

I Krajowa Konferencja Naukowa
Szybkie prototypowanie
Modelowanie - Wytwarzanie - Pomiary
Rzeszów - Pstrągowa, 16 - 18 września 2015



Organizatorzy:



CENTRUM NAUKOWO TECHNICZNE

KLASTER SZYBKIEGO PROTOTYPOWANIA
RAPIDROM

Inżynieria rekonstrukcyjna w medycynie

Reverse engineering in medicine

KRZYSZTOF KARBOWSKI
 WITOLD SUJKA*

DOI:10.17814/mechanik.2015.12.567

Artykuł prezentuje zastosowanie metod inżynierii rekonstrukcyjnej do przygotowania protez kości czaszki dopasowanych do kształtu głowy pacjenta, protez dna oczodołu, będących wyrobami standaryzowanymi oraz opatrunków uciskowych do leczenia oparzeń, wykonywanych na indywidualne zamówienie i projektowanych na podstawie wyników skanowania przestrzennego.

SŁOWA KLUCZOWE: inżynieria rekonstrukcyjna, medycyna

Article presents the application of reverse engineering for preparing the individual adjusted skull bone prosthesis, the orbital floor prosthesis and compression garments for treatment of burn and scald scars which are designed basing on the 3D scanning results.

KEYWORDS: reverse engineering, medicine

Wprowadzenie

Inżynieria rekonstrukcyjna znajduje coraz szersze zastosowanie w medycynie, czego wyrazem są prace prowadzone we współpracy Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej i producenta wyrobów medycznych TRICOMED S.A. z Łodzi.

W artykule opisano niektóre z efektów współpracy, a mianowicie:

- projektowanie i wykonywanie indywidualnie dopasowanych protez kości czaszki,
- standaryzowaną serię protez dna oczodołu,
- indywidualnie dopasowane opatrunki uciskowe do leczenia oparzeń.

Wyroby te powstają z wykorzystaniem metod inżynierii

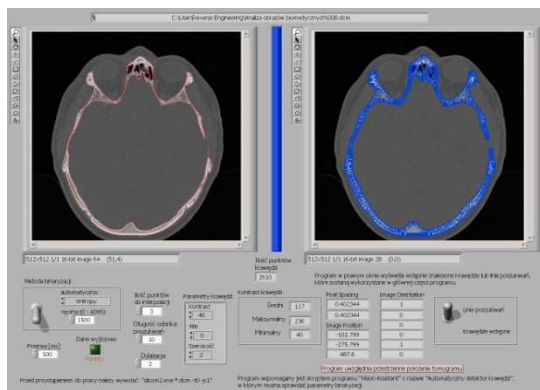
rekonstrukcyjnej

Protezy kości czaszki

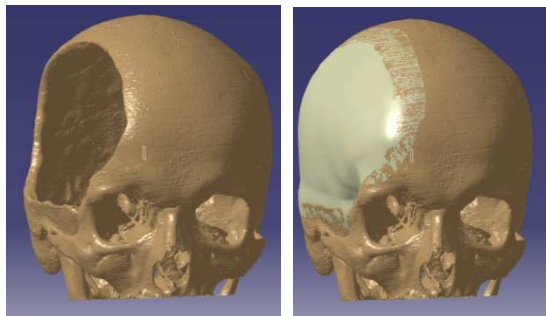
Konieczność usunięcia płata kostnego w zabiegach neurochirurgicznych jest powszechnie akceptowanym sposobem postępowania w wielu sytuacjach klinicznych – zabieg ten nosi nazwę odbarczenia kostno-oponowego. Zwykle do tak radykalnej decyzji zmusza powiększenie objętości mózgu, będące wynikiem urazu mechanicznego. Konsekwencją takiego zabiegu jest konieczność przywrócenia naturalnego kształtu głowy i ochrona przed urazami mechanicznymi. Zabieg wypełnienia ubytku czaszki (kranioplastyka) wykonywany jest w czasie od 2 tygodni do 6 miesięcy od pierwszego zabiegu. W Polsce ze względu na swe walory biokompatybilności i niskiej ceny najbardziej rozpowszechniona jest sztywna dzianina polipropylenowo-poliestrowa o nazwie Codubix® [9].

Podstawą do zaprojektowania protezy kości czaszki są obrazy uzyskane metodami tomografii komputerowej (TK), które poddawane są analizie za pomocą specjalnie opracowanego oprogramowania. Wynikiem pracy programu jest chmura punktów, opisujących krawędzie kości czaszki (rys.1), która jest podstawą do przygotowania wirtualnego modelu czaszki w systemie modelowania komputerowego (rys.2) [1, 5].

