

Edward Kijak

KATEDRA I ZAKŁAD PROTETYKI STOMATOLOGICZNEJ

POMORSKI UNIWERSYTET MEDYCZNY

SZCZECIN

AUTOREFERAT

SZCZECIN 2017

SPIS TREŚCI:

1. Imię i nazwisko (str. 2)
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej (str. 2)
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych (str. 2)
4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):
 - A. Tytuł osiągnięcia naukowego (str. 3)
 - B. Autorzy, tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa (str. 3/4)
 - C. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania (str. 5)
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych (str. 20)
6. Dane teleadresowe (*załącznik nr 2*)

Spis załączników:

1. Odpis dyplomu doktora nauk medycznych
2. Dane teleadresowe
3. Autoreferat w języku polskim i w języku angielskim
4. Kopie publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe(*załącznik nr 4*)
5. Wykaz opublikowanych prac naukowych lub twórczych prac zawodowych oraz informacja o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej i popularyzacji nauki(*załącznik nr 5*)
6. Oświadczenia współautorów o indywidualnym wkładzie we wskazane osiągnięcie naukowe(*załącznik nr 6*)
7. Analiza bibliometryczna dorobku naukowego poświadczona przez Bibliotekę Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie(*załącznik nr 7*)
8. Zaświadczenie o przyjęciu artykułu do druku(*załącznik nr 8*)
9. Dwie płyty CD zawierające elektroniczną wersję wniosku wraz z załącznikami

1. IMIĘ I NAZWISKO: Edward Kijak

2. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE

1993 - Dyplom lekarza stomatologa (Pomorska Akademia Medyczna w Szczecinie, II Wydział Lekarski Odział Stomatologii)

1996 - Pierwszy stopień specjalizacji w zakresie stomatologii ogólnej

2000- Drugi stopień specjalizacji w dziedzinie: protetyka stomatologiczna

2005 - Stopień doktora nauk medycznych w zakresie stomatologii

z wyróżnieniem – *cum laude* (Pomorska Akademia Medyczna w Szczecinie, Wydział Stomatologii, rozprawa doktorska pt. ”Cyfrowo-komputerowe obrazowanie zaburzeń zwarciovo-zgryzowych oraz dysfunkcji stawów skroniowo-żuchwowych aparatem Arcus-Digma”;
Promotor: Prof. dr hab. n. med. Bogumiła A. Frączak; Katedra i Zakład Protetyki Stomatologicznej Pomorskiej Akademii Medycznej (zał. 1)

2015 – Dyplom ukończenia studiów podyplomowych z wynikiem bardzo dobrym „Zdrowie publiczne – marketing i zarządzanie w ochronie zdrowia” w Pomorskim Uniwersytecie Medycznym

3. INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH

1993-1994 - Staż podyplomowy w Zespole Zakładów Opieki Zdrowotnej w Szczecinie

Od 1994 - stanowisko naukowo-badawcze w Katedrze i Zakładzie Protetyki Stomatologicznej PAM w Szczecinie

Od 1994 do 2015 - zatrudnienie w Katedrze i Zakładzie Protetyki Stomatologicznej PAM w Szczecinie:

od **1994-2007** - na etacie asystenta

od **2007-2015** - na stanowisku adiunkta w PUM

od **01.10.2015** - na stanowisku starszego wykładowcy w PUM

od **01.10.2015** - zatrudnienie na 1/2etatu na stanowisku kierownika Poradni Protetyki Stomatologicznej Uniwersyteckiej Kliniki Stomatologicznej Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego

4. Wskazanie osiągnięcia* wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.):

a) Tytuł osiągnięcia naukowego:

„Biomechanika elementów układu stomatognatycznego w badaniach instrumentalnych i numerycznych u pacjentów z zaburzeniami czynnościowymi układu ruchowego narządu żucia w aspekcie procesów patofizjologicznych”

Osiągnięcie zostało udokumentowane cyklem 6 oryginalnych prac opublikowanych w recenzowanych czasopismach, w tym 4 znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR) oraz 2 prac opublikowanych w Protetyce Stomatologicznej.

Sumaryczny IF wynosi: **6,181** pkt. KBN/MNiSW: **82**

Zagadnienie to prezentowane było przeze mnie podczas konferencji naukowych: sekcji Protetyki Stomatologicznej PTS, Biomateriały i Biomechanika w Stomatologii oraz na konferencjach naukowych, organizowanych z okazji dorocznych zjazdów Polskiego Towarzystwa Dysfunkcji Narządu Żucia i zamieszczone po części w materiałach konferencyjnych.

b) *Autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa*

- 1) **Kijak E**, Lietz-Kijak D, Frączak B, Śliwiński Z, Margielewicz J. *Assessment of the TMJ dysfunction using the computerized facebow analysis of selected parameters*. Biomed Res. Int. 2015, ID 508069, 9 s. DOI: 10.1155/2015/508069 (zał. 4)

IF ISI: 2.134; KBN/MNiSW: 20

Mój wkład w powstaniu pracy polegał na: stworzeniu koncepcji projektu, analizie merytorycznej i interpretacji wyników, analizie statystycznej, przeglądzie piśmiennictwa, opracowaniu manuskryptu, zapewnieniu integralności całego projektu. Mój udział w realizacji pracy szacuję na 75%.

- 2) **Kijak E**, Margielewicz J, Lietz-Kijak D, Wilemska-Kucharzewska K, Kucharzewski M, Śliwiński Z. *Model identification of stomatognathic muscle system activity during mastication*. Exp. Ther. Med. 2017, Volume 2015, 11 pages, Article ID 436595, DOI: 10.3892/etm.2016.3921 (zał. 4)

IF ISI: 1.280; MNiSW: 15

Mój wkład w powstaniu pracy polegał na: stworzeniu koncepcji projektu, koordynacji badań, analizie merytorycznej i interpretacji wyników, analizie statystycznej, przeglądzie piśmiennictwa, redakcji manuskryptu. Mój udział w realizacji pracy szacuję na 70%.

- 3) **Kijak E**, Margielewicz J, Gąska D, Lietz-Kijak D, Więckiewicz W. *Identification of mastication organ muscle forces in the biocybernetic perspective*. Biomed Res. Int. 2015, 11s, ID 436595, DOI: 10.1155/2015/436595 (zał. 4)

IF ISI: 2.134; MNiSW: 20

Mój wkład w powstaniu pracy polegał na: opracowaniu koncepcji badań, doborze metod badawczych, analizie i interpretacji wyników, przeglądzie piśmiennictwa, redakcji manuskryptu. Mój udział w realizacji pracy szacuję na 75%.

- 4) **Kijak E**, Lietz-Kijak D, Śliwiński Z, Frączak B. *Muscle activity in the course of rehabilitation of masticatory motor system functional disorders*. Post. Hig. 2013; 67, 507-516(zal. 4)

IF ISI: 0.633; MNiSW: 15

Mój wkład w powstanie pracy polegał na: stworzeniu koncepcji projektu, doborze metodyki badań, analizie i interpretacji wyników, przeglądzie piśmiennictwa, opracowaniu manuskryptu. Mój udział w realizacji pracy szacuję na 85%.

- 5) **Kijak E**. *Trzaski dyslokacyjne w stawach skroniowo-żuchwowych a jakość toru odwodzenia i przywodzenia żuchwy w badaniach czynnościowych aparatem Zebris JMA*. Protet. Stomatol. 2016; 66 (6): 430-436(zal. 4)

MNiSW: 6

- 6) **Kijak E**. *Trzaski dyslokacyjne w stawach skroniowo-żuchwowych a jakość toru odwodzenia i przywodzenia żuchwy w badaniach czynnościowych aparatem Zebris JMA. Część II* Protet. Stomatol. 2017; 67 (1): 28-34(zal. 4)

MNiSW: 6

W załączeniu:

- kopie powyższych prac (załącznik nr 4)
- poświadczenie prac wraz z IF przez Bibliotekę Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie (załącznik nr 7)
- oświadczenia współautorów o ich wkładzie autorskim (załącznik nr 6)

c) Cel naukowy ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Zagadnieniem badawczym rozprawy habilitacyjnej jest numeryczne odwzorowanie kinematyki żuchwy oraz układu mięśniowego z uwzględnieniem oddziaływania ośrodkowego układu nerwowego u pacjentów z zaburzeniami czynnościowymi układu ruchowego narządu żucia. Rozpatrzenie zagadnienia oparto o diagnostykę kliniczną z zastosowaniem technik instrumentalnych. Badania w temacie prowadzono w latach 2006 - 2016. W ramach tematu zostały opublikowane 4 artykuły w czasopismach z Listy Filadelfijskiej oraz 2 artykuły w Protetyce Stomatologicznej, wygłoszono 17 referatów na konferencjach krajowych.

WPROWADZENIE

Zespół zaburzeń czynnościowych układu ruchowego narządu żucia (ZURNŻ) obejmuje szereg stanów chorobowych oraz objawów, będących wypadkową (konsekwencją) nieprawidłowego funkcjonowania stawów skroniowo-żuchwowych, układu nerwowo-mięśniowego oraz wzajemnych stosunków statycznych i dynamicznych zębów przeciwstawnych (1). Zaburzenia czynności układu ruchowego narządu żucia to grupa schorzeń będąca trzecią chorobą stomatologiczną, po próchnicy i chorobach przyzębia, o charakterze społecznym. ZURNŻ zaliczany jest do grupy schorzeń cywilizacyjnych o narastającej częstości występowania, które dotyczy wszystkich grup wiekowych (2, 3). Etiologia zaburzeń układu stomatognatycznego, będąca przedmiotem nieustannych badań jest złożona i ciągle jeszcze nie do końca wytłumaczona (4), a diagnostyka trudna, wielopłaszczyznowa i często interdyscyplinarna (5, 6). Wśród czynników sprzyjających generowaniu zaburzeń układu stomatognatycznego wymienia się: stres psychiczny (7) związany z akceleracją życia, złe nawyki parafunkcyjne, ostre i przewlekłe urazy części twarzowej czaszki, nieprawidłowe funkcjonowanie mięśni żucia, zaburzenia okluzji, czynniki jatrogenne, schorzenia psychiczne oraz zaburzenia hormonalne, a także uogólnione choroby stawów. W ostatnich latach obserwuje się wzrost liczby chorych z problemami bólowymi w obrębie głowy, szyi i twarzy (8, 9). Często ZURNŻ towarzyszą różnego typu parafunkcje np. bruksizm (10, 11).

Według najnowszych badań epidemiologicznych, przeprowadzonych w krajach wysoko rozwiniętych, przyjmuje się, że nawet około 75-90% populacji cierpi na zaburzenia czynnościowe układu stomatognatycznego, niezależnie od wieku, przy czym omawiane schorzenie diagnozujemy u coraz młodszych pacjentów. Dolegliwości bólowe, ograniczenie ruchomości żuchwy oraz objawy akustyczne uznawane są za „klasyczną triadę” zaburzeń czynnościowych układu ruchowego narządu żucia.

Stawy skroniowo-żuchwowe są najczęściej używanymi stawami w organizmie człowieka. Biorą udział w wielu fizjologicznych czynnościach, takich jak: artykulacja mowy, przyjmowanie pokarmów, ziewanie, a także w wyrażaniu emocji czy śpiewie. Stanowią stawy parzyste, wyjątkowe ze względu na swoją dwupiętrową budowę, która umożliwia realizację złożonych ruchów odwodzenia i przywodzenia żuchwy, a także ruchów okluzyjnych związanych z żuciem pokarmów. Działanie obu stawów jest sprzężone ze sobą i pozwala na jednoczesne wykonywanie wymienionych, złożonych ruchów. W warunkach prawidłowych elementy układu stomatognatycznego chronią siebie nawzajem, na zasadzie odruchu, przez mechanizm nerwowo-mięśniowy. Gdy żuchwa przyjmuje prawidłowe położenie w okluzji statycznej oraz dynamicznej zębów przeciwstawnych, głowy wyrostków kłykciowych przyjmują centralne położenie w stawach skroniowo-żuchwowych i wówczas elementy elastyczne nie podlegają ścisaniu ani rozciąganiu, a krążek stawowy występuje jako „amortyzator naprężeń stykowych”. Wszelkie zaburzenia dotyczące płaszczyzny okluzyjnej, jak i zaburzenia wewnątrzstawowe prowadzić mogą do powstawania stanów nadmiernych przeciążeń wszystkich składowych układu stomatognatycznego, które po przekroczeniu pojemności adaptacyjno-kompensacyjnej przechodzą w stan dysfunkcyjny. Utrzymywanie się takiego stanu może prowadzić do zaawansowanych zmian morfologicznych, kończących się w konsekwencji destrukcją

elementów stawowych (12, 13). System mięśniowo-więzadłowy narządu żucia jest powiązany przez układ nerwowo-mięśniowo z pozostałymi elementami kostno-stawowymi czaszki i kręgosłupa szyjnego. Połączenia te tworzą tzw. łańcuchy mięśniowo-powięziowo-kostno-stawowe, związane z odcinkiem szyjnym i dalszymi odcinkami kręgosłupa oraz decydują o inkongruencji stawów skroniowo-żuchwowych w odniesieniu do zjawiska tensegracji, zachodzącego w organizmie człowieka. Dlatego też zmiany zachodzące w układzie stomatognatycznym mogą generować stany patologiczne w kręgosłupie szyjnym oraz dalszych jego odcinkach i odwrotnie (14). Procesy fizjologiczne i patologiczne, toczące się nawet w odległych od narządu żucia tkankach, mogą drogą połączeń nerwowych docierać do narządu żucia i wywierać wpływ na jego funkcję. Wszystkie wymienione wyżej czynniki i powiązania warunkują mnogość objawów, wśród których należy przede wszystkim wymienić: bolesność podczas ruchów żuchwy, ograniczenie jej ruchomości i związane z tym utrudnione lub bolesne żucie, przeskakiwania i trzaski w stawach skroniowo-żuchwowych (ssż), a w nasilonych postaciach szczękoscisk oraz bóle głowy i karku oraz różnego rodzaju zaburzenia uszne zwane otalgiami (15, 16).

