

**Waldemar BIELAMOWICZ, Michał BOBROWSKI, Maciej KIELAR,
Paweł KOKUŁA, Sebastian KRAL, Krzysztof KRUKOWSKI, Łukasz MAŃKA,
Daniel PIETRUSIŃSKI, Paweł PTAK, Michał SOWA,** Studenckie Koło Biomechaniki
przy Katedrze Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska, Gliwice

PROJEKT PARAPODIUM DYNAMICZNEGO

Streszczenie. Tematem referatu jest projekt parapodium dynamicznego, który wykonano z myślą o rehabilitacji 3-letniego dziecka. Zostały tu zawarte aspekty dotyczące roli jaką powinien spełniać tego rodzaju pionizator dynamiczny z uwzględnieniem jego funkcjonalności. Ponadto skupiono się na samej konstrukcji urządzenia, biorąc pod uwagę charakterystyczne elementy oraz sposób w jaki ma być realizowany ruch poprzez pacjenta użytkującego tego typu sprzęt.

1. WSTĘP

Zagadnienie, które zostało podjęte to realizacja projektu parapodium dynamicznego. Jest to swego rodzaju pionizator dynamiczny, łączący cechy zarówno pionizatorów biernych, jak i aktywnych. Umożliwia on osobom niepełnosprawnym znacznie pełniejszą rehabilitację, głównie poprzez przyjmowanie pozycji wyprostowanej jednocześnie z wymuszeniem pracy kończyn dolnych. Mimo, iż chód w parapodium różni się od naturalnego chodu człowieka, jest to z pewnością ogromny przełom w rehabilitacji paraplegików.

Projekt urządzenia został wykonany z przeznaczeniem dla dziecka, posiada on jednakże możliwość regulowanej długości zarówno podstawy jak i wysokości, co pozwala na jego użytkowanie w różnych etapach rozwoju dziecka. Ważnym elementem jest również sposób w jaki wykonywany jest ruch, uwzględniając bezpieczeństwo i funkcjonalność parapodium. Rozwiązanie konstrukcyjne poparte fotografiami, jak też wszystkie aspekty techniczne zostały zawarte w dalszej części pracy

2. PARAPODIUM – OPIS

2.1. Przeznaczenie urządzenia oraz istota działania

Głównym zadaniem parapodiów dynamicznych, będących grupą pionizatorów dynamicznych, jest wspomaganie rehabilitacji osób niepełnosprawnych.

Umożliwiają one niepełnosprawnym osobom:

- przyjmowanie pozycji wyprostowanej z korzystnym wymuszeniem pracy kończyn dolnych, a przez to następuje: likwidacja przykurczy stawowych i mięśniowych oraz spastyczności, prawidłowy metabolizm w tkankach, likwidacja odleżyn, fizjologiczne obciążenie układu kostno – stawowego, pobudzenie fizjologicznych czynności narządów wewnętrznych, normalizacja pracy układu sercowo-naczyniowego i oddechowego,

- samodzielne, całkowicie bezpieczne poruszanie się siłą własnych mięśni bez potrzeby dostarczania energii zewnętrznej, co zwiększa samodzielność osoby niepełnosprawnej
- pełniejszą rehabilitację,
- przygotowanie kondycyjne do ewentualnego uprawiania sportu.



Rys.1. Parapodium dynamiczne

Urządzenie to opracowane zostało z wykorzystaniem modelowania komputerowego w zakresie bioniki ruchu. Parapodium wymaga od pacjenta pewnej sprawności górnych partii organizmu (kończyny górne, obręcz barkowa itp.). Mimo, iż chód w parapodium różni się od naturalnego chodu człowieka jest to z pewnością ogromny przełom w rehabilitacji paraplegików.

Aparat ten umożliwia chorym, ze sprawnymi kończynami górnymi i całkowitym porażeniem kończyn dolnych, samodzielne spionizowanie się, wprost z wózka inwalidzkiego oraz siadanie na wózku inwalidzkim lub na innej poziomej powierzchni wprost z parapodium. Pacjent może bezpiecznie się poruszać w pozycji wyprostowanej bez tak znacznego angażowania kończyn górnych jak w przypadku poruszania się na wózku inwalidzkim.

