MODELOWANIE INŻYNIERSKIE ISSN 1896-771X
38, s. 243-250, Gliwice 2009

INTERAKTYWNE URZADZENIA DO REHABILITACJI KOŃCZYN DOLNYCH

DAGMARA TEJSZERSKA, MAREK GZIK, WOJCIECH WOLAŃSKI, DAMIAN GĄSIOREK, BOŻENA GZIK-ZROSKA

Katedra Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska
e-mail: dagmara.tejszerska@polsl.pl, marek.gzik@polsl.pl, wojciech.wolanski@polsl.pl, damian.gasiorek@polsl.pl, bozena.gzikzroska@polsl.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono projekty urządzeń rehabilitacyjnych wykorzystujących nowoczesne technologie informatyczne do korekcji wad kończyn dolnych szczególnie dzieci i młodzieży. Ze względu na trudności w prowadzeniu rehabilitacji u dzieci proponuje się uatrakcyjnienie wykonywania koniecznych czynności poprzez zastosowanie interaktywnych zabawek rehabilitujących. Rehabilitacja będzie odbywać się na zasadzie nieświadomej zabawy przy pomocy specjalistycznych urządzeń podczas gry na komputerze. Aspekt zabawy jest szczególnie istotny ze względu na niechęć małych pacjentów do tradycyjnych metod kinezyterapii.

1. WSTĘP

Modelowanie w biomechanice jest współcześnie istotnym narzędziem wspomagania procesu rehabilitacji czynnościowej. Daje ono również możliwość analizy zjawisk dynamicznych zachodzących w organizmach żywych, wykorzystywanej w celu stymulacji aktywności i zwiększenia komfortu osób z wadami narządu ruchu. Utylitarnym efektem tych działań mogą być projekty urządzeń przeznaczonych do rehabilitacji. W przypadku kinezyterapii dzieci i młodzieży z wadami narządu ruchu podstawowym problemem jest ich zaangażowanie w wykonywaniu ćwiczeń. Przyczyną tego jest „atrakcyjność" czynności, które miałby one wykonywać. Dzieci mają tendencję do szybkiego rezygnowania z zajęć, które w ich perspektywie wydają się być nudne i mało atrakcyjne. Dlatego też stosowane do tego celu urządzenia powinny zachęcać do ćwiczeń wykonywanych w formie zabawy [1,2].
Wychodząc naprzeciw tym problemom autorzy proponują nową formę terapii dzieci z wadami narządu ruchu, szczególnie dzieci z płaskostopiem oraz wadami kończyn dolnych. W interaktywnej kinezyterapii rehabilitacja będzie odbywać się na zasadzie nieświadomej zabawy przy pomocy specjalistycznego urządzenia podczas gry na komputerze. Doświadczenie zespołu zdobyte w ramach wykonywanych prac badawczo – projektowych urządzeń rehabilitacyjnych narządu ruchu szczególnie dzieci i młodzieży i uzyskane środki finansowe z Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego pozwoliły na wytworzenie prototypowych urządzeń wykorzystującego nowoczesne technologie informatyczne do korekcji płaskostopia oraz rehabilitacji kończyn dolnych [3,4,5].

Urządzenia to umożliwiają prowadzenie terapii w dowolnym miejscu pobytu, przy wykorzystaniu komputera stacjonarnego lub przenośnego. Stanowisko pozwala na wykonywanie różnorodnych ćwiczeń korekcyjnych bądź profilaktycznych i daje możliwość dopasowania ich do indywidualnych potrzeb i cech osobniczych ćwiczących. Aspekt zabawy jest szczególnie istotny ze względu na niechęć małych pacjentów do tradycyjnych metod kinezyterapii. Z urządzeń będą mogły korzystać również zdrowe dzieci, a interaktywna zabawa będzie formą aktywnego spędzenia czasu.

Czynności projektowe poprzedzone zostały badaniami ankietowymi celem określenia skali problemów wad narządu ruchu oraz przydatności interaktywnych urządzeń w rehabilitacji dzieci i młodzieży. Badania ankietowe przeprowadzono wśród rodziców 60 dzieci w wieku od 8-15 lat. Przeprowadzona ankieta zawierała 9 pytań, które pozwoliły określić odsetek dzieci ze schorzeniami układu szkieletowo-mięśniowego oraz umożliwiły identyfikację ich etiologii. Miejscem przeprowadzenia badań były: Szkoła Podstawowa nr 6 w Łaziskach Górnych, Centrum Inicjatyw Społecznych w Gliwicach oraz osoby indywidualne na terenie Łazisk i Mikołowa. Liczba chłopców i dziewcząt w poszczególnych szkołach nie rozkładała się równomiernie, co spowodowane było przypadkowym doborem osób ankietowanych.

