

Katarzyna MOSÓR, Magdalena KROMKA-SZYDEK, Instytut Mechaniki Stosowanej, Zakład Mechaniki Doświadczalnej i Biomechaniki, Politechnika Krakowska, Kraków

BADANIE STANU ODKSZTAŁCENIA ŻUCHWY W PRZYPADKU ZESPOLENIA ZŁAMANIA KĄTA

Streszczenie: Praca dotyczy analizy stanu odkształcenia żuchwy w przypadku zespolenia złamania kąta z wykorzystaniem pojedynczych miniplików, tzw. techniką Champy'ego. Zastosowano model żuchwy wykonany z żywicy epoksydowej z naklejonymi czujnikami tensometrycznymi. W badaniach eksperymentalnych wyznaczono wartości odkształcenia głównego oraz zmianę kierunku naprężenia głównego dla przypadków żuchwy zdrowej oraz po osteosyntezie płytkowej. Zasymlowano złamanie proste poprzez przecięcie modelu żuchwy na wysokości drugiego zęba trzonowego z prawej strony (ząb 37). Do badania wykorzystano 4 różne typy plików.

Słowa kluczowe: żuchwa, tensometria, osteosynTEza miniplikowa

1. WSTĘP

Złamanie kąta stanowi około 23-42% wszystkich złamań żuchwy. Powodem dla którego dochodzi do tak częstych urazów w obrębie kąta żuchwy może być częściowo jego budowa, która charakteryzuje się cienkim przekrojem kości, a także obecność trzeciego trzonowca [1]. Stabilna osteosynTEza żuchwy, stosowana w traumatologii szczękowo-twarzowej od połowy lat siedemdziesiątych XX wieku, zyskała powszechną popularność i jest stosowana na całym świecie do dnia dzisiejszego. Jej zaletami jest uniknięcie wiązania międzyszczękowego, wzrost satysfakcji wśród pacjentów, krótszy okres hospitalizacji i wcześniejszy powrót do zdrowia [1].

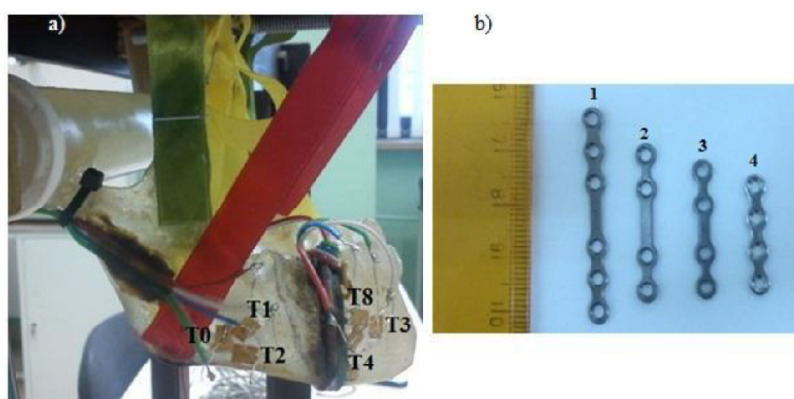
2. OBIEKT BADAŃ I STANOWISKO POMIAROWE

Badanie stanu odkształcenia zostało przeprowadzone z wykorzystaniem metody tensometrycznej, na modelu żuchwy wykonanym w skali 1:1 z żywicy epoksydowej (stałe materiałowe $E=3\ 430\ \text{MPa}$, $\nu=0,35$). W analizowanym obiekcie zastosowano następujące uproszczenia:

- nie uwzględniono podziału na część trabekularną i korową (przyjęta izotropia),
- zęby obecne w modelu były jednolite z kością żuchwy,
- ruchliwość w stawie skroniowo-żuchwowym została zamodelowana poprzez pojedynczą tuleję z tworzywa, w której zostały zatopione głowy wyrostków kłykciowych – dzięki temu możliwy był obrót żuchwy w jednej płaszczyźnie,
- mięśnie zostały zamodelowane w postaci taśm materiałowych; uwzględniono: mięsień żwacz, mięsień skroniowy, mięsień skrzydłowo-przyśrodkowy.

