

**Dagmara TEJSZERSKA**, Katedra Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska, Gliwice,  
**Michał TYRAŁA**, Koło Naukowe Biomechaniki przy Katedrze Mechaniki Stosowanej,  
Politechnika Śląska, Gliwice  
**Wojciech WOLAŃSKI**, Katedra Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska, Gliwice  
**Krzysztof GIEREMEK**, Górnośląska Wyższa Szkoła Handlowa, Katowice  
**Piotr SROCZYŃSKI**, Ortolan Sp. z o.o., Przedsiębiorstwo obrotu i produkcji urządzeń  
rehabilitacyjnych, Katowice

## **PROJEKT URZĄDZEŃ DO REHABILITACJI OSÓB Z ZABURZENIAMI PROPRIOCPCJI**

Streszczenie: W pracy przedstawiono projekt urządzeń do reedukacji osób z zaburzeniami propriocepcji. Prace projektowe zostały wykonane w programie Inventor 2009. Z uwagi na znaczenie takich urządzeń w rehabilitacji, ich konstrukcje cechują się wielofunkcyjnością. Dla zapewnienia bezpieczeństwa użytkowników została przeprowadzona analiza wytrzymałościowa elementów składowych najbardziej narażonych na uszkodzenie w programie Ansys Workbench. Otrzymane wyniki z obliczeń potwierdziły poprawność przyjętych założeń projektowych i dobranych parametrów konstrukcyjnych urządzeń.

### **1. WSTĘP**

Zaburzenia zmysłu równowagi zależą od rodzaju uszkodzenia lecz powody, które mogą przyczynić się do zaburzeń równowagi są różne i nie zależą one od wieku czy płci pacjenta. Zachowanie prawidłowej funkcji czucia głębokiego ma ogromne znaczenie w życiu człowieka, dlatego też ważne jest aby utrzymać ją w dobrej kondycji. W celu usprawnienia czynności odpowiadających za równowagę oraz pomocy w powrocie do sprawności konstruowane są urządzenia, które symulują codzienne czynności takie jak stanie czy chodzenie po schodach.

Propriocepcja inaczej zmysł czucia głębokiego umożliwia nam określenie położenia poszczególnych części ciała oraz ich przemieszczania się w przestrzeni. Czucie głębokie (propriocepcja) pozwala nam na stwierdzenie bez kontroli wzroku w jakiej pozycji znajdują się kończyny oraz mięśnie (czy są rozciągane, czy napinane). Do funkcji zmysłu równowagi należy również przypisać zdolność rozpoznawania ułożenia stawów, odczuwanie ruchów w stawie, odczuwanie oporu i siły wygenerowanej wokół stawu oraz ogólne odczuwanie wykonywanego ruchu [1, 2].

Rynek oferuje wiele urządzeń do rehabilitacji osób z zaburzeniami postawy oraz zmysłu równowagi (rys.1, rys.2, rys.3). Różnią się one wielkością, ciężarem, wyglądem, funkcjonalnością, zakresem wykonywanych ćwiczeń, możliwością regulacji i innymi cechami. Producenci urządzeń zalecają je również osobom po udarach mózgu, zabiegach alloplastyki stawów kolanowych i biodrowych, chorym na choroby demielinizacyjne, ale także dbającym o ładną sylwetkę i kondycję fizyczną. Dodatkowo urządzenia mogą mieć zastosowanie w zapobieganiu powstawania wad postawy ciała u dzieci. Jednakże, pomimo tak dużej różnorodności brakuje na rynku urządzeń, które cechowałyby się wielofunkcyjnością i miałyby szeroki obszar zastosowania. Dlatego podjęto próbę zaprojektowania zestawu urządzeń charakteryzujących się prostą budową, ale dających możliwość kompleksowej rehabilitacji osób z zaburzeniami propriocepcji.