Omawiane schorzenia stanowią w praktyce lekarza stomatologa poważny problem diagnostyczny oraz terapeutyczny. Prawidłowa rehabilitacja zaburzeń czynnościowych układu stomatognatycznego musi być poprzedzona postawieniem właściwego rozpoznania w oparciu o anamnezę oraz wnikliwe badanie kliniczne wg uznanych kryteriów (17, 18). Leczenie jest niejednokrotnie długie, wieloaspektowe, często przeprowadzane wieloetapowo, przy współpracy z lekarzami różnych specjalności i fizjoterapeutów (19, 20). Badanie swobodnych oraz okluzyjnych ruchów żuchwy jest podstawą klinicznej oceny sprawności narządu żucia. Jednym z początkowych objawów dysfunkcji jego czynności jest zaburzenie modelu ruchomości żuchwy. Zastosowanie nowoczesnych, często skomplikowanych technik diagnostycznych jest niezbędne, zwłaszcza u pacjentów z nasilonymi objawami zaburzeń czynności układu stomatognatycznego, połączonych niejednokrotnie ze zmianami morfologicznymi (21). Istnieje wiele metod wspomagających diagnostykę omawianych schorzeń. Nieustannie udoskonalane badania: tomografii komputerowe (TK), tomografii wolumetrycznej (CBCT), ultrasonograficzne (USG), magnetyczne (MR), artroskopowe i in. są bardzo przydatne, ale też niepozbawione wad. Jedne techniki ograniczają się do statycznego obrazowania struktur morfologicznych - badania RTG, inne np. badania elektromiograficzne EMG do zapisu czynności jednego z elementów układu (22 – 25). Niektóre rodzaje badań są metodami inwazyjnymi, znacznie obciążającymi pacjenta np. artrografia dwukontrastowa. Nie ma niestety ujednoczonego algorytmu postępowania, a wybór metody diagnostycznej jest w dużym stopniu uzależniony od dostępności danej techniki.

W poszukiwaniu właściwego postępowania diagnostycznego, prowadzącego do postawienia właściwej diagnozy, badania własne rozpoczęto od oceny przydatności technik instrumentalnych, służących do czynnościowej oceny sprawności układu stomatognatycznego (**praca nr 1**). Wyniki badań przedstawiono w pracy pt. *Assessment of the TMJ dysfunction using the computerized facebow analysis of selected parameters*. BioMed Res. Int. **IF ISI = 2.134**

Celem prowadzonych badań była jakościowa i ilościowa analiza wybranych parametrów ruchów żuchwy, zarejestrowanych elektronicznie u pacjentów z dysfunkcjami narządu żucia i u zdrowych osób. Badania czynnościowe narządu żucia przeprowadzono

u 175 pacjentów w tym 143 kobiet oraz 32 mężczyzn, w wieku od 9 do 84 lat. Grupę odniesienia stanowiło 13 potencjalnie zdrowych osób, tzn. takich, które nie zgłaszały żadnych dolegliwości, a wyniki przeprowadzonych badań klinicznych, w oparciu o anamnezę i kryteria RDC/TMD nie wykazały objawów dysfunkcji układu stomatognatycznego (26, 27).

Badania pacjentów z objawami chorobowymi obejmowały osoby, które w latach 2008-2015, zgłosiły się do Katedry Protetyki Stomatologicznej Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie z powodu dolegliwości w funkcjonowaniu narządu żucia. Średni wiek badanej grupy kobiet wyniósł 38,6 lat, przy odchyleniu standardowym (SD) równym 15,95, z czego najmłodsza miała skończone 9 lat, a najstarsza 84 lata. W odniesieniu do mężczyzn, średni wiek to: 36,25 lat, SD = 15,68. Najstarszy z mężczyzn miał skończone 73 lata, natomiast najmłodszy lat 12. Badaną populację podzielono na przedziały wiekowe o rozpiętości pięciu lat. Dodatkowym warunkiem kwalifikacji do odpowiedniej grupy, oprócz danych z wywiadu i klasycznego postępowania klinicznego, było badanie, polegające na elektronicznej rejestracji okluzyjnych i swobodnych ruchów żuchwy, które wykonano przy użyciu specjalistycznego urządzenia Zebris JMA. Czujniki urządzenia montowane na dolnym, ruchomym łuku rejestrują zmianę natężenia fal ultradźwiękowych, generowanych z częstotliwością 900Hz przez nieruchome nadajniki zlokalizowane na twarzy pacjenta powyżej łuku górnego. Efektem tego są precyzyjne, rejestrowane z dokładnością $\pm 0,1$ mm, trójwymiarowe trajektorie, po jakich przemieszczają się głowy wyrostków kłykciowych oraz zęby sieczne. Graficzne zapisy zarejestrowanych danych pomiarowych analizowano oceniając parametry: zakres szpary rozwarcia łuków zębowych, czyli stopień odwodzenia żuchwy, tzn. maksymalny wymiar mierzony pomiędzy brzegami siecznymi siekaczy centralnych; długość drogi stawowej – zakres ruchu głów wyrostków kłykciowych w ruchach odwodzenia oraz parametr mierzalny, jakim jest kąt nachylenia drogi stawowej. Otrzymane wyniki badań poddano analizie statystycznej przy pomocy testów: Kołmogorowa, Kołmogorowa-Smirnowa oraz testu jednorodności wielu średnich. Wszystkie niezbędne obliczenia wykonano przy założeniu poziomów istotności: $\alpha = 0,01$ oraz $\alpha = 0,05$.

Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono, że zaburzenia funkcjonowania narządu żucia występują ponad 4-krotnie częściej u kobiet niż mężczyzn. Stwierdzona w badaniach własnych przewaga kobiet nad mężczyznami jest znamieną dla dolegliwości tego typu i często podkreślana w doniesieniach literaturowych. W skrajnych przypadkach stosunek ten może wynosić nawet 8:1(28).

Analiza badanej populacji pod kątem etiologii zaburzenia nie wykazała istotnych statystycznie różnic. Dysfunkcje o charakterze stawowym występują z częstością porównywalną do zaburzeń mięśniowych. Zobrazowane graficznie wyniki wykazały, iż nie ma istotnych statystycznie różnic pomiędzy wartościami maksymalnymi odwodzenia żuchwy w grupie kobiet i mężczyzn. Średnie długości dróg stawowych wynosiły: $39 \pm 7\%$ maksymalnej wartości rozwarcia łuków zębowych w grupie zdrowych osób, $44 \pm 11\%$ w przypadku dolegliwości o podłożu mięśniowym oraz $35 \pm 11\%$ o podłożu stawowym. Innymi słowy u osób uskarżających się na dolegliwości, których źródłem jest nieprawidłowa praca stawów, obserwuje się istotne statystycznie ograniczenie długości drogi stawowej – średnio do ok. 13 mm, przy 18,3 w grupie kontrolnej. Podczas gdy dla osób o podłożu mięśniowym schorzenia wynosi ona przy 19,5 mm.

Badanie aspektu anatomiczno-fizjologicznego, jakim jest synchroniczna praca obu stawów podczas wykonywania złożonych ruchów, najlepiej obrazuje bezpośrednio, jednoczesne porównanie długości obu dróg stawowych $S_L : S_P$. Analiza zapisów graficznych wykazała bardzo wysoką zgodność tego parametru u osób bez zaburzeń. Największą dysproporcję pomiędzy długościami prawej i lewej drogi stawowej odnotowano u osób z zaburzeniami o charakterze stawowym. Asymetria pracy mięśni również wpływa na wydłużenie lub skrócenie drogi stawowej, jednak w mniejszym stopniu niż zmiany w stawach. Najwyższe wartości długości drogi stawowej odnotowano w grupie kobiet o mięśniowej etiologii zaburzenia. Wartości kątów stawowych w badanej populacji zawierały się w przedziale od 25° do 45° . Najniższą średnią wartość tego parametru odnotowano w grupie chorych z dysfunkcją o etiologii stawowej.

Otrzymane wyniki potwierdzają tezę o osobniczej zmienności w zakresie możliwości rozwierania łuków zębowych, a tym samym długości drogi stawowej S_S jaką pokonują w czasie odwodzenia żuchwy wyrostków kłykciowych. Zestawienie tych parametrów ma istotne znaczenie w dochodzeniu do właściwej diagnozy. Pozwala na ograniczenie nadinterpretacji, często rozpoznawanych zwichnięć, będących w rzeczywistości wrodzoną skłonnością do hipermobilności żuchwy, ponieważ zachodzi ścisła korelacja pomiędzy średnią długością drogi stawowej a wielkością szpary rozwarcia. Najczęściej notowana długość drogi wyrostków kłykciowych mieści się w przedziale od 10 do 25 mm. Zakres ten odpowiada szparze rozwarcia mierzonej pomiędzy brzegami zębów siecznych, zawartej w granicach od 30 do 50 mm.

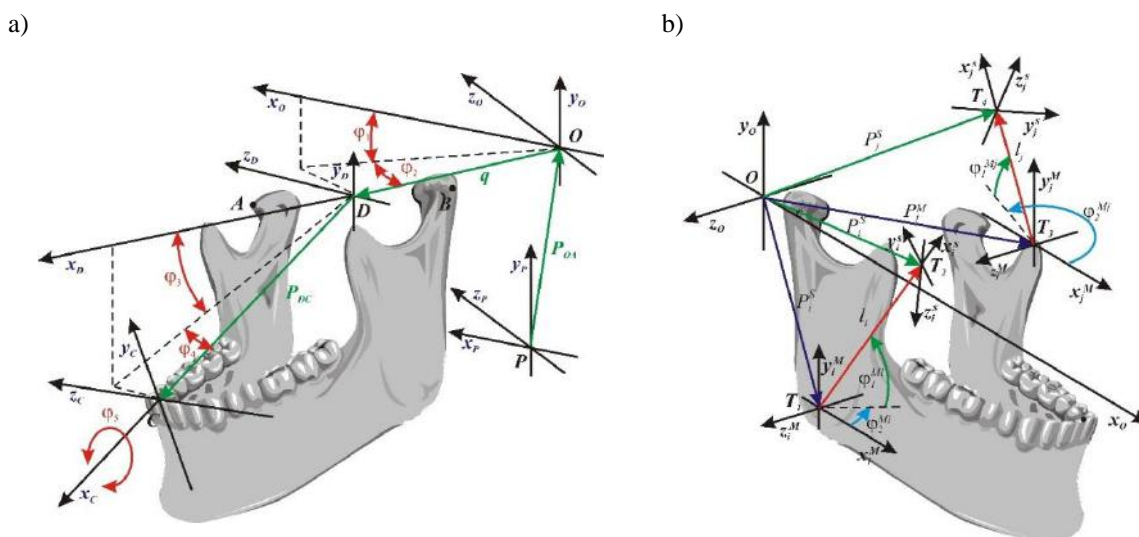
Jednym z objawów dysfunkcji narządu żucia, są sygnały akustyczne rejestrowane w obrębie stawów skroniowo-żuchwowych. Ich źródłem jest nieprawidłowa współpraca krążków stawowych z głowami wyrostków kłykciowych oraz panewkami stawowymi. Utrata zdolności prawidłowego funkcjonowania układu stomatognatycznego jest poważnym ograniczeniem, które objawia się między innymi trudnościami w odgryzaniu i rozdrabnianiu pokarmów czy też artykulacji dźwięków (29). Z innego jednak punktu widzenia, złożoność układu mięśniowo-szkieletowego oraz jego możliwości kompensacyjne umożliwiają przywrócenie zredukowanych lub utraconych funkcji ruchowych (30).

