

Wpływ liczby punktów mocowania implantu rekonstrukcyjnego na wartość rejestrowanych przemieszczeń w modelu po częściowej resekcji żuchwy

Anna Wybraniec, Agnieszka Szust

*Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny, Katedra Wytrzymałości, Materialoznawstwa i Spawalnictwa,
ul. Smoluchowskiego 25, 50-371 Wrocław*

Streszczenie: *W artykule przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych przeprowadzonych na modelach żuchwy człowieka, poddanej zmianie geometrii pierwotnej kości. Usunięto fragment kości, podobnie jak w przypadku leczenia zmian nowotworowych w tym obszarze. W wyniku zabiegu częściowej lub całkowitej marginektomii, miejsce zmienione chorobowo zaopatruje się implantem rekonstrukcyjnym. Implant taki pozwala na wzmocnienie lub/i przywrócenie ciągłości żuchwy. Implant ma za zadanie przejęcie obciążeń w rejonie miejsc chorobowo zmienionych, a także umożliwia pacjentowi normalne funkcjonowanie w czasie trwania leczenia onkologicznego, takiego jak radio- czy chemioterapia, a w dalszej kolejności rekonstrukcji. Dane uzyskano w oparciu o modele poliuretanowe kości żuchwy z wyciętą zmianą chorobową oraz kości zaopatrzonej implantem rekonstrukcyjnym z zastosowaniem zmiennej liczby punktów mocowań, jednak z zachowaniem standardów chirurgicznych. Zauważono wpływ liczby punktów mocowania na rejestrowaną wartość przemieszczenia implantu w poszczególnych płaszczyznach. Informacje o przemieszczeniach implantu w rozpatrywanych płaszczyznach są kluczowe bezpośrednio w praktyce klinicznej, jak i mogą mieć wpływ na trwałość zespolenia kość-implant.*

Słowa kluczowe: *implant rekonstrukcyjny, przemieszczenia, DIC*

The influence of the number of fixation points of the reconstructive implant on the value of registered displacements in the model after partial resection of the mandible

Abstract: *The article presents the results of experimental studies carried out on models of the human mandible, subjected to changes in the primary bone geometry. The bone fragment was removed, similar to the treatment of neoplastic lesions in this area. As a result of a partial or complete marginalectomy, the diseased place is provided with a reconstructive implant. This implant allows you to strengthen and / or restore the continuity of the mandible. The implant is intended to take over the loads in the area of diseased areas. It also enables the patient to function normally during oncological treatment, such as radio and chemotherapy, followed by reconstruction. The data were obtained based on polyurethane models of the mandible bone with excision of lesions and bones provided with a reconstructive implant with the use of a variable number of fixation points, but with the observance of surgical standards. The influence of the number of attachment points on the recorded implant displacement value in individual planes was noted. Information on implant displacements in the analyzed planes is crucial directly in clinical practice as well as may affect the durability of bone-implant anastomosis.*

Keywords: *reconstruction plate, displacement, system DIC*

1. Wstęp

W XXI w. coraz częściej diagnozuje się choroby nowotworowe dotyczące różnych części ludzkiego ciała. W obszarze układu stomatognatycznego występują także zmiany nowotworowe, a jeśli pojawiają się ona w zuchwie to często stadium jest już zaawansowane. Jedyną metodą leczenia okazuje się resekcja obszaru zmienionego nowotworowo i poddanie pacjenta chemio- i radioterapii. Kość zuchwy osłabiona w wyniku zabiegu marginektomii, która może być częściowa lub całkowita zostaje zaopatrzona implantem rekonstrukcyjnym. Implant taki pozwala na przywrócenie ciągłości zuchwy w przypadku marginektomii całkowitej i wzmocnienie obszaru poresekcyjnego dla marginektomii częściowej, gdzie ciągłość kości zuchwy nie jest przerwana.

Stosowane obecnie płytki rekonstrukcyjne są wielopłaszczyznowo analizowane numerycznie pod względem rozkładu występujących naprężeń [1,2,3,4], jednak w literaturze brakuje danych dotyczących przemieszczeń implantu, jak i badań doświadczalnych modelowych na obiektach rzeczywistych. Literatura dostarcza dane dotyczące rejestrowanych przemieszczeń badanej zuchwy. Pomiary dokonywane są metodami optycznymi [5], mechanicznymi [6,7] jednak uzyskiwane wyniki znacząco różnią się w zależności od metody badawczej.

Praktyka chirurgiczna jednoznacznie określa graniczne warunki mocowania implantu do kości. Implant powinien być przykręcony min. 3 śrubami po każdej ze stron obszaru resekcyjnego [8,9,10,11]. Jednak nie ma regulacji dotyczących zalecanej liczby używanych śrub w obrębie resekcji częściowej.

