

Grzegorz BOGUSŁAWSKI, Jacek GRALEWSKI, Ryszard GRĄDZKI,
Zakład Podstaw Techniki i Ekologii Przemysłowej, Politechnika Łódzka, Łódź

MODELOWANIE ORTEZY KOŃCZYNY DOLNEJ

Streszczenie: Stosunkowo łatwo jest zaobserwować jak na przestrzeni lat zmieniły się protezy i ortozy. Indywidualne dopasowanie protez oraz ortez przyczyniło się do zminimalizowania dyskomfortu odczuwanego przez pacjenta podczas użytkowania wyżej wymienionych zaopatrzeń. Przedstawione wyniki prowadzonych badań pokazują specjalistom z dziedziny ortotyki alternatywne metody wspomagające przygotowanie ortez, a tym samym umożliwią na dokładniejsze prace korekcyjne konstrukcji ortotycznych. Opisanie techniki pozwoli przeprowadzać kilka wariantów opracowania i określić efekty bez żmudnych rzemieślniczych prób. Zminimalizują problemy związane z pobieraniem form kończyny dolnej pacjenta, co wpłynie na poprawę dopasowania ortozy.

Słowa kluczowe: orteza, modelowanie 3D, analiza MES

1. WSTĘP

Orteza jest zewnętrzną konstrukcją techniczną, dopasowaną do kończyny lub tułowia, wspomagającą lub zastępującą funkcję statyczną i ruchową zaopatrywanego segmentu oraz zabezpieczającą przed powstaniem deformacji lub pogłębianiem się zniekształceń już istniejących [3].

Projektowanie i wykonanie przedmiotu ortopedycznego wymaga analizy anatomicznej oraz biochemicznej zaopatrywanego odcinka i całego ciała [1,4,5,6].

W przypadku indywidualnego przygotowania ortozy o konstrukcji bardziej skomplikowanej stosuje się formy będące odlewem gipsowym kończyny dolnej. Proces ten jest czasochłonny i obciążony pewną niedokładnością wynikającą z odkształceń presyjnych powierzchni kończyny dolnej podczas tworzenia formy.

W tak przygotowanych ortezach często konieczne są poprawki i zmiany w konstrukcji przedmiotu w celu wyeliminowania niekorzystnych nacisków na skórę kończyny dolnej. Przy prowadzeniu prac korekcyjnych zachować należy właściwą sztywność konstrukcji, a w odpowiednich strefach ortozy zakres dopuszczalnych odkształceń. Wymaga to dużego doświadczenia specjalisty tworzącego ortezę [3].

Dzięki nowoczesnym rozwiązaniom z zakresu technik CAD/CAM możliwe stało się opracowanie systemów wspomagających często intuicyjne działania specjalistów ortotyków.

2. METODYKA BADAŃ

2.1. Cel i obiekt badania

Celem badania jest opracowanie systemu wspomagającego prace specjalistów ortotyki przy pracach korekcyjnych konstrukcji ortez. Komputerowe wspomaganie projektowania ma

pomóc w określeniu wpływu dokonywanych zmian kształtu protezy na jej cechy użytkowe takie jak: sztywność, zdolność do odkształceń w poszczególnych strefach oraz charakter tych odkształceń.

W przypadku zaopatrzenia ortotycznego u dzieci, u których istotnym problemem jest brak cierpliwości i ruchliwość podczas tworzenia form gipsowych, będących bazą do konstruowania indywidualnych ortez podjęto próbę zastosowania skanera 3D wspomagającego proces projektowania i tym samym wyeliminowania niekorzyści wynikających z klasycznych metod opartych na formach gipsowych. Zastosowanie skanowania optycznego polegającego na robieniu serii zdjęć w ułamku sekundy, a następnie złożenia tych zdjęć w model 3D eliminuje wszelkie kwestie związane z ruchliwością dzieci, co przy wcześniejszych technikach skanowania było istotnym problemem. Dla specjalistów opierających się na klasycznych metodach przygotowania ortozy wykorzystujących modele gipsowe rozwiązaniem będzie generowanie tych modeli za pomocą wydruku 3D z wszelkimi za tym idącymi możliwościami korekty.

Obiektem badań jest dziecięca orteza stawu skokowego typu GRAFO (Ground Reaction Ankle Foot Orthotic) wykonana z pre-impregnowanego włókna węglowego (PRE-PREG) przedstawiona na rys.1.

GRAFO jest zaopatrzeniem przeznaczonym dla pacjentów z niepełnym wyprostem stawu kolanowego, w przebiegu różnych schorzeń, głównie:

- mózgowego porażenia dziecięcego,
- przepukliny oponowo-rdzeniowej.