* Dr hab. inż. Krzysztof Karbowski, prof. PK, Politechnika Krakowska, Al. Jana Pawła II nr 37, 31-864 Kraków, karbowski@mech.pk.edu.pl
 Dr inż. Witold Sujka, TRICOMED S.A., ul. Świętojańska 5/9, 93-493 Łódź, witold.sujka@tricomed.com



Rys. 1. Detekcja krawędzi kości czaszki [5]



Rys. 2. Wirtualny model czaszki oraz projekt wypełnienia ubytku

W systemie modelowania komputerowego projektowane są wypełnienie ubytku (rys.2) oraz forma do kształtowania protezy (rys.3).

Forma jest wykonywana metodą frezowania trójosiowego lub wytłaczania przyrostowego [1] (rys.3). Gotowa forma jest przekazywana do firmy TRICOMED S.A., która wykonuje protezę metodą termoformowania dzianiny polipropylenowo-poliestrowej (rys.4).

Przygotowana proteza ma kształt indywidualnie dopasowany do czaszki pacjenta i nosi handlową nazwę Codubix 3D®.



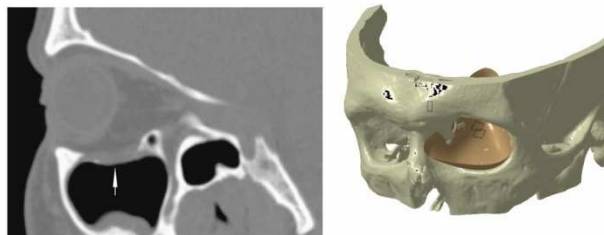
Rys. 3. Forma wykonana metodą frezowania trójosiowego



Rys. 4. Proteza Codubix 3D®

Protezy dna oczodołu

Urazy mechaniczne lub choroby nowotworowe powodują w niektórych przypadkach konieczność zrekonstruowania kości dna oczodołu (rys.5).



Rys. 5. Uszkodzenie dna oczodołu (oznaczone strzałką) na obrazie TK [6] oraz wirtualny model wypełnienia

W odróżnieniu od protez do kranioplastyki, protezy dna oczodołu nie są wykonywane metodą indywidualnego dopasowania, ale są wyrobami standaryzowanymi w trzech rozmiarach – „mały”, „średni”, „duży” – oraz „lewy” i „prawy”.

Podstawą do zaprojektowania protez były obrazy uzyskane metodami tomografii komputerowej. Analiza antropometryczna obrazów TK grupy pacjentów pozwoliła na wybranie trzech pacjentów, reprezentatywnych dla każdego z założonych rozmiarów [4]. Ponadto na podstawie analizy literatury przyjęto, że kształt obydwu oczodołów jest symetryczny – lewy oczodoł jest lustrzanym odbiciem prawego [2] – co pozwoliło uprościć proces projektowania protez.

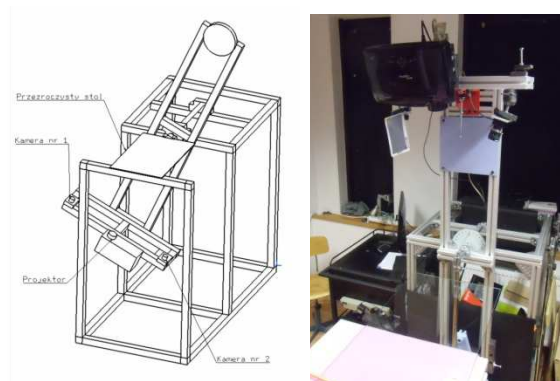
Wirtualne modele oczodołów były przygotowywane za pomocą programu Mimics, a następnie eksportowane do systemu modelowania komputerowego w celu zaprojektowania protez. Analogicznie jak w przypadku protez do kranioplastyki, projektowane były formy, które po wykonaniu metodą wytłaczania przyrostowego zostały przekazane do firmy TRICOMED S.A., która wykonuje za ich pomocą serie protez, w zależności od zapotrzebowania rynkowego

Opatrunki uciskowe do leczenia oparzeń

Zastosowanie metod skanowania przestrzennego do projektowania wyrobów medycznych to ostatni z tematów artykułu.

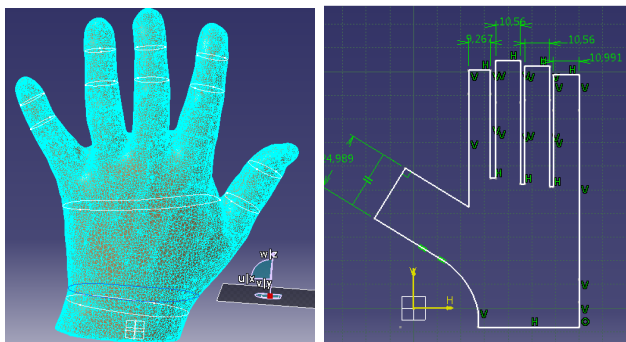
Opatrunki uciskowe do leczenia blizn poparzeniowych CODOPRESS to sprawdzony i uznany sposób leczenia i rehabilitacji blizn poparzeniowych, przykurczów, a także zapobiegania ich powstawaniu [10]. Zadaniem opatrunku jest wywieranie ucisku na bliznę poparzeniową, a stopień kompresji opatrunku jest określany przez lekarza. Aby w prawidłowy sposób zaprojektować i wykonać opatrunek należy wykonać pomiar ciała pacjenta – w tym celu został użyty specjalnie skonstruowany skaner przestrzenny białego światła strukturalnego [8] (rys. 6).

