach prowadzonej terapii. Powoduje to, szczególnie u najmłodszych pacjentów, konieczność wykorzystywania różnych rodzajów zabawek oraz form aktywności, łączących elementy terapii i zabawy. Część metod neurofizjologicznych dedykowanych dzieciom, takich jak metoda NDT-Bobath, zakłada realizację terapii przez 24 godziny na dobę 7 dni w tygodniu, w ramach czynności codziennego życia, pielęgnacji i zabawy. Wymaga to nie tylko konieczności przewidywania rozwoju dziecka, nauczania rodziców odpowiednich zachowań, ale również zapewnienia odpowiednio częstej oceny postępów

oraz dodatkowych elementów diagnostycznych i uatrakcyjnających terapię w celu lepszej motywacji dziecka, szczególnie małego. Do elementów takich należą roboty terapeutyczne (ang. *therapeutic robots*).

Celem niniejszego przeglądu jest próba oceny wykorzystania możliwości, jakie niesie ze sobą wykorzystanie robotów terapeutycznych w pediatrycznej rehabilitacji neurologicznej poprzez analizę i dyskusję dotychczas opublikowanej literatury. Relacja pomiędzy pacjentem (dzieckiem) oraz robotem terapeutycznym może mieć tu istotny pozytywny wpływ na wyniki terapii.

DOSTĘPNE ROZWIĄZANIA

W celu weryfikacji stanu wiedzy na temat klinicznego wykorzystania robotów terapeutycznych w pediatrycznej rehabilitacji neurologicznej prześledzono opublikowane badania z omawianego zakresu oraz przeprowadzono analizę potencjalnego wpływu robotów terapeutycznych na praktykę kliniczną w ramach współczesnej i przyszłościowej pediatrycznej rehabilitacji neurologicznej. W tym celu przeprowadzono przegląd piśmiennictwa recenzowanych badań indeksowanych w głównych bazach danych (Pubmed - U.S. National Library of Medicine, PEDro – Physiotherapy

Evidence Database, CINAHL, Medline, Scopus, Health Source: Nursing/Academic Edition), używając wybranych słów kluczowych (*therapeutic robot, neurology, pediatric, children*, nazwy własne robotów z tabeli III) oraz jednoznacznych kryteriów uwzględnienia i pominięcia publikacji

w przeglądzie (tabela I). Dokonano syntezy reprezentatywnych pozycji piśmiennictwa w celu przedstawienia zakresu tematycznego oraz wagi bieżących dowodów naukowych.

Spośród 80 artykułów do przeglądu zakwalifikowano 10 (tabela II).

Tab. I. Kryteria pominięcia i uwzględnienia w przeglądzie *Inclusion and exclusion criteria*

Kryteria uwzględnienia <i>Inclusion criteria</i>	Kryteria pominięcia <i>Exclusion criteria</i>
Język angielski *	Inne języki
Artykuły w czasopismach recenzowanych	Artykuły w czasopismach nierecenzowanych
Wskazanie na ogólnie zawody medyczne związane z rehabilitacją jako grupę docelową	Artykuły skierowane do szerszego spektrum odbiorców
Artykuły redakcyjne opublikowane w czasopismach recenzowanych, listy do redakcji, rozprawy, abstrakty konferencyjne, streszczenia prac naukowych, książki lub rozdziały w książkach	Artykuły popularnonaukowe

* Publikacji w języku polskim, spełniających kryteria uwzględnienia, nie stwierdzono.

** Do robotów terapeutycznych nie zaliczono takich rozwiązań, jak roboty rehabilitacyjne wykorzystywane do usprawniania dzieci (Lokomat, ReoAmbulator), WalkArounds – Air-Pumped Mascot Costumes Lee Bowena oraz roboty budowane samodzielnie przez dzieci z zestawów klocków Lego przeznaczonych do konstrukcji działających robotów.