Ruchy żuchwy są zdeterminowane przez trzy czynniki główne: wzajemne, wewnątrzstawowe relacje w stawach skroniowo-żuchwowych, mięśnie układu stomatognatycznego oraz kontakty okluzyjne zębów przeciwstawnych. Oprócz wymienionych, znaczenie ma także budowa anatomiczna, kształt, wielkość poszczególnych elementów składowych w tym wyrostków kłykciowych, jak również dziobiastych oraz stan układu nerwowo-mięśniowego. Wszystkie wymienione czynniki wpływają na przestrzenną orientację żuchwy względem podstawy czaszki. Zmiany w anatomii lub funkcji jednego z elementów wywierają wpływ na pracę pozostałych.

Zakres informacji jaki można uzyskać o ww. stosunkach na podstawie badań klinicznych jest znacznie ograniczony, dlatego też podjąłem we współpracy z inżynierami próbę opisaną zależności zachodzących w układzie stomatognatycznym podczas żucia pokarmów o różnej konsystencji z zastosowaniem modelowania numerycznego. Wyniki pracy przedstawiono w pracy pt. *Modelowa identyfikacja aktywności mięśni układu stomatognatycznego podczas aktu żucia*, opublikowanej w czasopiśmie *Experimental and Therapeutic Medicine*, IF=1,280 (**praca nr 2**).

W tym celu do oceny aktywności mięśni żucia sformułowano przestrzenny model kinematyki narządu żucia. Wyniki badań modelowych umożliwiają interpretację informacji zarejestrowanych w badaniach klinicznych w szerszym zakresie. W pracy przedstawiono wyniki badań modelowych, odwzorowujących aktywność mięśni układu stomatognatycznego podczas żucia konkretnych kęsów pokarmowych (orzech laskowy, chleb), różniących się twardością. Do przeprowadzenia obliczeń numerycznych wykorzystano stworzone we współpracy z inżynierami autorskie oprogramowanie Kinematyka 3D. Symulacje numeryczne zostały wykonane w oparciu o dane pomiarowe zarejestrowane elektronicznym łukiem twarzowym Zebris JMA, u zdrowego, pozbawionego zaburzeń modelowego pacjenta. Badania kliniczne, przeprowadzone sześciokrotnie, polegały na rejestracji ruchów podczas żucia porównywalnych objętościowo porcji (kostki) chleba o bokach równych ok. 2 cm każdy oraz orzechów laskowych o średnicy ok. $1,2 \div 1,3$ cm. W oparciu o zarejestrowane trajektorie wyrostków kłykciowych oraz zębów siecznych obliczono współrzędne konfiguracyjne przestrzennego modelu kinematyki żuchwy, na podstawie których następnie określano długości oraz orientację przestrzenną poszczególnych mięśni narządu żucia. Tak wyznaczone parametry stały się podstawą do ilościowego i jakościowego opisu aktywności poszczególnych grup włókien mięśniowych (ryc.1). Stopień rozdrobnienia pokarmów jest parametrem osobniczo zmiennym i ma decydujący wpływ na fazę trawienia, odbywającą się w dalszych odcinkach przewodu pokarmowego. Istotny wpływ na efektywność tej fizjologicznej czynności ma aktywność mięśni układu stomatognatycznego, która zapewnia realizację złożonych, okresowych ruchów odwodzenia, przywodzenia i przemieszczania żuchwy we wszystkich płaszczyznach układu współrzędnych (31).

Przemieszczająca się żuchwa, zmienia swą orientację oraz położenie, a poszczególne grupy mięśni ulegają wydłużeniu lub skróceniu, generując zróżnicowane siły, będące cechami zmiennymi osobniczo (32)



Rys. 1. Graficzne schematy: a) przestrzennego modelu kinematyki żuchwy, b) schematu użytego do identyfikacji orientacji przestrzennej włókien mięśniowych

W celu eliminacji niedogodności, związanych z matematycznymi obliczeniami nieokreśloności, wprowadzono dwa układy współrzędnych: układ odniesienia x_0, y_0, z_0 w oparciu o punkt (D) zlokalizowany w centralnej części odcinka łączącego głowy wyrostków kłykciowych żuchwy oraz dodatkowy układ współrzędnych x_P, y_P, z_P . W przyjętym do badań numerycznym modelu trzy współrzędne definiują orientację przestrzenną żuchwy ($\varphi_3, \varphi_4, \varphi_5$), pozostałe natomiast odwzorowują ruch unoszenia (q, φ_1, φ_2).

Czynnikiem decydującym o sprawnym funkcjonowaniu narządu żucia człowieka jest układ mięśniowy sterowany przez ośrodkowy układ nerwowy (OUN). W celu numerycznego odwzorowania aktywności ruchowej poszczególnych włókien mięśniowych, zdefiniowano odpowiednie związki matematyczne.

Na podstawie tak ujętego schematu ideowego, wyprowadzono ogólny zapis analityczny, ujmujący jednocześnie długość mięśnia oraz jego orientację przestrzenną:

$$\mathbf{P}_i^S = \mathbf{P}_i^M + \mathbf{R}_i^Z \cdot \mathbf{R}_i^Y \cdot \mathbf{L}_i, \quad (1)$$

gdzie:

\mathbf{P}_i^S - wektor definiujący położenie przyczepu mięśnia „i” związanego z czaszką, \mathbf{P}_i^M - położenie przyczepu mięśnia „i” związanego z żuchwą, $\mathbf{R}_i^Z, \mathbf{R}_i^Y$ - macierze obrotu względem osi z i y, $\mathbf{L}_i = [L_i \ 0 \ 0]^T$ - wektor definiujący odległość pomiędzy lokalnymi układami współrzędnych A i B .

Zależności analityczne opisane powyżej i zapisane w niniejszej pracy równaniami, uzupełnione danymi zarejestrowanymi podczas ruchu żuchwy w badaniu klinicznym, stanowiły formalną podstawę do przeprowadzenia obliczeń numerycznych, obrazujących zmiany zachodzące w narządzie żucia. Przemieszczająca się żuchwa zmienia swą orientację oraz położenie, a poszczególne grupy mięśni ulegają wydłużeniu lub skróceniu. Mając na uwadze ocenę wpływu poszczególnych grup mięśni na proces żucia obliczono także zmiany ich długości w każdym cyklu. Proponowany układ, charakteryzujący kinematykę mięśni narządu żucia można analizować tylko wówczas, gdy uwzględni się współrzędne kartezjańskie, definiujące lokalizację przyczepów mięśni do żuchwy oraz kości czaszki. Ze względu na znaczną rozległość powierzchni przyczepów mięśni, długość oraz orientacja przestrzenna włókien mięśniowych określane są jedynie w sposób przybliżony. Przybliżenie daje możliwość zredukowania powierzchni przyczepu do punktu, czyli uśrednienie długości poszczególnych grup włókien mięśniowych. Uśrednioną długość mięśnia, w dowolnym czasie, obliczono wprost z zależności pomiędzy odległościami dwóch punktów (przyczepów) położonych w przestrzeni.

Opracowane matematycznie dane liczbowe, odniesiono do sytuacji wyidealizowanej tzn. takiej, gdy mięśnie po obu stronach żuchwy funkcjonują symetrycznie. Na podstawie tak sporządzonych charakterystyk obliczone współczynniki pracy mięśni w_P można interpretować jako miarę asymetrycznej lub symetrycznej ich pracy. Zakładając, że włókna mięśniowe nie wydłużają się ze stałą prędkością - $d\Delta l/dt$ i stałym przyspieszeniem - $d^2\Delta l/dt^2$, wypadkowy współczynnik ich pracy obliczono jako średnią arytmetyczną z trzech wielkości kinematycznych (tabela 1).

Tabela 1. Wskaźniki w_P pracy mięśni narządu żucia

L.p.	Żucie chleba (n=6)				Żucie orzecha laskowego (n=6)			
	Δl [mm]	$d\Delta l/dt$ [mm/s]	$d^2\Delta l/dt^2$ [mm/s ²]	<i>średnia</i>	Δl [mm]	$d\Delta l/dt$ [mm/s]	$d^2\Delta l/dt^2$ [mm/s ²]	<i>Średni</i>
M _{SA}	0,87±0,07	0,81±0,09	0,55±0,31	0,74±0,10	0,97±0,01	0,96±0,01	0,89±0,03	0,94±0,02
M _{SP}	0,70±0,16	0,56±0,23	0,25±0,32	0,50±0,13	0,94±0,01	0,91±0,02	0,78±0,06	0,88±0,05
M _{DA}	0,94±0,01	0,84±0,06	0,48±0,29	0,75±0,14	0,83±0,05	0,91±0,01	0,80±0,02	0,84±0,03
M _{DP}	0,92±0,02	0,81±0,07	0,45±0,28	0,73±0,14	0,85±0,05	0,92±0,01	0,80±0,03	0,86±0,03
P _A	0,74±0,13	0,72±0,14	0,58±0,22	0,68±0,05	0,58±0,12	0,76±0,06	0,73±0,05	0,69±0,06
P _P	0,71±0,16	0,69±0,16	0,48±0,31	0,63±0,07	0,53±0,12	0,73±0,07	0,68±0,06	0,65±0,06
L _U	0,00±0,00	0,04±0,09	0,00±0,00	0,01±0,01	0,00±0,00	0,03±0,03	0,01±0,01	0,01±0,01
L _P	0,02±0,06	0,08±0,14	0,00±0,01	0,04±0,02	0,00±0,00	0,05±0,05	0,03±0,03	0,03±0,02
L _L	0,46±0,14	0,56±0,06	0,28±0,17	0,44±0,08	0,14±0,09	0,47±0,04	0,30±0,08	0,30±0,10
T _V	0,99±0,00	0,98±0,01	0,83±0,21	0,93±0,05	0,95±0,02	0,98±0,00	0,96±0,00	0,96±0,01
T _A	0,90±0,04	0,89±0,02	0,75±0,11	0,85±0,05	0,74±0,06	0,88±0,01	0,83±0,01	0,82±0,04
T _P	0,80±0,09	0,82±0,04	0,61±0,13	0,74±0,06	0,59±0,09	0,81±0,02	0,74±0,01	0,71±0,06
D	0,64±0,20	0,59±0,19	0,72±0,11	0,65±0,04	0,29±0,19	0,58±0,12	0,76±0,05	0,54±0,14

gdzie:

M_{SA} – powierzchowne przednie włókna mm. żwaczy, M_{SP} – powierzchowne tylne włókna żwaczy, M_{DA} – głębokie przednie włókna żwaczy, M_{DP} – głębokie tylne włókna żwaczy, P_A – przednie włókna mięśnia skrzydłowego-przyśrodkowego, P_P – tylne włókna mięśnia skrzydłowego-przyśrodkowego, L_U – górny brzusiec mięśnia skrzydłowego-bocznego, L_P – przejściowy brzusiec mięśnia skrzydłowego-bocznego, L_L – dolny brzusiec mięśnia skrzydłowego-bocznego, T_V – pionowe włókna mięśnia skroniowego, T_A – przejściowe włókna mięśnia skroniowego, T_P – tylne włókna mięśnia skroniowego, D – grupa mięśni nadgnykowych.

Wyznaczone wartości liczbowe pozwoliły na określenia stopnia symetrii w układzie stomatognatycznym podczas aktu żucia: jeśli wskaźnik w_P przyjmuje wartość bliską jedności to włókna mięśniowe pracują symetrycznie. W przypadku, gdy w_P jest bliski zera włókna mięśni funkcjonują asymetrycznie.

Na podstawie przeprowadzonych symulacji komputerowych, których wyniki zestawiono w tabeli 1, stwierdzono symetryczną pracę przednich włókien mięśni skroniowych $w_P > 0,9$. Natomiast największą asymetrię pracy zaobserwowano w grupie włókien mięśni skrzydłowych - bocznych $w_P < 0,44$. Przeprowadzone badania wskazują ponadto, że twardość spożywanego pokarmu, przejawia się bardziej asymetryczną pracą mięśni. Widoczne jest to szczególnie w odniesieniu do włókien powierzchniowych oraz głębokich żwaczy.