2. Materiały i metody

W badaniach wykorzystano modele zuchwy ludzkiej (SYNBONE®8596), poddanej zmianie geometrii odwzorowującej zabieg marginektomii. Miejsce osłabione zaopatrzone płytką rekonstrukcyjną Modus® Reco 2.5.

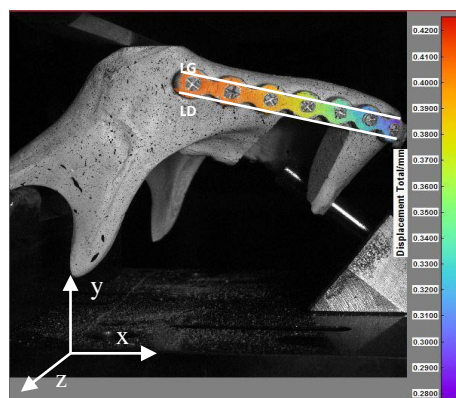
Porównano ze sobą dwa różne przypadki mocowania płytki rekonstrukcyjnej, każdy przykręcony zgodnie z zachowaniem standardów chirurgicznych. Model A: mocowanie śrubami we wszystkich otworach implantu (Rys.2). W modelu B (Rys.3) natomiast użyto tylko po 3 śruby mocujące po każdej ze stron ubytku zachowując standardy chirurgiczne przy tego

typu implantach. Użyte modele zostały specjalnie przygotowane do bezdotykowego rejestrowania zmian przemieszczeń za pomocą systemu cyfrowej korelacji do zdarzeń szybkozmiennych Dantec Q-400 High Speed (DIC). Model obciążano w sposób ciągły w maszynie wytrzymałościowej Instron®5944 siłą 150N [12, 13] w zadanym sposobie podparcia (Rys.1). Podparcie modelu na zębach siecznych i obciążenie siłą 150N odpowiada anatomicznemu procesowi odgryzania.

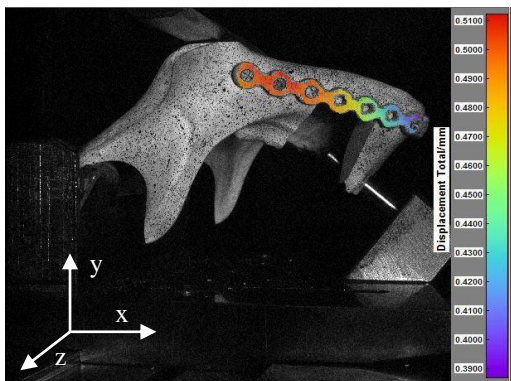


Rys.1. Sposób realizowanego podparcia symetrycznego na maszynie wytrzymałościowej Instron®5944

Używając programu Istra 4D na każdym zarejestrowanym zdjęciu, poprowadzono dwie linie dla których były analizowane wartości przemieszczeń. Linie te znajdowały się: linia górna (LG) na górnej krawędzi implantu i analogicznie linia dolna (LD) na dolnej krawędzi.



Rys. 2. Rozkład przemieszczeń całkowitych na analizowanym implancie w modelu A wraz z zaznaczoną orientacją kierunków i schematycznym przebiegiem linii dolnej (LD) i górnej (LG)

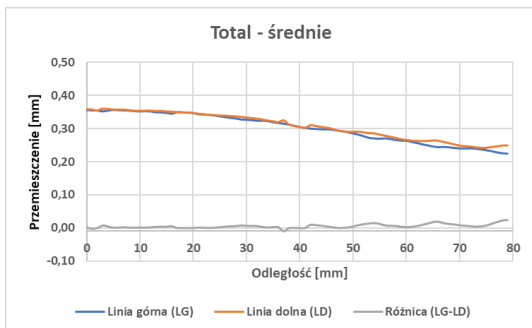


Rys. 3. Rozkład przemieszczeń całkowitych na analizowanym implancie w modelu B wraz z zaznaczoną orientacją kierunków

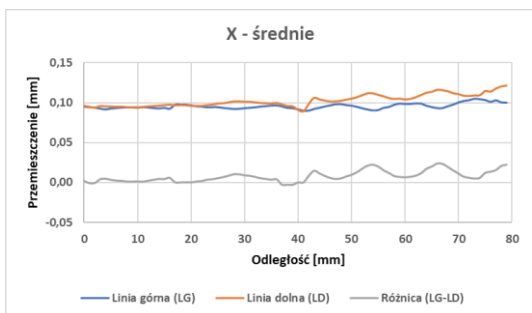
3. Wyniki

Po analizie uzyskanej z programu Istra 4D, otrzymano wartości przemieszczeń zarejestrowanych w trzech kierunkach głównych oraz wartości przemieszczeń całkowitych.

