

Grzegorz WARMUZ, Koło Naukowe Biomechaniki przy Katedrze Mechaniki Stosowanej Politechniki Śląskiej

Tomasz CZAPLA, Paweł JURECZKO Katedra Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska

PROJEKT URZĄDZENIA DO BADANIA SKLEPIENIA STOPY CZŁOWIEKA

Streszczenie. W artykule przedstawiono projekt stanowiska pomiarowego do badania kształtu stóp obciążonych równomiernie lub naprzemiennie. Urządzenie to jest wykorzystywane w trakcie diagnozowania i leczenia różnego rodzaju schorzeń takich jak płaskostopie, stopa koślawo-płaska, koślawość palucha. Dla opisanego urządzenia wykonano analizę wytrzymałościową dla dwóch wariantów obciążenia. Wyniki zamieszczono w publikacji.

1. WSTĘP

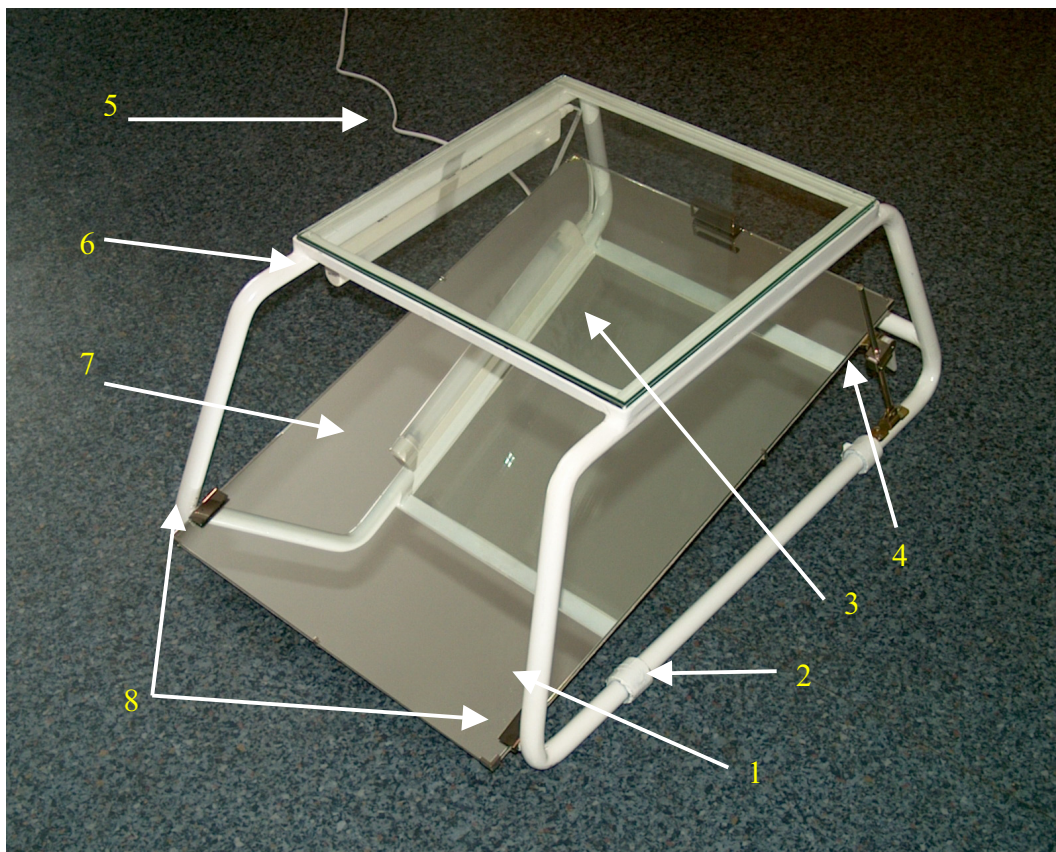
Dysfunkcje kończyn dolnych mogą mieć różne podłoże powstawania. Przyczyny zaburzeń chodu i postawy są związane z różnego rodzaju czynnikami zewnętrznymi, np. nadmierne obciążenie, jak i wewnętrznymi związkami z przebytymi chorobami lub nabytymi urazami.