Otrzymane wyniki pozwoliły również na szczegółowy opis stopnia zaangażowania poszczególnych mięśni podczas aktu żucia. W początkowej fazie aktu żucia w największym stopniu zaangażowane są mięśnie skrzydłowe - boczne. Wraz z coraz szerszym rozwarcie łuków zębowych mięśnie skrzydłowe - boczne wspomagane są przez mięśnie nadgnykowe. Warto wspomnieć, że taki scenariusz z dominującą rolą mięśni skrzydłowych - bocznych odwodzenia jest cechą indywidualnie zmienną. Wyniki symulacji komputerowych, jakie przeprowadzono w ramach realizowanego projektu badawczego (nr N N518 384237) są zgodne z doniesieniami innych autorów i wskazują mięśnie nadgnykowe jako inicjujące ruch odwodzenia (33). Odchylenie trajektorii zębów siecznych od płaszczyzny pośrodkowej związane jest przede wszystkim z asymetryczną pracą mięśni skrzydłowych - przyśrodkowych i bocznych, nadgnykowych oraz przejściowych (środkowych) i tylnych włókien mięśni skroniowych. Większość mięśni narządu żucia podczas żucia chleba ulega wydłużeniu w granicach od 11,8 mm do 24,1mm, za wyjątkiem włókien mięśni skrzydłowych - bocznych oraz nadgnykowych, których skrócenie zawiera

się przedziale od 5,5 mm do 9,4 mm. W ruchu przywodzenia sytuacja przedstawia się odwrotnie, tzn. wydłużają się włókna mięśni skrzydłowych bocznych i mięśnie nadgnykowe od 0,7mm do 1,9 mm. Skrócenie pozostałych mięśni jest mniejsze niż 2 mm, przy czym charakter zmian długości włókien mięśniowych, nie zależy w istotnym stopniu od konsystencji spożywanego pokarmu. Podczas aktu żucia twardych pokarmów mięśnie ulegają nieznacznie mniejszemu wydłużeniu i skróceniu w stosunku do pokarmów o konsystencji miękkiej (34). Wnioskowanie w zakresie oceny aktywności mięśni narządu żucia możliwe jest wówczas, gdy odniesie się maksymalny zakres zmian długości do długości spoczynkowych. Zdefiniowany tak współczynnik aktywności wskazuje, że największą aktywność po stronie pracującej żuchwy wykazują przednie włókna mięśni skrzydłowych - przyśrodkowych oraz przednie i przejściowe (środkowe) włókna mięśni skroniowych. Najmniejszą natomiast aktywnością cechują się włókna mięśni skrzydłowych - bocznych, tylne włókna powierzchowne żwaczy oraz mięśnie nadgnykowe.

Szczegółowa charakterystyka modelu przestrzennego kinematyki żuchwy, zawarta w publikacji, wnosi nowe jakościowo informacje, jak również wzbogaca wiedzę o funkcjonowaniu narządu żucia. Wyniki uzyskane na drodze badań modelowych wskazują jednoznacznie, że modelowanie numeryczne narządu żucia jest efektywnym narzędziem wspomagającym lekarza stomatologa podczas formułowania diagnozy. Informacje dotyczące orientacji przestrzennej włókien mięśniowych są niezbędne do ustalenia kierunków działania sił generowanych przez mięśnie.

Obserwacja zachowania się mięśni żucia w aspekcie ich symetrycznej lub asymetrycznej pracy podczas aktu żucia, szczególnie w odniesieniu do mięśni skrzydłowych bocznych, rzuca również pośrednio światło na znaczenie jakości okluzji. Mięśnie skrzydłowe boczne wykazują, w przeprowadzonych badaniach modelowych, znaczny stopień zaangażowania w proces żucia. Nieprawidłowe podparcie żuchwy może generować początkową asymetrię długości włókien tych mięśni. Pamiętając, iż ważną cechą anatomiczną omawianych struktur jest powiązanie włókien mięśniowych z krążkiem stawowym można z dużym prawdopodobieństwem tłumaczyć zależności pomiędzy dyslokacjami krążka, zaburzeniem pracy mięśni skrzydłowych bocznych oraz zaburzeniami okluzji. Dysponując oszacowanymi siłami mięśniowymi można w dalszym ciągu podjąć próby, mające na celu określenie obciążeń, oddziałujących na struktury stawów skroniowo-żuchwowych.

Powyższe spostrzeżenia stały się inspiracją do dalszych badań nad zależnościami, zachodzącymi pomiędzy poszczególnymi elementami tworzącymi układ stomatognatyczny. Ocena związków przyczynowo - skutkowych, zachodzących pomiędzy siłą okluzyjną a siłami mięśniowymi należy do zagadnień złożonych z punktu widzenia biomechaniki. Zawikłania te spowodowane są tym, że przestrzenna struktura ułożenia włókien mięśniowych tj. rozległość przyczepów, jest w stanie wygenerować różnorodną gamę kombinacji sił statycznie równoważnych, zapewniających równowagę biostatyczną żuchwy. Niemniej jednak zaletą tej różnorodności jest możliwość przeciwdziałania niepożądanym reakcjom biomechanicznym. Ograniczenia i trudności związane z identyfikacją sił generowanych przez mięśnie, były asumptem do podjęcia działań nad sformułowaniem biocybernetycznego modelu narządu żucia (**praca nr 3**). Wyniki badań przedstawiono w pracy pt. „*Identyfikacja sił mięśni narządu żucia w ujęciu biocybernetycznym*” opublikowanej w BioMed Research International (IF=2,134)

W pracy podjęto próbę matematycznego opisu funkcjonowania mięśni narządu żucia z uwzględnieniem oddziaływania ośrodkowego układu nerwowego. Do przeprowadzenia badań modelowych sformułowano trzy modele typów czaszek: krótką, normalną i długą, które różniły się: budową geometryczną żuchwy, orientacją włókien mięśniowych oraz przekrojami poprzecznymi mięśni. O kwalifikacji do poszczególnych grup decydował wymiar pionowy zwłaszcza piętra dolnego twarzy. Niezbędne dane liczbowe, wymagane do opracowania finalnych modeli obliczeniowych różnych typów twarzoczaszek, posłużyły do identyfikacji sił okluzyjnych generowanych przez mięśnie w strefie zębów siecznych oraz trzonowych. Z uwagi na symetrię ułożenia włókien mięśni narządu żucia, badania modelowe układu stomatognatycznego bardzo często przeprowadza się na modelach płaskich, odwzorowujących właściwości kinematyczne i dynamiczne w płaszczyźnie strzałkowej (35). W odniesieniu do tego typu modeli obliczeniowych, redukcja przestrzennej struktury twarzoczaszki do płaskiej, każdorazowo musi zakładać symetryczne obciążenie żuchwy siłami czynnymi i biernymi. Przy czym z punktu widzenia badań symulacyjnych, do zbioru sił czynnych przyporządkowuje się siły bezpośrednio związane aktywnością mięśni. Do zbioru sił biernych zalicza się reakcje utożsamiane z obciążeniami oddziałującymi na łuki zębowe oraz stawy skroniowo-żuchwowe.

Obecny poziom wiedzy oraz dostępna aparatura pomiarowa umożliwia przeprowadzenie pomiarów doświadczalnych sił biernych w ograniczonym stopniu. Precyzyjnych pomiarów w zasadzie można dokonać jedynie w otoczeniu łuków zębowych. W tym celu stosowane są różne rozwiązania konstrukcyjne siłomierzy stomatologicznych różniące się zasadami działania: oparte na zmianach ciśnienia (36), piezorezystancyjne (37) oraz innego rodzaju (38). Do badań klinicznych zastosowano, oparty na zasadzie zmian rezystancji, siłomierz stomatologiczny wykonany według autorskiego pomysłu we współpracy z pracownikami naukowymi Politechniki w Katowicach (patent nr P.397354/2011-12-12 - *zał. 5-7.4.1*). Niewątpliwą zaletą autorskiej konstrukcji mikroprocesorowego siłomierza stomatologicznego jest możliwość ciągłej rejestracji sił biernych, generowanych wzdłuż łuków zębowych w czasie (ryc. 2). W rozwiązaniu tym zastosowano cienki, liczący zaledwie 0,1mm grubości, piezorezystancyjny przetwornik FlexiForce.

Jego zasada działania polega na zamianie rezystancji nadrukowanego materiału na cienkim poliestrowym podłożu, czyli przyrost nacisku wywieranego na pole pomiarowe powoduje wzrost napięcia odmierzanego na zaciskach przetwornika. Zarejestrowane w taki sposób siły zwarciowe posłużyły jako dane wyjściowe do przeprowadzenia symulacji komputerowych, których celem była ocena aktywności mięśni narządu żucia.



Ryc. 2. Mikroprocesorowy rejestrator sił zwarciovych

Pomimo wielu prób, jak dotychczas nie sformułowano jednoznacznej metody, umożliwiającej precyzyjne obliczanie wartości sił generowanych przez poszczególne mięśnie narządu żucia przy założonym obciążeniu oddziałującym na łuki zębowe. W niniejszej pracy rozwiązanie tak sformułowanego problemu badawczego osiągnięto przy zastosowaniu praw i zasad mechaniki oraz teorii sterowania (39). Z teoretycznego punktu widzenia możliwe jest wyróżnienie dwóch klas metod identyfikacji sił mięśni narządu żucia. Pierwszą reprezentują metody, w których czynne siły mięśniowe zastępuje się jedną wypadkową (40, 41). Do grupy drugiej zalicza się metody bazujące na bezpośredniej identyfikacji sił mięśniowych (42, 43). Ponadto istnieją metody wykorzystujące formalizm MES (44, 45), które znajdują zastosowanie w sytuacjach, gdy celem badawczym jest ocena naprężeń i odkształceń struktur kostnych żuchwy.

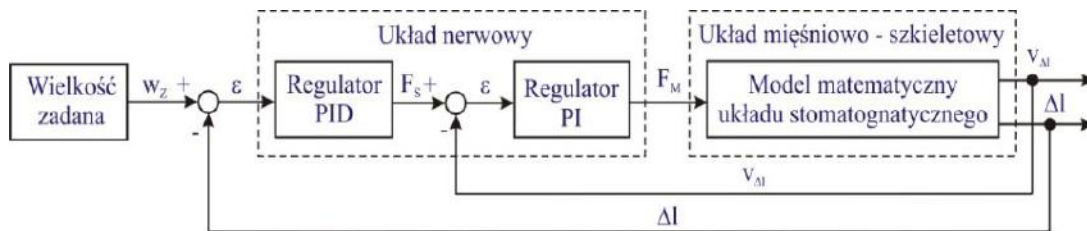
W zaproponowanej autorskiej metodzie identyfikacji sił generowanych przez mięśnie narządu żucia, traktowane są one jako „czarne skrzynki”, których właściwości samoczynnie dostosowują się do charakteru obciążenia oddziałującego na łuki zębowe.

Formułując model numeryczny identyfikacji sił mięśni narządu żucia w ujęciu biocybernetycznym przyjęto następujące założenia modelowe:

1. łuki zębowe są symetrycznie obciążone siłami okluzji
2. głowy wyrostków kłykciowych przyjmują stabilne, centralne położenie w przestrzeni stawowej
3. żuchwa jest nieodkształcalną bryłą sztywną.

Przyjęcie żuchwy jako elementu sztywnego jest uzasadnione z punktu widzenia badań modelowych, gdyż jej sztywność odniesiona do tej właściwości dla mięśni jest dużo większa. Ponadto, podczas przeprowadzania eksperymentów numerycznych, istnieje możliwość przemieszczenia kąтового żuchwy względem osi przebiegającej przez środki głów wyrostków kłykciowych. Założenie to jest również uzasadnione, gdyż w początkowej fazie odwodzenia, ruch żuchwy można z dużą dokładnością opisać jako „czysty” obrót tzw. ruch zawiasowy (rotacyjny) odbywający się w dolnym piętrze stawu. Uwzględniono również ograniczenia, wynikające z maksymalnej siły, jaką są w stanie wygenerować poszczególne mięśnie. Odpowiednie symulacje przeprowadzono przy założeniu, że siła oddziałująca na łuk zębowy żuchwy, ulega zmianie w czasie od zera do wartości ustalonej. Przyjęto, że kierunek jej działania jest prostopadły do osi poziomej układu współrzędnych (podstawy żuchwy) względem, którego przeprowadzono obliczenia numeryczne. Przyjęto również, że istnieje równowaga biostatyczna, czyli sytuacja, w której żuchwa obciążona dowolnym układem sił nie ulega przemieszczeniu, jak również nie zmienia swojej orientacji tzn. pozostaje w stabilnym położeniu przez dowolnie długi okres.

