

AUTOREFERAT

Fizyko-chemiczne oraz mikrobiologiczne badania właściwości modułowego systemu do osteofiksacji kości produkowanego przy użyciu technologii druku 3D.

Dr n. med. Łukasz Pałka

1. **DANE OSOBOWE:** Lukasz Pałka

**2. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE LUB ARTYSTYCZNE – Z
PODANIEM PODMIOTU NADAJĄCEGO STOPIEŃ, ROKU ICH
UZYSKANIA ORAZ TYTUŁU ROZPRAWY DOKTORSKIEJ**

2008 Dyplom lekarza dentysty, Wydział Lekarsko- Stomatologiczny AM we Wrocławiu

2009 Lekarsko-Dentystyczny Egzamin Końcowy, Centrum Egzaminów Medycznych

2015 Stopień doktora nauk medycznych w zakresie stomatologii zachowawczej nadany przez Radę Wydziału Lekarsko-Dentystycznego Uniwersytetu Medycznego im. Piastów Śląskich we Wrocławiu.

Tytuł rozprawy: „Ocena porównawcza obliteracji kanałków zębinowych po zastosowaniu własnej kompozycji farmaceutycznej – badania in vitro” Promotor: Dr hab. n. med. Zbigniew Rybak, prof. nadzw. Zakład Chirurgii Eksperymentalnej i Badań Biomateriałów; Promotor pomocniczy: Dr n. med. Maciej Dobrzyński, Katedra i Zakład Stomatologii Zachowawczej i Dziecięcej

2019- teraz specjalizacja z protetyki stomatologicznej w Katedrze i Zakładzie Protetyki Stomatologicznej Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu (Państwowy Egzamin Specjalizacyjny zdany 17.03 2021, planowana data zakończenia specjalizacji: 22.01.2022)

kierownik specjalizacji: dr n. med. Agnieszka Nowakowska- Toporowska

**3. INFORMACJA O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W
JEDNOSTKACH NAUKOWYCH LUB ARTYSTYCZNYCH**

Od 2020 roku wykładowca wizytujący studiów podyplomowych: Diploma Programme in Immediate Loading Implantology w Jaipur Dental College, Jaipur,

India; Maharaj Vinayak Global University, Jaipur, India w porozumieniu z
International Implant Foundation, Monachium, Niemcy (2-4 razy w roku 5 dni)

22.01.2019- aktualnie specjalizacja w dziedzinie protetyki stomatologicznej, Zakład i
Katedra Protetyki Stomatologicznej, Akademicka Poliklinika Stomatologiczna we
Wrocławiu

2014- 2015 studia doktoranckie w Zakładzie Chirurgii Eksperymentalnej i
Badania Biomateriałów Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu

2012- 2014 studia doktoranckie w Samodzielnej Pracowni
Neurotoksykologii i Diagnostyki Środowiskowej Uniwersytetu Medycznego we
Wrocławiu

2009- 2011 wolontariat w Katedrze i Zakładzie Chirurgii Szczękowo-
Twarzowej Akademii Medycznej we Wrocławiu (stanowisko: asystent lekarza)

4. OMÓWIENIE OSIĄGNIĘĆ, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1 PKT. 2 USTAWY.

4.1 Tytuł osiągnięcia naukowego/ artystycznego:

Osiągnięcie pod tytułem „**Fizyko-chemiczne oraz mikrobiologiczne badania właściwości modułowego systemu do osteofiksacji kości produkowanego przy użyciu technologii 3D**” obejmuje cykl 5 publikacji powiązanych tematycznie z lat 2020-2021. W trzech z nich wnioskodawca jest pierwszym autorem, w jednej drugim równorzędnym autorem oraz w czterech autorem korespondencyjnym.

4.2. Wykaz prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego

Publikacja 1 (H. 1)

Kuryło P, Cykowska-Błasik M, Tertel E, **Palka Ł**, Pruszyński P, Klekiel T. Novel Development of Implant Elements Manufactured through Selective Laser Melting 3D Printing. Adv. Eng. Mater., 2021; 23: 2001488.

IF 3.863; Punktacja MNiSW: 100 pkt.

Mój wkład w powstanie pracy polegał na: analizie merytorycznej (rola wiodąca), przeglądzie piśmiennictwa, przyjęciu świadomej odpowiedzialności za wszystkie aspekty pracy.

Publikacja 2 (H. 2)

Palka Ł [autor korespondencyjny], Kuryło P, Klekiel T, Pruszyński P. A mechanical study of novel additive manufactured modular mandible fracture fixation plates - Preliminary Study with finite element analysis. *Injury*. 2020 Jul;51(7):1527-1535. doi: 10.1016/j.injury.2020.03.057.

IF 2,586; Punktacja MNiSW: 100pkt.

Mój wkład w powstanie pracy polegał na: stworzeniu koncepcji projektu (rola wiodąca), analizie merytorycznej i interpretacji wyników (rola wiodąca), przeglądzie piśmiennictwa, opracowaniu manuskryptu (rola wiodąca), zapewnieniu integralności całego projektu, przyjęciu świadomej odpowiedzialności za wszystkie aspekty pracy i korespondencji z czasopismem w trakcie procesu wydawniczego.

Publikacja 3 (H. 3)

Palka L [autor korespondencyjny], Konstantinovic V, Pruszynski P, Jamroziak K. Analysis using the finite element method of a novel modular system of additively manufactured osteofixation plates for mandibular fractures - A preclinical study. *Biomedical Signal Processing and Control*. 2021; 65, 102342; <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2020.102342>.

IF 3.88; Punktacja MNiSW: 140 pkt.

Mój wkład w powstanie pracy polegał na: stworzeniu koncepcji projektu (rola wiodąca), analizie merytorycznej i interpretacji wyników, przeglądzie piśmiennictwa, opracowaniu manuskryptu (rola wiodąca), zapewnieniu integralności całego projektu, przyjęciu świadomej odpowiedzialności za wszystkie aspekty pracy i korespondencji z czasopismem w trakcie procesu wydawniczego.

Publikacja 4 (H. 4)

Palka L [autor korespondencyjny], Mazurek-Popczyk J, Arkusz K, Baldy-Chudzik K. Susceptibility to biofilm formation on 3D-printed titanium fixation plates used in the mandible: a preliminary study. *J Oral Microbiol*. 2020; 29;12(1):1838164. doi: 10.1080/20002297.2020.1838164.

IF 5.474; Punktacja MNiSW: **100** pkt.

Mój wkład w powstanie pracy polegał na: stworzeniu koncepcji projektu (rola wiodąca), analizie merytorycznej i interpretacji wyników, przeglądzie piśmiennictwa, opracowaniu manuskryptu, zapewnieniu integralności całego projektu, przyjęciu świadomej odpowiedzialności za wszystkie aspekty pracy i korespondencji z czasopismem w trakcie procesu wydawniczego.

Publikacja 5 (H. 5)

Mazurek-Popczyk J*, Pałka Ł* [autor korespondencyjny], Arkusz K, Dalewski B, Baldy-Chudzik K. Personalized, 3D- printed fracture fixation plates versus commonly used orthopaedic implant materials- biomaterials characteristics and bacterial biofilm formation. *Injury*, 2021. Available online 10.12.2021. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2021.12.020>.

* autorzy równorzędni

IF 2,586; Punktacja MNiSW: **100** pkt.

Mój wkład w powstanie pracy polegał na: stworzeniu koncepcji projektu (rola wiodąca), analizie merytorycznej i interpretacji wyników, przeglądzie piśmiennictwa, opracowaniu manuskryptu, zapewnieniu integralności całego projektu, przyjęciu świadomej odpowiedzialności za wszystkie aspekty pracy i korespondencji z czasopismem w trakcie procesu wydawniczego.

Sumaryczny *impact factor* publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego wg listy *Journal Citation Reports* (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania wynosi: **18,388**.

Suma punktów za publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego wg wykazu czasopism naukowych MNiSW wynosi: **540**.

4.3. Omówienie celu naukowego podjętych badań, osiągniętych wyników oraz wniosków wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

Wprowadzenie

Urazy twarzoczaszki są najczęstszymi urazami zagrażającymi życiu człowieka zarówno w krajach rozwijających się, jak i rozwiniętych, i stanowią 7,4–8,7 % przypadków przyjęć na Szpitalny Oddział Ratunkowy (SOR) [1]. Te urazy dotyczą zarówno struktur szkieletowych, jak i tkanek miękkich okolicy twarzy i mogą prowadzić do znacznych upośledzeń funkcjonalnych, komplikacji estetycznych i psychologicznych. Według literatury występowanie złamań trzonu żuchwy szacuje się na 14–29 % wszystkich złamań twarzoczaszki i w zależności od rodzaju złamania mogą być leczone na różne sposoby. Niezależnie od wybranej metody wszystkie mają wspólny cel: sztywne unieruchomienie fragmentów kości bez uszkodzeń struktur anatomicznych, takich jak nerwy, naczynia krwionośne czy korzenie zębów.

Jedną z metod leczenia złamań kości żuchwy jest zastosowanie płytek do osteofiksacji. Płytkę zamocowywana do kości unieruchamia odłamy i umożliwia gojenie, ale z drugiej strony jest źródłem powstawania dodatkowych naprężeń w obszarach gdzie jest ona przytwierdzona do kości za pomocą śrub. Wartości powstałych naprężeń zależą od rozmiaru płytki i śrub, miejsca zamocowania oraz obciążeń zewnętrznych działających na kość. Na rynku nie ma obecnie uniwersalnej płytki do osteotomii, która byłaby wykorzystywana we wszystkich rodzajach złamań kości. Dla każdego rodzaju złamania lub pęknięcia kości wykorzystuje się płytki różniące się kształtem, długością i rozmiarem, które często muszą być dopasowywane poprzez ich docinanie i doginanie.

Przedmiotem podjętych badań było opracowanie systemu do leczenia złamań kości składającego się z płytki pojedynczej oraz płytki wielooczkowej z możliwością wzajemnego ich łączenia z powielonymi jednostkami, w celu stworzenia konstrukcji mającej wszechstronne zastosowanie w leczeniu różnych przypadków złamań lub pęknięć kości. Elementy systemu mogą być wytwarzane zarówno klasycznymi metodami odlewniczymi, frezowania oraz z zastosowaniem najnowszych technologii druku 3D. System ten umożliwia projektowanie konstrukcji mocującej odłamy kostne z pojedynczych jednostek w celu dopasowania do konkretnego złamania kości, bez konieczności stosowania wielu płytek i systemów, które i tak wymagają modyfikacji. Dodatkowo dzięki zastosowaniu technologii addytywnych (ang. *additive manufacturing*) wytwarzanie elementów systemu może odbywać się w każdej

jednostce zaopatrzonej w drukarki 3D.

Wprowadzenie druku 3D SLM (ang. *Selective Laser Melting*) w dziedzinie chirurgii rekonstrukcyjnej i traumatologii dało klinicystom nowe rozwiązania i możliwości leczenia takie jak indywidualne, wykonane na zamówienie implanty, protezy czy rusztowania tkankowe (ang. *scaffolds*). Pozwoliło to na skrócenie czasu leczenia, a przez to obniżenie jego kosztów. Z drugiej strony, ponieważ technologia ta w medycynie jest dosyć nowa i brakuje jej długoterminowych obserwacji, naukowy sceptycyzm wydaje się być uzasadnionym podejściem. Struktura, właściwości mechaniczne, powierzchnia implantów wytworzonych za pomocą drukarek 3D determinuje odpowiedź biologiczną żywej tkanki, dlatego też wymaga skrupulatnego podejścia badawczo-eksperymentalnego. Również tytan, mimo swojej popularności i długiej historii stosowania na polu traumatologii i rekonstrukcji szczękowo-twarzowej, nie jest zupełnie obojętny biologicznie. W literaturze została opisana jego toksyczność względem komórek czy reakcje alergiczne u nadwrażliwych pacjentów, a także obecność tzw. cząstek z zużycia, zarówno w tkankach miejscowych jak i odległych narządach [6-9]. W związku z tym pytanie, czy zostawić lub usunąć z ciała pacjenta płytki mocujące czy rekonstrukcyjne – wciąż jest dyskutowane jednak do tej pory pozostaje bez jednoznacznej odpowiedzi. Jednym z argumentów uzasadniających rozwój resorbowalnych płytek mocujących i jednocześnie ich przewaga nad nieresorbowalnymi to fakt, że wraz z ich degradacją obciążenie i siły są stopniowo przenoszone do kości, ograniczając zanik kości wywołany przez tzw. efekt „*stress shielding*” wywołany przez płytkę [10]. W przypadku prezentowanych nowatorskich modułowych płytek mocujących pomimo, że są nieresorbowalne, cała konstrukcja może być dezaktywowana, poprzez usunięcie jednego lub dwóch elementów z konstrukcji.

Analiza metodą elementów skończonych (MES) (ang. *finite element analysis* (FEA)), to zaawansowana metoda analizy numerycznej konstrukcji przed przystąpieniem do produkcji prototypów testowych. Z matematycznego punktu widzenia umożliwia ona uzyskanie przybliżonych rozwiązań stanowiących model matematyczny danego procesu lub układu fizycznego. Pod względem praktycznego zastosowania MES jest powszechnie używany przez naukowców z różnych dziedzin do analizy naprężeń i odkształceń złożonych układów mechanicznych. Umożliwia matematyczną konwersję i analizę właściwości mechanicznych danego obiektu geometrycznego [11].

Dzięki analizie MES można łatwo wygenerować modele, które przekazują informacje na temat odpowiedzi biologicznej kości na zmiany biomechaniczne, a także zasymulować liczne elementy uzupełniające testowanego układu i ich wpływ na sąsiadujące elementy

anatomiczne. Metoda ta umożliwia również testowanie różnych systemów mocowania przed zastosowaniem ich u pacjentów, co pozwala zapobiegać przyszłym niepowodzeniom wynikającym z ich nieodpowiedniego doboru lub pozycjonowania. Ponieważ okolica szczękowo-twarzowa zawiera wiele istotnych struktur anatomicznych, wszelkie interwencje chirurgiczne w tym obszarze wymagają precyzyjnych, dobrze zaplanowanych procedur chirurgicznych, które pozwolą utrzymać lub przywrócić funkcjonalność tkanek oraz uzyskania przewidywalnych, długoterminowych wyników klinicznych. MES, jako metoda pozwalająca na przeprowadzanie różnych symulacji biomechanicznych w złożonej anatomii szczękowo-twarzowej, przy jednoczesnym zachowaniu powtarzalności, pozwalająca zaoszczędzić czas i niwelująca koszty, jest niezwykle cennym narzędziem badawczym [12].

Jedną z wielu dziedzin medycyny w której MES znalazł szczególne zastosowanie, jest chirurgia szczękowo-twarzowa. Specjalizacja ta od zawsze ściśle związana jest z biomechaniką. Postęp w każdej z jej poddziedzin, takich jak chirurgia urazowa, ortognatyczna, chirurgia rekonstrukcyjna i implantologia, jest ściśle związany ze zrozumieniem patomechanizmu złamań, biologicznej odpowiedzi kości na zmiany biomechaniczne oraz zachowania materiałów wykorzystywanych przy produkcji systemów płytek do osteosyntezy oraz implantów śród kostnych, zarówno w sytuacji prawidłowego gojenia jak i w stanach patologicznych [12].