Istotną zaletą parapodium jest to, że chory może w racjonalny sposób wykorzystać wolny czas wykonując rękoma różne czynności. Ręce bowiem nie są zaangażowane do utrzymania ciała w pozycji stojącej. Rolę tę spełniają płozy spoczywające na podłodze, a nie kule, jak w innych aparatach. Dzięki temu konstrukcja parapodium jest tak stabilna, że nawet omdlenie użytkownika nie grozi upadkiem. Dodatkową korzyścią płynącą z korzystania z urządzenia jest możliwość wykonywania rehabilitacyjnych ćwiczeń fizycznych, niedostępnych w innych pozycjach, niż stojąca.

2.2. Istota działania

Realizacja chodu polega na kołysaniu się pacjenta na boki, przez co uzyskuje się rytmiczne wychylenie tułowia w prawo i w lewo. Dzięki temu kołysaniu dochodzi do odrywania od podłoża raz prawej, raz lewej stopy. Uniesiona stopa jest przemieszczana

w przód, w tył lub obracana na zewnątrz rękoma użytkownika, spoczywającymi na dźwigniach umieszczonych z boków aparatu.

Dzięki odpowiedniemu rozwiązaniu konstrukcyjnemu nie następuje zaczepianie elementów uniesionej części aparatu o podłoże, a dodatkowo wymuszane ruchy w stawach śródstopia, zapobiegają ich zrostom i degeneracji. Z badań przeprowadzonych wśród użytkowników wynika, że regularne korzystanie z pionizacji dynamicznej wpływa korzystnie nie tylko na fizyczny, ale i na psychiczny stan chorego. Użytkownicy wskazali na następujące pozytywne rezultaty stosowania tych aparatów:

- powrót właściwej pracy organów wewnętrznych (szczególnie w odniesieniu do układów pokarmowego i moczowego) oraz poprawę ogólnego stanu organizmu, dzięki lepszemu dotlenieniu i ogólnemu wzmocnieniu oraz rozruszaniu ciała,
- większa odporność na chwilowe wzrosty zapotrzebowania na energię (wysiłek, stres), podwyższenie ogólnej sprawności,
- ustępowanie różnych dolegliwości fizycznych (np.: ustąpienie omdleń, zanik szumienia w uszach, zmniejszenie bolesności pośladków),
- możliwość samodzielnego wstawiania, przebywania w pozycji stojącej twarzą w twarz z osobami zdrowymi,

3. KONSTRUKCJA

Obliczenia wytrzymałościowe wykonano dla stali nierdzewnej, z której wykonana jest konstrukcja, oraz tworzywa sztucznego (nóżki parapodium). Przy zastosowanym modelu obciążeń wartości graniczne naprężeń nie zostały przekroczone. Największe otrzymane naprężenia wynoszą 176,8 MPa (granica plastyczności stali – 207 MPa) i występują one w miejscu połączenia części bocznej „nogi” parapodium z jego podstawą, co jest zaznaczone na rysunku (rys.3.). Naprężenia te są efektem skrajnych obciążeń konstrukcji odpowiadających maksymalnemu wychyleniu dziecka w lewą stronę. W modelu zastosowano podpory stałe w miejscach styku nówek z podłożem. Powierzchnia każdej z nówek to odpowiednio 0,001 m² oraz 0,0003 m² dla 4. nówek większych, oraz 4. nówek bocznych podporowych.

Zadane obciążenia:

Ciśnienie zostało przyłożone na podnóżki, celem odwzorowania nacisku pochodzącego od nówek dziecka. Powierzchnia każdego z podnóżków to 0,013 m². Wartość ciśnienia odpowiada wadze ok. 30 kg, co daje nacisk odpowiadający 60 kg na dwa podnóżki. Wartość ta przekracza wagę 3 letniego dziecka która waha się w granicach 15 kg, jednakże wzięto pod uwagę rozwój dziecka (wzrost jego wagi), oraz zakres bezpieczeństwa. W wariancie odpowiadającym wychyleniu dziecka wartość ciśnienia jest większa (ponieważ ciężar ciała przeniesiony jest na jedną stronę) i odpowiada naciskowi pochodzącego od ok. 46 kg.