Ogólny schemat blokowy, który posłużył do identyfikacji sił mięśni narządu żucia w ujęciu biocybernetycznym przedstawiono na rycinie 3



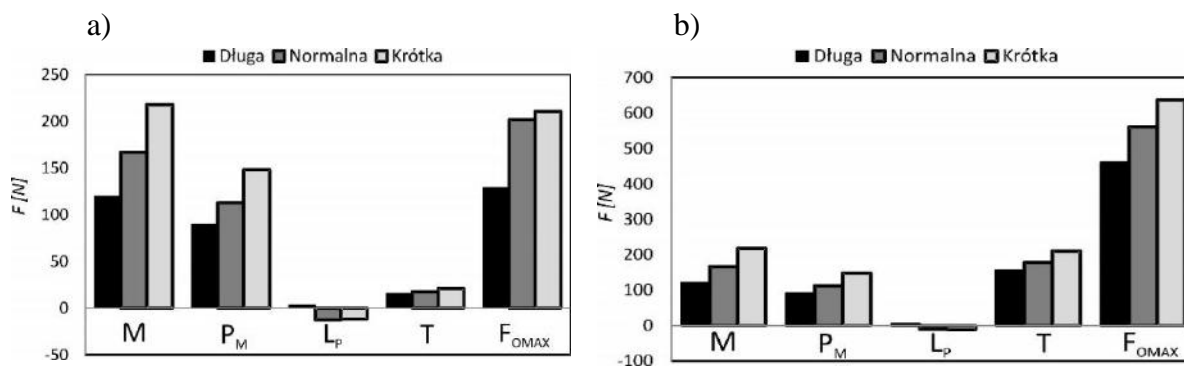
Ryc. 3. Uogólniony schemat blokowy identyfikacji sił mięśni narządu żucia

Oddziaływanie ośrodkowego układu nerwowego (OUN) na mięśnie odwzorowano poprzez dwa regulatory o działaniu ciągłym typu *PID* oraz *PI*. Zastosowanie dodatkowej $v_{\Delta l}$, prędkościowej pętli sprzężenia zwrotnego istotnie poprawiło jakość obliczeniowych identyfikacji sił mięśniowych. Podstawowym zadaniem, postawionym przed dodatkowym sprzężeniem zwrotnym było porównywanie prędkości skracania lub wydłużania się włókien mięśniowych. Formułując ostateczny model obliczeniowy zmienne, będące wielkościami regulowanymi i sterującymi, zostały precyzyjnie dookreślone. Jako wielkości regulowane przyjęto zmianę długości mięśni, natomiast za wielkości sterujące, uznano siły generowane przez poszczególne mięśnie narządu żucia. Analizowane zadanie badawcze, zostało sformułowane z zastosowaniem zasad obowiązujących w zakresie zagadnień dotyczących dynamiki. W takim modelu żuchwa ma możliwość przemieszczenia kąтового względem osi przebiegającej przez środki głów wyrostków kłykciowych. Przy czym przemieszczenie to musi zostać skompensowane przez regulatory, w przeciwnym wypadku analizowany układ staje się niestabilny.

Identyfikację sił mięśniowych przeprowadzono dla trzech modeli żuchwy, które odpowiadają twarzom: krótkim, normalnym oraz długim. Każdy model analizowano, dla przypadków obciążenia żuchwy siłą F_o , w strefie zębów siecznych oraz trzonowych.

Do przeprowadzenia symulacji komputerowych, maksymalną wydolność poszczególnych mięśni przywodzących, oszacowano przyjmując $k = 35 \text{ N/cm}^2$, gdzie k stanowi istotną wielkością biofizyczną, charakteryzującą mięsień i oznacza współczynnik wydolności jednostkowej przekroju poprzecznego mięśnia. Wielkość ta mieści się dokładnie w połowie ($30\text{-}40\text{N/cm}^2$) zakresu statystycznej zmienności wartości współczynnika k podawanego w literaturze (46, 47).

Wyniki symulacji komputerowych zobrazowano graficznie na rycinie nr 4.



Ryc. 4. Siły generowane przez mięśnie przywodzące narządu żucia, podczas obciążania łuku zębowego zuchwy maksymalną siłą w strefie: a) zębów siecznych, b) zębów trzonowych
Symbole oznaczają odpowiednio mięśnie: M – żwacz (*masseter*), P – skrzydłowy przyśrodkowy (*medial pterygoid*), L – skrzydłowy boczny (*lateral pterygoid*), T – skroniowy (*temporalis*)

W przeprowadzonych symulacjach komputerowych założono, że graniczna wartość przemieszczenia kąтового zuchwy nie może przekroczyć wartości $0,2^\circ$, natomiast błędy regulacji określające zmianę długości mięśni są mniejsze niż $0,01$ mm. Dane anatomiczne, dotyczące średnich wartości pól przekrojów poprzecznych mięśni, ich orientacja oraz budowa geometryczna zuchwy stanowiły formalną podstawę do przeprowadzenia niezbędnych symulacji komputerowych.

Obliczone numerycznie siły okluzyjne, obciążające łuk zębowy zuchwy w strefie zębów siecznych, w przypadku krótkich twarzy osiągnęły wartość $636,61$ N, normalnych twarzy $562,4$ N oraz długich twarzy $458,56$ N. Obliczone maksymalne wartości sił zwarciowych, generowane w strefie zębów siecznych wyniosły natomiast $218,4$ N dla twarzy krótkiej, $207,1$ N dla twarzy normalnej oraz $130,4$ N w przypadku twarzy długiej.

Wpływ wymiaru pionowego twarzy na siły kompresyjne, wywierane na struktury stawu wykazał także van Spronsen i in. (49). Oznacza to, że likwidacja wady zgryzu, zwłaszcza w wymiarze pionowym, może w pewnych sytuacjach klinicznych przyczynić się do zmiany kwalifikacji twarzy np. z krótkiej do normalnej, co z kolei wpływa na obniżenie wartości sił generowanych przez mięśnie żucia, które mogą oddziaływać destrukcyjnie na poszczególne elementy układu stomatognatycznego, głównie stawów. Przeprowadzone badania – symulacje, również częściowo tłumaczą znaczenie utraty wysokości zwarcia. Braki jakościowe tkanek twardych zębów: patologiczne starcie, nieleczona próchnica lub braki zębowe, jak również działania jatrogenne - wszelkie miejsca infraokluzji, zwłaszcza mnogie, mogą wpływać na transformację twarzy normalnej w krótką, co skutkuje wzrostem wartości sił generowanych przez mięśnie ze wszystkimi tego negatywnymi skutkami.

Uwzględnienie ograniczenia maksymalnej siły generowanej przez poszczególne mięśnie, dostarcza nowych jakościowo i ilościowo informacji o sposobie ich funkcjonowania. Aktywność mięśni przywodzących narządu żucia uzależniona jest od ich przestrzennej orientacji. Modelowa ocena sił zwarciowych, generowanych przez mięśnie oraz identyfikacja sił mięśni przywodzących może stanowić ważne narzędzie

w diagnostyce dysfunkcji narządu żucia, zwłaszcza związanych ze zmianą orientacji żuchwy względem szczęki w wymiarze pionowym. Właściwe funkcjonowanie układu stomatognatycznego odbywa się dzięki harmonijnemu współdziałaniu układu zębowego oraz mięśniowo-nerwowego. W prawidłowych warunkach centralny układ nerwowy, wraz z systemem receptorów, na zasadzie odruchu – sprzężenia zwrotnego, chroni wszystkie elementy, zwłaszcza stawy skroniowo-żuchwowe. W ciągu doby łuki zębowe są w kontakcie przez ok. 30 min, głównie podczas przełykania śliny. Nieprawidłowe kontakty zębowe spowodowane np. utratą zębów, bruksizmem, nieleczoną próchnicą są źródłem naprężeń w stawach skroniowo-żuchwowych, które z czasem mogą prowadzić do uruchomienia kaskady niekorzystnych zdarzeń, prowadzących w konsekwencji do poważnego schorzenia. Przyjęcie żuchwy, w założeniach badań modelowych jako sztywnej bryły ma swoje uzasadnienie, wynikające z jej anatomicznej budowy i w sposób bezpośredni powinno przekładać się na zależności kliniczne w układzie stomatognatycznym. Układ okluzyjny zębów, osadzonych w przeciwstawnych łukach stanowi ważną determinantę, decydującą o położeniu przestrzennym żuchwy względem szczęki, a nawet względem podstawy czaszki.

Badanie układu mięśniowego jest nieodłącznym elementem oceny sprawności narządu żucia. Klinicznie polega na ocenie wielkości poszczególnych mięśni, ich symetrii, określeniu stanu napięcia oraz czynności i tkliwości bólowej. Badanie przeprowadza się palpacyjnie oraz w formie statycznych i dynamicznych testów czynnościowych.

Najbardziej obiektywnym testem czynności mięśni jest badanie jego potencjałów, w przypadku układu stomatognatycznego - elektromiografii powierzchniowej sEMG (50). sEMG jest zapisem algebraicznej sumy napięć, związanych z potencjałami czynnościowymi mięśni w strefie ich ujawnienia z powierzchni twarzy. Informacje zaczerpnięte z tego badania uważa się za ogół pomiarów aktywnych jednostek ruchowych. Charakterystyki ogólne sEMG, takie jak: amplituda i spektrum mocy, zależą od właściwości membrany włókien mięśniowych, jak również koordynacji potencjałów czynnościowych jednostek ruchu. Stąd, sEMG odzwierciedla właściwości zarówno obwodowego, jak i centralnego systemu nerwowo-mięśniowego. Badanie aktywności mięśniowej umożliwia wyznaczenie wartości liczbowych potencjałów spoczynkowych i czynnościowych oraz stwarza możliwość oceny pracy mięśni jednoimiennych w aspekcie symetrii. Sprawne funkcjonowanie całości, ze względu na nadrzędną rolę OUN, uzależnione jest nie tylko od stanu psychoemocjonalnego pacjenta, lecz również od ogólnego stanu zdrowia. Procesy fizjologiczne i patologiczne, toczące się nawet w odległych od narządu żucia tkankach mogą drogą połączeń nerwowych docierać do narządu żucia i wywierać wpływ na jego funkcję. Wiedza o znaczeniu aspektu psychologicznego (51) w mechanizmach generowania, jak również utrzymywania się układu stomatognatycznego w stanie dysfunkcyjnym skłoniła mnie do podjęcia badań, mających na celu wyjaśnienie znaczenia terapii mięśniowej, stosowanych w rehabilitacji pacjentów z zaburzeniami czynnościowymi układu ruchowego narządu żucia (52). Badania prowadzone były w oparciu o analizę instrumentalną (badania kinematyczne, aksjograficzne ruchów żuchwy oraz sEMG przed i po zastosowaniu ćwiczeń mięśniowych). Wyniki badań przedstawiono w pracy zatytułowanej *Ćwiczenia mięśni w rehabilitacji zaburzeń czynnościowych układu ruchowego narządu żucia* opublikowanej w *Postęпах Higieny i Medycyny Doświadczalnej – IF=0,633 (praca nr 4)*.

Przypadek pierwszy dotyczył młodej kobiety, u której znaczne ograniczenie odwodzenia żuchwy do 27,7 mm sugerowało doprzednie przemieszczenie krążka z zablokowaniem (53, 54). Przeprowadzona diagnostyka obrazowa i kliniczna nie potwierdziła postawionej wstępnie diagnozy. Zarejestrowane aparatem Zebris JMA zapisy ruchu wyrostków kłykciowych posiadały niewielki, ale symetryczny zakres - 6,9 mm obu głów żuchwy. W badaniu elektromiograficznym, wykonanym zestawem do rejestracji i analizy sEMG Zebris Dental Bluetooth System, nie zaobserwowano wzmożonego napięcia mięśni ani różnic potencjałów pomiędzy stroną prawą i lewą. Potencjały czynnościowe nie wykazywały także znaczących różnic, tak w zakresie wartości, jak i symetrii mięśni jednoimiennych. W oparciu o wyżej wymienione objawy i wyniki badań, zdiagnozowano zaburzenie wzorca odwodzenia żuchwy i jego ograniczenie o podłożu psychicznym – długotrwała obawa pacjentki przed zwichnięciem żuchwy z powodu dolegliwości tego typu w przeszłości. Po przeprowadzonej 6 tygodniowej zalecanej terapii mięśniowej, odnotowano wyraźną poprawę wszystkich parametrów sprawności układu stomatognatycznego. Wielkość szpary otwarcia ust wzrosła o 8,3mm, natomiast zakres ruchów laterotruzyjnych wzrósł o prawie 2 mm.

Przypadek drugi dotyczył pacjentki z hipermobilnością żuchwy, u której w badaniu czynnościowym, aksjograficznym aparatem Zebris JMA, stwierdzono znaczny zakres ruchu obu wyrostków kłykciowych - 20,6 mm prawego i 20,2 lewego, nieznacznie powiększony zakres odwodzenia żuchwy do poziomu 48,8 mm oraz obustronne ograniczenie ruchów laterotruzyjnych: 4,1 mm prawego i 4,9 lewostronnego. Zaordynowana terapia ruchowa (ćwiczenia mięśniowe) przyniosła wyraźną poprawę stanu czynnościowego narządu żucia i samopoczucia pacjentki. Na wykonanych po 2 miesiącach, czynnościowych badaniach kontrolnych aparatem Zebris JMA odnotowano wyraźne zmniejszenie zakresu ruchu odwodzenia oraz nieznaczne zwiększenie zakresu ruchów laterotruzyjnych: prawostronnego do 6 mm, lewostronnego 5,8mm. Wielkość szpary otwarcia ust wynosiła 41,8mm, czyli odnotowano redukcję odwodzenia żuchwy o 7 mm. Uzyskano również mniejszy wymiar drogi stawowej obu wyrostków kłykciowych, która w wyniku ćwiczeń zmniejszyła się o ok. 3 mm.