Jednym z ważniejszych problemów związanym z płytkami mocującymi jest ich kontaminacja bakteryjna oraz tworzenie się biofilmu, który jest wysoce odporny na antybiotyki, na powierzchni tytanowych implantów medycznych. Szacuje się, że infekcje związane z płytkami występują w 3% do 23% przypadków [13]. Jeśli płytka jest w dodatku wystawiona na środowisko jamy ustnej warstwa antykorozyjna, którą tworzy dwutlenek tytanu może być zniszczona zarówno przez kwas mlekowy, produkowany przez bakterie jak i fluor pochodzący ze środowiska zewnętrznego, co może dodatkowo spotęgować komplikacje [14]. W takich przypadkach jedyną opcją leczenia, która efektywnie zahamuje stan zapalny jest usunięcie całej płytki mocującej. Jednocześnie warto podkreślić, iż ekspozycja płytki na środowisko zewnętrzne nie jest czynnikiem bezwzględnie dla bakteryjnego zanieczyszczenia jej powierzchni, ponieważ dane literaturowe podają, że nawet płytki, które są całkowicie pokryte tkanką miękką również są podatne na kolonizację mikroorganizmów i tworzenie się biofilmu na ich powierzchni [15].

Opisany i przebadany przeze mnie modułowy system płytek mocujących umożliwia klinicydom nie tylko usunięcie zainfekowanej lub skorodowanej części, ale również pozwala ją wymienić podczas tego samego zabiegu chirurgicznego. Pozwala również w razie

konieczności wykonać obejście problematycznego miejsca zachowując sztywność konstrukcji łączącej fragmenty złamania tym samym zabezpieczając je przed nadmierną ruchomością i następnym wrastaniem tkanek miękkich w szczelinę złamania.

Oдноśnie ruchomości fragmentów kości, sztywnego mocowania płytek do jej powierzchni oraz ich wpływu na gojenie złamania, dane naukowe są niejednoznaczne. Z jednej strony w celu zabezpieczenia bezpośredniego pierwotnego gojenie kości zaleca się brak mobilności między fragmentami złamania, które powinny być zaopatrzone sztywnym mocowaniem za pomocą płytek dociskowych tak aby ich ruchomość nie przekraczała 100-150 μm . Z drugiej strony niektóre dane sugerują, że mikro ruchy pomiędzy fragmentami złamania mogą przyspieszyć gojenie kości i uniknąć efektu „*stress shielding*” oraz perfuzji jej warstwy korowej [16]. W przypadku płytek modułowych może to być kontrolowane za pomocą odpowiedniego blokowania lub nie, jedno- lub dwuoczkowej śruby mocującej [17,18]. W celu zneutralizowania fizjologicznych odkształceń i skręcania żuchwy, konieczne jest ich dokładne pozycjonowanie i przyleganie a tym samym odpowiedni kształt płytek mocujących. Może to być trudne do uzyskania z powodu nierównej powierzchni kości oraz jej naturalnej krzywizny, a także konieczności uniknięcia uszkodzenia struktur anatomicznych lub korzeni zębów. W przypadku płytek jednoczęściowych, można to osiągnąć przez doginanie i cięcie, ale takie podejście może spowodować uszkodzenie powierzchni płytki i jej warstwy pasywnej a w efekcie jej korozję.

Przedmiotowe płytki modułowe dają operatorowi swobodę projektowania konstrukcji nadając się do każdej możliwej sytuacji klinicznej. W cyklu badań, w pierwszym etapie skupiono się na możliwościach wykorzystania druku 3D do wytworzenia płytek modułowych oraz ocenie ich przydatności mechanicznej dla różnych konfiguracji złamań żuchwy z różnymi modelami obciążenia oraz optymalizacji konstrukcji. Następnie sprawdzono jak nowa technologia produkcji tj. druk 3D wpływa na właściwości biologiczne płytek w szczególności kontaminację bakteryjną. W kolejnym etapie porównano otrzymane wyniki z komercyjnymi płytkami dostępnymi na rynku.

Opis osiągnięcia naukowego:

W pierwszej pracy z cyklu (**H. 1**) zbadałem materiał na implanty pod kątem składu chemicznego i fazowego, jego struktury i mikrostruktury. Badania obejmowały także analizę morfologii składników, właściwości fizycznych, chemicznych, i mechanicznych (statycznych i dynamicznych). Badania te służą do oceny, jakości materiałów i wytworzonych z nich

implantów. Jednocześnie na ich podstawie można prognozować właściwości dla nowowprowadzanych materiałów, jakim w tym przypadku jest tytan wykorzystywany do drukowania elementów do zespalania złamań: „gwiazdka” i „łącznik”.

Celem badań własnych było określenie wytrzymałości statycznej elementów systemu do zespalania złamań przy założonych schematach obciążeń. W literaturze najczęściej sugerowanym mechanizmem uszkodzenia implantu tytanowego jest zmęczenie metalu spowodowane np. wysokim cyklicznym obciążeniem okluzyjnym. Sugeruje się, że przyspieszona utrata kości brzeżnej wokół implantu powoduje wzrost momentów zginających i siły momentu obrotowego na implantach. To z kolei przyczynia się do zwiększonej mobilności implantu i ostatecznej strukturalnej awarii implantu.

Zakres badań obejmował obserwacje mikrostruktury, pomiary twardości, obserwacje struktury powierzchni przełomów i mikroanalizy składu chemicznego płytek. Obserwacje mikroskopowe, pomiary twardości i mikroanalizy składu chemicznego przeprowadziłem na powierzchni zglądów metalograficznych próbek zainkubowanych w żywicy. Na podstawie analizy przełomów i mikroanaliz dodatkowo przeprowadziłem badania metalograficzne próbek „gwiazdka” i „łącznik” uzyskanych po procesie obróbki cieplnej (przesycanie i starzenie). Elementy te zostały poddane obróbce cieplnej w piecu próżniowym z chłodzeniem gazowym. Strukturę powierzchni przełomów zaobserwowałem za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM). Przełomy gwiazdek i łączników uzyskałem na podstawie wytrzymałościowych prób technologicznych. Mikroanalizy składu chemicznego wykonałem (na próbkach do badania mikrostruktury) zestawem: mikroskop skaningowy (SEM) i mikroanalizator rentgenowski – metoda EDS. Twardość materiału zmierzyłem metodą Vickersa przy obciążeniu 2N stosując mikro twardościomierz PMT 3 i próbki wykorzystane do badań mikrostruktury.

Przeanalizowane próbki charakteryzowały się dobrze dobranym kształtem pod kątem równomierności naprężeń, o czym świadczy podobna wartość sił niszczących obydwu elementy. Badania wytrzymałościowe wykazały siły rozrywające na poziomie 3 kN w przypadku łączników, i ok. 700 N w przypadku zginania gwiazdek. Zgięcie łączników nastąpiło przy sile ok. 1,6 kN i momencie gnącym na poziomie ok $5.68 \div 5,83$ Nm. Zakładając typową siłę zgryzu na poziomie 400 N można domniemać, że implant w obecnej postaci wytrzyma obciążenia w części przedniej zuchwy. Implantacja bliżej stawu zuchwowo-skroniowego może powodować przekroczenie wytrzymałości łączników na zginanie. Jednak nieograniczone możliwości konfigurowania elementów systemu sprawiają, że łączniki mogą być tak połączone, aby obciążenie ich było w osi, gdzie zarejestrowano największą siłę

niszczącą powyżej 3 kN. Badania wykazały również, że wytrzymałość "ramion" gwiazdki na zginanie $700 \div 1100$ N jest większa od wytrzymałości połączenia na rozciąganie $476,55 \div 532,52$ N. Wskazuje to na prawidłowe zaprojektowanie układu. Jednak poziom wytrzymałości połączenia może okazać się niewystarczający z uwagi na panujące siły.

Badania metalograficzne wykonano na dwóch rodzajach próbek:

- pierwszy rodzaj badań materiałowych dotyczył surowych próbek wykonanych w technologii druku 3D,
- drugi rodzaj badań materiałowych dotyczył próbek na których przeprowadzono dodatkową obróbkę cieplną tj. przesycanie i starzenie.

Obróbka cieplna w postaci przesycania i starzenia spowodowała ujednorodnienie mikrostruktury materiału oraz zmniejszenie różnicy rozrzutów twardości ($470 \div 490$ HV0.2) w porównaniu do stanu wyjściowego.

Niniejsze badania wykazały, że oceniane elementy systemu do osteofiksacji kości są wolne od szkodliwych substancji chemicznych, a konstrukcje cechują się wysoką wytrzymałością i porowatą powierzchnią, która wspiera proces osteointegracji.

Celem kolejnej pracy z cyklu (**H. 2**) było przedstawienie innowacyjnego, opatentowanego systemu przeznaczonego do stabilizacji złamań kości. Jego szczególną cechą, odróżniającą go od innych podobnych systemów, jest możliwość precyzyjnego dopasowania implantu do kształtu kości. Taka precyzyjna modyfikacja jest szczególnie ważna w przypadku wielokrotnych złamań z licznymi odłamami pośrednimi, gdzie odpowiednia stabilizacja jest warunkiem przywrócenia odpowiedniej geometrii kości, a tym samym odtworzenia biomechanicznej funkcji danego segmentu, która została utracona w wyniku złamania. W oparciu o badane właściwości materiału, z którego wykonano płytki, zweryfikowałem strukturę prezentowanego systemu pod kątem obciążeń, naprężeń i sił występujących w przypadkach wielomiejscowego złamania żuchwy. Badania numeryczne przeprowadziłem dla trzech różnych modeli złamań: jednostronnego podwójnego złamania trzonu żuchwy, jednostronnego podwójnego złamania trzonu i kąta żuchwy oraz obustronnego złamania trzonu i kąta żuchwy. Wyniki wskazują, że proponowany system może być z powodzeniem stosowany do stabilizacji złamanych fragmentów kości, a uzyskana stabilizacja pozwoliłaby na zachowanie fizjologicznej funkcji żucia podczas gojenia i przebudowy kości. Odkształcenie, naprężenie i przemieszczenie w płytce można dostosować do charakterystyki, wymagań i lokalizacji złamania. W porównaniu z konwencjonalnymi systemami płytek do osteosyntezy, w tym przypadku można uniknąć lub rozwiązać wiele problemów klinicznych, takich jak efekt osłony naprężeń (ang. *stress shielding*), odsłonięcie płytki lub korozja powierzchni spowodowana

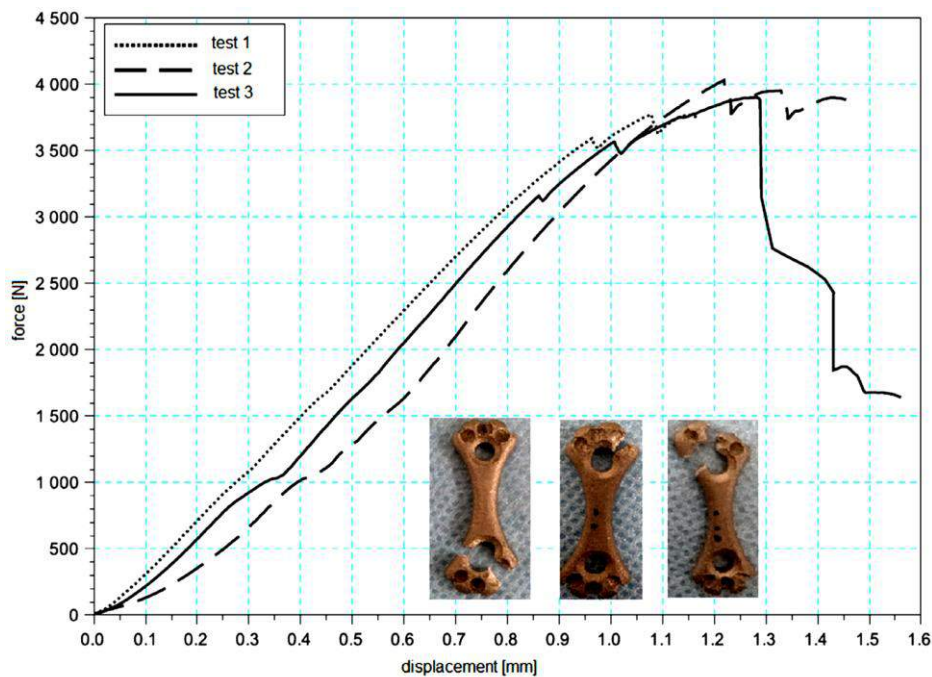
uszkodzeniem jej powierzchni przy doginaniu. Kształt konstrukcji, metodologia projektowania i protokoły chirurgiczne dla modułowego systemu do osteosyntezy kości mogą mieć zastosowanie również w przypadku innych złamań kości żuchwy i twarzy niż badane, jak również innych odległych kości, jednak wymaga to dalszych badań wraz z próbami klinicznymi. Dzięki zastosowaniu technologii druku 3D modułowy system płytek do osteofiksacji kości z unikalnymi możliwościami połączeń może być szybko i ekonomicznie wytwarzany w szpitalach, spełniając wymagania leczenia, takie jak krótszy czas, mniejsze koszty operacyjne i większa skuteczność leczenia.

Do badania wybrałem trzy rodzaje złamań i dwie konfiguracje płytek w celu sprawdzenia i oceny wpływu ich rozmieszczenia, rodzaju płytek oraz liczby na rozkład sił i stabilizację w wybranych przypadkach. W badaniach zastosowałem przypadki złamania bezzębnej żuchwy, ponieważ według wytycznych ten typ złamań można leczyć przy pomocy fiksacji wewnętrznej z otwartą redukcją (*ang. ORIF- open reduction internal fixation*), a ponadto są to jedyne złamania, w których prawidłowe nastawienie odłamów, staranny dobór płytek i ich późniejsze umieszczenie ma większe znaczenie niż okluzja [19]. W przypadku złamania żuchwy przy bezzębieniu udowodniono, że osteosynteza jest najskuteczniejszą opcją leczenia charakteryzująca się niską częstością występowania ciężkich powikłań [20].

W opisywanym systemie dostępne są dwa rodzaje elementów, które pokrywają wszystkie możliwe typy złamań: tzw. „gwiazda” i „łącznik”. Zbadałem różne konfiguracje, aby określić które działają najlepiej w różnych lokalizacjach i warunkach obciążenia. Pierwsza konfiguracja, czyli jedna gwiazda i dwa łączniki zostały użyte do mocowania jednostronnego podwójnego złamania trzonu żuchwy, aby sprawdzić, jakie minimalne podejście może być wystarczające w przypadku złamań w rejonie bocznym, ponieważ w tych rejonach występują największe siły przemieszczenia powstające z powodu lokalizacji pobliskich przyczepów mięśniowych. Druga konfiguracja była również po jednej stronie, podwójne złamanie z liniami złamania zlokalizowanymi w obrębie trzonu i kąta żuchwy, gdzie kąt żuchwy został dobrany w celu zbadania wpływu zwiększonej odległości między liniami złamania oraz sił dyslokacyjnych. W przypadku tego typu złamania zbadano dwa zestawy płytek składające się z dwóch gwiazd na obu końcach i jednego łącznika pośrodku. Trzecią konfiguracją było złamanie trzonu po jednej stronie i kąta żuchwy po stronie przeciwnej, ponieważ ten typ jest bardzo częsty w przypadku złamań pośrednich, gdy złamanie następuje po przeciwnej stronie miejsca urazu. Złamanie trzonu zostało ustabilizowane za pomocą dwóch zestawów po dwie gwiazdy i jednego łącznika, a w przypadku złamania kąta żuchwy tylko jeden zestaw dwóch gwiazd i jeden łącznik został wybrany do zbadania minimalnego podejścia do złamania w

położeniu kąta żuchwy, jak opisano wcześniej.