Badaniami ankietowymi byli objęci rodzice 33 dziewcząt, a także 27 chłopców. Spośród grupy poddanej badaniu aż 41% rodziców odpowiedziało, że wykryto u ich dziecka wady postawy, 48,6% rodziców stwierdziło, że nie wykryto żadnych wad, natomiast 10,45% dzieci nie było dotąd badanych pod kątem wad postawy. Wśród najczęstszych schorzeń rodzice wymieniali skrzywienie boczne kręgosłupa, odstające łopatki oraz płaskostopie. Przeprowadzone badania umożliwiły określenie rodzaju występujących wad, a co za tym idzie opracowania odpowiednich zestawów ćwiczeń rehabilitujących. Wyżej wymienione czynności przeprowadzono przy współpracy z lekarzami z Górnośląskie Centrum Zdrowia Dziecka i Matki im. Jana Pawła II w Katowicach. Uzyskane informacje w znacznym stopniu ułatwiły zaprojektowanie urządzeń tak, aby podczas rehabilitacji brały udział odpowiednie grupy mięśni.

2. INTERAKTYWNE URZĄDZENIE DO KOREKCJI PŁASKOSTOPIA

Urządzenie do rehabilitacji stopy składa się z dwóch głównych części: podstawy, na której opiera się stopa oraz dwóch dźwigni z wyłącznikami, zamontowanymi za pomocą opasek na śródstopiach (rys.1). W podstawie zamocowano kulkę, która posiada możliwość swobodnego obrotu. Ruch kulki wymuszany sklepieniem stopy jest rejestrowany za pomocą układu optycznego. Następnie informacje przekazywane są do układu sterującego, do którego za pośrednictwem kabla dostarczane są informacje od wyłącznika uruchamianego palcami stopy. Urządzenie jest połączone z komputerem poprzez port USB.

Rys.1. Interaktywne urządzenie do korekcji płaskostopia

Ćwiczenia wykonywane na stanowisku wspomagają proces korygowania wad budowy stopy (rys.2). Powszechnie stosowane sposoby postępowania w leczeniu wad stóp oparte są na czynnych ćwiczeniach manualnych oraz biernej korekcji za pomocą obuwia ortopedycznego. Opracowywane stanowisko stanowi urządzenie do czynnej rehabilitacji, które cechuje się prostą budową, pozwalającą na szybką naukę obsługi, a także łatwą instalację do komputera.

Urządzenie podłączone do komputera funkcjonuje ze sprzężeniem zwrotnym tzn. ruch stopy wywołuje realizację zadania podczas gry i zwrotnie, aby grać trzeba będzie wykonywać określone ruchy stopą. We współpracy z Instytutem Informatyki Teoretycznej i Stosowanej PAN w Gliwicach opracowano scenariusz wirtualnej gry zapewniający właściwą rehabilitację adekwatną do korekcji płaskostopia (rys.3). W opcjach można dokonywać zmian ustawień gry, w zależności od wieku pacjenta oraz stopnia schorzenia, zapewniając przy tym dobrą zabawę w przeciwieństwie do często nużących ćwiczeń stosowanych w kinezyterapii tradycyjnej.

Rys.2. Wykonywanie ćwiczeń na urządzeniu do korekcji płaskostopia

Rys.3. Wirtualna gra zapewniająca korekcję płaskostopia

Obecnie prowadzane są badania weryfikujące działanie urządzenia. Skuteczność w korekcji płaskostopia i funkcjonalność urządzeń będzie sprawdzana przy udziale pacjentów i fizykoterapeutów Górnośląskiego Centrum Zdrowia Dziecka im. Jana Pawła II: W dalszej

działalności będą prowadzone działania mające na celu poszukiwanie nowych urządzeń, ich modyfikacje i udoskonalanie w oparciu o nowoczesne technologie teleinformatyczne.