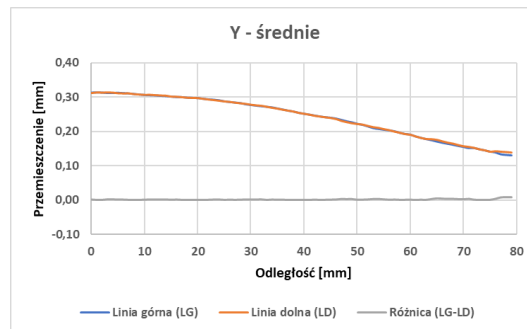
Przemieszczenia analizowano wzdłuż linii przebiegającej na modelu zuchwy, bezpośrednio nad i pod płytka rekonstrukcyjną. Na wykresach, przedstawiono analizowaną linię od lewej do prawej tzn. odległość równa zero mm odpowiada początkowi linii a 80 mm końcowi linii.



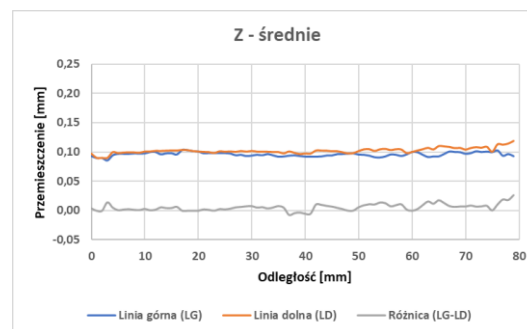
Rys. 4. Średnie wartości przemieszczeń całkowitych dla modelu A



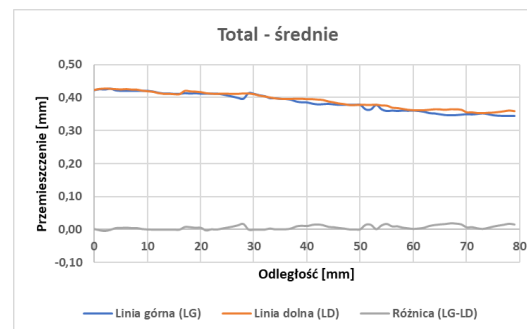
Rys. 5. Średnie wartości przemieszczeń w osi X dla modelu A



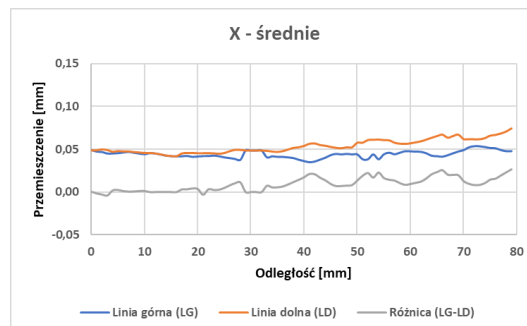
Rys. 6. Średnie wartości przemieszczeń w osi Y dla modelu A



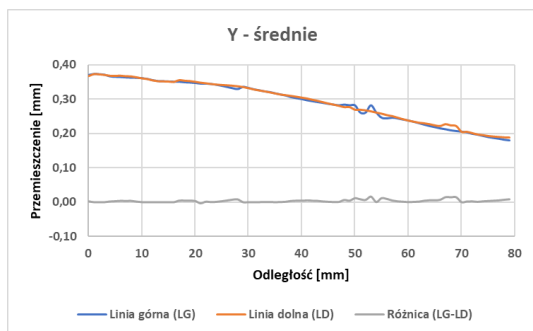
Rys. 1. Średnie wartości przemieszczeń w osi Z dla modelu A



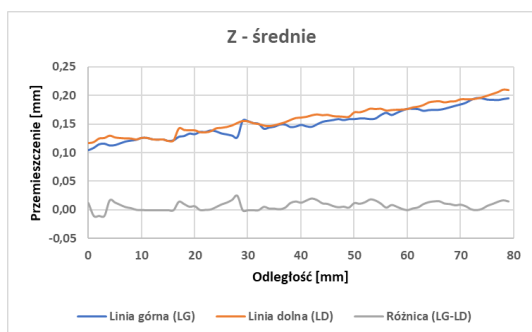
Rys. 8. Średnie wartości przemieszczeń całkowitych dla modelu B



Rys. 9. Średnie wartości przemieszczeń w osi X dla modelu B



Rys. 10. Średnie wartości przemieszczeń w osi Y dla modelu B



Rys. 11. Średnie wartości przemieszczeń w osi Z dla modelu B

Zaobserwowano, że we wszystkich kierunkach wartości przemieszczeń otrzymywane dla linii dolnej i górnej są porównywalne, o czym świadczą uzyskane różnice poniżej 0,03 mm. Zarejestrowane wartości przemieszczeń: całkowitych, w osi Y i Z są większe średnio o ok. 10% dla modelu B w stosunku do modelu A. Na Rys.: 5, 7, 9, 11 zauważyć można, że średnie wartości przemieszczeń dla linii górnej są mniejsze o ok. 5% w odniesieniu do linii dolnej. Rys.11 pokazuje, że implant z mniejszą liczbą mocowań wyraźnie odchyła się od płaszczyzny modelu.