Odporność materiału z jakiego wykonano płytki określono na podstawie oceny wytrzymałości gotowych, wydrukowanych elementów. Wynik próby rozciągania elementów układu do osteofiksacji został przedstawiony na Rys. 1. Odnosząc się do wartości maksymalnej siły rozciągającej na poziomie 3,9 kN do przekroju pęknięcia wyznaczono wytrzymałość na rozciąganie (R_m) powyżej 1 GPa, co jest typowe dla stopów tytanu. W próbie rozciągania elementu „gwiazdki” osiągnięto porównywalną wytrzymałość (Rys. 1). Obliczono moduł Younga 107 GPa, a obliczenia oparto na współczynniku Poissona 0,34 [21].

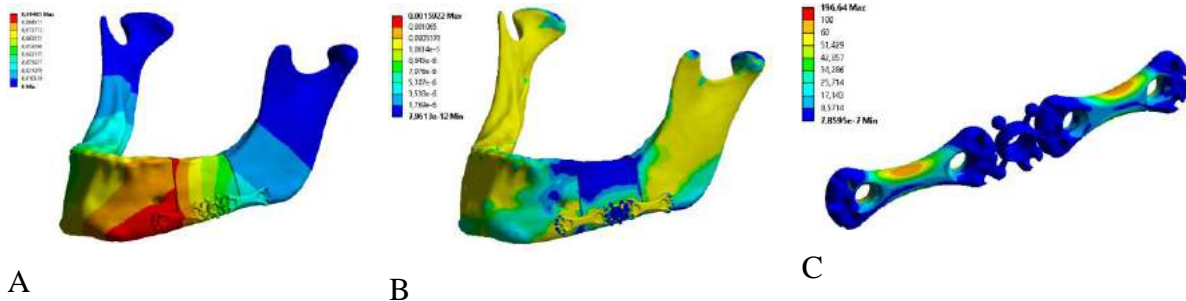


Rys. 1 Statyczna próba rozciągania dla płytek. Opracowanie własne.

Konfiguracja I

Względne przemieszczenia żuchwy przedstawiono na Rys. 2. Dla założonego obciążenia są one nieznaczne i wskazują na prawidłową konfigurację płytek. Rozkład odkształceń względnych w opracowanym modelu widoczny jest na rys. 2a. O poprawności analizowanej konfiguracji stabilizującej świadczy fakt, że środkowy fragment kości nie wykazuje znaczących obciążeń. Sugeruje to, że obciążenie jest przenoszone przez płytkę i że struktury kostne w obrębie złamania są odciążone. Naprężenia występujące w płytkach są mniejsze niż dopuszczalne (rys. 2b). Rozkład obciążenia płytki pokazuje, że „gwiazdy” zastosowane na końcach płytek dobrze stabilizują wzajemne położenie odłamów kości pod obciążeniem. Na rys. 2c przedstawiono rozkład naprężeń w całym układzie stabilizacji. Jak widać element środkowy nie jest obciążony podczas pracy. Maksymalne wartości naprężeń

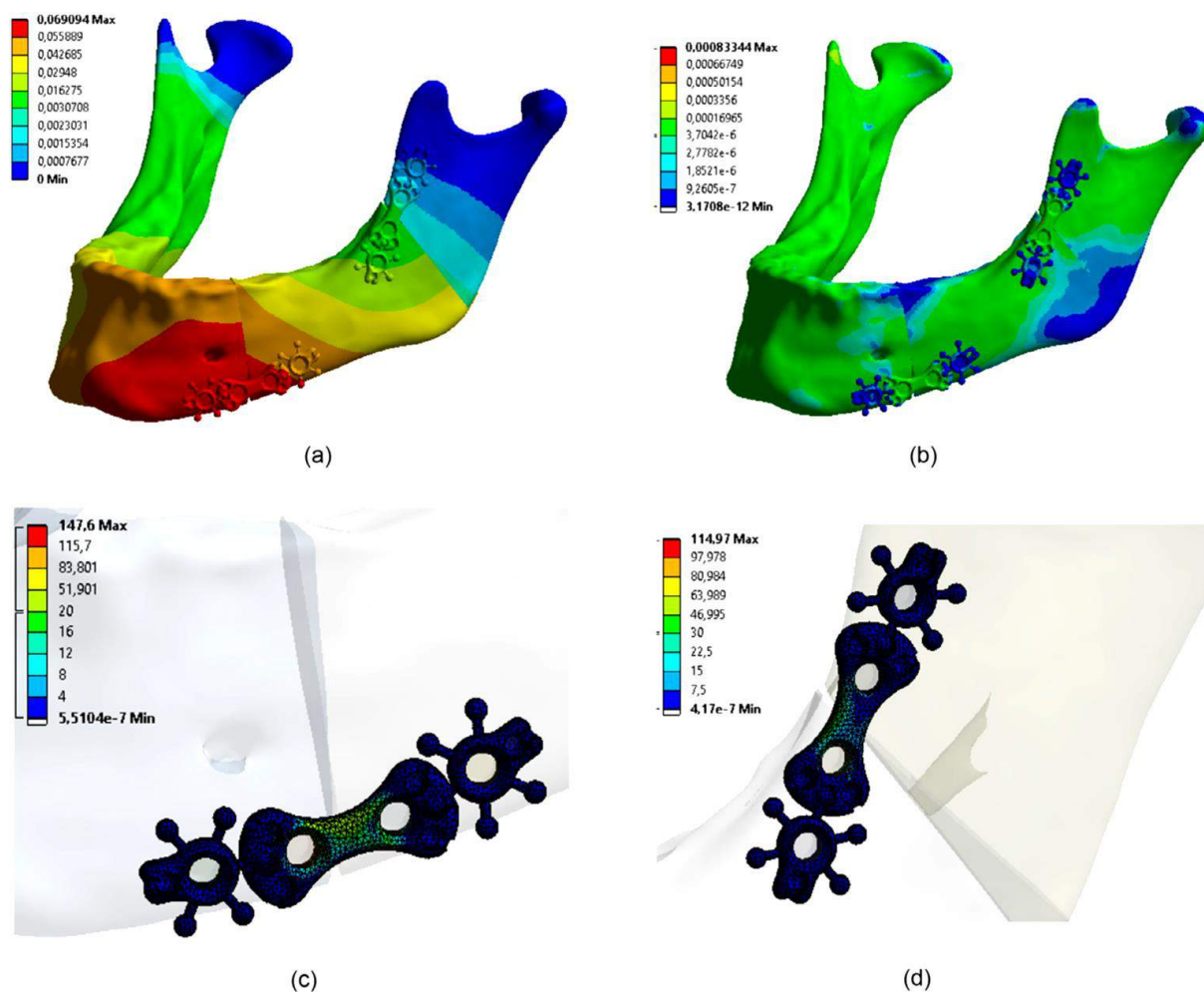
występują w centralnych częściach płytki i miejscach otworów na śruby. W żadnym wypadku naprężenia nie przekraczają dopuszczalnych wartości.



Rys. 2. Konfiguracja I: a) przemieszczenie fragmentów kości przy obciążeniu (mm), b) względne odkształcenia systemu (mm/mm), c) rozkład naprężeń wewnątrz systemu (MPa) (opracowanie własne).

Konfiguracja II

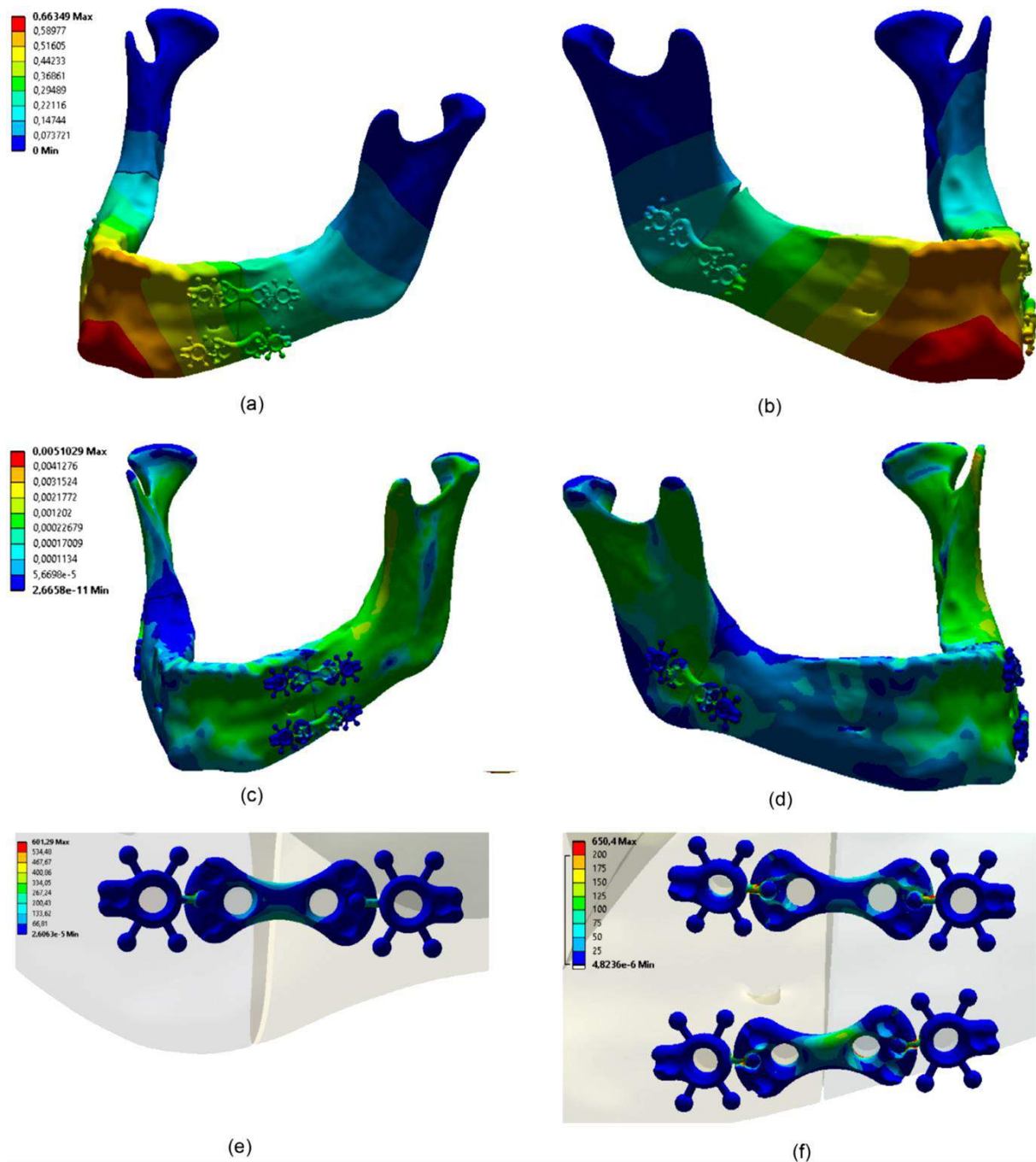
Przemieszczenia kości pod obciążeniem widoczne są na Rys. 3. Brak znaczącego przemieszczenia wskazuje na korzystne warunki do zrostu kostnego. Wprawdzie obserwowane są mikro ruchy, ale zakres tych ruchów wyklucza uszkodzenie odbudowanej struktury kostnej zuchwy. Na rys. 3a przedstawiono mapę deformacji, z której wynika, że zastosowana konfiguracja jest prawidłowa, a płytka pełni zarówno rolę stabilizującą w układzie, jak i pozwala na niewielkie przemieszczenia poprzez generowanie sił wspierających zrost kostny w ułamku fragmentów. Rys. 3b przedstawia rozkład naprężeń dla konfiguracji implantu w trybie II. Ze względu na znaczne siły występujące w miejscu połączenia gwiazd i płytek, wokół ramion gwiazd dochodzi do koncentracji naprężeń. Przemieszczenia przedstawione na rys. 3b wskazują, że zastosowana konfiguracja implantów dobrze stabilizuje kość, umożliwiając przenoszenie typowych obciążeń np. podczas żucia pokarmu. Naprężenia przedstawione na rys. 3c pokazują, że w przypadku tej kombinacji płytek kości wokół implantu „pracują” i niewielka deformacja, która występuje, stymuluje kość do gojenia.



Rys. 3. Konfiguracja II: a) przemieszczenia struktury kości, b) odkształcenia względne, c), d) rozkład naprężeń dla systemu. Opracowanie własne.

Konfiguracja III

Na rys. 4 przedstawiono rozkład naprężeń w poszczególnych elementach konstrukcji. Ze względu na znaczne siły występujące w połączeniach gwiazd z płytkami, wokół ramion gwiazd dochodzi do koncentracji naprężeń.



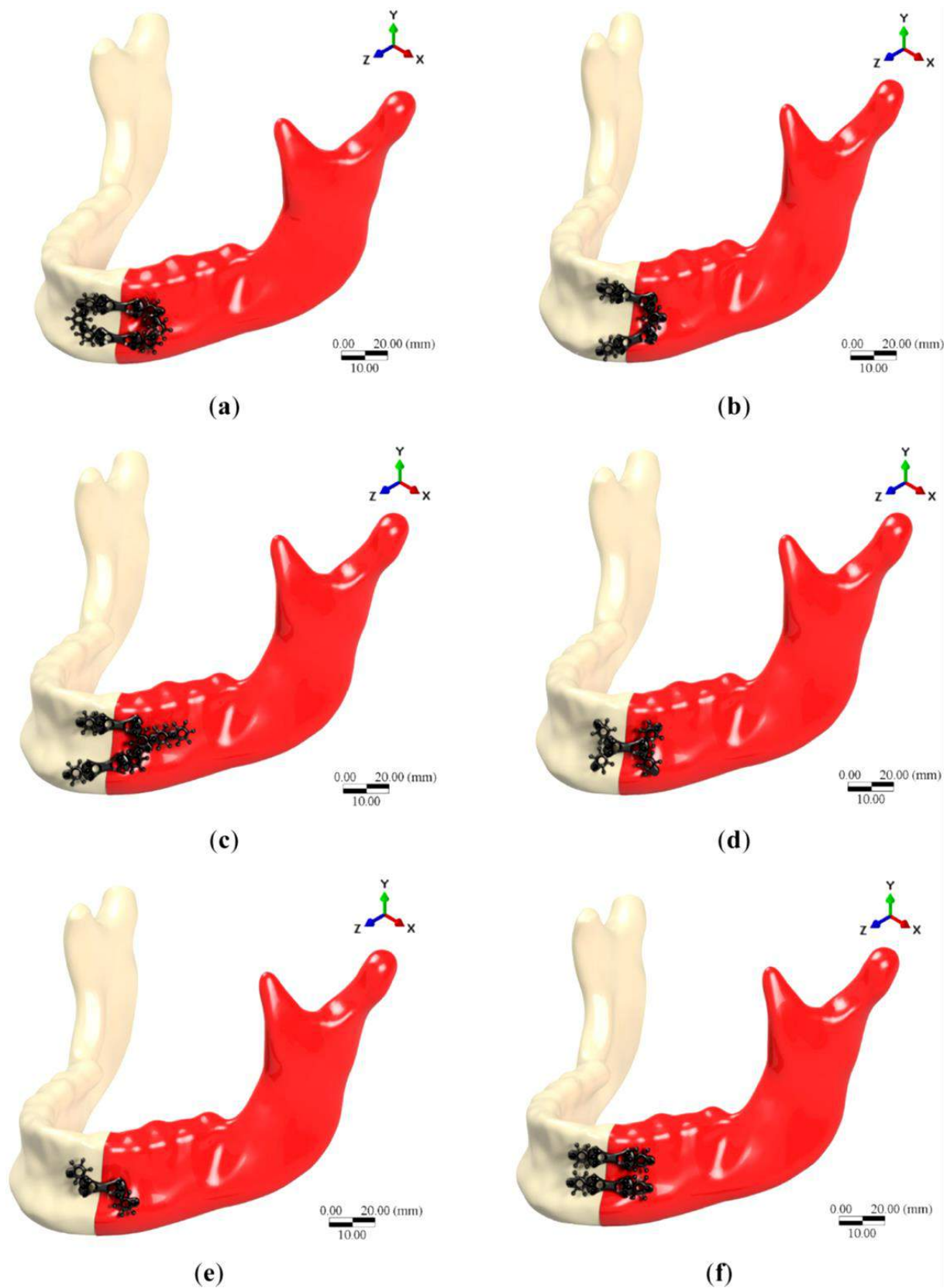
Rys. 4. Konfiguracja III: a,b) przemieszczenia struktury kości; c,d) odkształcenia względne; e,f) rozkład naprężeń dla systemu (opracowanie własne)