W pierwszym etapie badań wyznaczono wartości odkształceń oraz naprężeń głównych dla tzw. żuchwy zdrowej. Następnie zasymulowano złamanie proste poprzez przecięcie modelu żuchwy na wysokości drugiego zęba trzonowego z prawej strony (zab 37). Zespolecie wykonano pojedynczą mini płytka, zgodnie z regułą Champy'ego płytka wzdłuż kresy skośnej). Wykorzystano cztery mini płytki ze stopu tytanu Ti6Al4V (stałe materiałowe $E=115\ 000\ \text{MPa}$, $\nu=0,34$) stosowane w praktyce klinicznej: jedna płytka sześćoczkowa, trzy - czterooczkowe, z których dwie posiadały wydłużoną część środkową (rys. 1b). Na modelu żuchwy naklejono dwie rozety prostokątne tensometryczne. Pierwsza z rozet (R012) umieszczona została w rejonie kąta żuchwy, druga (R348) w okolicy kłów (rys.1a). Przyjęto schemat obciążenia przez zęby sieczne (fizjologiczna czynność nagryzania), który był realizowany przez metalowe obciążniki o wartości 5 N każdy, umieszczane na metalowym pręcie zawieszonym na taśmie. Maksymalna wartość obciążenia wynosiła 35 N.

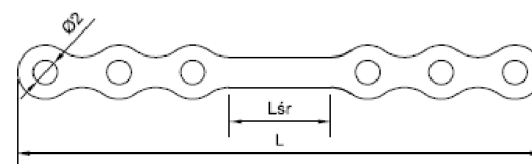
Końcowym etapem była ocena wartości naprężenia w płytkach zespalających oraz określenie zmian kierunku odkształceń głównych na podstawie wyliczonego kąta φ .



Rys. 1. Model żuchwy z naklejonymi rozetami tensometrycznymi (a); cztery mini płytki tytanowe stosowane do zespolenia złamania (b)

Tabela 1. Wymiary zastosowanych mini płytek tytanowych

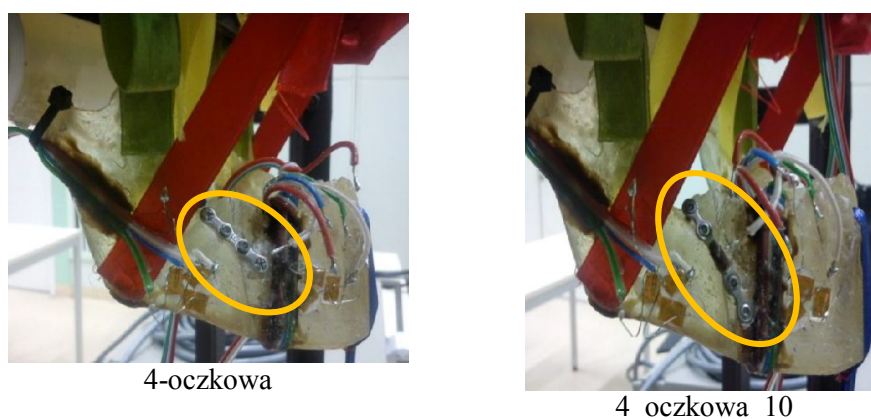
Płytki	L _{sr} mm	L mm	φ mm	g mm
6 oczkowa	10	40,5	2	1
4 oczkowa 10	10	30	2	1
4 oczkowa 6	6	25	2	1
4 oczkowa	-	22	2	1