3. CHARAKTERYSTYKA INTERAKTYWNEGO URZĄDZENIA DO REHABILITACJI KOŃCZYN DOLNYCH

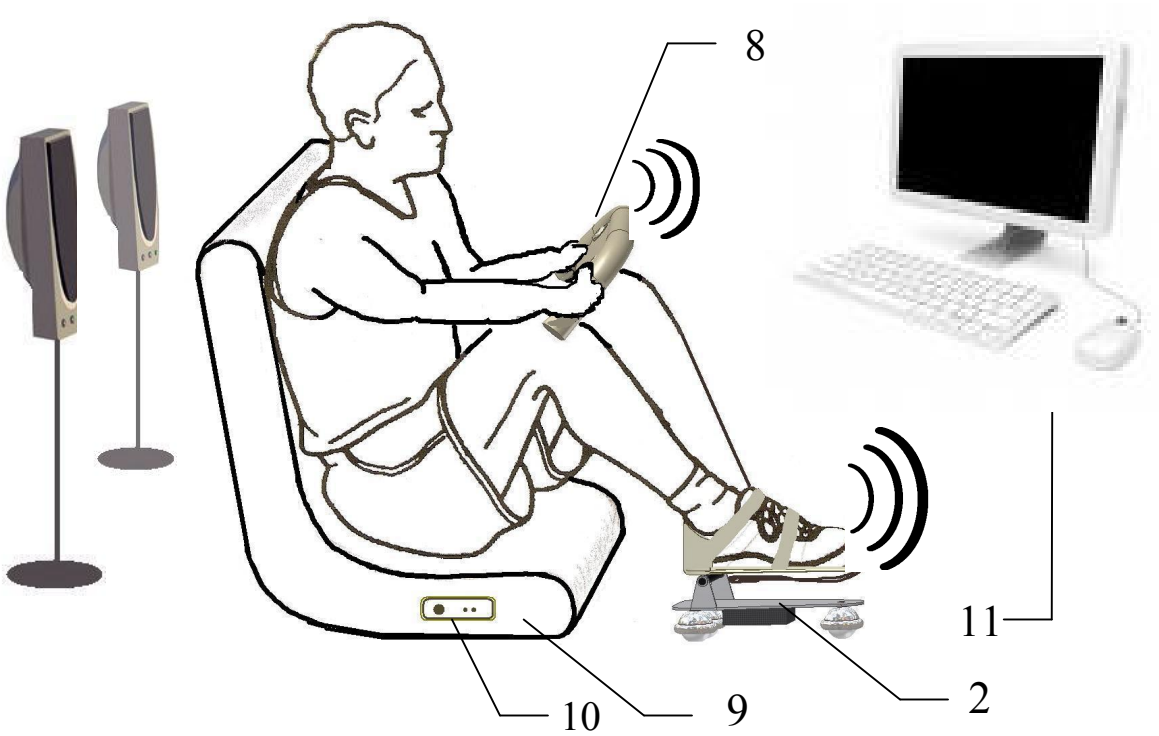
Interaktywne urządzenie opracowane z myślą o usuwaniu dysfunkcji kończyn dolnych jest nowoczesnym urządzeniem wykorzystującym technologie informatyczne do kinezyterapii dzieci i młodzieży. Zestaw w którego skład wchodzi specjalistyczne urządzenie na stopę, fotel oraz kierownica dają użytkownikowi możliwość ćwiczeń profilaktyczno- korekcyjnych, a w głównej mierze miłe spędzenie czasu. Rejestrowany ruch kończyny za pomocą interfejsu wywołuje określoną reakcję na monitorze komputera. Dużą zaletą jest bezprzewodowe działanie urządzeń. Większa elastyczność i możliwość ich dowolnego ułożenia pozwalają na „pracę" z większym komfortem, a co za tym idzie, bardziej wydajną. Ponadto zaangażowanie zarówno dolnych jak i górnych części ciała pozwala na ćwiczenie ich wzajemnej koordynacji oraz wzmacnia ich reakcję na bodźce wzrokowe czy słuchowe (w zależności od zastosowanego programu komputerowego).