Wybierając płytki do osteofiksacji jako metodę leczenia, operator musi być świadomy ryzyka wystąpienia możliwych powikłań, które mogą pojawić się zarówno podczas zabiegu jak i w okresie leczenia pooperacyjnego oraz powinien wiedzieć, jak sobie z nimi radzić. Jednym z problemów, na jakie operatorzy mogą natknąć się podczas wykonywania tego typu zabiegów, jest konieczność ominięcia ważnych struktur anatomicznych, w szczególności ujścia i kanałów

nerwów. Drugim jest fakt, iż podczas wyginania lub cięcia konwencjonalnych płytek do osteofiksacji kości ich powierzchnia może ulec uszkodzeniu, zwiększając ryzyko korozji, co ma miejsce w ponad 35% przypadków [22]. W proponowanym systemie płytek modułowych nie ma potrzeby takich manipulacji, ponieważ ramiona „gwiazdy” i kulkowe połączenie elementów konstrukcji pozwalają na ich dopasowanie do powierzchni kości niezależnie od jej lokalnej topografii. Trzecim problemem jest to, że większość infekcji po urazach szczękowo-twarzowych występuje w żuchwie, a infekcje te są główną przyczyną usunięcia płytki – w przypadku jej ekspozycji do jamy ustnej jej powierzchnia pokrywa się nieprzenikalnym dla antybiotyków biofilmem bakteryjnym, który można usunąć tylko wraz z płytką. W przypadku systemu modułowego odsłoniętą część płytki można wymienić bez konieczności demontażu całej konstrukcji, jak ma to miejsce w przypadku płytek konwencjonalnych.

Przedmiotem kolejnego etapu badań z cyklu publikacji stanowiących moje osiągnięcie badawcze (publikacja- **H. 3**) była ocena właściwości biomechanicznych modułowego systemu do osteofiksacji kości wyprodukowanego za pomocą druku 3D zastosowanego do leczenia złamań żuchwy przy pomocy wcześniej już wykorzystanej metody MES na podstawie modelu 3D żuchwy zrekonstruowanego ze skanu tomografii komputerowej (CT).

W leczeniu i rekonstrukcjach złamań twarzoczaszki powszechnie stosuje się tytanowe płytki i śruby mocujące. W zależności od kształtu płytki i stanu klinicznego wykazują one lepsze lub gorsze rezultaty kliniczne, dając naukowcom przestrzeń do ich udoskonalenia. W przedstawionej pracy, ponownie za pomocą metody elementów skończonych (MES) zaprojektowano model do rekonstrukcji złamań żuchwy pozwalający zbadać, jak różne konfiguracje elementów systemu płytek modułowych (tzw. płytka matka i tzw. płytka gwiazdka) zachowują się przy poszczególnych obciążeniach 100 N, 150 N i 200 N oraz dokonać analizy rozkładu naprężeń. Wstępna analiza numeryczna pozwoliła na określenie zasięgu i granic występujących naprężeń w układzie płytka-żuchwa. Przetestowałem płytki w sześciu różnych konfiguracjach (Rys. 4).



Rys. 5. Konfiguracje systemu płytek do osteotomii do leczenia złamań żuchwy (a) eliptyczne, (b) w kształcie litery V, (c) w kształcie litery Y, (d) w kształcie litery X, (e) w kształcie litery S, (f) równoległy (opracowanie własne)

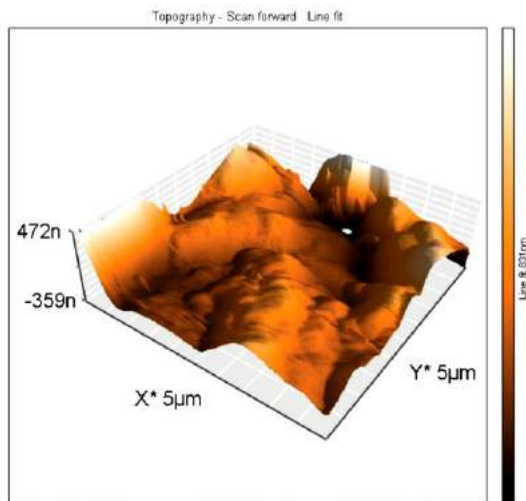
Przy obciążeniu żuchwy wynoszącym 100 N najbardziej niekorzystny rozkład naprężeń uzyskano dla konfiguracji 5d (kształt litery X) - 380 MPa. Najbardziej optymalnym rozwiązaniem dla tego obciążenia okazała się konfiguracja 4e (nieregularny kształt litery S) ze względu na znacznie niższe naprężenie, wynoszące 5 MPa. Dalej przeanalizowałem konfiguracje pod obciążeniem 150 N. Pod tym obciążeniem również konfiguracja 5e skupiła najniższą wartość 8 MPa. Najbardziej niekorzystnymi konfiguracjami okazały się 5d (w kształcie litery X) i 5b (w kształcie litery V) przy koncentracjach naprężeń odpowiednio 685 MPa i 542 MPa. Zarejestrowane wartości naprężeń w tych konfiguracjach przekraczają wartości maksymalne naprężenia sprężystego dla stopu tytanu wynoszące 483 MPa [23]. Zarówno dla konfiguracji 4d (kształt litery X) i 5b (kształt litery V) wartości te zostały przekroczone odpowiednio, o około 42% i 12%.

Następnie płytki poddałem obciążeniu 200 N. Dla konfiguracji o kształcie litery S (5e) zarejestrowane wartości naprężeń wynosiły 11 MPa. Również dla konfiguracji 5c (kształt litery Y) wartość naprężeń była mała i wyniosła 89 MPa. Również konfiguracja 4f (równoległa) mieściła się w dopuszczalnym zakresie naprężeń z wynikiem 439 MPa. Inne kombinacje znacznie przekroczyły dopuszczalne wartości naprężeń, a najbardziej niekorzystną okazała się Konfiguracja 5d (kształt litery X).

Uwzględniając naprężenia śruba-kość, można uznać, że przy tym samym obciążeniu naprężenie jest mniejsze przy większej średnicy śruby. Konfiguracja z dwiema „gwiazdami” i jedną „płytką” (kształt litery S) cechuje się najniższymi maksymalnymi wartościami rozkładu naprężeń i małymi wartościami w pozostałym obszarze płytki. Wyniki tego badania pokazują, że pacjentów ze złamaniami trzonu żuchwy można z powodzeniem leczyć za pomocą modułowych płytek do osteofiksacji produkowanych przy użyciu technologii addytywnych. Niniejsze badanie przedkliniczne miało na celu określenie stabilności drukowanych płytek modułowych z wykorzystaniem analizy MES przy zaopatrzeniu złamań trzonu żuchwy. Opisałem również jego zalety w porównaniu ze współczesnymi popularnymi rozwiązaniami ze szczególnym uwzględnieniem biologii kości i najczęstszych powikłań. Uzyskane wyniki wykazały stabilność konstrukcji stworzonej z wykorzystaniem płytek modułowych w przypadku wybranych wartości obciążenia tj. 100 N–200 N, która jest wystarczająca aby zastosować je w badaniach klinicznych. Wyniki opublikowanego badania przybliżają pacjentom ze złamaniami żuchwy możliwość skutecznego leczenia metodą ORIF za pomocą płytek modułowych wytwarzanych metodą druku 3D. Ten rodzaj unieruchomienia eliminuje potrzebę stosowania fiksacji międzyszczękowej (IMF) , zmniejsza ryzyko przemieszczenia

odłamów kostnych, ułatwia anatomiczną redukcję szczeliny i natychmiastową odbudowę fizjologicznych funkcji żuchwy. W kolejnym etapie planowane są dalsze randomizowane badania kliniczne oraz badania *in vivo*, aby określić faktyczną przydatność prezentowanego rozwiązania.

Celem kolejnej pracy (publikacja **H.4**) była ocena podatności powierzchni tytanowych płytek wytworzonych przy pomocy druku 3D na tworzenie się biofilmu bakteryjnego. Płytki wytworzono metodą selektywnego przetapiania laserowego (*ang. Selective Laser Melting-SLM*) ze stopu tytanu Ti-6Al-4 V. Szczepy referencyjne zastosowane w badaniu: *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus*, *Lactobacillus rhamnosus* i *Candida albicans*, zostały przetestowane pod kątem podatności na tworzenie biofilmu przez okres 48 godzin. Formacje biofilmu bakteryjnego oznaczono ilościowo z zastosowaniem metody kolorymetrycznej oraz kwantyfikację jednostek tworzących kolonie (CFU). Obrazowanie za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM) pozwoliło na zobrazowanie struktury powstałego biofilmu bakteryjnego na powierzchni płytki. Analiza powierzchni wykazała średnią chropowatość 102,75 nm i nieregularną topografię badanych płytek (Rys. 6).



Rys. 6. Topografia powierzchni płytki (opracowanie własne)

Badane płytki okazały się podatne na tworzenie biofilmu przez wszystkie testowane szczepy. Średnie CFU były następujące: *S. mutans* ($11,91 \times 10^7$) > *S. epidermidis* ($4,45 \times 10^7$) > *S. aureus* ($2,3 \times 10^7$) > *C. albicans* ($1,22 \times 10^7$) > *L. rhamnosus* ($0,78 \times 10^7$). Powszechnie znanymi drobnoustrojami wywołującymi infekcje związane z systemami do unieruchamiania złamań są głównie *S. aureus*, gronkowce koagulazo-ujemne, takie jak *S. epidermidis*, pałeczki Gram-

ujemne, beztlenowce, enterokoki i paciorkowce [24]. Według Campoccia i wsp., dwa gatunki, *S. aureus* i *S. epidermidis* są odpowiedzialne za około 2/3 infekcji implantów [25] i około 20% wszystkich infekcji związanych z urządzeniami ortopedycznymi, sięgając 50% w późno rozwijających się zakażeniach [26]. Infekcje, które występują w żuchwie, również mają bezpośredni związek z biofilmem stworzonym przez mikroorganizmy jamy ustnej, takie jak *S. mutans* i pałeczki kwasu mlekowego.

Ze względu na ograniczone dane dotyczące podatności płytek wytwarzanych metodą druku 3D na adhezję i tworzenie biofilmu bakteryjnego, moje badanie miało na celu ocenę przyczepności i wzrostu *S. aureus*, *S. epidermidis*, *S. mutans*, *L. rhamnosus* i *C. albicans* na surowej płytce tytanowej. Wyniki wykazały, że zdolność do przyczepiania i formowania biofilmów jest zależna od szczepu. *S. mutans* wykazał większą zdolność niż inne szczepy (*S. epidermidis*, *S. aureus*, *C. albicans* i *L. rhamnosus*) do przyczepiania się do chropowatej powierzchni płytki tytanowej. Czynniki wpływające na przyleganie bakterii i tworzenie biofilmu na biomateriałach obejmują ich strukturę chemiczną i chropowatość powierzchni. Nieregularna chropowata powierzchnia biomateriałów, zwłaszcza ich mikro i makrostruktury mają pozytywny wpływ na osteointegrację co jest pożądanym procesem w implantologii, ale ułatwiają również początkową adhezję drobnoustrojów i tworzenie biofilmów [27].

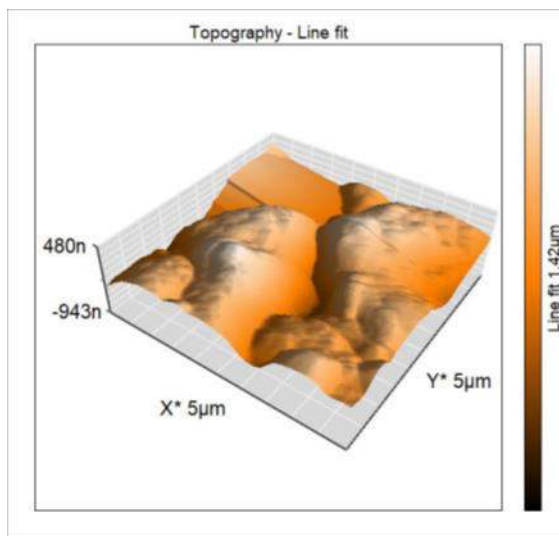
Badania własne wykazały, że chropowate powierzchnie addytywnie wytwarzanych płytek tytanowych są podatne na adhezję mikrobiologiczną. Przeprowadzone przeze mnie badania zwracają uwagę na konieczność zachowania ostrożności przy stosowaniu surowych implantów wytworzonych za pomocą druku 3D.

Celem ostatniej pracy z cyklu (publikacja **H. 5**) było porównanie tworzącego się biofilmu na powierzchni tytanowych płytek wytworzonych przy pomocy druku 3D i ogólnodostępnych płytkach ortopedycznych stosowanych do leczenia złamań kości. Do celów badawczych wykorzystałem mikroskop sił atomowych (AFM) w celu wizualizacji i oceny topografii powierzchni badanych płytek oraz przeprowadzałem analizę tworzenia biofilmu dla szczepów wzorcowych *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* i *Streptococcus mutans*. Do badań wykorzystałem płytkę bazową wydrukowaną w technologii 3D, a jako materiał referencyjny zastosowałem komercyjnie dostępne płytki kostne. Pierwszym typem komercyjnej płytki (CP1) była anodyzowana złotem 2-mm płytka mocująca żuchwę wykonana z czystego tytanu. Drugim typem płytki komercyjnej (CP2) była płytka typu Champy-Plate, wykonana ze stopu tytanu Ti-6AL-4V ASTM F136a pokrytego miękką anodyzowaną (niebieską) powłoką, która jest używana do osteosyntezy monokortykalnej,.

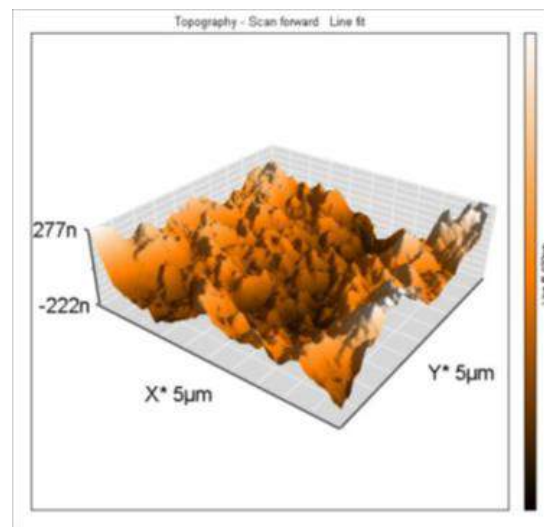
Ze względu na różne kształty i rozmiary badanych płytek, dokonałem również analizy ich

powierzchni za pomocą skanowania 3D przy użyciu urządzenia pomiarowego 3D ATOS III Triple .