Częstość występowania i różnorodność patologicznych zmian sklepienia stóp sprawia, że opracowano wiele metod badawczych, np. według Wejsfloga, Chromego, czy Przybylskiego i Sikorskiego [1,4,5]. Inną z metod badania i dokumentacji zniekształceń stóp jest metoda plantograficzna, polegająca na wykonywaniu odbitek podeszwy stopy i dokonywanie pomiarów odchyleń. Przy ocenie plantogramu, bierze się pod uwagę dwa układy linii umownych; układ wewnętrzny, dotyczący odbitki stopy, jak i części nie zabarwionych, zawartych między odbitką stopy a układem zewnętrznym linii pomocniczych.

Na podstawie wcześniej opisanej metody powstała podoskopia, gdzie oglądanie powierzchni podeszwowych stóp odbywa się w lustrze. Badany stoi na grubej płycie szklanej a lustro pokazuje obraz podeszwy. Zaletą tej metody jest możliwość fotografowania lub filmowania podeszwy stóp, oraz wyznaczenie stref podparcia oraz stref styku [2].

2. BUDOWA URZĄDZENIA

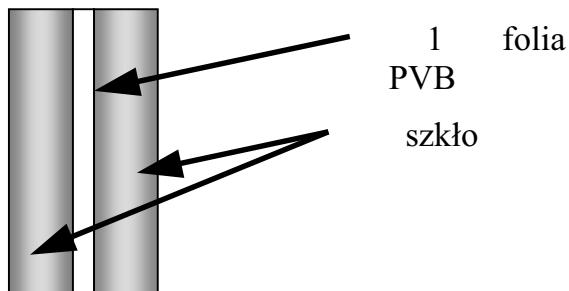
Urządzenie do badania sklepienia stopy człowieka składa się wyprofilowanej ramy wykonanej z rurek stalowych o średnicy 21 mm (Rys.1). Do ramy nośnej przyspawano kolejną ramę z kątownika, na której została zamocowana szyba laminowana o wymiarach 0,4 x 0,4 m i grubości 10 [mm]. Szyba ta składa się z dwóch tafli szkła, połączonych ze sobą za pomocą folii PVB lub żywicy (Rys.2), dzięki temu zwiększono własności mechaniczne. Dopuszczalne naprężenie zginające zastosowanego szkła SGG STANDIP PROTECT wynosi 1 GPa [3].



Rys.1. Budowa urządzenia do badania sklepienia stopy człowieka

Elementy składowe:

1. Rama wykonana z rurek stalowych $\text{Ø}21$ mm
2. Gumowe podpórki
3. Szyba laminowana SGG STADIP PROTECT $0,4 \times 0,4$ m
4. Regulator kąta pochylenia lustra
5. Przewód zasilający
6. Świetlówka (model TCF1808)
Napięcie zasilania: $\sim 230\text{V}$; 50Hz
Źródło światła: świetlówka 8W
7. Lustro 650×435 mm
8. Zawiasy mocujące lustro