Rys. 2. Charakterystyczne wymiary mini płytki

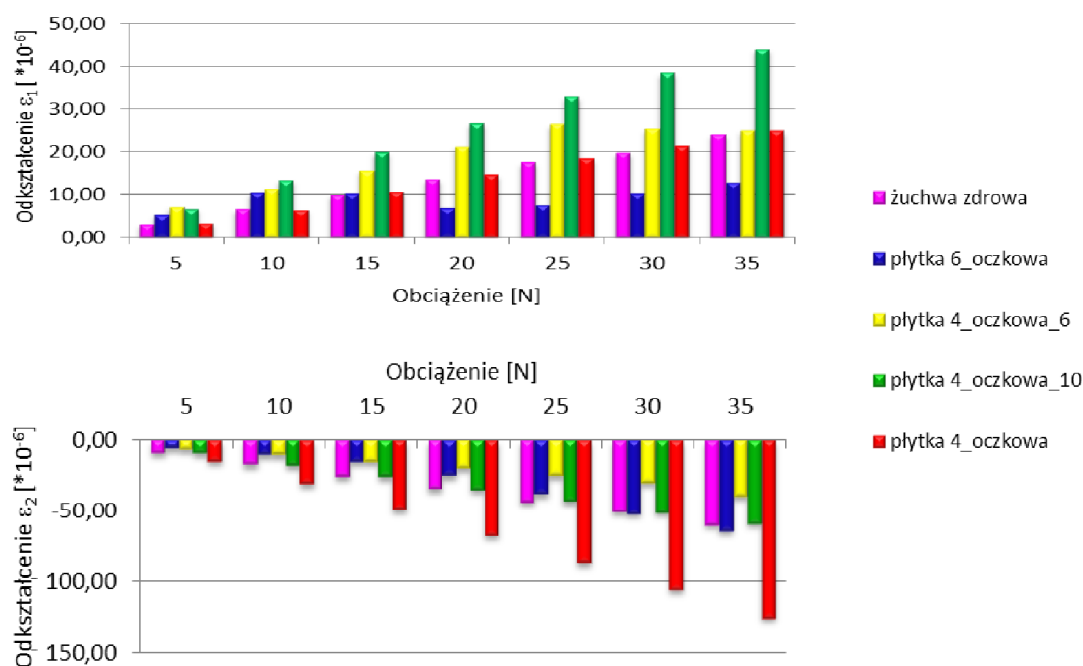
3. WYNIKI BADAŃ

Analiza odkształceń z rozet tensometrycznych została dokonana przez obliczenie odkształceń głównych ε_1 i ε_2 oraz określenie kąta φ odchylenia kierunku odkształcenia głównego ε_1 od przyjętej osi tensometru T0.



Rys. 3. Zespolenie odłamów żuchwy przy pomocy minipłytek tytanowych

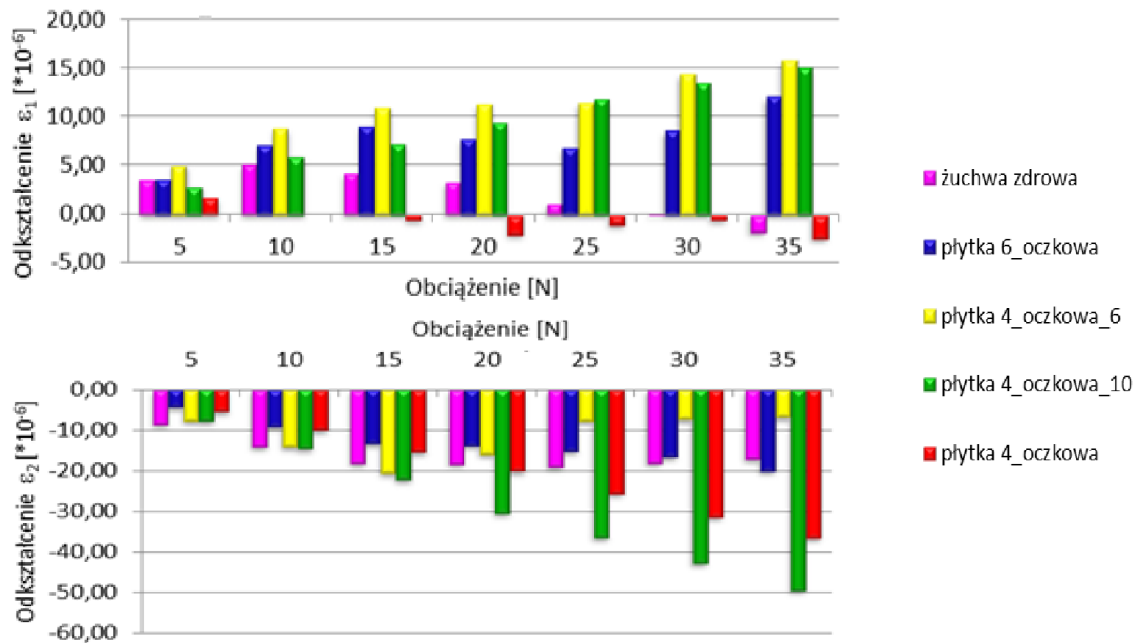
Najmniejsza wartość odkształcenia ε_1 dla rozety R012, wystąpiła w przypadku zespolenia płytką *6_oczkowa*. W porównaniu do zespolenia płytką *4_oczkowa_6* wartości były mniejsze średnio o około 52%, a o około 65% mniejsze w stosunku do płytki *4_oczkowa_10*. Największe wartości odkształcenia ε_2 występują przy zespoleniu płytką *4_oczkowq*. W porównaniu do płytki *4_oczkowa_6* wartości te wzrosły średnio o około 70%. Należy zauważyć, że płytki *6_oczkowa* i *4_oczkowa_6* przy obciążaniu do wartości 15 N uzyskały zbliżone wyniki odkształcenia ε_2 (były to jednocześnie najmniejsze wartości z pośród wszystkich wykorzystanych minipłytek) (rys. 4).