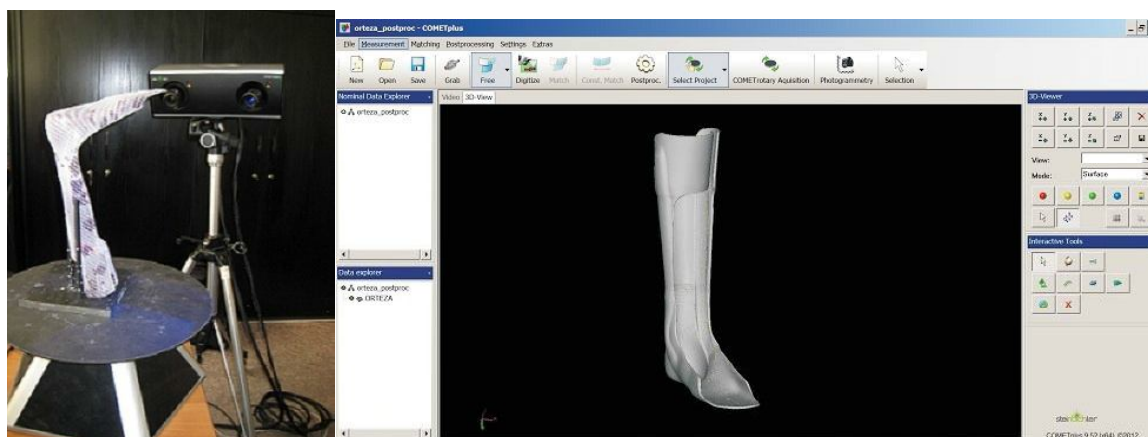


Rys. 1. Dziecięca orteza stawu skokowego typu GRAFO

Orteza może być zastosowana jedynie w przypadku gdy staw kolanowy może być biernie skorygowany do pełnego wyprostu, przy jednoczesnym ustawieniu stopy w pozycji pośredniej (kąt 90°) Efektem używania zaopatrzenia GRAFO jest wspomaganie wyprostu stawu kolanowego oraz korekcja stopy względem podudzia [3,6].

2.2. Stanowisko badawcze

Do wykonania skanów ortozy stawu skokowego został wykorzystany skaner optyczny światła strukturalnego COMET LED, stojak COMET rotary 30/460, stojak z możliwością ręcznego obrotu czy też nachylenia osi oraz komputer wyposażony w odpowiednie oprogramowanie. Stanowisko badawcze wraz z przygotowaną ortezą zostało przedstawione na rysunku poniżej (Rys. 2).



Rys.2. Skanowanie 3D łuski ortozy stawu skokowego (z lewej) oraz finalny efekt skanowania 3D (z prawej)

Proces skanowania polega na szczytowaniu współrzędnych x,y,z punktów badanej powierzchni i przedstawieniu jej w postaci chmury punktów.

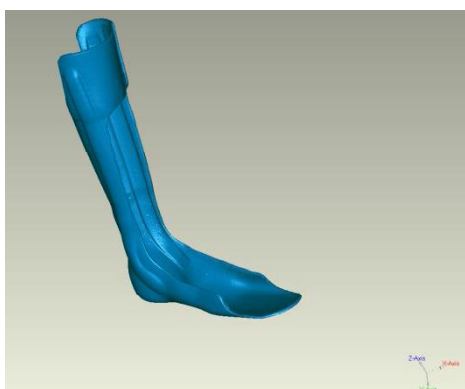
Następnie wykorzystując program GeoMagic przeprowadzono obróbkę uzyskanego obrazu w celu przygotowania powierzchni do dalszych prac projektowych z wykorzystaniem programu INVENTOR firmy Autodesk oraz analiz wytrzymałościowych przy użyciu programu ANSYS.

2.3. Modelowanie ortozy

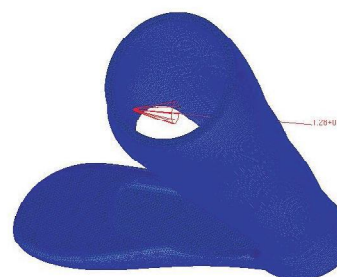
Przeprowadzono także skanowanie formy gipsowej, które miało na celu przeprowadzenie analizy określającej stopień dopasowania wykonanej łuski w stosunku do formy gipsowej będącej odzwierciedleniem powierzchni kończyny dolnej małego pacjenta. Dotychczas ocena taka była bardzo sugestywna i opierała się na wywiadzie specjalista-pacjent. W dalszym etapie prac badawczych wykonane zostaną mapy graficzne ukazujące stopień dopasowania, które pozwolą ortotetykowi dokładnie określić współpracę powierzchni ortozy z kończyną dolną.