Tab. II. Artykuły zakwalifikowane do przeglądu *Included articles*

Nazwa czasopisma <i>Name of the journal</i>	Liczba publikacji <i>Number of publications</i>	Autorzy <i>Authors</i>
Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences	1	Dautenhahn [1]
Gerontology	1	Shibata i Wada [2]
Journal of the American Medical Directors Association	1	Bemmelmans i wsp. [3]
Developmental Psychology	1	Legerstee i wsp. [4]
Cognition	1	Arita i wsp. [5]
Advances in Child Development and Behavior	1	Poulin-Dubois i wsp. [6]
Psychological Science	1	Surian i wsp. [7]
PLoS One	1	Yamamoto i wsp. [8]
NeuroRehabilitation	1	Giannopulu i Pradel [9]
Progress in Brain Research	1	Kozima i wsp. [10]
Ogółem	10	

Badania nad robotami społecznymi trwają już od lat 80. XX wieku, odkrywając wciąż nowe możliwości i poziomy interakcji robot–robot oraz człowiek–robot [1], jednak dopiero niedawno możliwe stało się ich wykorzystanie terapeutyczne. Celem wykorzystania robotów terapeutycznych jest wzbogacenie interakcji pacjenta z otoczeniem oraz sztuczna (tu: celowa, zaplanowana i adaptacyjna) stymulacja jego aktywności na zasadzie podobnej do interakcji z żywymi zwierzętami (np. kotami, psami), przebywającymi w domu pacjenta lub w domu opieki. Roboty terapeutyczne nie stanowią jedynie elementów rozrywki czy przeciwdziałania nudzie i samotności, ale również

mogą • oddziaływać korzystnie na samopoczucie pacjenta • zapewniać prostą diagnostykę i zdalną opiekę, np. alarm w razie upadku, opieka nad pacjentami z demencją • ukierunkowywać zachowanie pacjenta na aktywność wymagającą terapią poprzez określone zabawy czy wzmoczoną aktywność fizyczną przez określony czas i z określonym natężeniem • prowadzić działania edukacyjne, również przez wprowadzanie u pacjenta właściwych nawyków zdrowotnych, zmianę trybu życia itp. [2,3].

Warto zauważyć, że robotów terapeutycznych nie dotyczą obostrzenia wynikające z ograniczeń w zakresie trzymania żywych zwierząt w placówkach służby zdrowia

czy domach opieki – jako roboty medyczne są wyposażeniem tych placówek na równi z każdym innym sprzętem medycznym i podlegają tym samym procedurom.

Zachowanie 6-miesięcznych niemowląt w odniesieniu do osób oraz przedmiotów nieożywionych zostało dość dokładnie opisane przez Legerstee i wsp. w 2000 r. [4]. Badania Arity i wsp. [5], przeprowadzone w 2005 r., pokazały, że 10-miesięczne niemowlęta przy odpowiedniej stymulacji uznają interaktywnego robota za człowieka. Pomimo że dalszych badań wymaga sposób, w jaki noworodki postrzegają i interpretują zachowanie otaczających je osób i przedmiotów [6], to problemy z rozróżnianiem osób

od interaktywnych elementów otoczenia (np. animowanej koparki [7]) przez 13-miesięczne dzieci dają podstawę do wykorzystania robotów terapeutycznych nawet u bardzo małych dzieci. Z kolei u starszych (w wieku od 2 do 3 lat) dzieci wykrywanie przedmiotów nieożywionych może opierać się na rozróżnianiu reakcji na zachowania przypadkowe i intencjonalne [8]. Co ciekawe, do stymulacji w opisywanym badaniu użyto robota terapeutycznego Keepon, który znacznie częściej przyciągał uwagę (wzrokową) dzieci niż matka lub zabawki, dzieci najlepiej też wchodziły w interakcje właśnie z robotem. Autorzy badania akcentują jednak, że nie można określić, czy dzieci wcho-

Tab. III. Wybrane rozwiązania w zakresie robotyki terapeutycznej dzieci *Selected solutions in the area of therapeutic robotics in children*