Dookólny skaner przestrzenny umożliwia wykonanie odwzorowania ciała pacjenta poprzez zespolenie skanów wykonanych podczas obrotu głowy skanera. Jest to szczególnie przydatne podczas odwzorowywania dłoni pacjenta. Wyniki skanowania są przesyłane do systemu modelowania komputerowego Catia, w którym projektowany jest opatrunek.



Rys. 6. Schemat [8] i zdjęcie skanera

Na rysunkach 7 – 8 pokazano etapy projektowania rękawiczki uciskowej. Wykorzystując metody parametryzacji modeli w systemie Catia, dokonywane są pomiary obwodów elementów dłoni, które są automatycznie przenoszone na rysunki rozkrojów elementów składowych rękawiczki - podczas tej operacji, na podstawie znanych parametrów sprężystości tkaniny, wykonywane są obliczenia wymaganej kompresji opatrunku. Wynikiem pracy projektanta są szablony rozkroju materiału, które wysyłane są do firmy TRICOMED, wykonującej opatrunek.



Rys. 7. Model 3D dłoni oraz szablon rozkroju tkaniny [7]



Rys. 8. Opatrunek uciskowy o zdefiniowanej kompresji do leczenia blizn pooparzeniowych dłoni

Podsumowanie

Inżynieria rekonstrukcyjna to efektywne narzędzie do projektowania wyrobów medycznych. Może być ona stosowana do odwzorowywania:

- wewnętrznych struktur ciała pacjenta – poprzez analizę obrazów uzyskanych metodami tomografii komputerowej,
- powłok skórnych – z zastosowaniem skanerów przestrzennych.

Protezy kości czaszki, wykonane metodami inżynierii rekonstrukcyjnej, są wyrobami indywidualnie dopasowanymi

do kształtu czaszki pacjenta, co daje znacznie lepszy efekt estetyczny, w stosunku do protez uniwersalnych, a krawędzie protez nie wymagają śródoperacyjnego ręcznego dopasowywania do kształtu ubytku kości czaszki.

W dotychczasowej praktyce wykonywania opatrunków uciskowych obmiar ciała pacjenta był wykonywany ręcznie, metodami krawieckimi. Dokładność takiego pomiaru, w szczególności skomplikowanych geometrycznie części ciała u dzieci, była niewielka, co zwiększało błędy obliczeń wymaganej stopnia kompresji opatrunku. Zastosowanie specjalnie skonstruowanego skanera przestrzennego w znaczący sposób przyspieszyło pomiar i zwiększyło jego dokładność.

LITERATURA

1. Chrzan, R., Urbanik, A., Karbowski, K., Moskała, M., Polak, J., Pyrich, M.: "Cranioplasty prosthesis manufacturing based on reverse engineering technology". *Medical Science Monitor*. Volume 18, Issue 1, 2012, s. MT1-MT110
2. Elgalal M.T., "Projektowanie i wykonanie zindywidualizowanych implantów techniką Rapid Prototyping", rozprawa doktorska, Politechnika Łódzka 2010
3. Emmens W.C., Sebastiani G., van den Boogaard A.H., "The technology of Incremental Sheet Forming—A brief review of the history", *Journal of Materials Processing Technology* 210 (2010) s.981–997
4. Gawlikowska-Sroka A., "Analiza zmienności wejścia do oczodołu w czaszkach współczesnych", *Roczniki Pomorskiej Akademii Medycznej w Szczecinie*, 2013, 59, 1, s.76-80
5. Karbowski K., Banach M., Czepko R., Mastowski P., Sujka W.: „Inżynieria rekonstrukcyjna w modelowaniu wyrobów medycznych”. *Mechanik* 5/6.2014. s.472–473
6. Kozakiewicz M. i in., „Clinical application of 3D pre-bent titanium implants for orbital floor fractures”, *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* (2009) 37, s.229-234
7. Kulikowska J., „Projekt opatrunku uciskowego na podstawie wyników skanowania przestrzennego”. praca dyplomowa, promotor Krzysztof Karbowski, Politechnika Krakowska 2014.
8. „Skaner białego światła strukturalnego”, Urząd Patentowy RP, prawo ochronne na wzór użytkowy, zgłoszenie nr W.124119.
9. <http://codubix.pl/>
10. <http://www.tricommed.com/Oparzenia,11.html>