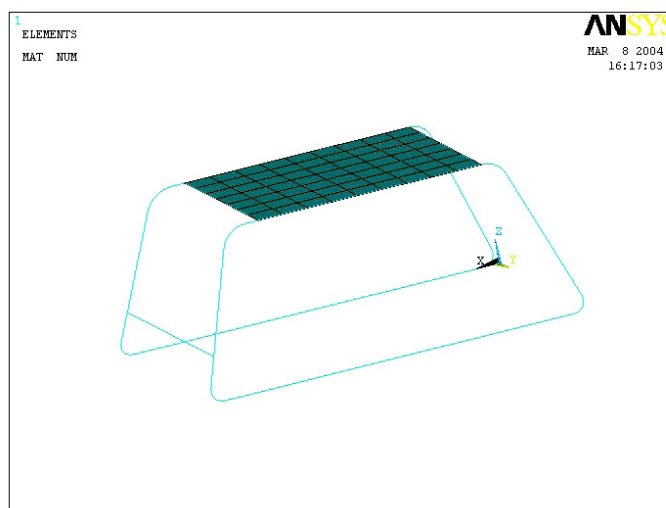


Rys.2. Budowa szyby laminowanej

3. ANALIZA WYTRZYMAŁOŚCIOWA

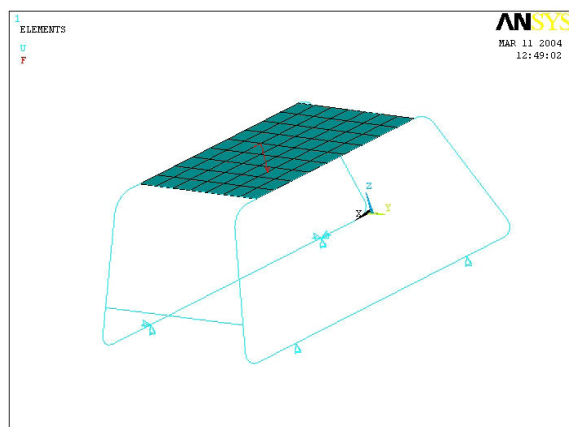
Weryfikację wytrzymałościową projektowanego urządzenia przeprowadzono za pomocą metody elementów skończonych. Rozpatrzono dwa przypadki obciążenia. Pierwszy z nich odpowiadał sytuacji, gdy badana osoba wchodzi na urządzenie. Drugi, gdy pacjent stoi obunóż na płycie, zatem ciężar ciała rozłożony jest równomiernie na dwie nogi.

Urządzenie zostało zamodelowane w programie ANSYS. Model zbudowano z 301 elementów i 289 węzłów. Rama zamodelowana jest elementami belkowymi Beam4, płyta natomiast elementami Shell63.

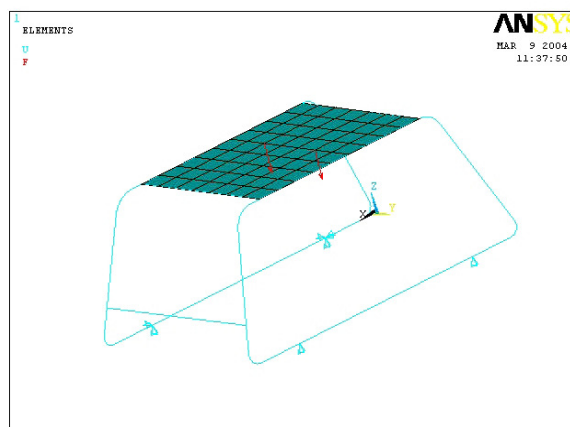


Rys.3. Model urządzenia wykonany w programie ANSYS

Na rysunku 4a umieszczono siłę w jednym punkcie i przyjęto, że jest to siła, z jaką pacjent wywiera przy wchodzeniu na urządzenie, natomiast rysunek 4b przedstawia miejsce obciążenia płyty w dwóch punktach (na płaszczyźnie płyty). Są to siły, jakie działają, gdy pacjent stoi na urządzeniu.