Rys. 1. Zestaw urządzeń Gonge Balanco do poprawy sensomotoryki u dzieci [5]



Rys. 2. Urządzenie SRF do rehabilitacji osób z zaburzeniami zmysłu równowagi [4]



Rys. 3. Biodex Balance System do rehabilitacji osób z zaburzeniami propriocepcji [3]

## 2. PROJEKT URZĄDZEŃ REHABILITACYJNYCH

### 2.1. Założenia projektowe

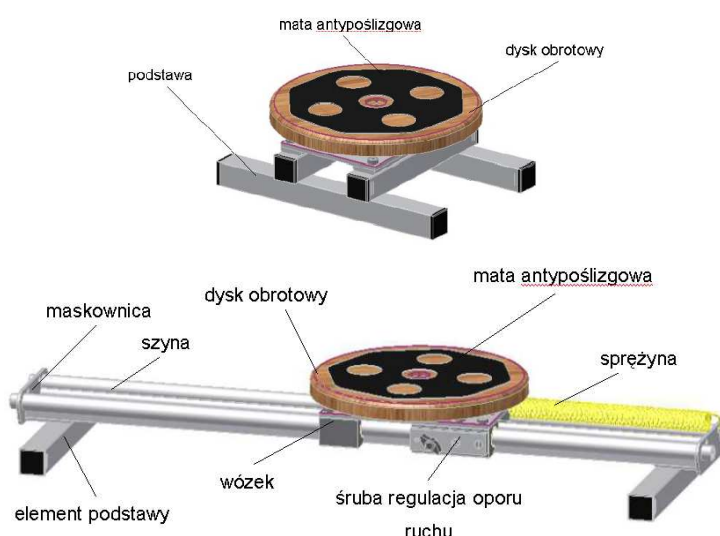
Użytkownikami projektowanych urządzeń są osoby, u których zachodzi konieczność prowadzenia rehabilitacji zmysłu równowagi, a w szczególności osoby z zaburzeniami układu sensomotorycznego. Są to osoby, których zmysł orientacji ułożenia części własnego ciała uległ uszkodzeniu na skutek wypadku, przeprowadzonego leczenia urazu lub chorób demielinizacyjnych. Dodatkowo urządzenia powinny być użyteczne w rehabilitacji osób po kontuzjach stawów biodrowych, kolanowych, skokowych oraz po urazach kręgosłupa. Powinny również wspomagać aktywność mięśni nóg i kręgosłupa, a także umożliwiać poprawę kondycji fizycznej, koordynacji ruchowej oraz rozwój propriocepcji. Przeznaczenie urządzeń przewidziane jest również dla sportowców i osób prowadzących zdrowy tryb życia oraz osób dbających o swoją sylwetkę i sprawność fizyczną. Urządzenia powinny spełniać następujące wymagania: obejmować szeroką grupę docelową, zapewniać bezpieczeństwo pacjenta podczas wykonywanych ćwiczeń, dawać możliwość regulacji w zależności od stopnia zaawansowania osoby w rehabilitacji, zapewnić niskie koszty produkcji oraz długą trwałość przy prostej konstrukcji. Urządzenia powinny wytrzymywać obciążenie 120 kg.

### 2.2. Koncepcje projektowe urządzeń

Opracowanie koncepcji projektowanych urządzeń zostało zrealizowane przy użyciu programu Autodesk Inventor 2009. W pracy przedstawiono warianty urządzeń, które spełniły wymagania przyjęte w założeniach projektowych. W skład opracowanego zestawu urządzeń do rehabilitacji osób z zaburzonym zmysłem równowagi wchodzi:

- szyna ślizgowa z dyskiem obrotowym (rys. 4),
- dysk do balansowania (rys.5),
- platforma balansowa (rys.6).