Rys. 4. Przedstawienie wartości odkształcenia głównego dla rozety R012

W przypadku analizy wyników z rozety R348, największą wartość odkształcenia ε_1 uzyskano przy zespoleniu płytką *4_oczkowa_6*. Przy zespoleniu płytkami *4_oczkowa_10* oraz *6_oczkowa* widoczny jest spadek wartości ε_1 kolejno o około 15% i 30% w porównaniu do płytki *4_oczkowa_6*. W przypadku płytki *4_oczkowa* nastąpiła zmiana pracy układu: w początkowym etapie obciążenia (5-10 N) uzyskano najmniejsze wartości ε_1 w stosunku do trzech pozostałych płytek, wartości te charakteryzowały rozciąganie; powyżej wartości

15 N, w analizowanym obszarze występowało ściskanie. Najmniejsze wartości odkształcenia ε_2 wystąpiły w przypadku zespolenia mini płytką $6_oczkowa$ (rys. 5).

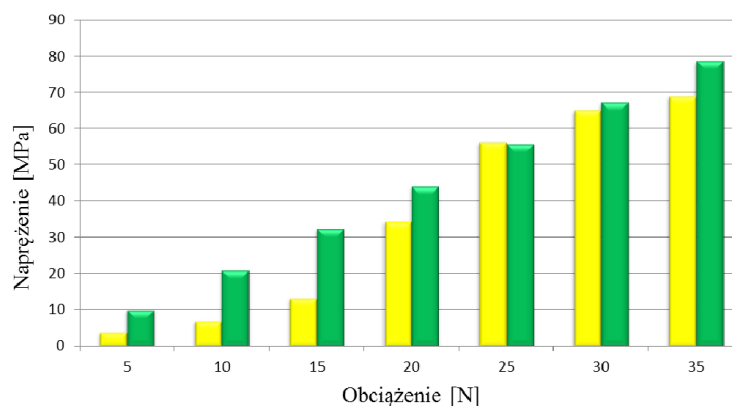


Rys. 5. Przedstawienie wartości odkształcenia głównego dla rozety R348

3.2. Wyniki z czujnika umieszczonego na płytce

Minipłytki, umieszczane na żuchwie zgodnie z regułą Champy'ego, musiały zostać dogięte (dopasowane do powierzchni żuchwy). W wyniku tego na dwóch z nich ($6_oczkowa$ i $4_oczkowa$) nie było możliwości naklejenia czujnika tensometrycznego na części środkowej (brak gładkiej, prostej powierzchni).

Porównując wyniki otrzymane z czujników tensometrycznych dla płytek $4_oczkowa_6$ i $4_oczkowa_10$ widoczne jest, że większe odkształcenia na płytce w obszarze szczeliny złamania występują przy zespoleniu płytką $4_oczkową_10$. Wartości odkształcenia dla tej płytki są większe średnio o około 24% w stosunku do mini płytki $4_oczkowa_6$. (rys. 6).

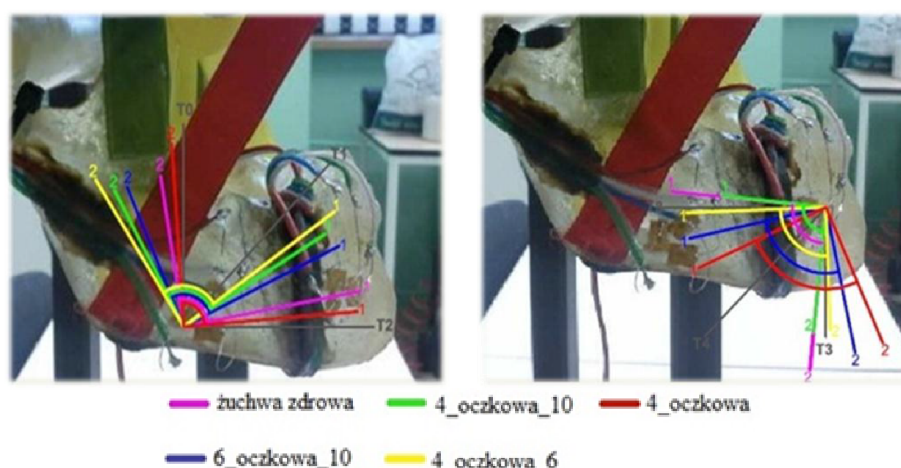


Rys. 6. Porównanie naprężenia głównego na żuchwie przy zespoleniu mini płytką $4_oczkowa_6$ i $4_oczkowa_10$

Ostatnim etapem było określenie kierunku odkształceń głównych na podstawie wyliczonych wartości kąta φ . Na rysunku nr 7 wrysowane zostały średnie wartości kątów dla czterech przypadków żuchwy złamanej i zespolonej płytkami oraz dla żuchwy zdrowej.