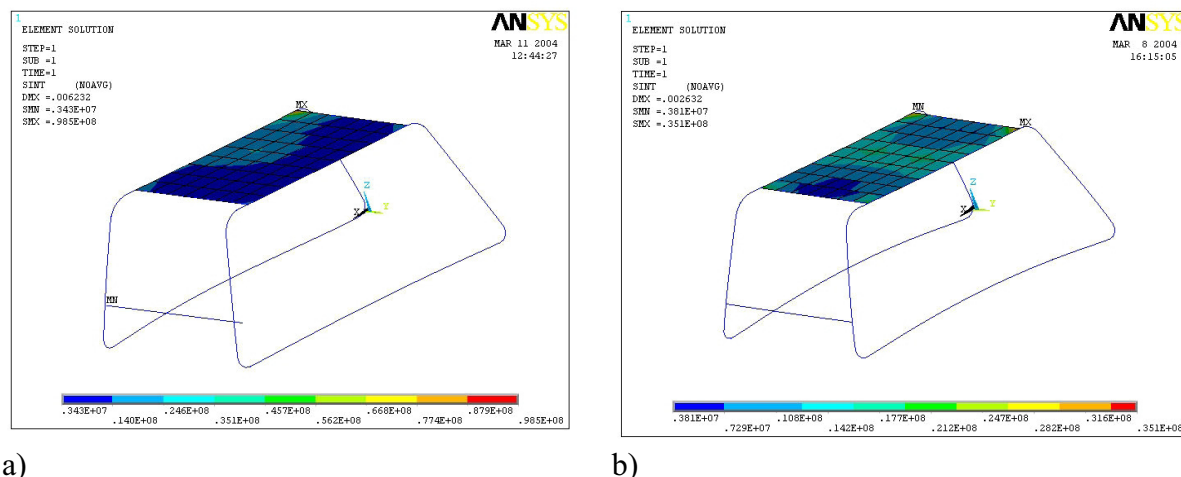


a) $F = 3\text{kN}$



b) $F = 2 \cdot 1.5\text{kN}$

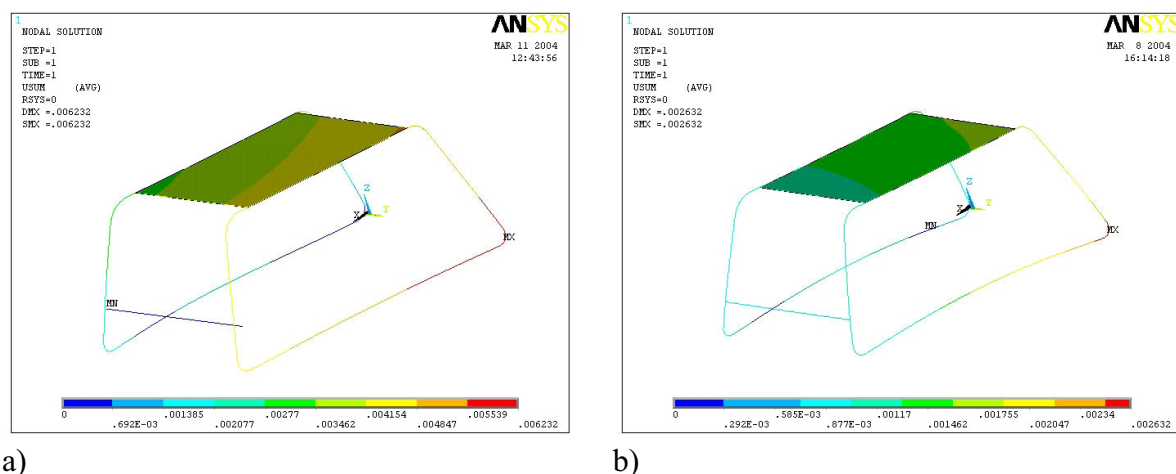
Rys.4. Obciążenie urządzenia w momencie a) wchodzenia b) stania pacjenta



Rys.5. Naprężenie urządzenia w momencie a) wchodzenia b) stania pacjenta

Największe naprężenia występują w momencie wchodzenia na płytę (rys. 5) wynosiły one 98,5 MPa, są one prawie trzykrotnie większe niż w przypadku stania wynoszą 35,1 MPa.

Naprężenia te występują najczęściej na narożach płyty i w miejscu przyłożenia obciążenia, zawierają się pomiędzy 3,81 a 35,1 MPa (dla stania na urządzeniu) i pomiędzy 3,43 a 98,5 MPa (dla momentu wejścia na urządzenie).