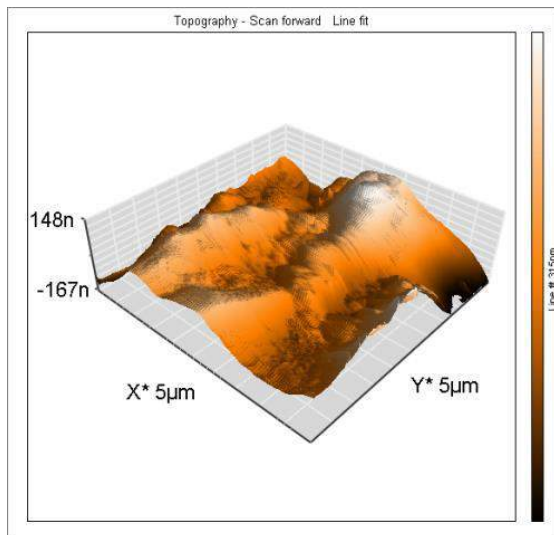
Badana powierzchnia wyniosła 110,21 mm² dla drukowanych płytek 3D oraz 88,05mm² i 94,92 mm² dla komercyjnych płytek 1 i 2. Dane te posłużyły do przedstawienia wyników ilościowego określenia biomasy biofilmu przy użyciu barwienia fioletem krystalicznym, które zostały odniesione (przeliczone) do powierzchni odpowiadającej najmniejszej płytce. Płytki drukowane wykazały najwyższą chropowatość (średnie arytmetyczne odchylenie wysokości nierówności powierzchni- Sa) Sa= 131,0 nm, podczas gdy płytki komercyjne wykazały niższe wartości chropowatości Sa= 6067 nm i Sa= 5548 nm, odpowiednio dla płytek CP1 i CP2. Mikrochropowatość powierzchni biomateriału przedstawiono w postaci obrazów AFM 3D na rys.7. Różnica w chropowatości powierzchni spowodowana jest odpowiednimi technologiami modyfikacji powierzchni płytek mocujących. Płytki komercyjne (C1 i C2) były na etapie przetwarzania końcowego (*ang. post-processing*) piaskowane i anodowane, podczas gdy płytki drukowane 3D nie były modyfikowane po laserowym przetopieniu proszku.



A.



B.



C.

Rys. 7. Obraz powierzchni testowanych płytek uzyskany za pomocą mikroskopu sił atomowych (AFM); A-3DpTiP – surowa płytka wytwarzane za pomocą druku 3D; B- komercyjna płytka CP1; C- komercyjna płytka CP2 (opracowanie własne).

Tworzenie biofilmu oceniałem poprzez barwienie biomasy bakteryjnej fioletem krystalicznym i wizualizację mikroskopową. Badania te wykazały zdolność do tworzenia biofilmu na każdej badanej powierzchni, najbardziej obficie na płytkach drukowanych w technologii 3D, choć z różną intensywnością. W moim badaniu wykorzystałem całe płytki wraz z ich krzywiznami, otworami i zagłębieniami. Dzięki zastosowaniu konfokalnej mikroskopii fluorescencyjnej i skaningowej mogłem określić specyficzną lokalizację i grubość tworzącego się biofilmu, który dominował w nieregularnych zagłębieniach na płytkach drukowanych oraz wzdłuż krawędzi na płytkach komercyjnych. Dojrzały biofilm stworzył trójwymiarowe struktury i rozwijał się *in vitro* już po 48 godzinach. Taki w pełni ukształtowany biofilm jest szczególnie trudny do usunięcia i stanowi źródło wielu zakażeń pooperacyjnych [28].

Chropowatość powierzchni jest ważnym czynnikiem wpływającym na przyleganie białek i komórek do powierzchni implantu oraz wzrostu masy biofilmu. Badania nad chropowatością powierzchni materiałów stomatologicznych wskazują, że jeśli jej wartość jest większa niż 2000 nm, powoduje to znaczny przyrost masy biofilmu, dlatego też wartość niższa niż 200 nm jest uważana za wskazaną dla materiałów stosowanych w jamie ustnej [29]. Wyniki uzyskane w moim badaniu są zgodne z wcześniej opisanymi wynikami dotyczącymi chropowatości powierzchni elementów wytwarzanych w procesie druku 3D z metalu [30, 31]. Jednakże, parametry S_a (średnie arytmetyczne odchylenie wysokości nierówności powierzchni od płaszczyzny odniesienia), S_q (średnie kwadratowe odchylenie wysokości nierówności

powierzchni od płaszczyzny odniesienia) wydają się być znacznie niższe od opisywanych w literaturze [32] z uwagi na mniejszą powierzchnię porów ($5 \times 5 \mu\text{m}$), która została wybrana w celu uzyskania bardziej szczegółowego opisu interakcji pomiędzy powierzchnią a bakteriami. Dodatkowo wysokie wartości najwyższych i najniższych pików (S_y - średnie arytmetyczne odchylenie pomiędzy najwyższą i najniższą wartością) potwierdzają, że drukowane płytki mają znacznie większą powierzchnię dostępną dla adhezji bakterii/komórek, co może mieć wpływ na skuteczność naturalnie występujących procesów usuwających bakterie [33]. Każdy z testowanych szczepów wykazywał większą liczebność oraz masę biofilmu na płytkach drukowanych o najwyższym parametrze chropowatości S_a . Pomimo bardzo podobnych wartości parametrów chropowatości płytek komercyjnych, można zauważyć różnice w poziomie adhezji bakterii. Wartość absorbancji biofilmów *S. mutans* i *S. epidermidis* dla komercyjnej płytki CP1 była znacznie niższa niż dla płytki CP2. Dostępne w sprzedaży płytki mocujące zastosowane w niniejszej pracy, pokryte jonami metali, charakteryzowały się niższymi średnimi wartościami chropowatości, a także innymi parametrami, takimi jak wysokość najwyższego pików (S_p) oraz wysokość największego dołu (doliny) na określonym obszarze (S_v). Topografia materiału może wpływać na obserwowane różnice w tworzeniu biofilmu. Badania na temat różnych rodzajów biomateriałów wytwarzanych tradycyjnymi metodami wskazują że chropowatość nie jest kluczowym czynnikiem przyczyniającym się do tworzenia biofilmu. De-la-Pinta i wsp. wskazał, że mniejsza chropowatość nie zawsze powoduje mniejsze tworzenie biofilmu [33]. Zróznicowana topografia powierzchni określona parametrem S_{sk} (współczynnik skośności rozkładu wysokości topografii (rzędnych) powierzchni) wskazywała, że wysoki odsetek pików (tj. $S_{sk} > 0$) lub dolin ($S_{sk} < 0$) może wpływać na przyleganie bakterii. Podobnie Dutra i wsp. wykazali, że adhezja bakterii jest związana z pewnym zakresem chropowatości powierzchni, a nie z progiem chropowatości oraz zasugerowali, że biomateriały powinny być wykańczane metodami polerowania [34]. McGaffe wskazał, że ręczne polerowanie narzędzi drukowanych w 3D zmniejszające średnią chropowatość metalu $\leq 0,2 \mu\text{m}$ nie zapobiegało tworzeniu się biofilmu, ale zmniejszyło jego obfitość [35]. Ponadto, jednolita chropowatość w skali nano [36] lub powierzchnia kontrolowana przez nanofilary (submikronowa tekstura) zmniejszają adhezję gronkowców [37] przez zmniejszoną dostępność powierzchni kontaktu bakterii. Przyczynia się to do zmniejszenia przylegania bakterii ponieważ nierówności mniejsze niż komórki bakteryjne uniemożliwiają ich adhezję. Obrazy uzyskane za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego pokazują, że skupiska komórek bakteryjnych powstały w obrębie zagłębień i dolin badanych powierzchni. Zmiana powierzchni w nanoskali może przyczynić się do zmniejszenia adhezji bakterii. Aby

wzmocnić właściwości osteointegracji i utrudniać skażenie bakteryjne urządzeń medycznych wytwarzanych za pomocą druku 3D powinny być poddawane obróbce końcowej. Niezależnie od wybranej metody, produkcja wymagałaby dodatkowego czasu aby wyprodukować implanty medyczne zanim zostaną zastosowane w praktyce klinicznej, ale byłyby bezpieczniejsza dla pacjenta w kontekście infekcji związanych z biomateriałami. Znaczenie chropowatości powierzchni płytek mocujących stosowanych w chirurgii szczękowo-twarzowej pozostaje nierozwiązanym problemem, ponieważ z jednej strony chropowata powierzchnia wpływa na lepszą odpowiedź kości, ale także zmienia przyczepność bakterii. Zaprezentowany przeze mnie system do osteofiksacji ma istotną korzyść kliniczną – pozwala na częściowy demontaż konstrukcji. Innymi słowy, można wymienić poluzowane lub zainfekowane części bez konieczności zdejmowania całych płytek, co skutkuje mniejszą ingerencją chirurgiczną, zmniejszeniem ryzyka infekcji rany i usprawnieniem leczenia. Ta metoda fiksacji eliminuje potrzebę fiksacji międzyszczękowej, zmniejsza ryzyko przemieszczenia fragmentów kości, ułatwia redukcję szczeliny złamania i przywraca fizjologiczne funkcje kości.

Kolonizacja mikrobiologiczna implantów medycznych stosowanych w ortopedii i chirurgii szczękowo-twarzowej stanowi poważny problem, ponieważ często powoduje infekcje i prowadzi do odrzucenia wszczepu. Technologia addytywna wydaje się być świetnym rozwiązaniem w spersonalizowanej medycynie regeneracyjnej. Jednak wyniki tego badania wskazują, że jej produkty są podatne na adhezję bakterii i rozwój biofilmu. Dalsza praca nad rozwojem i udoskonaleniem wyrobów medycznych drukowanych w technologii 3D powinna polegać na opracowaniu technologii przetwarzania końcowego oraz modyfikacji ich powierzchni.

Implikacje kliniczne przedstawionych badań

- W proponowanym systemie płytek modułowych nie ma potrzeby ich cięcia lub doginania, ponieważ ramiona „gwiazdy” i kulkowe połączenie elementów konstrukcji pozwalają na ich dopasowanie do powierzchni kości niezależnie od jej lokalnej topografii bez ryzyka uszkodzenia warstwy pasywnej. Dzięki czemu elementy systemu nie wymagają modyfikacji i może być on zastosowany w większości sytuacji klinicznych.

Wykorzystując technologię druku 3D elementy systemu można wytwarzać w każdej jednostce zaopatrzonej w drukarkę na bieżąco w potrzebnej na daną chwilę ilości.

- Większość infekcji po urazach szczękowo-twarzowych występuje w żuchwie, a infekcje

te są główną przyczyną usunięcia płytki – w przypadku jej ekspozycji do jamy ustnej jej powierzchnia pokrywa się nieprzenikalnym dla antybiotyków biofilmem bakteryjnym, który można usunąć tylko wraz z płytką. W przypadku systemu modułowego odsłoniętą część płytki można wymienić bez konieczności demontażu całej konstrukcji, jak ma to miejsce w przypadku płytek konwencjonalnych.

- Przedstawione badania wykazały, że pacjentów ze złamaniami trzonu żuchwy można z powodzeniem leczyć za pomocą modułowych płytek do osteofiksacji produkowanych przy użyciu technologii addytywnych.
- Moje wyniki wykazały również stabilność konstrukcji stworzonej z wykorzystaniem płytek modułowych w przypadku wybranych wartości obciążenia tj. 100 N–200 N, która jest wystarczająca aby zastosować je w badaniach klinicznych.
- Obecne badania wykazały, że chropowate powierzchnie addytywnie wytwarzanych (druk 3D) płytek tytanowych są podatne na adhezję mikrobiologiczną. Badania te zwracają uwagę na konieczność zachowania ostrożności przy stosowaniu surowych implantów wytworzonych za pomocą druku 3D. Zwróciłem również uwagę na konieczność opracowania powłok biologicznych zmniejszających adhezję bakteryjną z minimalnym wpływem na właściwości biologiczne powierzchni płytek wytwarzanych tą technologią.
- Z przeprowadzonych badań wynika, że oceniane elementy systemu do osteofiksacji kości są wolne od szkodliwych substancji chemicznych, a konstrukcje wykazują wysoką wytrzymałość i posiadają porowatą powierzchnię, która wspiera proces osteointegracji.

Piśmiennictwo cytowane w opisie osiągnięcia naukowego

1. Mackenzie EJ. Epidemiology of injuries: current trends and future challenges. *Epidemiol Rev* 2000;22(1):112–119.
2. Hull A, Lowe T, Devlin M, et al. Psychological consequences of maxillofacial trauma: a preliminary study. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2003;41(5):317–322.
3. Boole JR, Holtel M, Amoroso P, Yore M. 5196 mandible fractures among 4381 active duty army soldiers, 1980 to 1998. *Laryngoscope*. 2001 Oct;111(10):1691-6.
4. R. Cienfuegos, C.-P. Cornelius, E. Ellis III, G. Kushner, Mandibular Trauma, 2020 (accessed 2 March 2020), <https://www2.aofoundation.org/wps/portal/surgerymobile?bone=CMF&segment=Mandible&showPage=redfix>.
5. Natu SS, Pradhan H, Gupta H, et al. An epidemiological study on pattern and incidence of mandibular fractures. *Plast Surg Int*. 2012;2012:834364.

6. Lalor PA, Revell PA, Gray AB, Wright S, Railton GT, Freeman MA. Sensitivity to titanium. A cause of implant failure? *J Bone Joint Surg Br.* 1991 Jan;73(1):25-8.
7. Moran CA, Mullick FG, Ishak KG, Johnson FB, Hummer WB. Identification of titanium in human tissues: probable role in pathologic processes. *Hum Pathol.* 1991 May;22(5):450-4.
8. Redline S, Barna BP, Tomashefski JF Jr, Abraham JL. Granulomatous disease associated with pulmonary deposition of titanium. *Br J Ind Med.* 1986 Oct;43(10):652-6.
9. Weingart D, Steinemann S, Schilli W, Strub JR, Hellerich U, Assenmacher J, Simpson J. Titanium deposition in regional lymph nodes after insertion of titanium screw implants in maxillofacial region. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1994 Dec;23(6 Pt 2):450-2.
10. Chacon GE, Dillard FM, Clelland N, Rashid R. Comparison of strains produced by titanium and poly D, L-lactide Acid plating systems to in vitro forces. *J Oral Maxillofac Surg.* 2005 Jul;63(7):968-72.
11. Falguni, M.; Hrishabh, J. Finite element method: An overview. *JDMS*2016,15, 38–41
12. Lisiak-Myszke M, Marciniak D, Bieliński M, Sobczak H, Garbacewicz Ł, Drogoszewska B. Application of Finite Element Analysis in Oral and Maxillofacial Surgery-A Literature Review. *Materials (Basel).* 2020 Jul 9;13(14):3063.
13. Iizuka T, Lindqvist C, Hallikainen D, Pauku P. Infection after rigid internal fixation of mandibular fractures: a clinical and radiologic study. *J Oral Maxillofac Surg.* 1991 Jun;49(6):585-93.
14. Mabileau G, Bourdon S, Joly-Guillou ML, Filmon R, Baslé MF, Chappard D. Influence of fluoride, hydrogen peroxide and lactic acid on the corrosion resistance of commercially pure titanium. *Acta Biomater.* 2006 Jan;2(1):121-9.
15. Acero J, Calderon J, Salmeron JJ, Verdaguer JJ, Concejo C, Somacarrera ML. The behaviour of titanium as a biomaterial: microscopy study of plates and surrounding tissues in facial osteosynthesis. *J Craniomaxillofac Surg.* 1999 Apr;27(2):117-23.
16. Pai S, Gunja NJ, Dupak EL, McMahon NL, Coburn JC, Lalikos JF, Dunn RM, Francalancia N, Pins GD, Billiar KL. A mechanical study of rigid plate configurations for sternal fixation. *Ann Biomed Eng.* 2007 May;35(5):808-16.
17. Lin KY, Bartlett SP, Yaremchuk MJ, Grossman RF, Udupa JK, Whitaker LA. An experimental study on the effect of rigid fixation on the developing craniofacial skeleton. *Plast Reconstr Surg.* 1991 Feb;87(2):229-35.
18. Sukegawa S, Kanno T, Masui M, Sukegawa-Takahashi Y, Kishimoto T, Sato A, Furuki Y. Which fixation methods are better between three-dimensional anatomical plate and two miniplates for the mandibular subcondylar fracture open treatment? *J Craniomaxillofac Surg.* 2019 May;47(5):771-777.
19. Koshy JC, Feldman EM, Chike-Obi CJ, Bullocks JM. Pearls of mandibular trauma management. *Semin Plast Surg* 2010;24:357–74.
20. Luhr HG, Reidick T, Merten HA. Results of treatment of fractures of the atrophic edentulous mandible by compression plating: a retrospective evaluation of 84 consecutive cases. *J Oral Maxillofac Surg* 1996;54(3):250–5.
21. Arslan M, Atik F, AtaçM, Özkan A, KilinçY. Biomechanical analysis of titanium fixation plates and screws in mandibular angle fractures. *Niger J Clin Pract* 2016;19(3):386.
22. Gilbert JL, Buckley CA, Jacobs JJ. In vivo corrosion of modular hip prosthesis components in mixed and similar metal combinations. The effect of crevice, stress, motion, and alloy coupling. *J Biomed Mater Res*

1993;27:1533–44.