Nazwa <i>Name</i>	Twórca <i>Author</i>	Podstawowe właściwości <i>Basic features</i>	Wykorzystanie kliniczne <i>Clinical applications</i>
Klasyczne roboty terapeutyczne dla dzieci			
PARO	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japonia	Interaktywny robot foka reagujący na światło, dotyk, dźwięki (w tym słowa), ucząca się zwyczajów użytkownika – obecnie ósma generacja	Początkowo w rehabilitacji geriatrycznej pacjentów z demencją, obecnie wykorzystywany zarówno do stymulacji interakcji pacjentów i ich opiekunów, redukcji stresu
Keepon	National Institute of Information and Communications Technology, Japonia (NICT), Japonia	Dość prosty robot (wygląd zbliżony do żółtego kurczaczka) wyposażony w kamery i mikrofon, ułatwiający interakcję, również dzieciom z zaburzeniami rozwojowymi	Terapia dzieci z autyzmem [10]
Kobie, Rabie	Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI), Korea	Koala – robot w kształcie misia koala, Rabie – robot w kształcie plastikowej kuli, interaktywne	Terapia dzieci, opieka nad dziećmi (komunikacja przez sieć komputerową ze współpracującego komputera)
RoboPanda	WowWee, USA	Interaktywny robot w kształcie pandy, dostępnych co najmniej kilkanaście innych robotów tej firmy	Terapia dzieci z autyzmem
Roboty możliwe do zastosowania w terapii dzieci			
K-Junior, Khepera, Koala	K-Team, Szwajcaria	Rodzina prostych robotów, przeznaczonych zarówno do zastosowań praktycznych, jak i demonstracji	Edukacyjne zabawki dla dzieci, poprawiające interakcję
Pioneers	Active Media Robotics	Rodzina robotów kołowych, przeznaczonych zarówno do zastosowań praktycznych, jak i demonstracji	Edukacyjne zabawki dla dzieci, poprawiające interakcję
Cog, Kismet	Massachusetts Institute of Technology, USA	Roboty z mimiką wyrażającą emocje	Edukacyjne zabawki dla dzieci, poprawiające interakcję
Pomi	Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI), Korea	Robot wyrażający emocje mimiką jak również zapachem	Edukacyjna zabawka dla dzieci, poprawiająca interakcję
Actroid	Osaka University, Kokoro Company, Japonia	Robot do złudzenia przypominający młodą japońską kobietę, interaktywny wraz z mimiką twarzy	Interakcja, opieka
Kaspar	Adaptive Systems Research Group, Hertfordshire University, Wlk. Brytania.	Robot do złudzenia przypominający chłopca, interaktywny wraz z mimiką twarzy	Interakcja, opieka
Aibo	Sony, Japonia	Elektroniczny pies	Edukacyjna zabawka dla dzieci, poprawiająca interakcję

dziły w jakiegokolwiek komunikacyjne interakcje z robotem, gdyż robot Keepon wyglądem znacznie różni się od osób, przypominając raczej zabawkę. Być może pomogłyby tu kolejne badania, mające wyłonić wygląd oraz zachowanie robota najbardziej atrakcyjnego dla interakcji z dziećmi w różnym wieku oraz z różnymi rodzajami i poziomami deficytów [8]. Nie wiadomo również, w jakim stopniu na zachowanie dzieci wpływają dotychczasowe doświadczenia z zakresu zabawy i nauki, zarówno z użyciem różnego rodzaju elektronicznych gier interaktywnych, jak i interaktywnych zwierzątek-zabawek. Badania przeprowadzone przez Giannopulu i Pradela [9] również wykazały efektywność robotów, m.in. jako źródła stymulacji zachowań społecznych u dzieci z autyzmem.

Pomimo uzasadnionych wniosków nie ulega wątpliwości, że dotychczasowe badania nie są wystarczające. Mała ilość badań oraz ograniczone zróżnicowanie schorzeń, czasu terapii i metod interwencji nie pozwala wypracować jednoznacznych wskazań w poszczególnych schorzeniach. Ponadto dotychczasowe badania nie zidentyfikowały wystarczająco czynników wpływających na poprawę relacji pacjent(dziecko)–robot terapeutyczny, brakuje też badań w obszarze reakcji rodziców/opiekunów pacjenta(dziecka) na wykorzystanie robota w terapii i wpływu ich nastawienia (np. niechętnego) na efektywność nowej formy terapii. Jest to tym bardziej istotne, że rodzice/opiekunowie małego pacjenta odgrywają istotną rolę w terapii i wsparciu wysiłków personelu medycznego. Co więcej, przeważają badania nad dziećmi z autyzmem, natomiast brak jest badań nad wykorzystywaniem robotów terapeutycznych w ramach klasycznej rehabilitacji neurologicznej dzieci, prowadzonej np. metodą NDT-Bobath. Braki te dotyczyły zarówno szerokiego obszaru rehabilitacji ruchowej dziecka z deficytami neurologicznymi przez zabawę z wykorzystaniem robota, jak i znacznie węższego zagadnienia wykorzystania robota do poprawienia samej tylko motywacji dziecka do ćwiczeń.