Siły obciążające model zostały w uproszczeniu przyłożone punktowo. Są to siły pochodzące od rączek dziecka oraz od tułowia.

Przemieszczenia elementów konstrukcji nie przekraczają 3 mm i występują w miejscu podparcia ręki dziecka w momencie skrajnego odchylenia w jedną ze stron, co zostało przedstawione na rysunku poniżej (rys.2.) i zaznaczone na czerwono.

4. PARAPODIUM – OBLICZENIA

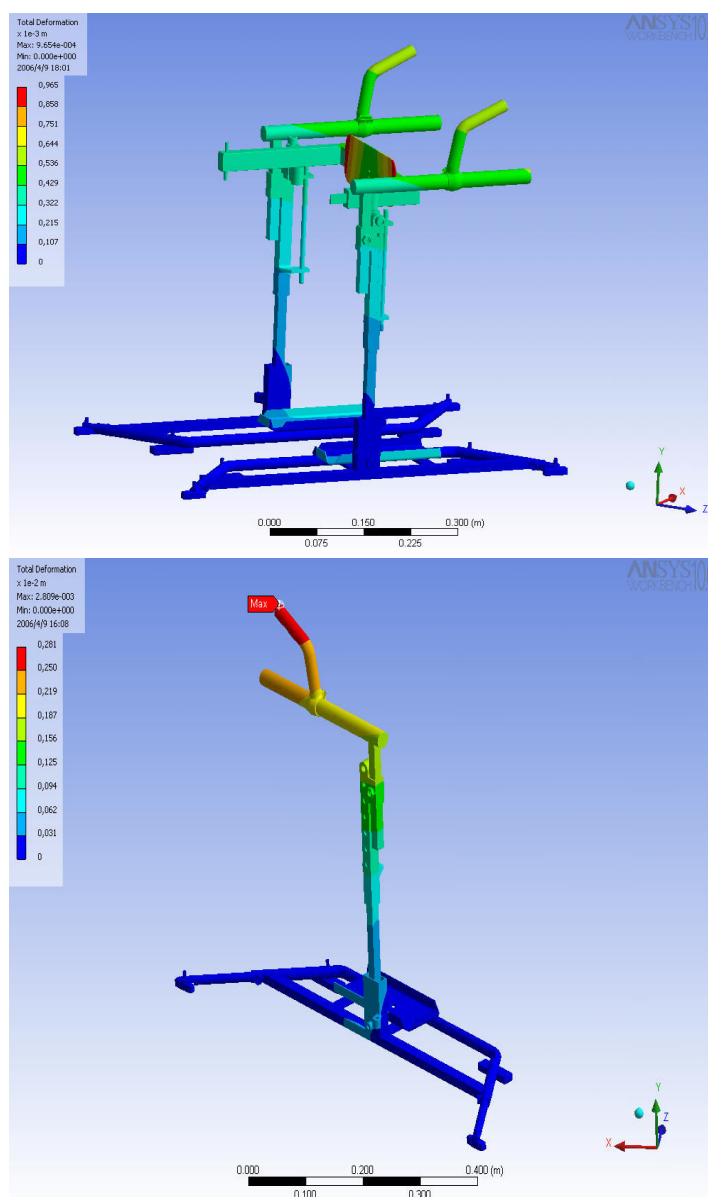
4.1. Obciążenie całego modelu

Układ został podparty na podnóżkach, na których opiera się cała konstrukcja podczas swobodnego ustawienia. Na dwa podnóżki zostało przyłożone ciśnienie odpowiadające naciskowi dwóch nóg 3 letniego dziecka. Waga trzyletniego dziecka wynosi w przybliżeniu 15 kg. Przyłożone wartości ciśnienia 25 KPa odpowiadają ok. 33 kg, czyli zachowany jest duży zapas bezpieczeństwa. Zapewnia to możliwość użytkowania parapodium również przez dzieci starsze.

Dodatkowo model obciążony został siłami: 100N – siła odpowiadająca naciskowi tułowia dziecka, jak również po 10N nacisku rąk dziecka.

Naprężenia maksymalne wg hipotezy Hubera – von Missesa wynoszą 153 MPa i występują w miejscu połączenia ramy utrzymującej tułów oraz „nogi” bocznej parapodium.