Trzeci przypadek dotyczył młodego mężczyzny z rozległym urazem kości części twarzowej czaszki, po upadku z dużej wysokości, u którego w wyniku przebytego urazu doszło do zmiążdżenia głowy wyrostka kłykciowego po stronie lewej. W chwili zgłoszenia się pacjent posiadał zdolność odwodzenia żuchwy na poziomie 9 -10 mm. Wdrożona rehabilitacja ruchowa polegająca na wykonywaniu ćwiczeń, mających na celu zwiększenie zakresu ruchomości żuchwy, po kilkutygodniowej rehabilitacji przyniosła znaczną poprawę. Aksjograficzne badanie czynnościowe, wykonane po serii ćwiczeń mięśniowych wykazało: znaczne ograniczenie ruchomości w lewym (uszkodzonym), stawie skroniowo-żuchwowym i niewielki zakres ruchu lewego wyrostka kłykciowego - 5,3 mm. Aparat zarejestrował również ruch retruzyjny, niewielki – prawidłowy po stronie zdrowego stawu i paradoksalnie duży (niefizjologiczny) dotylny zakres ruchu po chorej stronie - 4,9mm. Upośledzenie ruchu laterotruzyjnego prawostronnego – 3,7 i prawidłowy zakres ruchu w stronę lewą. Pomimo zarejestrowanych zaburzeń w funkcjonowaniu uszkodzonego wyrostka kłykciowego zaobserwowano prawidłowy, mieszczący się w granicach normy, zakres ruchu odwodzenia - wielkość szpary rozwarcia zarejestrowana aparatem wynosiła 41,3mm. Uzyskane technikami instrumentalnymi, graficzne obrazy

kinetyki wyrostków kłykciowych, w zestawieniu z wynikami badań radiologicznych, mówiącymi o nieobecności przeszkód stawowych, które mogłyby ograniczać ruchy głów żuchwy w stawach, przemawiają za mięśniową, bądź psychologiczną etiologią zaburzeń. Nie zawsze i nie każde zaburzenie czynności aparatu ruchowego narządu żucia wymaga skomplikowanej szyno- i farmakoterapii.

Potwierdzenie tych zależności jako wyniki badań, zostały przedstawione w pracy zatytułowanej *Trzaski dyslokacyjne w stawach skroniowo-żuchwowych a jakość toru odwodzenia i przywodzenia żuchwy w badaniach czynnościowych aparatem Zebris JMA*, opublikowanej w dwóch częściach w Protetyce Stomatologicznej (**prace nr 5 i 6**). Ten akustyczny objaw jest wyrazem braku właściwej synchronizacji pomiędzy położeniem krążka stawowego, a głową wyrostka kłykciowego żuchwy, który może być przemieszczony ku przodowi, przyśrodkowo lub bocznie, albo rzadziej w położenie dotylne. Celem pierwszej części pracy była ocena wpływu trzasków dyslokacyjnych, zlokalizowanych w stawach skroniowo-żuchwowych, na jakość graficznych zapisów, swobodnych ruchów żuchwy, zarejestrowanych przy pomocy aparatu Zebris JMA. Drugą część poświęcono określeniu zasadności oraz stosowania techniki instrumentalnej do analizy czynnościowej w diagnostyce zaburzeń układu stomatognatycznego oraz ocenie wpływu bezgłośnych przeskoków w stawach na zapisy graficzne ruchów odwodzenia i przywodzenia żuchwy. Badania przeprowadzono na grupie 55 osób: 36 kobiet (65,45 %) oraz 19 mężczyzn (34,54 %). Pacjentów podzielono na trzy grupy wiekowe I – wiek poniżej 25 lat – 19 (34,5%); II – 25 – 35 lat – 16 (29,1%) i III – powyżej 35 lat – 20 (36%). W każdej grupie badanych pacjentów wyróżniono dwie podgrupy: bez jakichkolwiek dolegliwości /0/ i z objawami akustycznymi ze strony stawu skroniowo-żuchwowego podczas ruchów żuchwy (trzaski i/lub trzeszczenia) i ograniczeniem możliwości otwierania jamy ustnej lub zbaczaniem żuchwy. Z przeprowadzonych badań klinicznych wynika, że akustyczne odgłosy pracy stawu skroniowo-żuchwowego – trzaski dyslokacyjne, słyszalne w badaniu stetoskopem, wystąpiły u 41 ogółem badanych (74,55%), czyli również u 10 osób, które nie zostały zakwalifikowane do grupy II wg kryteriów BKD/ZCURNŻ (27). Oznacza to, że zaburzenia pracy stawów pod postacią trzasków dyslokacyjnych mogą występować u osób, które wg. przyjętych kryteriów diagnostycznych nie kwalifikują się do rozpoznania dysfunkcji o charakterze stawowym. Analiza występowania tego rodzaju zaburzeń pracy stawów wykazuje, iż w przeważającej części objaw ten występuje u kobiet - stanowiły one 73,17% wszystkich osób ze stwierdzonymi trzaskami dyslokacyjnymi. Występowanie omawianego objawu nie koreluje z wiekiem badanych, natomiast obecność trzasków w stawach ma istotny wpływ na przebieg torów ruchów żuchwy. Dokonane badania potwierdzają, że obecność trzasku w stawie pozostaje w ścisłej korelacji ze zbaczaniem żuchwy i przemieszczeniem krążka w stawie. Objawy akustyczne w postaci trzasków dyslokacyjnych stanowią główny czynnik warunkujący jakościowe zmiany w zapisach graficznych torów odwodzenia i przywodzenia żuchwy. Obecność trzasków dyslokacyjnych w obu stawach w 94,74% determinuje dewiację żuchwy pod postacią toru esowatego. Występującym, podczas pracy stawów, trzaskom towarzyszą często objawy przeskakiwania głowy żuchwy wewnątrz stawu. W tym zakresie uzyskano podobne wyniki - zależności jakości toru prowadzenia żuchwy w odwodzeniu i przywodzeniu od występowania przeskakowań w stawach. Tor esowaty zarejestrowano łącznie u 18 badanych z potwierdzonymi przeskakowaniami w stawach. Ten rodzaj zaburzenia wystąpił tylko u jednej

osoby (5,26%), u której przeskakiwanie w stawach nie występowało. W wyniku długotrwałej dysfunkcji – tarcia elementów stawowych, krążek traci swoje wymiary, jak i właściwości. Jest to moment trudny do uchwycenia przez samych chorych, jak również badaczy zagadnienia. Dlatego też wydaje się, że równie często za tor esowaty „odpowiadają” bezgłośnie przeskoki w stawach, co potwierdzają obserwacje własne. Interpretacja zapisów aksjograficznych jest dopełnieniem prowadzonych analiz i często bezspornym wskazaniem strony odpowiedzialnej za dewiację żuchwy w płaszczyźnie czołowej. Ze-stawienie obecności przeskoków w pracy stawów skroniowo-żuchwowych z zapisami graficznymi torów odwodzenia i przywodzenia, potwierdziło istotną zależność pomiędzy tymi cechami. W grupie 41 osób, z obecnością omawianych zaburzeń, tylko u 5 badanych zarejestrowano tor prosty, co stanowi niespełna 10 % wszystkich poddanych badaniom. Lokalizacja początku odchylenia ma dodatkowe znaczenie diagnostyczne – informacja o płaszczyźnie ewentualnego przemieszczenia krążka stawowego.

Stosowanie w codziennej praktyce klinicznej nowoczesnych, często skomplikowanych technik diagnostycznych, staje się niezbędne, zwłaszcza w odniesieniu do pacjentów z nasilonymi objawami zaburzeń czynności układu stomatognatycznego, połączonymi niejednokrotnie ze zmianami morfologicznymi. Badania dodatkowe z wykorzystaniem wspomaganych komputerowo technik instrumentalnych są bardzo przydatne w przebiegu procesu diagnostycznego i leczenia zaburzeń czynnościowych układu ruchowego narządu żucia. Podobne stanowisko jest prezentowane przez innych badaczy zagadnienia (55). Prosta w obsłudze, lekka i nie obciążająca pacjenta podczas pomiarów konstrukcja, jaką jest system pomiarowy Zebris JMA, może mieć szerokie zastosowanie w diagnostyce klinicznej.

Podsumowanie:

Analiza zapisów graficznych, uzyskanych technikami instrumentalnymi wnosi nową jakość w diagnostykę zaburzeń czynnościowych układu ruchowego narządu żucia. Omawiane wcześniej powiązania długości drogi stawowej i ich korelacje z wielkością szpary rozwarcia ust, w przypadku braku zaburzeń jakościowych, pomaga również przekierowywać proces diagnostyczny w inne obszary. Taka inferencja zapisów aksjograficznych pomogła w rozpoznaniu faktycznej przyczyny (przerośnięte wyrostki dziobiaste) ograniczenia zakresu odwodzenia żuchwy u pacjentki podejrzewanej o przemieszczenie krążka z zablokowaniem. Zarchiwizowane badania graficzne poza uzupełnieniem procesu diagnostycznego, stanowią doskonałe narzędzie monitoringu przebiegu leczenia oraz edukacji pacjentów.

Wykazane w powyższych pracach powiązania trzech najważniejszych elementów układu stomatognatycznego: okluzji, układu nerwowo-mięśniowego oraz wzajemnych stosunków elementów wewnątrzstawowych pozwala na lepsze zrozumienie mechanizmów prowadzących do generowania objawów dysfunkcji. Przemieszczenia żuchwy mogą zachodzić w każdej z trzech płaszczyzn, prowadząc do zaburzeń w funkcjonowaniu jednego z wymienionych elementów i wywołując zmianę funkcji pozostałych. Utrzymywanie się stanów patologicznych może, przy wyczerpaniu lub przekroczeniu zdolności adaptacyjnych, prowadzić do zaawansowanych zmian patologicznych. Przemieszczenia żuchwy

jako bryły sztywnej cały czas pozostają w sferze moich zainteresowań naukowych. Badania prowadzone są w kierunku konsekwencji przemieszczeń głów wyrostków kłykciowych wewnątrz stawów.

Cytowane poniżej piśmiennictwo pochodzi częściowo z manuskryptów składających się na cykl prac, stanowiących moje osiągnięcie naukowe a częściowo z bazy danych Pub Med i ma na celu merytoryczne uzasadnienie i wykazanie związków pomiędzy pracami wchodzącymi w skład przedstawionego osiągnięcia naukowego.

PIŚMIENNICTWO

1. Carlsson GE. Occlusion and Temporomandibular Disorders: Past and Present Opinions on Management JPPA 2013; 01(02): 81-86
2. Sanders A. E, Slade G. D, Bair E. General health status and incidence of first-onset temporomandibular disorder: The O PPERA prospective cohort study. The Journal of Pain. 2013; 14(12):51–62.
3. Guarda-Nardini L, Piccotti F, Mogno G, Favero L, Manfredini D. Age-related differences in temporomandibular disorder diagnoses. Cranio—Journal of Craniomandibular Practice. 2012; 30(2):103–109.
4. Wanyura H, Wagner T, Samolczyk-Wanyura D. Borreliaburgdorferi - a potentially aetiological factor in TMJ disorders? Preliminary report. J Craniomaxillofac Surg 2008; 36:28-33.
5. Greene CS. The etiology of temporomandibular disorders: implications for treatment. J Orofac. Pain. 2001; 15(2): 93-105.
6. Liu F, Steinkeler A. Epidemiology, diagnosis, and treatment of temporomandibular disorders. Dental Clinics of North America, 2013. 57(3): 465–479.
7. Panek H, Śpikowska-Szostak J. Wpływ stresu i cech osobowości na dysfunkcje skroniowo-żuchwowe i bruksizm na podstawie. Dent Med Probl 2009; 46(1): 11-16.
8. Anastassaki Kohler, Hugoson A, Magnusson T. Prevalence of symptoms indicative of temporomandibular disorders in adults: cross-sectional epidemiological investigations covering two decades. Acta Odontologica Scandinavica. 2012; 70(3): 213–223.
9. H. Karibe, G. Goddard, K. Aoyagi et al. Comparison of subjective symptoms of temporomandibular disorders in young patients by age and gender. The Journal of Craniomandibular & Sleep Practice. 2012; 30(2): 114–120.
10. Hasegawa Y, Lavigne G, Rompré P, Kato T, Urade M, Huynh N. Is there a first night effect on sleep bruxism? A sleep laboratory study. Journal of Clinical Sleep Medicine 2013; 9(11): 1139–1145.
11. Manfredini D, Lobbezoo F. Relationship between bruxism and temporomandibular disorders: a systematic review of literature from 1998 to 2008. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod. 2010; 109(6): 26-50.
12. Bjornland T, Gjaerum AA, Moystad A: Osteoarthritis of the temporomandibular joint: an evaluation of the effects and complications of corticosteroid injection compared with injection with sodium hyaluronate. J Oral Rehabil 2007; 34:583.
13. Onder ME, Tuz HH, Kocyigit D, et al: Long-term results of arthrocentesis in degenerative temporomandibular disorders, Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endod 2008; 107:1.