Należy w tym miejscu nadmienić, że dotychczas wykorzystywane narzędzia badawcze mogą nie uwzględniać specyfiki terapii zrobotyzowanej – badają to specjaliści od interakcji człowiek–robot i człowiek–komputer (ang. *Human-Robot Interaction*, HRI, *Human-Computer Interaction*, HCI). Opracowania wymienionych narzędzi badawczych wymaga praktyka kliniczna zgodna z zasadami Medycyny Opartej na Faktach (ang. *Evidence Based Medicine*, EBM). Uzyskane dzięki nim wiarygodne i powtarzalne wyniki pozwolą na przeniesienie ich do edukacji dyplomowej i podyplomowej personelu medycznego.

KIERUNKI ROZWOJU

Kierunki rozwoju interakcji człowiek–robot w robotyce terapeutycznej są następujące • interakcja zorientowana na robota (ang. *robot-centered*, HRI), gdzie interakcje robota z ludźmi są ukierunkowane na wypełnienie przez niego zadań wynikających z algorytmu działania • interakcja zorientowana na pacjenta/człowieka (ang. *human/patient centered*, HRI), gdzie interakcje robota z ludźmi są ukierunkowane na realizację ich w sposób wygodny dla ludzi • interakcja zorientowana na zdolności poznawcze robota, gdzie

w interakcjach robota z ludźmi robot kieruje się własną sztuczną inteligencją, podejmując autonomiczne decyzje [1].

Celem badań jest opracowanie całej grupy robotów społecznie interaktywnych (ang. *socially interactive robots*), dla których interakcja społeczna odgrywa kluczową rolę. Mogłyby one prowadzić dialog, tworzyć i wykorzystywać modele interakcji na podstawie kontekstu, odczytywać oraz wyrażać emocje (również mimiką, gestykulacją, spojrzeniem), tworzyć i utrzymywać relacje, tworzyć i utrzymywać osobowość, a także uczyć się i rozwijać swoje kompetencje społeczne [11]. Jak widać, roboty te mają wiele wspólnego z informatyką afektywną (ang. *affective computing*), która również może służyć do celów terapeutycznych. Dodatkowo w części schorzeń (np. w autyzmie [12]) istnieją już dość proste modele obliczeniowe, które mogą być rozwijane i uzupełniane w sposób automatyczny dzięki danym diagnostycznym pobieranym bezpośrednio od robota terapeutycznego.

Praca Diehla i wsp. [13] definiuje cztery ważne obszary badań klinicznego wykorzystania robotów w terapii dzieci ze spektrum zaburzeń autystycznych (ang. *Autism Spectrum Disorders*, ASD): • badanie reakcji dzieci z ASD na zachowanie robotów, • użycie robotów do wywoływania określonego zachowania u dzieci, • wykorzystanie robotów do nauki i/lub ćwiczenia określonych umiejętności u dzieci, • użycie robotów jako źródła informacji zwrotnej (ang. *feedback*) na temat sposobu i jakości wykonania ćwiczenia/zadanie przez dzieci [13].

Wymienione obszary wykorzystania robotów mogą być szerzej odniesione do klinicznego ich użycia w terapii dzieci z deficytami neurologicznymi. Niestety, dotychczasowe badania posiadały ograniczenia metodologiczne, co więcej – aspekt kliniczny był w nich często na drugim planie za aspektem technicznym [13]. Powoduje to konieczność: • większego zaangażowania personelu medycznego w badania z użyciem robotów terapeutycznych u dzieci, • wypracowania metodologii tego typu badań klinicznych w zgodzie z paradygmatem EBM, • określenia efektywności terapii zrobotyzowanej dzieci wraz z możliwymi ograniczeniami i skutkami ubocznymi, • wypracowania na tej podstawie wskazań klinicznych w omawianym obszarze, z uwzględnieniem nie tylko rodzaju i stopnia deficytu dziecka, ale również wieku oraz stopnia rozwoju w poszczególnych obszarach (np. w przypadku opóźnień).

DYSKUSJA

Problematyka szerszego wdrożenia robotów terapeutycznych w rehabilitacji neurologicznej dzieci jest złożona i dotyczy wielu obszarów funkcjonowania, wymaga również współpracy wielu specjalistów. Dotychczas opublikowane badania wydają się potwierdzać hipotezę, że wykorzystanie robotów terapeutycznych jako metody uzupełniającej w pediatrycznej rehabilitacji neurologicznej może mieć istotny pozytywny wpływ na wyniki terapii. Szersze wykorzystanie robotów terapeutycznych na oddziałach neurologii dziecięcej może się przekładać na • bardziej wielodyscyplinarne i holistyczne podejście do pacjenta oraz poprawę komunikacji z pacjentem i jego rodzicami/opiekunami •

zwiększenie motywacji dziecka oraz jego zaangażowania w ćwiczenia • w miarę rozwoju robotów terapeutycznych: uzyskanie kolejnego narzędzia diagnostycznego z możliwością zapisu przebiegu terapii i jej rezultatów • podwyższenie efektywności terapii • skrócenie czasu hospitalizacji, terapii ambulatoryjnej, rehabilitacji domowej • zmniejszenie związanego z tym stresu pacjenta i jego rodziców/opiekunów • obniżenie kosztów.