23. L. Palka, M. Cykowska-Blasiak, M. Dobrzynski, R. Zarzycki, P. Halczuk, Osteotomy plate, has tab and/or connector connected with plate body by connection element and formed with threaded holes, and pin inserted into threaded holes, Patent No. PL424141 Warsaw, Poland, Polish Patent and Trademark Office.
24. Trampuz A, Zimmerli W. Diagnosis and treatment of infections associated with fracture-fixation devices. *Injury*. 2006;37(Suppl 2):S59–S66.
25. Campoccia D, Montanaro L, Arciola CR. The significance of infection related to orthopedic devices and issues of antibiotic resistance. *Biomaterials*. 2006;27 (11):2331–2339.
26. Sabaté Brescó M, Harris LG, Thompson K, et al. Pathogenic mechanisms and host interactions in *Staphylococcus epidermidis* device-related infection. *Front Microbiol*. 2017;2(8):1401.
27. Passarelli PC, De Leonardi M, Piccirillo GB, et al. The effectiveness of chlorhexidine and air polishing system in the treatment of *Candida albicans* infected dental implants: an experimental in vitro study. *Antibiotics (Basel)*. 2020;9(4):179.
28. Martins N, Rodrigues CF. Biomaterial-Related Infections, *J. Clin. Med*. 2020;9 722.
29. Mulder R, Maboza E, Ahmed R. *Streptococcus mutans* Growth and Resultant Material Surface Roughness on Modified Glass Ionomers. *Front. Oral Heal*. 2020:1. doi:10.3389/froh.2020.613384.
30. Li ZH, Liu C, Wang BF, Wang CY, Wang ZH, Yang F, et al. Heat treatment effect on the mechanical properties, roughness and bone ingrowth capacity of 3D printing porous titanium alloy. *RSC Adv*. 2018;8(22):12471–83.
31. Srivas PK, Kapat K, Das B, Pallabi P, Preetam GR, Santanu D. Hierarchical surface morphology on Ti6Al4V via patterning and hydrothermal treatment towards improving cellular response. *Appl Surf Sci* 2019;478:806–17.
32. Arkusz K, Pasik K, Halinski A, Halinski A. Surface analysis of ureteral stent before and after implantation in the bodies of child patients. *Urolithiasis* 2021;49(1):83-92.
33. De-la-Pinta I, Cobos M, Ibarretxe J, Montoya E, Eraso E, Guraya T, et al. Effect of biomaterials hydrophobicity and roughness on biofilm development, *J. Mater. Sci. Mater. Med*. 2019;30:77.
34. Dutra D, Pereira G, Kantorski KZ, Valandro LF, Zanatta FB. Does Finishing and Polishing of Restorative Materials Affect Bacterial Adhesion and Biofilm Formation? A Systematic Review. *Oper Dent* 2018;43(1):E37-52.
35. McGaffey M, Zur Linden A, Bachynski N, Oblak M, James F, Weese JS. Manual polishing of 3D printed metals produced by laser powder bed fusion reduces biofilm formation. *PLoS One*. 2019;27:14(2):e0212995
36. Vellido-Rodríguez V, Guerra-García-Mora AI, Perera-Costa D, González-Martín ML, Fernández-Calderón MC. Bacterial response to spatially organized microtopographic surface patterns with nanometer scale roughness. *Colloids Surf B Biointerfaces*. 2018;1:169:340-47.
37. Xu LC, Siedlecki CA. *Staphylococcus epidermidis* adhesion on hydrophobic and hydrophilic textured biomaterial surfaces. *Biomed. Mater*. 2014;9:035003.

Szczegółowa analiza bibliometryczna wykonana przez Bibliotekę Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego została przedstawiona w załączniku.

Jestem autorem bądź współautorem 20 publikacji w czasopismach naukowych z listy Journal

Citation Reports (JCR) oraz 16 publikacji opublikowanych w czasopismach naukowych bez Impact Factor.

Podsumowanie dorobku naukowego na podstawie analizy bibliometrycznej

Impact Factor: **66,777** (wg listy Journal Citation Reports JCR zgodnie z rokiem opublikowania)

Punktacja MNISW: **2174**

Indeks Hirscha:

4 (wg bazy Web of Science z dn. 21.12. 2021 r.)

6 (wg bazy Scopus z dn. 21.12.2021 r.)

Liczba cytowań (bez autocytowań):

47 (wg bazy Web of Science z dn. 21.12.2021 r.)

63 (wg bazy Scopus z dn. 21.12.2021 r.)

Przed uzyskaniem stopnia doktora: Impact Factor: 2,012

Punktacja MNiSW: 56

Po uzyskaniu stopnia doktora: Impact Factor: 64,765

Punktacja MNiSW: 2118

5. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ ORAZ INFORMACJE O WYKAZYWANU SIĘ AKTYWNOŚCIĄ NAUKOWĄ LUB ARTYSTYCZNĄ REALIZOWANĄ W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ LUB INSTYTUCJI KULTURY, W SZCZEGÓLNOŚĆ ZAGRANICZNEJ

5.1 Opis aktywności naukowej (poza osiągnięciem, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt 2 Ustawy, opisanym w pkt 4 autoreferatu)

5.1.1. Aktywność naukowa w uczelniach zagranicznych lub we współpracy z uczelniami zagranicznymi:

W ramach działalności naukowej we współpracy z uczelniami zagranicznymi prowadzę badania dotyczące zastosowania implantów zewnątrzustnych ze szczególnym uwzględnieniem implantów bazalnych w rehabilitacji pacjentów po rozległych zabiegach resekcyjnych w obrębie twarzo-czaszki z powodu nowotworów oraz implantów zygomatycznych, tubero-

pterygoidalnych i bikortykalnych u pacjentów po zabiegach resekcyjnych z powodu infekcji grzybiczych wywołanych przez grzyby z rzędu *Mucorales*. Ponadto, przeprowadziłem badania profilu bezpieczeństwa cieplnego wybranych grup instrumentów tnących podczas preparacji łoża kostnego dla wszczepów stomatologicznych

Wydział Chirurgii Szczękowo-Twarzowej Uniwersytetu Medycznego w Belgradzie, Serbia – w zakresie zastosowania implantów zewnątrzustnych ze szczególnym uwzględnieniem implantów bazalnych u pacjentów po rozległych resekcjach twarzo-czaszki (prof. Vitomir Konstantinovic)

Efektom współpracy z powyższym ośrodkiem jest oryginalna publikacja, w której jestem tzw. „senior author” i autorem korespondencyjnym:

Vitomir KS, Filip I, Vojkan L, Igor Đ, **Lukasz P [autor korespondencyjny]**. Survival rate of disk and screw-type implants used for the retention of extraoral prostheses. J Prosthet Dent. 2020 Dec 12:S0022-3913(20)30576-X.

IF 3,426; Punkty MNiSW: 100

*Wydział Chirurgii Szczękowo-Twarzowej, Jaipur Dental College, Jaipur, India – w zakresie zastosowania implantów zygomatycznych u pacjentów po rozległych resekcjach twarzo-czaszki i infekcjach grzybiczych wywołanych przez grzyby z rzędu *Mucorales* (dr Vivek Gaur)*

Efektom współpracy z powyższym ośrodkiem są 3 opisy przypadków, w których jestem tzw. „senior author” (jeden z nich opublikowany w czasopiśmie z IF) i 1 przegląd literatury, w którym jestem zarówno pierwszym autorem jak i korespondencyjnym:

Gaur V, Doshi AG, **Palka LR**. Mandibular reconstruction using single piece zygomatic implant in conjunction with a reinforcing Fibular Graft Union: A case report. Int J Surg Case Rep. 2020;73:347-354.

Punkty MNiSW: 40

Gaur V, Patel K, **Palka L**. An implant-supported prosthetic rehabilitation of a patient with a bilateral subtotal maxillectomy defect secondary to rhino-orbital-cerebral mucormycosis: A clinical report of a graftless approach. J Prosthet Dent. 2021 Feb 4:S0022-3913(21)00005-6.

IF 3.426; Punkty MNiSW: 100

Gaur V, Perumal SM, Rahmaan F, **Palka L**. A practical approach to orofacial rehabilitation in a patient after inferior maxillectomy and rhinectomy with mono framework construction supported on a zygomatic implant placed in the glabella: a case report. Maxillofac Plast Reconstr Surg. 2021 Jul 13;43(1):25.

Punkty MNiSW: 40

Palka L [autor korespondencyjny], Gaur V. The importance of mucormycosis infections on example of Rhino Orbital Cerebral Mucormycosis. *Postepy Hig Med Dosw* 2021; 75 : 211-216.

IF 0,27; Punkty MNiSW: 40

the International Implant Foundation, Munich, Germany – w zakresie badania profilu bezpieczeństwa cieplnego wybranych grup instrumentów tnących podczas preparacji łoża kostnego dla wszczepów stomatologicznych (prof. dr Stefan Ihde) oraz zastosowania implantów bikortykałnych w okolicy tubero-pterygoidalnej z wykorzystaniem druku 3D do planowania zabiegu z uwzględnieniem możliwych różnic anatomicznych tej okolicy.

Efektom współpracy z powyższym ośrodkiem są 3 oryginalne publikacje (w jednej z nich jestem tzw. „senior author” i autorem korespondencyjnym) oraz opisy przypadków:

Ihde S, Dalewski B, **Palka Ł [autor korespondencyjny]**. The Assessment of the Maximum Heat Production and Cooling Effectiveness of Three Different Drill Types (Conical vs. Cylindrical vs. Horizontal) during Implant Bed Preparation—An In Vitro Study. *Applied Sciences*. 2021; 11(21):9961.

IF 2,679; Punkty MNiSW: 100

Ihde S, **Palka Ł**, Jarzab S, Janeczek M, Goździewska-Harłajczuk K, Klećkowska-Nawrot J, Janus I, Dobrzyński M, Karykowska A. The Anatomy, Features and Sex Correlations (Dimorphism) of Tubero–Palato–Pterygoid Region among Adult Population—Single Center Study Based on 3D Printed Models. *Applied Sciences*. 2021; 11(12):5450.

IF 2,679; Punkty MNiSW: 100

Ihde S, **Palka Ł**, Jarzab S, Janeczek M, Goździewska-Harłajczuk K, Klećkowska-Nawrot J, Janus I, Dobrzyński M. Three-Dimensional Determination of the Fusion Zone between the Distal Maxilla and the Pterygoid Plate of the Sphenoid Bone and Considerations for Implant Treatment Procedure. *Applied Sciences*. 2021; 11(1):30.

IF 2,679; Punkty MNiSW: 70

Opisy przypadków:

Ihde S, **Palka L**. Anchorage possibilities in case of a unilateral maxillary defect using the concept of Strategic Implant®. Natl J Maxillofac Surg. 2018 Jul-Dec;9(2):235-239.

Punkty MNiSW: 20

Ihde S, Sipic O, **Palka L**. A Single-Step Implant Treatment of a Patient Presenting with a High Smile Line (Gummy Smile) - Surgical, Prosthetic, and Financial Considerations of Full-Mouth Rehabilitation with One-Piece Implants Anchored in Cortical Bone - A Case Report. Ann Maxillofac Surg. 2020 Jul-Dec;10(2):512-517.

Punkty MNiSW: 20

Ihde S, **Palka L**, Janeczek M, Kosior P, Kiryk J, Dobrzyński M. Bite Reconstruction in the Aesthetic Zone Using One-Piece Bicortical Screw Implants. Case Rep Dent. 2018 Apr 29;2018:4671482.

Punkty MNiSW: 5

Ihde Stefan, **Palka Łukasz**, Bryła Ewelina, Dobrzyński Maciej: Całkowita rehabilitacja implantoprotetyczna szczęki i żuchwy za pomocą implantów bikortykalnych o natychmiastowym protokole obciążenia - opis przypadku, Gerontologia Współczesna, vol. 4, nr 1, 2016, s. 15-18,

Punkty MNiSW: 4

5.1.2. Aktywność naukowa w uczelniach polskich lub we współpracy z uczelniami polskimi:

W ramach aktywności naukowej we współpracy z uczelniami polskimi prowadzę m. in. badania dotyczące wpływu pandemii COVID-19 na zdrowie psychiczne studentów fizjoterapii; uwarunkowań genetycznych u pacjentów z przebyłym zablokowaniem krążka w stawie skroniowo-żuchwowym bez redukcji; zastosowania szyn zwarciovych u pacjentów z bólem mięśniowo-powięziowym i przewlekłym, formowania biofilmu na tytanowych płytках do osteofiksacji kości produkowanych za pomocą technologii 3D, jak również badania mechaniczne i biomechaniczne oraz obrazujące powierzchnie tytanowych płytek do osteofiksacji kości produkowanych za pomocą technologii 3D

Zakład Rehabilitacji Narządu Ruchu, Wydział Nauk o Zdrowiu, Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie – w zakresie wpływu pandemii COVID-19 na zdrowie psychiczne studentów (dr n. zdr. Magdalena Gębska, dr hab. Łukasz Kołodziej).

Katedra i Zakład Protetyki Stomatologicznej, Wydział Medycyny i Stomatologii, Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie – w zakresie uwarunkowań genetycznych u pacjentów z przebyłym zablokowaniem krążka w stawie skroniowo-żuchwowym bez redukcji, zastosowania szyn zwarciovych u pacjentów z bólem mięśniowo-powięziowym i przewlekłym, (dr hab. n. med. Ewa Sobolewska, prof. uczelni; dr n. med. Bartosz Dalewski).

Efektem współpracy z powyższym ośrodkiem jest 7 prac oryginalnych, spośród których w 6 jestem autorem korespondencyjnym.