14. Graff-Radford SB Facial pain, cervical pain, and headache. 2012 *Continuum Lifelong Learning Neurol*; 2012; 18: 869-882.
15. Hilgenberg P. B, Saldanha A. D. D. Cunha C. O. Rubo J. H, Conti P. C. R. Temporomandibular disorders, otologic symptoms and depression levels in tinnitus patients,” *Journal of Oral Rehabilitation*. 2012; 39(4): 239–244.
16. Badel T, Pandurić J, Marotti M, Kocijan Lovko S. Temporomandibular joint disorder in an otalgia patient. *Acta Stomatol Croat*. 2006; 40: 175-181.
17. Dworkin SF, LeResche L. Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: review, criteria, examinations and specifications, critique. *J Craniomandib Disord* 1992; 6 (4): 301-55.
18. Schiffman E, Ohrbach R, Truelove E, Look L, Anderson G, Goulet JP et al. Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (DC/TMD) for Clinical and Research Applications: recommendations of the International RDC/TMD Consortium Network* and Orofacial Pain Special Interest Group. *J Orofacial Pain Headache* 2014; 28(1): 6-27.
19. Feine JS, Thomason M: Physical medicine. In Laskin DM, Greene CS, Hylander WL, editors: *Temporomandibular disorders: an evidence-based approach to diagnosis and treatment*, Chicago, 2006, Quintessence: 359–379.
20. Ohrbach R: Biobehavioral therapy. In Laskin DM, Greene CS, Hylander WL, editors: *Temporomandibular disorders: an evidence-based approach to diagnosis and treatment*, Chicago, 2006, Quintessence: 391–402.
21. Koh KJ, List T, Petersson A, Rohlin M. Relationship between clinical and magnetic resonance imaging diagnoses and findings in degenerative and inflammatory temporomandibular joint diseases: a systematic literature review. *J Orofac Pain*. 2009; 23:123–139.
22. Dias IM, Coelho PR, Picorelli Assis NM, Pereira Leite FP, Devito KL. Evaluation of the correlation between disc displacements and degenerative bone changes of the temporomandibular joint by means of magnetic resonance images. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2012; 41:1051-57.
23. Hintze H, Wiese M, Wenzel A. Cone beam CT and conventional tomography for the detection of morphological temporomandibular joint changes. *Dentomaxillofac Radiol*. 2007; 36:192–197.
24. Manfredini D, Guarda-Nardini L. Ultrasonography of the temporomandibular joint: a literature review. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2009; 38:1229–1236.
25. Klasser GD, Okeson J. The clinical usefulness of surface electromyography in the diagnosis and treatment of temporomandibular disorders. *J. Am. Dent. Assoc*. 2006;1(37):763–771.
26. International Consortium for RDC/TMD– based Research. Available at: www.rdc-tmdinternational.org.
27. Osiewicz MA, Lobbezoo F, Loster BW, Wilkosz M, Naeije M, Ohrbach R. Research diagnostic criteria for Temporomandibular Disorders (RDC/TMD): The Polish version of a dual-axis system for TMD diagnosis *Protet. Stomatol.*, 2010; 60(6), 433-444.
28. Sarlani E, Diagnosis and treatment of orofacial pain. *Braz J Oral Sci*. 2003; 2(6):283-290.

29. Poveda Roda R, Bagan J. V, Diaz Fernandez J. M. Review of temporomandibular joint pathology, *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2007;12: E292-8
30. Chladek W. System of modeling the selected mechanical states of human mandible, Wydaw. Polit. Śl.; Gliwice 2000. (in polish).
31. Santana-Mora U, Cudeiro J, Mora-Bermudez M. J, Rilo-Pousa B. et al. Changes in EMG activity during clenching in chronic pain patients with unilateral temporomandibular disorders. *Journal of Electromyography & Kinesiology*. 2009; 19(6):543-549.
32. Kim B. I, Jeong S. H, Chung K. H, Cho Y. K, Kwon H. K, Choi C. H. Subjective food intake ability in relation to maximal bite force among Korean adults *J of Oral Rehab*. 2009; 36: 168–175.
33. Ichim I, Kieser J. A, Swain M. V. Functional significance of strain distribution in the human mandible under masticatory load: Numerical predictions. *Archives of Oral Biology*. 2007. 52(5): 465-473.
34. Koolstra J. H. Dynamics of the human masticatory system. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*. 2002;13(4): 366-376.
35. Chladek W, *Biomechanika inżynierska narządu żucia, zagadnienia wybrane*, Wydaw. Polit. Śl.; Gliwice 2008.
36. Varga S, Spalj S, Varga M. L, Milosevic S. A, Mestrovic S, Slaj M. Maximum voluntary molar bite force in subjects with normal occlusion, *The European journal of Orthodontics*, 2011, 33(4): 427-33.
37. Flanagan D, Ilies H, O'Brien B, McManus A, Larrow B. Jaw bite force measurement device, *J Oral Implantol*. 2012; 38(4): 361-364.
38. Jain V, Mathur V. P, Abhishek K, Kothari M. Effect of occlusal splint therapy on maximum bite force in individuals with moderate to severe attrition of teeth, *J Prosthodont Res*. 2012, 56(4): 287-292.
39. Kaczorek T, Dzieliński A, Dąbrowski W, Łopatka R.: *Podstawy teorii sterowania*. WNT. Warszawa 2005.
40. Weijs W. A. The functional significance of morphological variation of the human mandible and masticatory muscle. *Acta Morphologica Neerlandico-Scandinavica* 1989; 27(1–2): 149–162.
41. Erhardson S, Sheikholeslam A, Forsberg C. M. and Lockowandt P. Vertical forces developed by the jaw elevator muscles during unilateral maximal clenching and their distribution on teeth and condyles. *Swedish Dental Journal*. 1993; 17(1–2):23–34.
42. Peck C. C, Hannam A. G. Human jaw and muscle modeling. *Archives of Oral Biology*. 2007; 52(4): 300–304.
43. Sellers W. I, Crompton R. H. Using sensitivity analysis to validate the predictions of a biomechanical model of bite forces. *Annales of Anatomy*. 2004;186(1): 89–95.
44. Vollmer D, Mayer U, Joos U, Vegh A, Piffo J. Experimental and finite element study of a human mandible. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery*. 2000; 28(2): 91–96.
45. Iwasaki L. R, Baird B. W, McCall W. D. Jr, Nickel J. C. Muscle and temporomandibular joint forces associated with chincup loading predicted by numerical modeling. *American Journal of Orthodontics & Dentofacial Orthopedics*. 2003; 124(5): 530–540.
46. Hannam A. G, Stavness I, Lloyd J. E, Fels S. A dynamic model of jaw and hyoid biomechanics during chewing. *Journal of Biomechanics* 2008; 41(5): 1069–1076.

47. Weijs W. A, Hillen B. Physiological Cross-section of the Human Jaw Muscles. *Acta Anatomica* (Basel) 1985; 121(1): 31-35.
48. Peck C.C, Langenbach G. E, Hannam A. G. Dynamic simulation of muscle and articular properties during human wide jaw opening. *Archives of Oral Biology* 2000; 45(11): 963–982.
49. van Spronsen P. H, Weijs W. A, Prahl-Anderson B, van Ginkel F. C. A comparison of jaw muscle cross-sections of long face and normal adults. *Journal of Dental Research*. 1992; 71(6): 1279-1285.
50. Ferrario V. F, Sforza C, Zanotti G, Tartaglia G. M. Maximal bite forces in healthy young adults as predicted by surface electromyography. *Journal of Dentistry* 2004; 32(6): 451–457.
51. Dworkin SF: Psychological and psychosocial assessment. In Laskin DM, Greene CS, Hylander WL, editors: *Temporomandibular disorders: an evidence-based approach to diagnosis and treatment*, Chicago, 2006, Quintessence, pp 203–217
52. Roh HS, Kim W, Kim YK, Lee JY. Relationships between disk displacement, joint effusion, and degenerative changes of the TMJ in TMD patients based on MRI findings. *J Craniomaxillofac Surg* 2012; 40: 283-6.
53. Naeije M, Kalaykova S, Visscher CM, Lobbezoo F. Evaluation of the research diagnostic criteria for temporomandibular disorders for the recognition of an anterior disc displacement with reduction. *J Orofac Pain*. 2009; 23:303-11.
54. Imanimoghaddam M, Madani AS, Mahmoudi Hashemi E. MRI Findings in Patients with TMJ Click. *J Dent Mater Tech* 2014; 3(1): 28-36.
55. Panek H.: Zastosowanie systemów komputerowych w diagnostyce zaburzeń funkcjonalnych narządu żucia, *Protet. Stom.*, 2003, LIII, 2.

5. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO - BADAWCZYCH

Przed uzyskaniem stopnia doktora nauk medycznych 1994-2005

W roku 1994 po rocznym stażu podyplomowym w charakterze lekarza stomatologa w Zespole Zakładów Opieki Zdrowotnej w Szczecinie rozpocząłem pracę w Katedrze i Zakładzie Protetyki Stomatologicznej Pomorskiej Akademii Medycznej(PAM) w Szczecinie kierowanym przez Panią Profesor Bogumiłę Frączak. Prowadzone przeze mnie badania dotyczyły początkowo zagadnień epidemiologicznych, związanych z określeniem potrzeb leczniczych z zakresu protetyki stomatologicznej. Realizowane w zespole dociekania zaowocowały publikacją dwóch artykułów */poz. 2.7.17 i 2.7.18 – zał. 5/*.

Badania te stanowiły moje pierwsze zetknięcie się z problematyką określania potrzeb stomatologicznych u pacjentów wieku okołoemerytalnego. Ustalony wówczas odsetek 61% pacjentów, wymagających kompleksowego leczenia stomatologicznego i konieczność wykonania u 28% 60-letnich badanych obu protez całkowitych to dane, które wydawały się być wysokimi. Pomimo zmiany sposobu zarządzania opieką zdrowotną

w naszym kraju, otrzymane wskaźniki potrzeb należy uznać za lepsze od dzisiejszych (20 lat później), które mówią, że 40% naszych rodaków w wieku 65 lat nie ma już swojego uzębienia.

Kolejną tematyką, którą zająłem się w początkach swojej pracy naukowej było leczenie protetyczne z zastosowaniem wszczepów śródkostnych. Młoda wówczas dziedzina – implantoprotetyka fascynowała wszystkich. Badania i postępowanie kliniczne w tej dziedzinie prowadzone przeze mnie wraz z współpracownikami z Katedry i Zakładu Protetyki Stomatologicznej zaowocowały współautorstwem 2 wystąpień konferencyjnych (na polskiej i zagranicznej konferencji /*poz. 3.32 i 3.31 - zał. 5/* oraz cyklem 4 artykułów opublikowanych w czasopismach polskich /*poz. 2.7.12; 2.7.14; 2.7.15-16 - zał. 5/*.

Poruszana tematyka jednej z powyższych publikacji dotyczyła zagadnień związanych z implantacją oraz kosmetycznym uzupełnieniem braku pojedynczego zęba w odcinku przednim szczęki z zastosowaniem, często wówczas stosowanych wszczepów blaszkowych Linkowa/*2.7.16 – zał. 5/*. Kolejne publikacje to rozważania nad wadami i zaletami przykręcanych i cementowanych uzupełnień protetycznych osadzanych na implantach/ *2.7.15 – zał. 5/*. Zagadnienie wyboru, przykręcanych czy cementowanych uzupełnień protetycznych wydaje się być wciąż otwarte, ponieważ nie są to metody uniwersalne do zastosowania w dowolnej sytuacji klinicznej, z których każda oprócz zalet posiada również i wady. Moje badania skupione były na określeniu przyczyn niepowodzeń leczenia implantoprotetycznego ze szczególnym uwzględnieniem protez typu *over denture*, wspartych o wszczepy u pacjentów po rozległych zabiegach chirurgicznych z powodów onkologicznych /*poz. 2.7.14 -zał. 5/*.