Niemniej w omawianej dziedzinie konieczne są dalsze badania, precyzyjniej definiujące wpływ siły i rodzaju oddziaływania robotów terapeutycznych na pacjentów (dzieci) z deficytami neurologicznymi, w tym w zależności od wieku, stanu zdrowia pacjenta i stosowanych metod rehabilitacyjnych. Może się również okazać, że istotne są tu • wygląd robota, w tym kształt, kolorystyka, faktura w dotyku • adaptacja różnych sposobów i poziomów interakcji: od najprostszych reakcji aż po oddziaływanie edukacyjne ukierunkowujące terapię w pożądany sposób, np. przez stymulację pożądanych aktywności dziecka.

Warto podkreślić wagę przyszłościowych wytycznych klinicznych w omawianym obszarze zastosowań robotów. Powinny one uwzględniać nie tylko wiek i stan zdrowia pacjenta, ale również stosowane metody rehabilitacyjne, farmakoterapię itd., być może pociągając za sobą potrzebę modyfikacji istniejących modeli diagnostyki, terapii i opieki, np. w kierunku podejścia eklektycznego [15]. Wymienione standardy postępowania powinny zostać wypracowane na podstawie badań klinicznych przeprowadzonych zgodnie z zasadami medycyny opartej na dowodach (EBM – *Evidence Based Medicine*).

Za autorami przytoczonych prac można stwierdzić już dziś, że wykorzystanie robotów terapeutycznych może być przydatnym elementem uzupełniającym w ramach nowoczesnej rehabilitacji neurologicznej dzieci, rozszerzającym jej potencjalne możliwości. Nie bez znaczenia może być fakt, że pediatryczne roboty terapeutyczne mogą, choć jedynie w pewnym stopniu, zastępować żywe zwierzęta, np. w przypadku dzieci uczulonych na sierść lub z obniżoną odpornością.

Ewolucja systemów sterowania oraz mechanizmów robotów terapeutycznych stawia przed ich konstruktorami i specjalistami medycznymi kolejne wyzwania, związane z wyłaniającymi się zagrożeniami. W obszarze tym należy zwrócić uwagę na bezpieczeństwo (dzieci, ich rodziców/opiekunów oraz personelu medycznego) oraz groźbę dehumanizacji medycyny. Robot, bez względu na poziom autonomiczności, pozostaje jedynie maszyną, i wymaga przedsięwzięcia wszystkich środków ostrożności z tym

związanych [14]. Z tych względów rola Agencji Oceny Technologii Medycznych (AOTM) we wdrażaniu robotów terapeutycznych może być kluczowa.

Obecnie wykorzystanie robotów terapeutycznych w neurorehabilitacji dzieci może wydawać się rozwiązaniem przyszłości. Jednak zainteresowanie prezentacją robotów terapeutycznych Paro w naszym kraju [16] oraz szerokie wykorzystanie robotów rehabilitacyjnych pokazuje otwartość specjalistów medycznych na nowatorskie technicznie rozwiązania terapeutyczne. Ze względu na przydatność w praktyce klinicznej pediatryczne roboty terapeutyczne mogą spotkać się z podobnie dużym zainteresowaniem, jak np. fantomy do symulacji medycznej. Należy przy tym pamiętać, że już w XX wieku terapeuci metody NDT-Bobath w terapii dzieci (w tym dzieci małych) wdrażali w ramach procesu usprawniania urządzenia interaktywne, które mogą być uznane za prekursorów dzisiejszych robotów wykorzystywanych w rehabilitacji neurologicznej dzieci. Urządzenia te wspomagały terapeutę, zachęcały dziecko do współpracy oraz skupiały jego uwagę na zadaniu. Forma ówczesnych urządzeń interaktywnych, wpisująca się w specyfikę zabawki, sprzyjała skutecznemu egzekwowaniu wykonania przez dziecko zadań wcześniej jawiących się mu jako nudne i bezcelowe wykonywanie poleceń terapeuty/rodzica. Włączenie urządzeń interaktywnych sprawiło, że czas terapii był dla dziecka czasem celowych, funkcjonalnych ruchów ubranych w formę atrakcyjnej dla niego zabawy. Wydaje się, że właśnie takie doświadczenia leżały u podstaw skonstruowania przez naukowców/inżynierów urządzeń terapeutycznych o jeszcze bardziej atrakcyjnej formie oraz wyższej efektywności.