Największą wartość kąta dla rozety R012 uzyskano w przypadku zastosowania płytki *4_oczkowa_6*, kąt ten wynosi 34° . Najniższą wartość 4° zanotowano dla płytki *4_oczkowa*.

W przypadku rozety R348 największa wartość kąta φ wynosząca 24° uzyskano przy zespoleniu płytką *4_oczkowa*. Wartości kąta dla płytki *4_oczkowa_10* osiągnęła taką samą wartość jak dla żuchwy zdrowej i wynosi -6° , są to jednocześnie najmniejsze wartości kąta φ .



Rys. 7. Kąty φ dla żuchwy zdrowej i zastosowanych minipłytek zespalających dla R012 i R348

4. WNIOSKI

Przeprowadzone badania wykazały możliwość użycia metody tensometrycznej do oceny stanu odkształcenia w modelu żuchwy wykonanym z żywicy epoksydowej dla przypadku złamania kąta i zespolenia z wykorzystaniem różnych minipłytek stosowanych w praktyce klinicznej. Uzyskane wyniki umożliwiają porównanie jakości zespolenia z wykorzystaniem różnych elementów zespalających.

Ze względu na porównywalne wartości odkształceń ϵ_1 do żuchwy zdrowej uzyskanych dla rozety R012, umieszczonej w okolicy kąta, zastosowanie płytki *4_oczkowa* wydaje się być najkorzystniejszym rozwiązaniem – zachodzi dobra współpraca pomiędzy zastosowaną minipłytką, która w istotny sposób przejmuje obciążenia, a żuchwą. Płytki krótsze lepiej spełnią swoją rolę stabilizacyjną w przypadku zespolenia złamanego kąta żuchwy. Mniejsze wartości naprężenia głównego w obszarze szczeliny złamania zaobserwowano przy zespoleniu z wykorzystaniem płytki *4_oczkowa_6*. Na tej podstawie można wnioskować, że minipłytką ta byłaby lepsza do zespolenia złamanego kąta żuchwy.

Należy zwrócić uwagę, że na uzyskane wartości wyników mogły wpłynąć błędy modelowe: nieidealne zamocowanie elementów symulujących mięśnie w postaci cięgien materiałowych, które były klejone do modelu żuchwy; uproszczenie stawu skroniowo-żuchwowego, który posiadał możliwość ruchu w jednej płaszczyźnie. Zastosowany sposób obciążenia przez zęby sieczne, które wcześniej zostały poddane szlifowaniu; wpływ na wyniki mogą mieć również powstające mikrodrgania przy przykładaniu obciążenia.

LITERATURA

- [1] Fox A. J., Kellman R. M., Mandibular angle fractures, two-miniplate fixation and complications, Arch facial plast surg/vol 5, nov/dec 2003
- [2] Sokalski J., Czechowska E., Szubert P.: Złamania kości szczęk leczone w Klinice Chirurgii Stomatologicznej Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu, Dental Forum, 2008
- [3] Guillermo E. C., Dillard F. M., Clelland N., Rashid R.: Comparison of Strains Produced by Titanium and Poly D, L-Lactide Acid Plating Systems to In Vitro Forces, American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons, 2005
- [4] Andrew J.L., Elena Apasova, John P. Schmitz, Warren Schubert: Treatment Modalities for Mandibular Angle Fractures, American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons, 2005
- [5] Kromka M.: Analiza wytrzymałościowa osteosyntezy mini - i makropłytkowej urazów żuchwy, Rozprawa doktorska, Kraków, 2005
- [6] Bieniaś J., Surowska B., Świeć P., Pałysewicz B., Maślanko G., Tomaszewski T.: Badania przyczyn uszkodzeń miniplatek tytanowych stosowanych w chirurgii szczękowo – twarzowej, Engineering of biomaterials, 2008

EXAMINATION THE STATE OF STRAIN MANDIBLE IN CASE FIXATION OF ANGLE FRACTURE

Abstract: The thesis consists of an analysis of the state of strain of the mandible for the angle osteosynthesis using a single miniplate by Champy technique were done. Examination performed the state of strain on the mandible model made of epoxy resin using the method with strain gauges. In the experimental research was performed the intersection of the model along the lines corresponding to the typical fractures of this mandibular area, ie, placed on the occlusal surface of the right second molar (tooth 37) - simulation of a simple fracture. There were four different miniplates, which were used in clinical practice.