Nowatorstwo tego urządzenia polega na możliwości leczenia dysfunkcji kończyn dolnych przy minimalnej świadomości pacjenta podczas przyjemnej zabawy. Pozwala to wydłużyć czas rehabilitacji nie powodując znudzenia, a tym samym poprawić skuteczność. Łatwość zmiany oprogramowania daje możliwość grania w różne gry komputerowe, że nawet systematyczne ćwiczenia nie będą powodowały u młodych pacjentów problemów braku zaangażowania w ćwiczenie, co jest podstawą udanej rehabilitacji. Odpowiedni wybór programów pozwoli również zainteresować urządzeniem i ćwiczeniami osoby dorosłe i starsze, którym jego użytkowanie może pomóc w zwalczaniu wielu dysfunkcji kończyny dolnej.

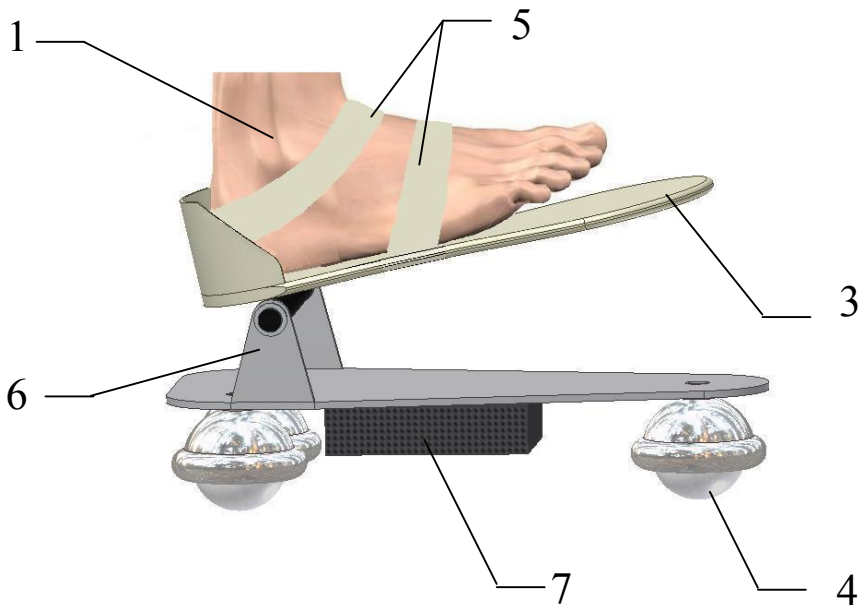
Technologia bezprzewodowa zastosowana w urządzeniu jest prosta w użyciu. Instalacja sprzętu nie powinna nastręczać problemów nawet ludziom z pobieżną znajomością komputera. W obecnej sytuacji większość gospodarstw domowych posiada komputer osobisty. Pozwali to dotrzeć z urządzeniem do bardzo szerokiego spektrum potencjalnych odbiorców. Ze względu na małe gabaryty stanowiska, podjęcie terapii możliwe jest w dowolnym miejscu pobytu przy wykorzystaniu komputera stacjonarnego bądź przenośnego. Osoby z różnymi wadami kończyn dolnych mają możliwość dopasowania ćwiczeń do swoich indywidualnych potrzeb. Urządzenie pozwala na jednoczesne wykonywanie różnorodnych ćwiczeń i co ważne umożliwia rehabilitacje kilku dysfunkcji naraz. Aby uprzyjemnić i dostarczyć osobie korzystającej ze stanowiska większych emocji, a co za tym idzie przyciągnąć jego uwagę, do gry można będzie podłączyć zestaw głośników. W fotelu zainstalowano gniazda wejścia i wyjścia oraz pokrętło umożliwiające regulację głośności. Wszystkie elementy wchodzące w skład zestawu zostały zaprojektowane, tak aby wiek nie był przeszkodą i pozwalały na ich wygodne użytkowanie. Zadbano również o estetykę i ergonomię części składowych zestawu. Dopracowane z dbałością detale będą cieszyć oko przyszłych nabywców.