PODSUMOWANIE

Wykorzystanie robotów terapeutycznych w rehabilitacji neurologicznej dzieci stanowi rozwiązanie nowatorskie i przyszłościowe, szczególnie jako pozytywna uzupełniająca forma terapii. Możliwości z tym związane nie są obecnie w pełni wykorzystywane, a część z nich może się dopiero wyłonić w miarę rozwoju systemów sterowania oraz mechanizmów robotów terapeutycznych. Niewielka liczba dotychczasowych badań z omawianego zakresu powoduje konieczność zachowania szczególnej ostrożności przy wprowadzaniu robotów terapeutycznych w rehabilitacji neurologicznej dzieci, z uwzględnieniem już zidentyfikowanych oraz jeszcze nieznanymi zagrożeń.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Dautenhahn K.: Socially intelligent robots: dimensions of human-robot interaction. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 2007; 362: 679–704.
- [2] Shibata T., Wada K.: Robot therapy: a new approach for mental healthcare of the elderly - a mini-review. *Gerontology* 2011; 57: 378–386.
- [3] Bemelmans R., Gelderblom G.J., Jonker P., et al.: Socially assistive robots in elderly care: a systematic review into effects and effectiveness. *J Am Med Dir Assoc* 2012; 13: 114–120.
- [4] Legerstee M., Barna J., DiAdamo C.: Precursors to the development of intention at 6 months: understanding people and their actions. *Dev Psychol* 2000; 36: 627–634.
- [5] Arita A., Hiraki K., Kanda T., et al.: Can we talk to robots? Ten-month-old infants expected interactive humanoid robots to be talked to by persons. *Cognition* 2005; 95: 49–57.
- [6] Poulin-Dubois D., Brooker I., Chow V.: The developmental origins of naïve psychology in infancy. *Adv Child Dev Behav* 2009; 37: 55–104.
- [7] Surian L., Caldi S., Sperber D.: Attribution of beliefs by 13-month-old infants. *Psychol Sci* 2007; 18: 580–586.
- [8] Yamamoto K., Tanaka S., Kobayashi H., et al.: A non-humanoid robot in the “uncanny valley”: experimental analysis of the reaction to behavioral contingency in 2–3 year old children. *PLoS One* 2009; 4: 6974.
- [9] Giannopulu I., Pradel G.: Multimodal interactions in free game play of children with autism and a mobile toy robot. *NeuroRehabilitation* 2010; 27: 305–311.
- [10] Kozima H., Nakagawa C., Yasuda Y.: Children-robot interaction: a pilot study in autism therapy. *Prog Brain Res* 2007; 164: 385–400.
- [11] Fong T., Nourbakhsh I., Dautenhahn K.: A survey of socially interactive robots. *Robot Auton Syst* 2003; 42: 143–166.
- [12] Duch W., Nowak W., Meller J., et al.: Computational approach to understanding autism spectrum disorders. *Computer Science Journal* 2012; 13: 47–61.
- [13] Diehl J.J., Schmitt L.M., Villano M., et al.: The clinical use of robots for individuals with Autism Spectrum Disorders: a critical review. *Research in Autism Spectrum Disorders* 2012; 6: 249–262.
- [14] Mikołajewska E., Mikołajewski D.: Bezpieczeństwo pracy z robotami rehabilitacyjnymi. *Bezpieczeństwo Pracy* 2012; 2: 9–11.
- [15] Mikołajewska E.: Eclectic vs. specific approach within contemporary neurological physiotherapy. *J Health Sci* 2012; 1: 123–133.
- [16] Pokaz robota terapeutycznego PARO – Strona internetowa Ambasady Japonii w Warszawie [1 screen page]

Address: http://www.pl.emb-japan.go.jp/kultura/20110516_2.html

Adres do korespondencji:

Klinika Rehabilitacji, 10 Wojskowy Szpital Kliniczny z Polikliniką SP ZOZ w Bydgoszczy, ul. Powstańców Warszawy 5, 85-681 Bydgoszcz,
e-mail: e.mikolajewska@wp.pl