Maksymalne przemieszczenia wynoszą ok. 1 mm i występują na płycie która utrzymuje tułów dziecka.



Rys.2. Rozkład przemieszczeń

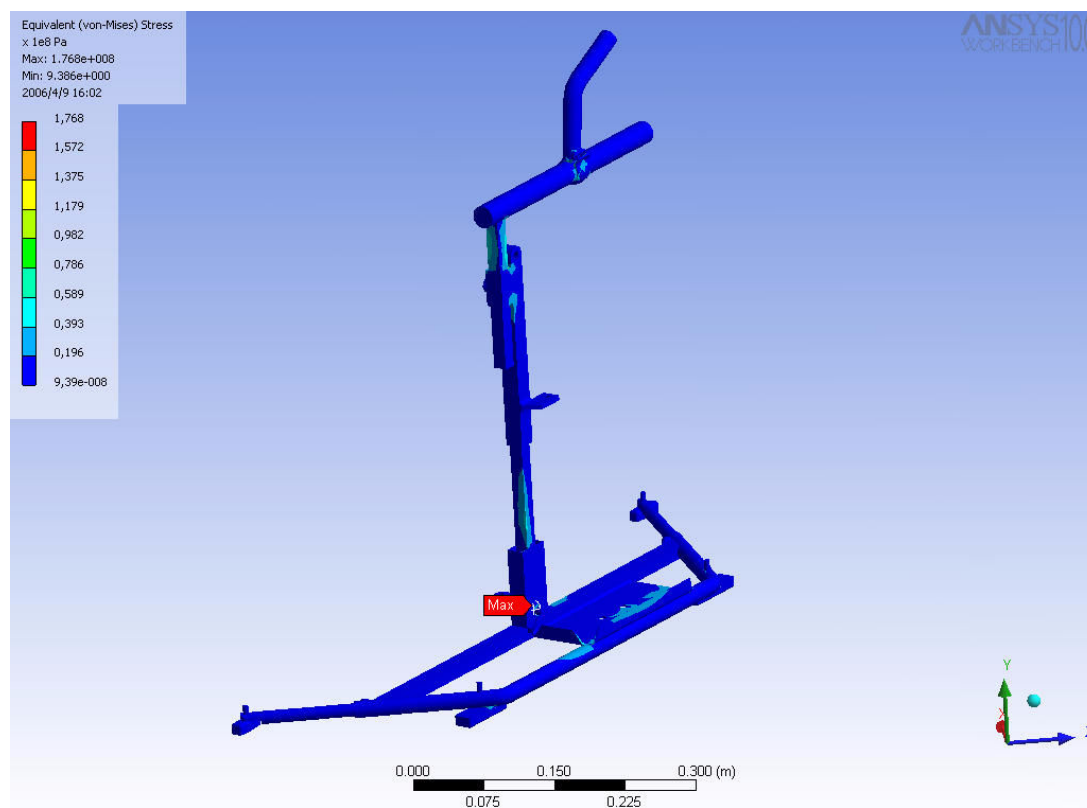
4.2. Obciążenie stałe lewej „nogi” parapodium

Układ został podparty w miejscu styku nóżek z podłożem. Kontakt 4 nóżek ma miejsce podczas poruszania się dziecka sposobem „wahadłowym”, parapodium obiera się na zmianę raz lewą, a raz prawą „nogą”

Jako obciążenia modelu przyjęto ciśnienie zadane na podnóżek, oraz siłę w miejscu chwytu ręki dziecka. Siła skierowana jest pod odpowiednim kątem, ze względu na to, że dziecko steruje parapodium poprzez wcześniej już wspomniany ruch wahadłowy, przenosząc ciężar ciała z lewej na prawą stronę, co objawia się cyklicznym obciążaniem zaznaczonych elementów konstrukcji.

Wartość ciśnienia to 35 kPa – odpowiada ono ok. 46 kg, oraz siły – 150N.