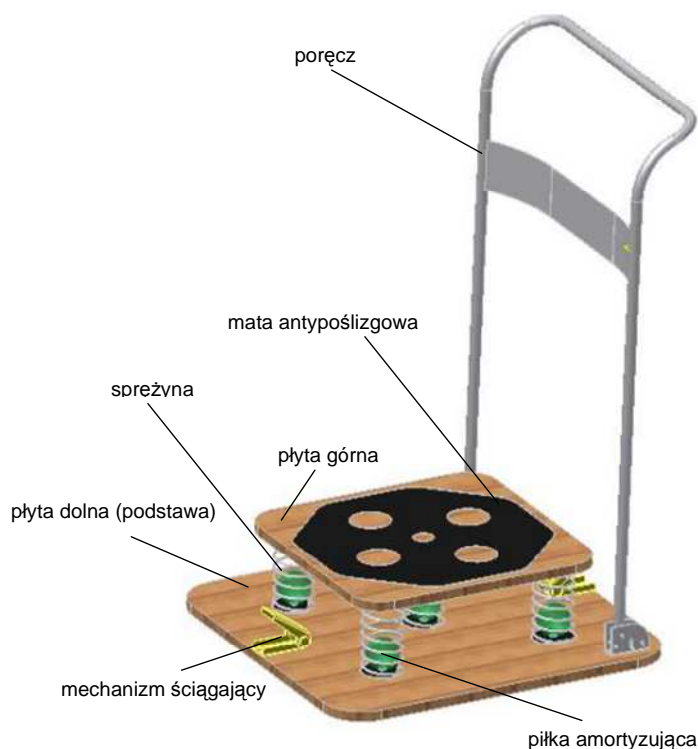
Przedstawione projekty urządzeń umożliwiają rehabilitację w pozycji stojącej. Pierwszy typ urządzenia umożliwia wykonywanie ruchów podobnych do chodu, drugi i trzeci niestabilne ruchy podłoża o większym lub mniejszym zakresie.