5. Wnioski

Przedstawione wyniki badań pokazują wpływ liczby punktów zamocowania implantu rekonstrukcyjnego na przemieszczenia samego implantu wzmacniającego zmienioną chorobowo kość.

Zamocowanie implantu większą liczbą śrub pozwala na lepsze przyleganie do kości żuchwy, a co za tym się wiąże można uniknąć uszkodzenia implantu podczas długotrwałego stosowania przez pacjenta.

Dalsze badania przemieszczeń implantu mogą pozwolić w przyszłości na zmianę lub modyfikację

geometrii implantu, tak by uzyskiwane wartości przemieszczeń były jak najmniejsze.

Literatura

- [1] Narra F., Valášek J., Hanula M., Marcián P., Sándor G., Hyttinen J., Wolff J.: *Finite element analysis of customized reconstruction plates for mandibular continuity defect therapy*, 2014, Journal of Biomechanics, nr. 47, s. 264-268
- [2] Moiduddin K., Anwar S., Ahmed N., Ashfaq A., Al.-Ahmari A.: *Computer Assisted Design and Analysis of Customized Porous Plate for Mandibular Reconstruction*, 2017, Innovation and Research in Biomedical Engineering, nr. 38, s. 78-89
- [3] Al.-Ahmari A., Nasr E., Moiduddin K., Anwar S., Al. Kindi M., Kamrani A.: *A comparative study on the customized design of mandibular reconstruction plates using finite element method*, 2015, Advance in Mechanical Engineering, nr. 7, s. 1-11
- [4] Gutwald R., Jaeger R., Lambers F.: *Customized mandibular reconstruction plates improve mechanical performance in a mandibular reconstruction model*, 2016, Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, s.1-10
- [5] Gateno J., Cookston Ch., S Beng-Pin Hsu S., Stal D., Durrani S., Gold J., Ismaily S., Noble P., Xia J.: *Biomechanical Evaluation of a New MatrixMandible Plating System on Cadaver Mandibles*, 2013, American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons, nr. 71, s. 1900-1914
- [6] Fontana S., Russell S., Nazir N., Andrews B.: *Biomechanical Assessment of Fixation Methods for Segmental Mandible Reconstruction with Fibula in the Polyurethane Model*, 2016, Microsurgery, nr. 36, s. 330-333
- [7] Doty J., Pienkowski D., Goltz M., Haug R., Valentino J., Arosarena O.: *Biomechanical Evaluation of Fixation Techniques for Bridging Segmental Mandibular Defects*, 2004, Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery, nr. 130, s. 1388-1392
- [8] Lindqvist Ch., Söderholm A., Salo A., Subasinghe J., Ylijoki S., Skutnabb K., Hallikainen D.: *A comparative study on four screw-plate locking systems in sheep: a clinical and radiological study*. Oral&Maxillofacial Surgery, 2001, nr. 30, s.160-166
- [9] https://www2.aofoundation.org/wps/portal/!ut/p/a1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAwCTYEKIvEocDQnTr8BDuBoQEh_QW5oKABaevup/dl5/d5/L2dJQSEvUUt3QS80SmlFL1o2XzJPMDBHsv

MwS09PVDEwQVNFMUdWRjAwMFE1/?approach=&bone=CMF&classification=91-

Body%2C%20complex&implantstype=&method=ORIF%2C%20reconstruction%20plate&redfix_url=&segment=Mandible&showPage=redfix&treatment=operative#stepUnit-4 (dostęp on-line 06.05.2018)

[10] http://www.medartis.com/uploads/MANDIBLE-07010001_v4_OPT_web.pdf (dostęp on-line 06.05.2018)

[11] <https://www2.aofoundation.org/wps/portal/surgery?bone=CMF&segment=Mandible&classification=91-Body,%20simple&showPage=indication>

(dostęp on-line 06.05.2018)

[12] Chladek W.: *Engineering biomechanics of the chewing organ*. Publisher of the Silesian University of Technology, Gliwice 2008.

[13] Gralewski J., Grądzki R., Wojciechowski J., Bogusławski G.: *Experimental studies of skeletal denture impact on the support teeth*. Current Problems of Biomechanics, 2010, nr. 4, s.51-57