Maksymalna wartość naprężeń to 176,8 MPa i występują one w miejscu połączenia części bocznej „nogi” parapodium z jego podstawą. Pozostałe naprężenia widoczne są na rysunkach. Maksymalne przemieszczenia wynoszą ok. 3 mm. w miejscu gdzie dziecko opiera rękę



Rys.3. Rozkład naprężeń

4.3. Obciążenie lewej nogi parapodium z uwzględnieniem momentu działającego na połączenie ramy utrzymującej tułów dziecka z „nogą” parapodium.

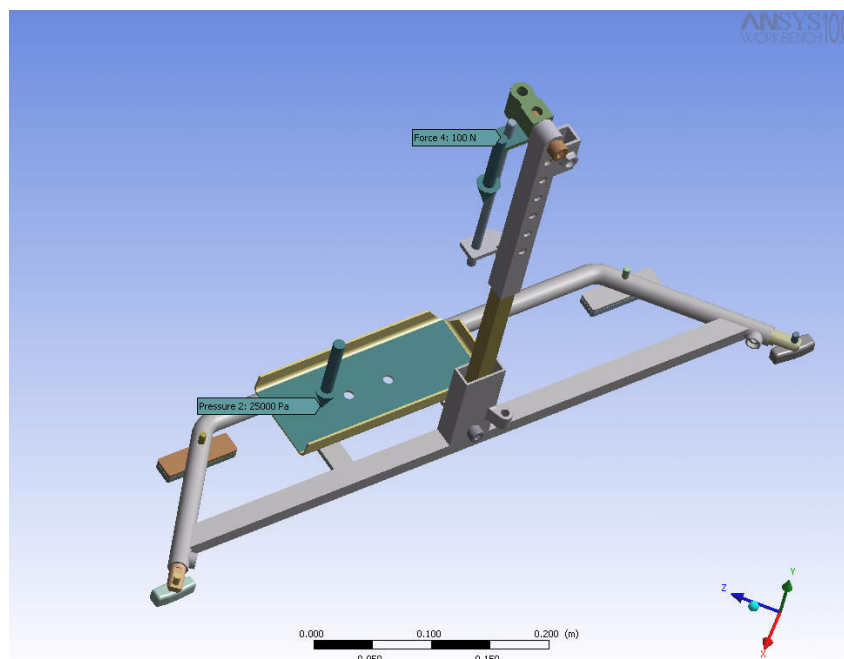
Podpory stałe zostały umieszczone tylko na dwóch wewnętrznych nóżkach, ponieważ rozpatrywany przypadek opisuje swobodne ustawienie parapodium.

Obciążenia to – ciśnienie 25 kPa umieszczone na podnóżku, siła – 100N – siła od górnej części parapodium odsunięta od osi „nogi” parapodium, celem odzwierciedlenia momentów działających na połączenie ramy i dolnej części konstrukcji.

Otrzymano naprężenia, o maksymalnej wartości ok. 64 MPa, które występują w obrębie podnóżka.

Na zdjęciach przedstawiono również naprężenia w śrubie łączącej „nogę parapodium” z ramą górną.

Maksymalne przemieszczenia elementów konstrukcji wynoszą ok. 0,3 mm i występują wzdłuż podnóżka.



Rys.4. Przyłożone siły

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Parapodium zostało dostosowane do dziecka w wieku 3 lat, jednakże może ono być stosowane z powodzeniem również w późniejszym wieku, pozwala na to zastosowana regulacja wysokości ramy, oraz odległość rozstawu nóg. Dodatkowo konstrukcja jest w stanie przenieść 3-krotnie większe obciążenia niż waga 3 letniego dziecka, co jest niewątpliwie ważnym aspektem biorąc pod uwagę rozwój potrzeby pacjenta..

LITERATURA

- [1] Skalmierski B.: Mechanika – Podstawy mechaniki klasycznej. Częstochowa 1998
Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej
- [2] <http://www.mpw.pw.edu.pl/pdf/wklpaz.pdf>
- [3] <http://www.ssomeort.com.pl/>
- [4] <http://www.tetraplegik.com>

PROJECT OF A DYNAMIC PARAPODIUM

Summary. The main theme of this paper is project of a dynamic parapodium, which was designed for 3-years old child. We have there many aspects connected with destination of that parapodium. Besides there are information about construction and about characteristic elements. Another important thing is to show the way of use that parapodium.