Uzyskane skany 3D łuski ortozy stawu skokowego (rys.3) zostały poddane obróbce komputerowej (GeoMagic) (rys.4) i przekonwertowane do formatów CAD w celu dalszych prac projektowych polegających na wprowadzaniu wirtualnych zmian w konstrukcji ortozy i oceny cech użytkowych takich jak sztywność i podatność na odkształcenia.

Do analizy naprężeniowo-odkształceniowej przyjęto model obciążenia zakładający całkowite zwiotczenie mięśni, uwzględniono masę własną pacjenta (BW) oraz założenia biomechaniki chodu - zgięcie podszwowe 15° - 20° i składowe reakcje podłoża do 120% BW [1].

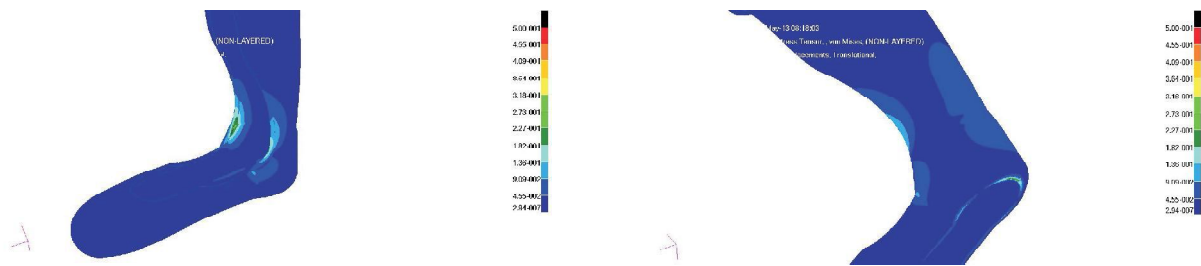


Rys.4. Opracowana programowo (GeoMagic) łuska ortozy stawu skokowego.



Rys.5. Model obciążenia łuski ortozy

Przyjęto obciążenie siłą skupioną 13N przyłożoną w miejscu przedstawionym na Rys.5., a także policzono wariant dla 15 sił skupionych o łącznej wartości 13N. Wyniki analizy naprężeniowej zostały przedstawione w postaci graficznej (Rys.6) ukazując mapę rozkładu naprężeń zredukowanych w [MPa].



Rys.6. Mapa rozkładu naprężeń zredukowanych [MPa]

3. WNIOSKI

Badania mają charakter aplikacyjny dlatego opisane wstępne wyniki prowadzonych badań pomogą w dalszym etapie specjalistom z dziedziny ortotyki na dokładniejsze prace korekcji konstrukcji ortez z uwzględnieniem analizy odkształceniowo-naprężeniowej. Pozwolą przeprowadzać kilka wariantów opracowania i określać efekty bez żmudnych rzemieślniczych prób. Zminimalizują problemy związane z pobieraniem form kończyny dolnej pacjenta, co wpłynie na poprawę dopasowania ortozy. W przypadku dzieci z porażeniem mózgowym będą jedyną informacją potwierdzającą optymalne dopasowanie ortozy do kończyny. W dalszych badaniach będzie można proces wytwarzania ortez rozbudować o systemy CAM.

LITERATURA

- [1] Tejszerska D., Świtoński E., Gzik M.: Biomechanika narządu ruchu człowieka. Wyd.1. Instytut Technologii Eksploatacji - PIB, Radom, 2011
- [2] Będziński R.: Biomechaniki inżynierska, ., Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1997
- [3] Przeździak B., Nyka W.: Zastosowanie kliniczne protez, ortez i środków pomocniczych, VIA MEDICA, Gdańsk 2008
- [4] Wałocha J., Skawina A., Górczyca J.: Anatomia prawidłowa człowieka; Wyd. UJ; Kraków 2006
- [5] Dąbrowski J.R.: Inżynieria ortopedyczna i rehabilitacyjna, Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok 2008
- [6] Z. Wrzosek, J. Bolanowski, Podstawy rehabilitacji dla studentów medycyny, PZWL, Warszawa 2011

MODELLING OF LOWER LIMB ORTHOSES

Abstract: It can be easily noticed how prostheses and orthoses have evolved within last decades. Current technology enables to produce medical equipment of the type, thanks to which patients do not have to give up active lifestyle they were used to. Possibility of personal adjustment of prostheses or orthoses minimises discomfort felt by users. Results of performed study will help orthotics specialists in more precise correction of orthoses structure. It will allow them to create and analyse multiple design variants and evaluate them avoiding standard laborious procedures. Minimising problems related to obtaining lower limb cast is expected as well, thus, better fit of orthoses will be achieved.