Dalewski B, Białkowska K, **Pałka Ł [autor korespondencyjny]**, Jakubowska A, Kiczmer P, Sobolewska E. COL5A1 RS12722 Is Associated with Temporomandibular Joint Anterior Disc Displacement without Reduction in Polish Caucasians. Cells. 2021 Sep 14;10(9):2423.

IF 6,600; Punkty MNiSW: 140

Gębska M, Dalewski B, **Pałka Ł [autor korespondencyjny]**, Kołodziej Ł, Sobolewska E. Type D Personality and Stomatognathic System Disorders in Physiotherapy Students during the COVID-19 Pandemic. Journal of Clinical Medicine. 2021; 10(21):4892.

IF 4,241; Punkty MNiSW: 140

Gębska M, Kołodziej Ł, Dalewski B, **Pałka Ł [autor korespondencyjny]**, Sobolewska E. The Influence of the COVID-19 Pandemic on the Stress Levels and Occurrence of Stomatognathic System Disorders (SSDs) among Physiotherapy Students in Poland. J Clin Med. 2021 Aug 28;10(17):3872.

IF 4,241; Punkty MNiSW: 140

Dalewski B, Kamińska A, Kiczmer P, Węgrzyn K, **Pałka Ł [autor korespondencyjny]**, Janda K, Sobolewska E. Pressure Algometry Evaluation of Two Occlusal Splint Designs in Bruxism Management-Randomized, Controlled Clinical Trial. J Clin Med. 2021 May 27;10(11):2342.

IF 4,241; Punkty MNiSW: 140

Dalewski B, **Pałka L [autor korespondencyjny]**, Kiczmer P, Sobolewska E. The Impact of

SARS-CoV-2 Outbreak on the Polish Dental Community's Standards of Care-A Six-Month Retrospective Survey-Based Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Jan 31;18(3):1281.

IF 3,390; Punkty MNiSW: 140

Dalewski B, Kamińska A, Syrico A, Kałdunska A, **Palka Ł [autor korespondencyjny]**, Sobolewska E. The Usefulness of Modified Mallampati Score and CT Upper Airway Volume Measurements in Diagnosing OSA among Patients with Breathing-Related Sleep Disorders. *Applied Sciences*. 2021; 11(9):3764.

IF 2,679; Punkty MNiSW: 100

Dalewski B, Kaczmarek K, Jakubowska A, Szczuchniak K, **Palka Ł**, Sobolewska E. COL12A1 Single Nucleotide Polymorphisms rs240736 and rs970547 Are Not Associated with Temporomandibular Joint Disc Displacement without Reduction. *Genes (Basel)*. 2021 May 5;12(5):690.

IF 4,241, Punktacja MNiSW: 140

Uniwersytet Zielonogórski; Collegium Medicum; Instytut Nauk o Zdrowiu – w zakresie formowania biofilmu na tytanowych płytkach do osteofiksacji kości produkowanych za pomocą technologii 3D (dr hab. Katarzyna Baldy-Chudzik, dr n. zdr. Justyna Mazurek-Popczyk)

Efektom współpracy z powyższym ośrodkiem są 2 prace oryginalne, wchodzące w skład jednotematycznego cyklu.

Uniwersytet Zielonogórski; Wydział Mechaniczny; Instytut Inżynierii Mechanicznej (dr hab. Piotr Kuryło), Instytut Inżynierii Materiałowej i Biomedycznej w zakresie badań mechanicznych i biomechanicznych oraz obrazowania powierzchni tytanowych płytek do osteofiksacji kości produkowanych za pomocą technologii 3D (dr hab. Tomasz Klekiel, dr Katarzyna Arkusz)

Efektom współpracy z powyższym ośrodkiem są dwie prace wchodzące w skład jednotematycznego cyklu.

Politechnika Wroclawska; Wydział Mechaniczny; Katedra Mechaniki, Inżynierii Materiałowej i Biomedycznej w zakresie badań biomechanicznych tytanowych płytek do osteofiksacji kości produkowanych za pomocą technologii 3D (dr hab. Krzysztof Jamroziak).

Efektom współpracy z powyższym ośrodkiem jest 1 praca oryginalna, wchodząca w skład

jednotematycznego cyklu.

105. Kresowy Szpital Wojskowy z Przychodnią SP ZOZ, oddział ortopedii i traumatologii narządu ruchu, dr n. med. Piotr Pruszyński w zakresie badań biomechanicznych tytanowych płytek do osteofiksacji kości produkowanych za pomocą technologii 3D

5.2 Publikacje po doktoracie (poza cyklem habilitacyjnym) z pierwszym autorstwem lub korespondującym w czasopiśmie o liczbie punktów MNiSW spełniającym kryteria prac oryginalnych: 70 pkt. / 100pkt / 140 pkt / 200 pkt.

Vitomir KS, Filip I, Vojkan L, Igor Đ, **Lukasz P [autor korespondencyjny]**. Survival rate of disk and screw-type implants used for the retention of extraoral prostheses. J Prosthet Dent. 2020 Dec 12:S0022-3913(20)30576-X.

IF 3.426; Punkty MNiSW: 100

Ilde S, Dalewski B, **Pałka Ł [autor korespondencyjny]**. The Assessment of the Maximum Heat Production and Cooling Effectiveness of Three Different Drill Types (Conical vs. Cylindrical vs. Horizontal) during Implant Bed Preparation—An In Vitro Study. Applied Sciences. 2021; 11(21):9961

IF 2.679; Punkty MNiSW: 100

Dalewski B, Białkowska K, **Pałka Ł [autor korespondencyjny]**, Jakubowska A, Kiczmer P, Sobolewska E. COL5A1 RS12722 Is Associated with Temporomandibular Joint Anterior Disc Displacement without Reduction in Polish Caucasians. Cells. 2021 Sep 14;10(9):2423.

IF 6.600; Punkty MNiSW: 140

Gębska M, Dalewski B, **Pałka Ł [autor korespondencyjny]**, Kołodziej Ł, Sobolewska E. Type D Personality and Stomatognathic System Disorders in Physiotherapy Students during the COVID-19 Pandemic. Journal of Clinical Medicine. 2021; 10(21):4892.

IF 4.241; Punkty MNiSW: 140

Gębska M, Kołodziej Ł, Dalewski B, **Pałka Ł [autor korespondencyjny]**, Sobolewska E. The Influence of the COVID-19 Pandemic on the Stress Levels and Occurrence of Stomatognathic System Disorders (SSDs) among Physiotherapy Students in Poland. J Clin Med. 2021 Aug

28;10(17):3872.

IF 4.241; Punkty MNiSW: 140

Dalewski B, Kamińska A, Kiczmer P, Węgrzyn K, Pałka Ł [autor korespondencyjny], Janda K, Sobolewska E. Pressure Algometry Evaluation of Two Occlusal Splint Designs in Bruxism Management-Randomized, Controlled Clinical Trial. J Clin Med. 2021 May 27;10(11):2342

IF 4.241; Punkty MNiSW: 140

Dalewski B, Pałka Ł[autor korespondencyjny], Kiczmer P, Sobolewska E. The Impact of SARS-CoV-2 Outbreak on the Polish Dental Community's Standards of Care-A Six-Month Retrospective Survey-Based Study. Int J Environ Res Public Health. 2021 Jan 31;18(3):1281.

IF 3.390; Punkty MNiSW: 140

Dalewski B, Kamińska A, Syrico A, Kałdunska A, Pałka Ł[autor korespondencyjny], Sobolewska E. The Usefulness of Modified Mallampati Score and CT Upper Airway Volume Measurements in Diagnosing OSA among Patients with Breathing-Related Sleep Disorders. Applied Sciences. 2021; 11(9):3764.

IF 2.679; Punkty MNiSW: 100

Pałka ŁR, Rybak Z, Kuropka P, Szymonowicz MK, Kiryk J, Marycz K, Dobrzyński M. In vitro SEM analysis of desensitizing agents and experimental hydroxyapatite-based composition effectiveness in occluding dentin tubules. Adv Clin Exp Med. 2020 Nov;29(11):1283-1297.

IF 1.727; Punkty MNiSW: 70

5.3 Inne tematy badań naukowych

Obecnie w ramach współpracy międzynarodowej podpisałem MTA oraz prowadzę badania z firmą Octapharma w zakresie opracowania techniki uzyskiwania fibryny bogatopłytkowej PRF nowej IV generacji z użyciem preparatów krwiopochodnych, szczególnie czynnika VIII oraz czynnika von Willenbranda. W ramach tych badań współpracuję również z Uniwersytetem Zielonogórskim i Pomorskim Uniwersytetem Medycznym. Wstępne wyniki pozwoliły na zgłoszenie patentowe techniki uzyskiwania oraz modyfikacji próbek do otrzymywania PRF (zgłoszenie patentowe z dnia 19.05.2021 dot. próbki do wytwarzania fibryny bogatopłytkowej oraz sposobu wytwarzania fibryny bogatopłytkowej. Zgłoszenie

oznaczono numerem:P.437901). Otrzymany skrzep fibrynowy charakteryzuje się większą objętością, wytrzymałością oraz trwałością w porównaniu z PRF otrzymywanym dotychczas opisanymi metodami. Moje modyfikacje pozwalają na uzyskiwanie PRF w krótszym czasie i niezależnie od przyjmowanych leków przeciwzakrzepowych, wykorzystanie skrzepu jako bardziej wytrzymałej membrany czy jako nośnik leków, obecnie przygotowywana jest publikacja ze wstępnymi wynikami badań.

W ramach odbywania specjalizacji w dziedzinie protetyki stomatologicznej na Uniwersytecie Medycznym we Wrocławiu opracowałem formułę farmaceutyczną zmniejszającą odruch wymiotny występujący podczas procedur protetycznych oraz diagnostycznych, która jest obecnie przedmiotem badań oraz zgłoszenia patentowego. Uzyskane wyniki zostaną wkrótce opublikowane. Prowadzę również badania dotyczące stosowania technologii druku 3D w protetyce stomatologicznej w szczególności wpływu post-procesingu na przebarwienia uzupełnień protetycznych (we współpracy z Politechniką Wrocławską) oraz na kontaminację bakteryjną ich powierzchni (we współpracy z Uniwersytetem Zielonogórskim) – publikacja w przygotowaniu.

W obszarze moich zainteresowań i badań jest również tematyka zapalenia okołowszczepowego *peri-implantitis* oraz zmian nowotworowych w jamie ustnej, w szczególności przypadków, w których rak płaskonabłonkowy „naśladuje” zapalenie okołowszczepowe. Celem tych badań jest opracowanie szybkiego testu różnicującego wspomniane stany kliniczne wykorzystujący poziom interleukin i katepsyn. Pomysł ten został zgłoszony do konkursu na niekomercyjne badania kliniczne w obszarze chorób rzadkich - ABM/2021/1.

5.4 Kierowanie projektami badawczymi

1. Byłem kierownikiem projektu „Ocena porównawcza stopnia i trwałości obliteracji kanałów zębinowych po zastosowaniu własnej kompozycji farmaceutycznej na bazie nano-hydroksyapatytu i wybranych preparatów desensytyzujących – badania in vitro.” w ramach stypendium „Grant Plus” realizowanego w ramach Poddziałania 8.2.2 Regionalne Strategie Innowacji, Priorytetu VIII, Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki.
2. Współwykonawca projektu Darboven Idee Grant 2016 dot. wytwarzania modułowych płytek do osteotomii, posiadających możliwość łączenia się w różnych kombinacjach pozwalając lekarzowi na tworzenie konstrukcji stabilizujących indywidualnie dopasowanych do skomplikowanych złamań kości np. z

przemieszczeniem w obrębie twarzoczaszki.

6. INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIACH DYDAKTYCZNYCH, ORGANIZACYJNYCH ORAZ POPULARYZUJĄCYCH NAUKĘ LUB SZTUKĘ.

6.1 Działalność dydaktyczna

- 2011- 2012 ćwiczenia z radiologii stomatologicznej i chirurgii szczękowo-twarzowej w Katedrze i Klinice chirurgii szczękowo-twarzowej dla studentów anglojęzycznych V roku wydziału lekarsko-stomatologicznego.
- 2012- 2014 ćwiczenia z parazytologii na kierunku dietetyka dla studentów I stopnia studiów stacjonarnych,
- 2012- 2014 wykłady z patofizjologii dla kierunku ratownictwo I stopnia studiów stacjonarnych, i seminaria z podstaw diagnostyki medycznej dla kierunku fizjoterapia II rok II st. oraz diagnostyki medycznej i środowiskowej dla kierunku zdrowie publiczne II st. II rok w Zakładzie Chorób Układu Nerwowego Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu.
- 2013-2015 seminaria dla II i III roku wydziału lekarsko-stomatologicznego z chirurgii eksperymentalnej i biomateriałów, oraz zajęcia dla II roku studentów anglojęzycznych z tego samego zakresu w Zakładzie Chirurgii Eksperymentalnej i Badania Biomateriałów Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu.

Od 2020 roku jestem wykładowcą wizytującym studiów podyplomowych:

- Diploma Program in Immediate Loading Implantology at Jaipur Dental College, Jaipur, India; Maharaj Vinayak Global University, Jaipur, India w porozumieniu z International Implant Foundation, Monachium, Niemcy.
- Ponadto, co roku w ramach prowadzonej praktyki dentystycznej przyjmuję lekarzy stażystów w ramach kształcenia podyplomowego.

6.1.1 Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową albo artystyczną:

Przyznane stypendium z Urzędu Marszałkowskiego Województwa Dolnośląskiego w projekcie

„Grant Plus” na projekt „Ocena porównawcza stopnia i trwałości obliteracji kanalików zębinowych po zastosowaniu własnej kompozycji farmaceutycznej na bazie nano-hydroksyapatytu i wybranych preparatów desensytyzujących – badania in vitro.” w ramach stypendium „Grant Plus” realizowanego w ramach Poddziałania 8.2.2 Regionalne Strategie Innowacji, Priorytetu VIII, Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki.

6.1.2 Prezentacja wyników badań na konferencjach naukowych krajowych i zagranicznych:

Jestem autorem lub współautorem 35 doniesień na międzynarodowych bądź krajowych konferencjach naukowych.