Rys.6. Przemieszczenia urządzenia w momencie a) wchodzenia b) stania pacjenta

Największe przemieszczenia występują u podstawy konstrukcji i wynoszą maksymalnie 6,232 [mm] dla pierwszego przypadku, oraz 2,632 [mm] dla przypadku drugiego. Najmniejsze przemieszczenia występują natomiast w miejscu łączenia dwóch naprzeciw ległych "trapezów". Występujące ugięcie jest spowodowane brakiem wzmocnienia porzecznego, ponieważ zasłaniałoby widok odbicia w lustrze. Zamocowanie tego wzmocnienia nie jest konieczne, bo ugięcia są na tyle niewielkie, że nie stanowią zagrożenia bezpieczeństwa pacjenta.

4. PRZEBIEG BADAŃ

Przed rozpoczęciem badania, należy ustawić przyrząd na płaskiej powierzchni. Nierówności podłoża mogą mieć zły wpływ na dokładne sprecyzowanie schorzeń. Urządzenie do badania jest wykonane ze stabilnych materiałów, co daje nam możliwość swobodnego

i bezpiecznego korzystania. Przed wejściem na nie, należy włączyć oświetlenie, które znajduje się z lewej strony urządzenia oraz ustawić lustro pod odpowiednim kątem. Czynności te mają również wpływ na prawidłowe wykonanie badania. Światło daje możliwość lepszej widoczności, co jest szczególnie przydatne w miejscach przyciemnionych, gdzie dopływ światła jest ograniczony. Po wykonaniu tych czynności można swobodnie stanąć gołą stopą na urządzeniu, uważając, aby nie uszkodzić lustra. Stopa powinna być sucha, aby zapewnić właściwą przyczepność.



Rys. 6 Pomiar kształtu sklepienia stopy człowieka

Badanie przy użyciu zaproponowanego urządzenia składa się z dwóch etapów:

- a) pacjent staje na płycie, oglądamy kształt stóp, obecność zgrubień na skórze, odciski, sposób obciążania przodostopia, śródstopia, palców stopy;
- b) pacjent staje naprzemiennie na jednej stopie, oglądamy zmianę kształtu stopy pod obciążeniem (płaskostopie) stabilność dolnego stawu skokowego, jednocześnie obserwujemy zachowanie kręgosłupa pacjenta (skrzywienia boczne). Badanie takie pozwala ocenić wady chodu, ponieważ jest schematycznym odwzorowaniem faz chodu (okres pełnego obciążenia, faza neutralna, okres odbicia)

5. PODSUMOWANIE

Urządzenie to służy do szybkiego i prostego badania stóp pacjenta, oceny wad chodu, badania statycznego i dynamicznego stopy. Ocena kształtu stopy, jej funkcji w trakcie obciążania daje olbrzymią ilość podstawowych informacji koniecznych do stawiania diagnozy i leczenia następujących schorzeń:

- płaskostopie,
- bóle stawów kolanowych i podudzia,
- dolegliwości bólowe stawów biodrowych i kręgosłupa szyjnego,
- lędźwiowego oraz skoliozy.

LITERATURA

- [1] T. Zuk, A. Dziak: Propedeutyka ortopedyczna. Wyd. 2 uzupełnione. Warszawa, 1977r.
- [2] Prof. Dr W. Dega i in.: Ortopedia i rehabilitacja. Wyd 2 poprawione. Warszawa: Państwowy zakład wydawnictw lekarskich, 1968.
- [3] Saint – Gobain Glass: Przewodnik po szkłe. Wyd. 2000. Tłumaczenie i skład komputerowy: NIUANS s. c., Gliwice, Polska.
- [4] Maria Kotecka-Noceń, Henryk Płukarz, Stopy płaskie u dzieci, gimnastyka lecznicza. Warszawa 1975.
- [5] Maria Kutzner-Kozińska, Korekcja wad postawy. Warszawa 1986.

THE PROJECT OF STAND FOR EXAMINATION OF HUMAN FOOT ARCH

Abstract. This paper presents stand for foot examinations. Foot load can be distributed between both feet or one foot. Stand can be used to diagnosing and treatment various diseases and deformations like flat foot, flat-valgus foot, valgus toe. Structural analysis was done for two load cases. Results are presented in this paper.