Rys. 4. Szyna ślizgowa z dyskiem obrotowym



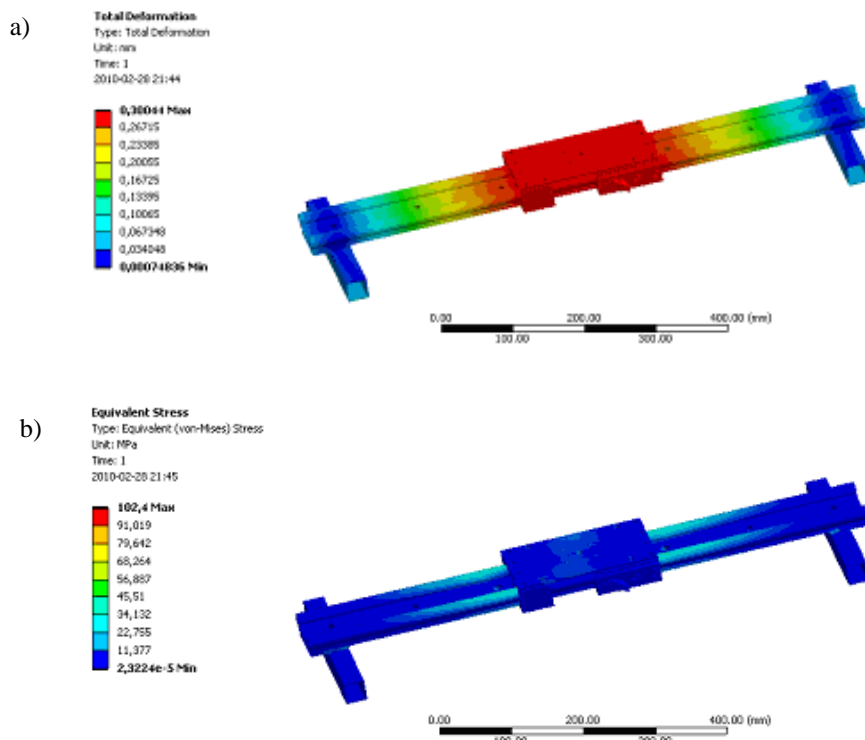
Rys. 5. Dysk do balansowania



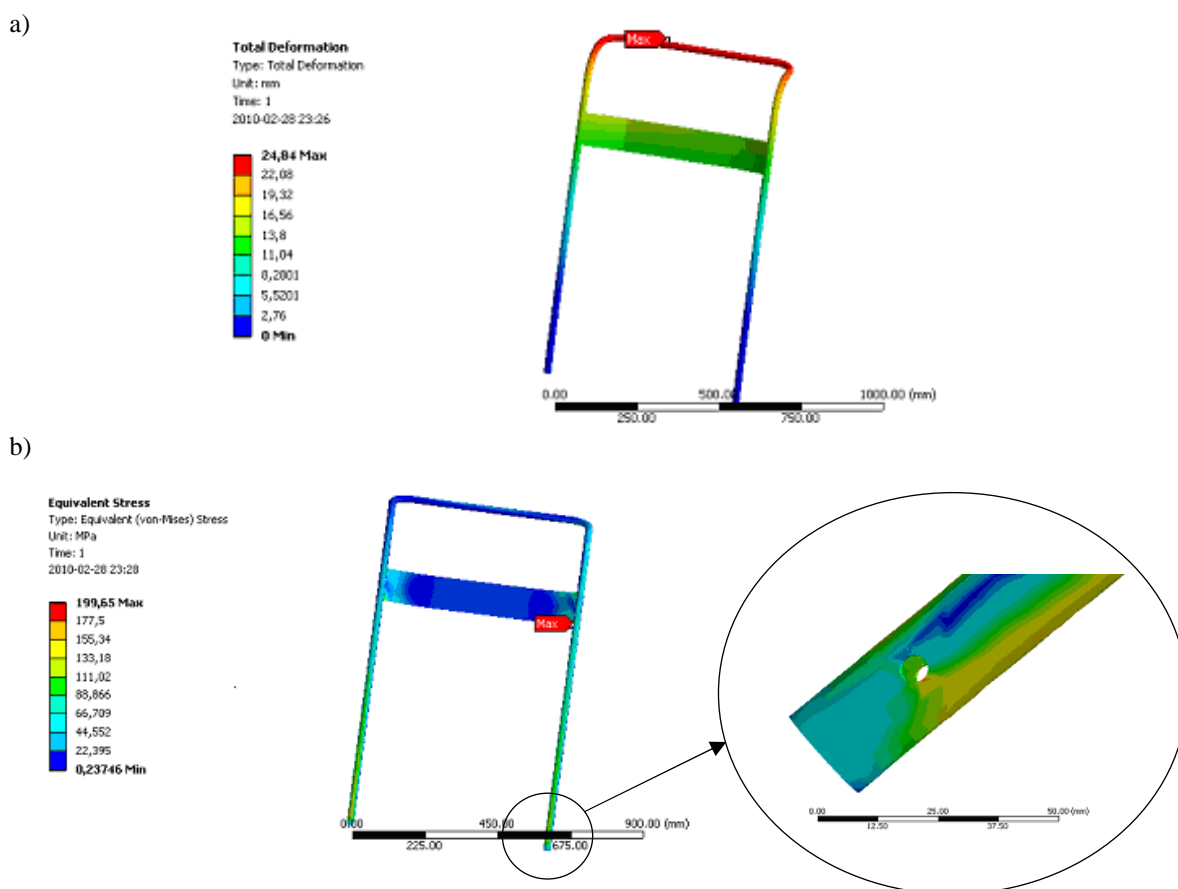
Rys. 6. Platforma balansowa

### 2.3. Analiza wytrzymałościowa opracowanych konstrukcji

Weryfikację wytrzymałościową urządzeń przeprowadzono w programie ANSYS Workbench przy wykorzystaniu metody MES. Analizie wytrzymałościowej poddano elementy urządzeń najbardziej narażone na uszkodzenia tj.: szynę wzdłużną urządzenia pierwszego wraz z elementami podstawy oraz wózek umieszczony na szynie oraz poręcz zabezpieczającą przed upadkiem w urządzeniu trzecim. Obliczenia numeryczne dostarczyły nam informacji o przemieszczeniach, odkształceniach oraz naprężeniach elementów poddanych weryfikacji. Należy zaznaczyć, że we wszystkich przypadkach naprężenia i odkształcenia zostały wyznaczone w oparciu o hipotezę Hubera-Misessa. Do weryfikacji wytrzymałościowej szyny wzdłużnej urządzenia pierwszego przyjęto obciążenie równe 1,2kN (tj. ok. 120 kg masy osoby ćwiczącej), natomiast poręcz obciążono siłą wynoszącą 500 N. Uzyskane wyniki z analizy wytrzymałościowej metodą MES w postaci barwnych map przedstawiono na poniższych rysunkach.



Rys. 7. a) Mapa przemieszczeń, b) mapa naprężeń szyny wzdłużnej



Rys. 8. a) Mapa przemieszczeń, b) mapa naprężeń poręczy zabezpieczającej

Z przeprowadzonej weryfikacji wytrzymałościowej wynika, że elementy konstrukcyjne urządzeń zostały poprawnie dobrane i nie ulegną zniszczeniu przy zadanym obciążeniu. Potwierdzeniem na to są uzyskane współczynniki bezpieczeństwa, które we wszystkich przypadkach były dużo większe od 1. Informuje to nas o tym, że otrzymane maksymalne naprężenia nie przekroczyły wartości dopuszczalnych. W procesie projektowania platformy balansowej dokonano również doboru sprężyn umieszczonych pomiędzy płytami. Maksymalne obciążenie płyty górnej 120 kg rozłożono równomiernie na pięć sprężyn. Sztywność jednej sprężyny dobranej dla jednej piątej całkowitej siły i przy maksymalnym przemieszczeniu równym 6 cm wyniosła 4 kN/m.