1. Dykcik Aleksandra, Zdrojewska Gabriela, Dalewski Bartosz, Pałka Łukasz, Sobolewska Ewa: Relevance of Cone Beam Computed Tomography craniocervical and sagittal condylar guidance angle measurements among patients who reported breathing-related sleep disorders, W: SIMC International Medical Congress of Silesia. Conference organized online, May 12-14. 2021. Abstract book, 2021, ISBN 978-83-950834-4-0, 340.
2. Master of Immediate Loading- 8th Edition; 2nd Session; 15 – 21. 11. 2019; Surgical Session: Hands On Daswani Dental College & Research Center IPB-19, RIICO Institutional Area, Ranpur, Kota, Rajasthan
3. 4th International Conference (ICCI) on cortical implantology, 22-24.07.2019, Chennai, Indie
4. Master of Immediate Loading- 7th Edition; 2nd Session; 19 – 21. 11. 2018; Surgical Session: Hands On Daswani Dental College & Research Center IPB-19, RIICO Institutional Area, Ranpur, Kota, Rajasthan
5. Immediate Loading Implants Coaching Day, Treatment with MU (multi-unit) bicortical implants- pros and cons, Bucarest, Romania, 26-27.10.2018
6. 3rd International Congress of Cortical Implantology zorganizowany przez King George’s Medical University, Lucknow, India i International Implant Foundation, Germany, 23.07.2018
7. New treatment procedures in bicortical implantology, Immediate Loading Today, Saint Petersburg, Russia, 27.05- 2.06.2018

8. The prosthetic procedures which can facilitate our work with strategic implants, Immediate Loading Today Forum, Belgrade, Serbia, 28.09-1.10.2017
9. Occlusion in circular bridges, STRATEGIC IMPLANTOLOGY CONFERENCE 2017, GOA, INDIA, 24-25.07.2017
10. The importance of attrition in dental implantology, Budva, Montenegro, 6th Teacher Training Retreat Immediate Functional Loading and Strategic® Implant Concept, 2.04.2017
11. Immediate Loading Implantology course, New Delhi, 6-8.03.2017, International Implant Foundation
12. Łukasz Pałka: Prosthetics and Bio-Physical perspectives. The Big Debate- Basal vs Conventional Implantology. 5. 03. 2017 Novotel, Juhu, Mumbai, India
13. Łukasz Pałka: Okluzja atrycyjna czyli okluzja naszych przodków – czy gryziemy w zgodzie z naturą? Zastosowanie koncepcji „Attrition Occlusion” we współczesnej protetyce i implantoprotetyce. IV DOLNOŚLĄSKIE JESIENNE DNI STOMATOLOGICZNE „AKADEMIA OKLUZJI I IMPLANTOLOGII”, 19.11.2016.
14. Łukasz Pałka, Stefan Ihde.: Bite reconstruction using one-piece bicortical screws, FDI 2016 Poznań, 8 września 2016 r.
15. Łukasz Pałka, Maciej Dobrzyński, Małgorzata Cykowska Blasiak.: An innovative dental implant filled with functional structure, FDI 2016 Poznań, 8 września 2016 r.
16. Magdalena Szklarz, Katarzyna Dudziak, Aleksandra Skalec, Karol Kirstein, Łukasz Pałka, Aleksander Chrószcz, Maciej Janeczek, Maciej Dobrzyński, Zbigniew Rybak.: Mechanizmy odpowiedzi immunologicznej na zastosowanie terapii fotodynamicznej; W:X Konferencja Naukowo-Szkoleniowa "Środowisko a stan zdrowia jamy ustnej". Nałęczów, 27 kwietnia 2016 r.
17. Karol Kirstein, Łukasz Pałka, Kamila Kołodziejczyk, Maciej Dobrzyński, Maria Szymonowicz, Aleksandra Skalec, Magdalena Szklarz, Aleksander Chrószcz, Maciej Janeczek, Zbigniew Rybak.: Odpowiedź immunologiczna w zębopochodnych procesach zapalnych; W:X Konferencja Naukowo-Szkoleniowa "Środowisko a stan zdrowia jamy ustnej". Nałęczów, 27

kwietnia 2016 r.

18. Magdalena Szklarz, Łukasz Pałka, Aleksandra Skalec, Katarzyna Dudziak, Aleksander Chrószcz, Karol Kirstein, Maciej Janeczek, Maciej Dobrzyński, Zbigniew Rybak.: Terapia fotodynamiczna w onkologii jamy ustnej; W:X Konferencja Naukowo-Szkoleniowa "Środowisko a stan zdrowia jamy ustnej". Nałęczów, 27 kwietnia 2016 r.;
19. Małgorzata Cykowska, Katarzyna Dudziak, Maciej Dobrzyński, Zbigniew Rybak, Łukasz Pałka, Olga Parulska, Maria Szymonowicz, Karol Kirstein, Aleksandra Skalec, Aleksander Chrószcz, Maciej Janeczek.: Zastosowanie technologii generatywnych w stomatologii w oparciu o piśmiennictwo oraz doświadczenia własne = Application of generative technology in dentistry based on literature revue and authors experimental studies; W:XVI Międzynarodowa Konferencja Naukowa "Inżynieria stomatologiczna i biomateriały". Ustroń, 10-12 czerwca 2015 r.
20. Cykowska-Błasiak, E. Chlebus, B. Dybała, Ł[ukasz] Pałka, M[aciej] Dobrzyński, O[lga] Parulska, M[aria] Szymonowicz, Z[bigniew] Rybak.: Review of 3D printing applications in medicine W:Central European Conference on Regenerative Medicine - CECRM 2015. Bydgoszcz, Poland, 14-15 March 2015.
21. Łukasz Pałka.: Ocena porównawcza obliteracji kanałików zębinowych po zastosowaniu własnej kompozycji farmaceutycznej W:Wpływ młodych naukowców na osiągnięcia polskiej nauki - VII edycja. Materiały konferencyjne - streszczenia wystąpień 3 [Wrocław, 16 18.01.2015] [DVD]; Kraków: CreativeTime, 2015
22. Maciej Dobrzyński, Ireneusz Całkosiński, Olga Parulska, Patrycja Szymczyk, Małgorzata Kowalczyk-Zajac, Agnieszka Czajczyńska-Waszkiewicz, Katarzyna Herman, Małgorzata Cykowska, Justyna Bazan, Katarzyna Dudziak, Katarzyna Fita, Ewa Karuga-Kuźniewska, Łukasz Pałka, Agnieszka Rusak, Maria Szymonowicz, Rafał Wiglus, Małgorzata Batycka, Zbigniew Rybak.: Ocena morfologii i symetrii żuchwy u potomstwa samic szczurów poddanych działaniu 2,3,7,8- tetrachlorodibenzo-p-dioksyny (TCDD) - doniesienie wstępne W:VIII Konferencja Naukowo-Szkoleniowa "Środowisko a stan zdrowia jamy ustnej". Nałęczów, 21-22 maja 2014 r.
23. Małgorzata Batycka, Ewa Karuga-Kuźniewska, Agnieszka Rusak, Maria Szymonowicz, Katarzyna Fita, Maciej Dobrzyński, Małgorzata Cykowska, Justyna Bazan, Katarzyna Dudziak, Łukasz Pałka, Olga Parulska, Rafał Wiglus, Zbigniew Rybak.: Opatrunki aktywne biologicznie

- przyszłość w leczeniu trudnych ran; W:VIII Konferencja Naukowo-Szkoleniowa "Środowisko a stan zdrowia jamy ustnej". Nałęczów, 21-22 maja 2014 r.

24. Małgorzata Cykowska, Edward Chlebus, Bogdan Dybała, Katarzyna Fita, Maciej Dobrzyński, Łukasz Pałka, Rafał Wiglusz, Justyna Bazan, Katarzyna Dudziak, Ewa Karuga-Kuźniewska, Olga Parulska, Agnieszka Rusak, Maria Szymonowicz, Małgorzata Batycka, Zbigniew Rybak.: Przegląd znanych zastosowań technologii SLM w stomatologii; W:VIII Konferencja Naukowo-Szkoleniowa "Środowisko a stan zdrowia jamy ustnej". Nałęczów, 21-22 maja 2014 r
25. Małgorzata Cykowska, Anna Woźna, Edward Chlebus, Katarzyna Fita, Maciej Dobrzyński, Łukasz Pałka, Rafał Wiglusz, Justyna Bazan, Katarzyna Dudziak, Ewa Karuga-Kuźniewska, Olga Parulska, Agnieszka Rusak, Maria Szymonowicz, Małgorzata Batycka, Zbigniew Rybak.: Zastosowanie materiałów biodegradowalnych w stomatologii - analiza piśmiennictwa W:VIII Konferencja Naukowo-Szkoleniowa "Środowisko a stan zdrowia jamy ustnej". Nałęczów, 21-22 maja 2014 r
26. Łukasz Pałka, Katarzyna Dudziak, Justyna Bazan, Maciej Dobrzyński, Małgorzata Cykowska, Katarzyna Fita, Ewa Karuga-Kuźniewska, Olga Parulska, Agnieszka Rusak, Maria Szymonowicz, Rafał Wiglusz, Małgorzata Batycka, Zbigniew Rybak.: Zastosowanie terapii fotodynamicznej w chirurgii szczękowo-twarzowej; W:VIII Konferencja Naukowo-Szkoleniowa "Środowisko a stan zdrowia jamy ustnej". Nałęczów, 21-22 maja 2014 r
27. Agnieszka Rusak, Ewa Karuga-Kuźniewska, Małgorzata Batycka, Maria Szymonowicz, Katarzyna Fita, Maciej Dobrzyński, Małgorzata Cykowska, Justyna Bazan, Katarzyna Dudziak, Łukasz Pałka, Olga Parulska, Rafał Wiglusz, Zbigniew Rybak.: Biofilm - problem środowiska jamy ustnej; W:VIII Konferencja Naukowo-Szkoleniowa "Środowisko a stan zdrowia jamy ustnej". Nałęczów, 21-22 maja 2014 r
28. Ewa Karuga-Kuźniewska, Agnieszka Rusak, Małgorzata Batycka, Maria Szymonowicz, Katarzyna Fita, Maciej Dobrzyński, Małgorzata Cykowska, Justyna Bazan, Katarzyna Dudziak, Łukasz Pałka, Olga Parulska, Rafał Wiglusz, Zbigniew Rybak.: Biomateriały do terapii ran błony śluzowej w stomatologii; W:VIII Konferencja Naukowo-Szkoleniowa "Środowisko a stan zdrowia jamy ustnej". Nałęczów, 21-22 maja 2014 r.
29. Łukasz Pałka, Katarzyna Dudziak, Justyna Bazan, Maciej Dobrzyński, Małgorzata Cykowska, Katarzyna Fita, Ewa Karuga-Kuźniewska, Olga Parulska, Agnieszka Rusak, Maria Szymonowicz, Rafał Wiglusz, Małgorzata Batycka, Zbigniew Rybak.: Immunologiczny aspekt

terapii fotodynamicznej (PDT); W:VIII Konferencja Naukowo-Szkoleniowa "Środowisko a stan zdrowia jamy ustnej". Nałęczów, 21-22 maja 2014 r.

30. Ireneusz Całkosiński, Joanna Rosińczuk-Tonderys, Justyna Bazan, Łukasz Pałka.: Disseminated intravascular coagulation syndrome in rats with induced pleuritis; W:International Conference "Advances in pneumology". Wrocław, [October 5-6], 2012
31. Katarzyna Dudziak, Justyna Bazan, Łukasz Pałka, Ireneusz Całkosiński.: Escherichia coli as a probiotic; W:1st Polish-Czech Probiotics Conference "Microbiology and immunology of mucosa, Probiotics Conference 2013". Kudowa Zdrój, Poland, 28-31 May 2013; Wrocław: Institute of Immunology and Experimental Therapy Polish Academy of Science, 2013;
32. Justyna Bazan, Katarzyna Dudziak, Łukasz Pałka, Ireneusz Całkosiński, A. Kołodziejczyk, K. Rypuła.: Prevention on infectious diarrhea in piglets and identification of pathogenic Escherichia coli; W:1st Polish-Czech Probiotics Conference "Microbiology and immunology of mucosa, Probiotics Conference 2013". Kudowa Zdrój, Poland, 28-31 May 2013; Wrocław : Institute of Immunology and Experimental Therapy Polish Academy of Science, 2013;
33. Łukasz Pałka, Justyna Bazan, Ireneusz Całkosiński, Katarzyna Dudziak.: The role of probiotics in contemporary dentistry. Do antibiotics currently used in dentistry require prebiotic, probiotic or symbiotic supplementation?; 1st Polish-Czech Probiotics Conference "Microbiology and immunology of mucosa, Probiotics Conference 2013". Kudowa Zdrój, Poland, 28-31 May 2013; Wrocław : Institute of Immunology and Experimental Therapy Polish Academy of Science, 2013r.
34. Kaja Orłowska, Łukasz Pałka, Anna Paradowska.: Analiza czynników środowiskowych w etiologii rozszczerpów podniebienia; W:I Ogólnopolska Konferencja Studenckich Kół Naukowych "Medycyna stomatologiczna - biomateriały". Katowice-Ligota, 22-23 wrzesień 2005r.
35. Kaja Orłowska, Łukasz Pałka, Anna Paradowska.: Analiza czynników środowiskowych w etiologii rozszczerpów podniebienia; W:X Ogólnopolska Konferencja Studenckich Kół Naukowych Akademii Medycznych. Wrocław, 1-3 IV 2005 r. Książka streszczeń; Wrocław : Studenckie Towarzystwo Naukowe Akademii Medycznej we Wrocławiu, 2005r.

6.2 Członkostwa w Towarzystwach Naukowych

1. Członek Sekcji Protetyki Polskiego Towarzystwa Stomatologicznego.
2. Członek i nauczyciel The International Implant Foundation (IIF).

6.3. Udział w komitetach redakcyjnych czasopism i radach naukowych czasopism oraz recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych.

Edytor gościnny specjalnego wydania „Modern concepts in implantology” w *Journal of Functional Biomaterials* wraz z prof. Vitomirem Konstantinovicem i dr. Bartoszem Dalewskim.

Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych (w tym posiadających IF*):

1. *Journal of Clinical Medicine*
2. *Materials*
3. *Applied Sciences*
4. *International Journal of Enviromental Research*
5. *Diagnostics*
6. *Computers in Biology and Medicine*
7. *Pharmaceutics*
8. *Healthcare*
9. *Journal of Functional Biomaterials*
10. *World Journal of Oncology*
11. *Heliyon*
12. *Journal of Biomechanics*

6.4. Informacja o współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym

W dniu 24.04.2018 jako spółka ScienceBioTech, będąca właścicielem patentu, podpisaliśmy w ramach autorskiego programu akceleracyjnego Idea4Azoty list intencyjny z Grupą Azoty. Współpraca dotyczy opracowania i wdrożenia technologii produkcji modułowych płytek przeznaczonych do zabiegu osteotomii.

6.5. Wykaz dorobku technologicznego

Płytką do osteotomii.

6.6. Uzyskane prawa własności przemysłowej, w tym uzyskane patenty, krajowe lub międzynarodowe.

- Patent europejski- płytka do osteotomii- numer zgłoszenia P.424141; numer prawa wyłącznego Pat.234637 (PL234637B1, PL424141A1). Przedmiotem patentu jest płytka do osteotomii, z możliwością łączenia się między sobą, charakteryzująca się tym, że zawiera co najmniej jedną wypustkę (2) i/lub co najmniej jeden łącznik (4) połączony z płytką za pomocą połączenia (5) oraz jeden lub dwa gwintowane otwory (3) na mocowanie połączone trzpieniem.
- Współtwórca wzoru przemysłowego EUIPO płytki do osteotomii o numerze 003434067-0001.
- Zgłoszenie patentowe z dnia 19.05.2021 dot. próbówki do wytwarzania fibryny bogatopłytkowej oraz sposobu wytwarzania fibryny bogatopłytkowej. Zgłoszenie oznaczono numerem:P.437901

6.7. Ukończone kursy i szkolenia:

9-13.05.2016 staż naukowy w Klinice Otolaryngologii i Onkologii Laryngologicznej Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu pod kierownictwem prof. Witolda Szyftera

11-13.2015 Ultrasonografia narządów powierzchniowych szyi pod kierownictwem naukowym prof. dr. hab. n .med. Marka Ruchały Wielkopolska Szkoła Diagnostyki Obrazowej

13-15.09.2017 Diagnostico y oclusion en RNO, Centro de Estudios, Rehabilitaciona Neuro-occlusal, Barcelona, Hiszpania, kurs prowadzony przez Dr. Carlos de Salvador Planas

25-27.10.2017 Terapeutica en RNO I, Centro de Estudios, Rehabilitaciona Neuro-occlusal,

Barcelona, Hiszpania, kurs prowadzony przez Dr. Carlos de Salvador Planas

9-11.01.2018 Protesis Dental, Centro de Estudios, Rehabilitaciona Neuro-oclusal, Barcelona,
Hiszpania, kurs prowadzony przez Dr. Carlos de Salvador Planasa



.....
(*podpis wnioskodawcy*)