Opracowany system do kinezyterapii kończyn dolnych u dzieci i młodzieży przedstawiono na rysunku 4. Stanowisko składa się ze specjalistycznych urządzeń odbierających informacje od użytkownika, które wysyłają sygnał do komputera. Pozwala to na sterowanie grą i wywoływanie określonych reakcji użytkownika. Dzięki tej interakcji możliwe jest prowadzenie rehabilitacji i korygowanie wad kończyn dolnych.

a)



b)



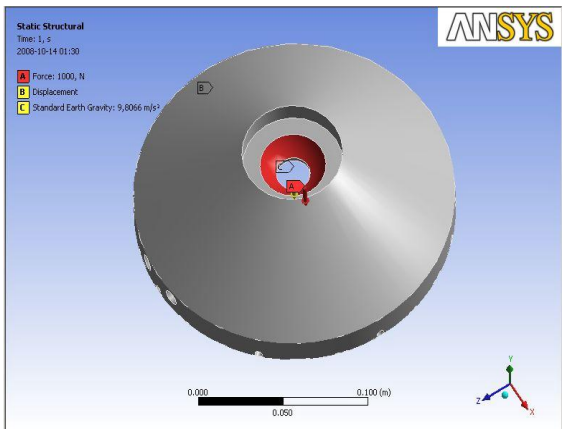
Rys.4. Stanowisko do kinezyterapii kończyn dolnych:
a) widok ogólny stanowiska, b) urządzenie na stopę

Głównym elektem stanowiska, dzięki któremu odbywa się kinezyterapia jest specjalistyczny „wózek” (2) sterowany stopą (1) mocowaną za pomocą rzepów (5). Ruch możliwy jest we wszystkich kierunkach na płaszczyźnie podłoża dzięki elementom tocznym (4). Ułożenie stopy na podstawie (3) podczas ruchu dostosowuje się do „wózka” dzięki dźwigni (6). Podczas przemieszczania układ (7) wysyła sygnał do komputera (11), co odpowiada określonym czynnościom w grze. W skład stanowiska wchodzi również bezprzewodowe urządzenie (8) do sterowania grą za pomocą rąk oraz fotel (9), do którego można podłączyć zestaw głośników (10).

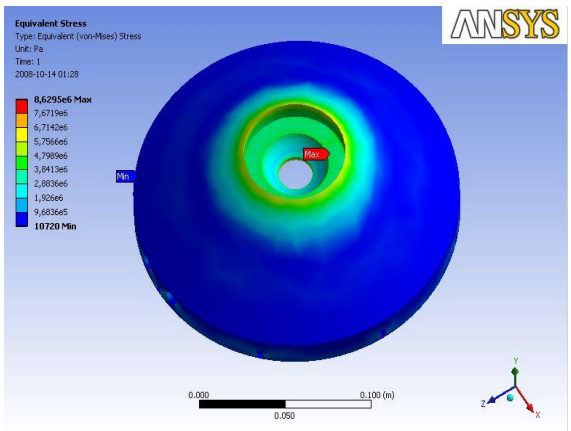
Zaprojektowane urządzenie cechuje się prostą budową i pozwala na szybką naukę obsługi. Programy ćwiczeń wykonywanych na stanowisku mają służyć przywróceniu sprawności grup mięśniowych w obszarze stawu kolanowego i biodrowego w trakcie gry na komputerze. Ruch jako środek leczniczy ma zdolność oddziaływania na wszystkie narządy naszego organizmu. Wykonywane ćwiczenia na zaprojektowanym stanowisku potrafią utrzymać pełny zakres ruchu danych stawów, a w przypadkach dysfunkcji mogą go przywrócić lub wyraźnie zwiększyć. Podczas zabawy pracujące mięśnie zwiększają swoją masę i siłę. Podejmowane czynności w wyniku terapii w przypadkach niedowładów lub porażeń mogą przywrócić czynności tych mięśni, poprawiając ich elastyczność oraz zwiększyć ich zdolność reagowania na bodźce układu nerwowego

4. WYNIKI

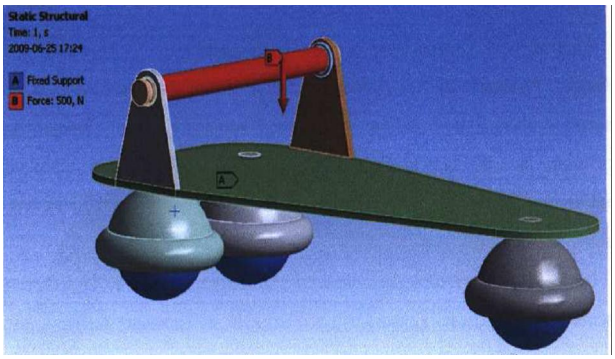
W celu weryfikacji wytrzymałościowej konstrukcji urządzeń przeprowadzono obliczenia przy użyciu programu Ansys. Warunki brzegowe przyjęte do analizy wytrzymałościowej urządzeń zostały dobrane ze względu na obciążenia występujące podczas wykonywania ćwiczeń. Wykonane w ten sposób symulacje numeryczne umożliwiły optymalizację urządzeń pod względem masy oraz poprawę konstrukcji ze względu na jaj cechy ergonomiczne. Otrzymane wyniki analizy numerycznej potwierdziły prawidłowy dobór parametrów geometrycznych i materiałowych przyjętych do wytworzenia prototypu, ponieważ maksymalne wartości naprężeń nie przekraczały wartości dopuszczalnych.