### 3. PODSUMOWANIE

W pracy przedstawiono proces projektowania konstrukcji urządzeń do rehabilitacji osób z zaburzeniami zmysłu równowagi (czucia głębokiego). Finalne urządzenia opracowano metodą modelowania bryłowego przy zastosowaniu programu Autodesk Inventor 2009, w którym wykonano projekty. Podczas projektowania starano się wykorzystać, jak najwięcej elementów znormalizowanych dostępnych na rynku. Zaprojektowane urządzenia poddano analizie wytrzymałościowej przy użyciu metody MES w programie ANSYS. Takie podejście pozwala na obniżenie zarówno czasu jak i kosztów wykonania prototypów urządzeń. Wyniki przeprowadzonej analizy wykazały, że siły działające na projektowane elementy urządzeń nie spowodują uszkodzenia danego elementu. Jednak dla całkowitej pewności istnieje konieczność przeprowadzenia badań na fizycznych modelach. Dopiero pełna weryfikacja wytrzymałościowa numeryczna i doświadczalna, daje możliwość uzyskiwania rzeczywistych wyników, a co za tym idzie właściwych wniosków.

### LITERATURA

- [1] Brotzman B. S., Wilk K. E.: Rehabilitacja ortopedyczna. Tom 1 i 2. Wydawnictwo Elsevier Urban & Partne, Wrocław 2007r.
- [2] Nowotny J. i inni: Kształtowanie umiejętności ruchowych. Podstawy teoretyczne oraz aspekty praktyczne. Podręcznik dla studentów fizykoterapii. Część I, Wydawnictwo Śląskiej Akademii Medycznej, Katowice 2002r.
- [3] <http://biodex.pl>
- [4] <http://www.fitter1.com>
- [5] <http://www.klubben.pl>

## **THE PROJECT OF REHABILITATION DEVICES FOR PEOPLE WITH THE PROPRIOCEPTIVE DYSFUNCTION**

Summary. The project of rehabilitation devices for people with the proprioceptive disorder was presented in this paper. Development of the multifunctional devices was made using Inventor 2009. Usefulness of the devices construction was found on the base of strength analysis using Ansys Workbench. Obtained results testified correct choice of project assumption data.