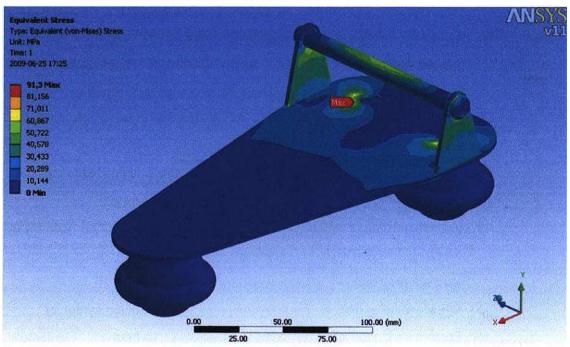
Rys.5. Warunki brzegowe



Rys.6. Naprężenia zredukowane



Rys.7. Warunki brzegowe



Rys.8. Naprężenia zredukowane

5. PODSUMOWANIE

Propozycja interaktywnych zabawek rehabilitacyjnych współpracujących z komputerem jest nowatorską na rynku krajowym. W opracowywanym systemie uwagę dzieci skupiają gry komputerowe, przez co się nie nudzą i chętniej będą powtarzać ćwiczenia. Można stwierdzić, iż proponowane systemy to współczesna forma fizykoterapii, gdzie miejsce rehabilitanta zajął komputer, natomiast żmudne ćwiczenia zastąpione zostały ciekawą zabawą.

Uzyskane informacje ze wstępnych badań potwierdziły użyteczność urządzeń w interaktywnej kinezyterapii dzieci. Dalsze badania zostaną przeprowadzone na szerszej grupie pacjentów zróżnicowanych ze względu na wiek i stopień schorzenia, które pozwolą na obiektywną ocenę urządzeń. Pomyślna weryfikacja działania urządzeń umożliwi wprowadzenie go do masowej produkcji. Szansą odniesienia sukcesu tego przedsięwzięcia jest poprawa jakości oferowanych usług medycznych oraz rosnące zapotrzebowanie na wirtualne gry i zabawy.

Praca naukowa finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach projektu R03 046 02.

LITERATURA

[1] Malinowska K., „Kinezyterapia”, Wydawnictwa Lekarskie PZWL, Warszawa 2006.
[2] Tejszerska D., Gzik M., Gąsiorek D., Wolański W., „Interaktywne systemy do rehabilitacji wad postawy u dzieci i młodzieży- Rehatoys”, Zeszyty Naukowe katedry Mechaniki Stosowanej nr.27 str. 138-141 (materiały w formie CD), Gliwice 2005.
[3] Kasperczyk T.: Wady postawy ciała – diagnostyka i leczenie, Kraków 1996.
[4] Tejszerska D., Świtoński E. i inni: Biomechanika inżynierska. Zagadnienia wybrane – laboratorium, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004.
[5] Tejszerska D., Gzik M., Gąsiorek D., Wolański W.: Interactive toys for children and teenagers’ faulty posteres correction - rehatoys, IX Międzynarodowe Seminarium Modelling and Optimization of Physical Systems, ZN KMS nr 28, str.129-132, Gliwice 2005.

INTERACTIVE DEVICES USED IN REHABILITATION OF LOWER LIMBS

Summary. This paper shows various designs of rehabilitation devices using modern informatics technologies for correction of lower limbs, especially at children and youth. Due to difficulties in rehabilitation in this group but also in order to make mandatory activities more attractive, application of interactive rehabilitation toys was proposed. The rehabilitation will go on with the help of specialist appliances during a computer game so the patient will be unaware of the process. The aspect of play is crucial with regards to an aversion of young patients for traditional methods of kinesytherapy.