Praca w tej tematyce poświęcona była wciąż aktualnym problemom rehabilitacji protetycznej, po rozległych zabiegach chirurgicznych w obrębie części twarzowej czaszki. Na podstawie prowadzonych obserwacji stwierdzono, że przy odpowiednim planowaniu i wyborze metody, nawet przy ograniczonym polu protetycznym można uzyskać w postępowaniu rehabilitacyjnym powodzenie. Sukces lekarza protetyka prowadzi do znacznego podniesienia komfortu życia mocno okaleczonych pacjentów. Rozważania zawarte w tych /*2.7.12 i 2.7.14 – zał. 5/* pracach koncentrowały się głównie wokół właściwego planowania, uzależnionego od dostępnych wówczas technik obrazowania rtg oraz podkreśleniu znaczenia elementów postępowania przed implantacyjnego w osiągnięciu długotrwałego sukcesu leczenia protetycznego opartego na wszczepach. Problematyka mimo upływu lat i znacznego postępu w dziedzinie implantoprotetyki jest wciąż aktualna i nie do końca rozwiązana.

W tych samych latach (do 2005 roku) pod kierunkiem prof. B. Frączak wraz z współpracownikami z Katedry i Zakładu Protetyki zajmowałem się wieloetapową rekonstrukcją warunków okluzyjnych w chorobach stomatologicznych rzadkich jak *dentinogenesis imperfecta hereditaria* /*poz. 2.7.13 - zał. 5/* wymagających długoczasowego, multidyscyplinarnego postępowania terapeutycznego. Precyzyjne wykonanie klinicznych procedur, takich jak leczenie endodontyczne przy współpracy stomatologów różnych specjalności i techników dentystycznych, zapewnia pacjentom, dotkniętych rzadkimi chorobami, długotrwały komfort, zarówno funkcjonalny jak i estetyczny.

Zetknięcie się z pacjentami dotkniętymi dolegliwościami, związanymi z zaburzeniami czynnościowymi układu ruchowego narządu żucia oraz z konsekwencjami tych schorzeń, pod postacią masywnego starcia patologicznego wszystkich zębów, przekierowało moje zainteresowania w obszar tej tematyki. Problematyką tą zajmuję się do chwili obecnej, tak w pracach badawczych, jak i w postępowaniu klinicznym. Efektem tego są wystąpienie /*poz. 3.33 - zał. 5*/ oraz publikacja /*poz. 2.4.9 - zał. 5*/. Zaburzenia czynnościowe układu ruchowego narządu żucia, będące trzecią co częstości występowania, po próchnicy chorobą cywilizacyjną narządu żucia, znalazły się w centrum moich zainteresowań.

Od ponad 15 lat moje działania nastawione są także na szeroko pojęte poszukiwanie nowych metod diagnostycznych, wspomagających nieinwazyjną diagnostykę zaburzeń czynnościowych układu ruchowego narządu żucia i dysfunkcji stawów skroniowo-żuchwowych. W tym obszarze współpracuję ze specjalistami różnych dziedzin: począwszy od chirurgów szczękowo-twarzowych, poprzez ortodontów, protetyków stomatologicznych i laryngologów a skończywszy na neurochirurgach, neurologach oraz fizjoterapeutach i psychologach. Badania naukowe prowadzone w Katedrze i Zakładzie Protetyki z moim udziałem koncentrują się wokół technik instrumentalnych, stosowanych w diagnostyce ww. schorzeń. W kręgu moich zainteresowań pozostają urządzenia takie jak: Arcus-digma (kiedyś I teraz II), Zebris JMA wraz z sEMG, jak również Cadiax oraz K-7. Są to urządzenia rejestrujące wszystkie ruchy żuchwy w przestrzeni trójwymiarowej bez konieczności kontaktu, wykorzystujące zasadę bazującą na pomiarze czasu przemieszczania impulsów ultradźwiękowych lub magnesu w polu magnetycznym (K-7). Nazywane są też elektronicznymi łukami twarzowymi ze względu na początkowe przeznaczenie, jak i zastosowanie. Zaprojektowane zostały w celu określenia rzeczywistej osi stawowej na podstawie pozycji wyrostków kłykciowych w dołach stawowych lub wyznaczania kinematycznej osi w oparciu o trajektorie ruchów wysuwania i odwodzenia żuchwy. Programy pomiarowe, dostarczane z systemami na PC, przeliczają wartości niezbędne do ustawienia indywidualnego artykulatora tzw. parametry mierzalne oraz liczne parametry czynnościowe. Wykorzystywane są również do określenia centralnej pozycji żuchwy na podstawie pomiarów aktywności bioelektrycznej tkanki nerwowo-mięśniowej (powierzchniowe sEMG), czyli odnajdywania takiego położenia żuchwy, w którym napięcie spoczynkowe mięśni żucia w szczególności żwaczy i mięśni skroniowych, przyjmuje najniższe wartości i jest zrównoważone po obu stronach.

Pierwsze spostrzeżenia i wyniki ww. badań zostały ujęte w mojej pracy doktorskiej zatytułowanej: „Cyfrowo-komputerowe obrazowanie zaburzeń zwarciovo-zgryzowych oraz dysfunkcji stawów skroniowo-żuchwowych aparatem Arcus-Digma”. Uzyskane w badaniach wyniki pozwoliły wywnioskować, że pomiary z zastosowaniem technik instrumentalnych, umożliwiają wnikliwą ocenę stanu narządu żucia i mogą być szeroko stosowane we wstępnej diagnostyce zaburzeń układu stomatognatycznego. Badanie takimi aparatami jak np. Zebris JMA czy Arcus-Digma dostarcza klinicyście wielu informacji o zachowaniu się elementów składowych stawów skroniowo-żuchwowych w konkretnych sytuacjach okluzyjnych i swobodnych ruchów żuchwy, które często nie są możliwe do pozyskania w badaniach klinicznych. Możliwość zapisu cyfrowego oraz archiwizacji wyników badań klinicznych w pamięci komputera umożliwia ponadto śledzenie postępów terapeutycznych.

Prace naukowo badawcze kontynuowane po uzyskaniu stopnia doktora nauk medycznych (2005) w tym zakresie zaowocowały opracowaniem cyklu 14 prac. W pięciu z nich o zasięgu krajowym przedstawiono analizę kinematyki żuchwy w odniesieniu do konkretnych sytuacji klinicznych /*poz. 2.4.1; 2.4.5; 2.4.9; 2.4.10; 2.4.11; 2.4.13 – zał.5/*. Wnikliwa analiza uzyskanych w badaniach instrumentalnych zapisów graficznych, potwierdziła istnienie związków przyczynowo - skutkowych w obrębie układu stomatognatycznego. Dotyczy to głównie zaburzeń płaszczyzny okluzyjnej, współistniejących parafunkcji i związanego z nimi wzmożonego napięcia mięśni. Przeprowadzone badania wykazały bezsporny wpływ ww. czynników na jakość zapisywanych przez aparaty wykresów swobodnych i olkuzyjnych ruchów żuchwy, zwłaszcza w zakresie odwodzenia i przywodzenia, ruchów laterotruzyjnych i protruzyjno - retruzyjnych. Równoczesna rejestracja parametrów kinematycznych i sygnału sEMG pozwala na optymalną analizę składowych ruchu w obrębie stawów skroniowo-żuchwowych w połączeniu z aktywnością mięśni narządu żucia. Ponadto analiza zebranych z pomiarów danych w postaci raportów pozwala określić m.in.: napięcie spoczynkowe mięśni, aktywność mięśniową, test zmęczenia, wzorzec aktywności mięśni oraz analizę częstotliwości zarejestrowanego sygnału EMG. Okazja porównania 3 badań jednocześnie z zastosowaniem 8 odprowadzeń z elektrod (zestaw do rejestracji i analizy EMG Zebris Dental Bluetooth System) daje możliwość jednoczesnej analizy sygnału elektrycznego z mięśni żwaczy i mięśni otaczających. Moduł Bluetooth umożliwia bezprzewodową transmisję danych do jednostki głównej (podstawowej CMS20 JMA). Wyniki tych badań umożliwiają różnicowanie dolegliwości wywodzących się z układu stomatognatycznego od wpływów posturalnych, pochodzących z mięśni szyi i kręgosłupa.

Badania nad czynnością mięśni układu stomatognatycznego realizowane przy współpracy z chirurgami szczękowo-twarzowymi, fizjoterapeutami i inżynierami przyczyniły się do powstania kolejnych 5 prac opublikowanych w czasopiśmie krajowych: z czego dwie prace /*poz. 2.4.8 i 2.4.12 - zał. 5/* dotyczyły oceny aktywności mięśni żucia w czasie rzeczywistym w odniesieniu do ruchów żuchwy, jedna /*poz. 2.4.6 - zał. 5/* znaczenia terapii mięśniowej – ćwiczeń usprawniających funkcję mięśni żucia i wpływu tego typu terapii mięśniowej na jakość rejestrowanych zapisów ruchów żuchwy. Dwie pozostałe prace (*poz.2.4.3 i 2.4.4 - zał. 5*) dotyczyły oceny aktywności mięśni twarzy i szyi u pacjentów operowanych z powodu choroby nowotworowej okolic jamy ustnej. W badaniach tych oprócz mięśni żucia za pomocą elektrod powierzchniowych oceniona została również aktywność elektryczna mięśni: mostkowo-sutkowo-obojęczykowych, nadgnykowych oraz obu części (górną i dolną) mięśnia okrężnego ust. Wyniki otrzymane w toku badań potwierdziły, iż nawet pomimo obszernego wycięcia wewnętrznych struktur, odpowiedzialnych za połykanie, mechanizmy kompensacyjne występujące u pacjentów, powodują ogólny wzrost aktywności większości mięśni głowy i szyi, przyczyniając się do znacznej poprawy funkcji połykania a tym samym wzrostu jakości żucia.

Oceniając i porównując wszystkie otrzymane wyniki doszedłem do wniosku, że techniki instrumentalne są bardzo przydatne i powinny być szerzej stosowane w podstawowej diagnostyce schorzeń układu stomatognatycznego. Zagłębiając się w tematyce podjąłem współpracę z uczelniami technicznymi tj. Centrum Inżynierii Biomedycznej i Politechniką Śląską w Katowicach.

Złożona budowa stawów skroniowo-żuchwowych powoduje, iż zaburzenie funkcji któregokolwiek z elementów składowych układu stomatognatycznego wymusza całkowitą bądź częściową zmianę czynności pozostałych elementów. Po przekroczeniu zdolności adaptacyjnych, indywidualnych dla każdego człowieka, dochodzi do zmian, które w wyniku wyczerpania możliwości kompensacyjnych prowadzą do generowania zmian patologicznych. Chęć ustalenia mechanizmów, prowadzących do uszkodzeń poszczególnych elementów układu stomatognatycznego zainicjowało badania nad biomechaniką układu stomatognatycznego. Informacje, zawarte w sygnałach z układu stomatognatycznego, dotyczą jedynie ograniczonego fragmentu wiedzy, która od lat skutecznie stosowana jest w diagnostyce technicznej maszyn. Skłoniło mnie to do podjęcia badań, w których byłem współtwórcą i głównym wykonawcą części klinicznej projektu badawczego nr N N518 384237, pt. „*Opracowanie modelowych metod wspomagania diagnostyki zaburzeń czynnościowych narządu żucia*” realizowanego w latach 2008-2012 we współpracy z Politechniką Śląską oraz Centrum Inżynierii Biomedycznej w Katowicach. W ramach projektu powstał raport, którego jestem współautorem / **załącznik nr 5.1**/.

Tworzenie interdyscyplinarnych zespołów badawczych, złożonych z lekarzy i inżynierów było i jest naturalną koniecznością mającą na celu rozwiązywanie tego typu złożonych problemów. Jednym z podstawowych zadań utworzonej grupy badawczej było znalezienie związków przyczynowo - skutkowych, zachodzących pomiędzy schorzeniem a widmem amplitudowo-częstotliwościowym. Rezultatem prowadzonych w ramach projektu badań jest cykl prac: dwóch opublikowanych w czasopismach krajowych /**poz. 2.4.7; 2.4.14 - zał. 5**/ i jednej pracy w czasopiśmie zagranicznym, umieszczonym na liście filadelfijskiej/ **poz. 2.1.9 - zał. 5**/.

Otrzymane wyniki badań stały się również podstawą do opublikowania 3 rozdziałów w monografiach polskojęzycznych /**poz. 2.3.1; 2.3.2; 2.3.9 - zał. 5**/ oraz opracowania monografii w całości poświęconej zagadnieniu badań modelowych równowagi biostatycznej narządu żucia człowieka /**poz. 2.2.1 - zał. 5**/.

Zarejestrowane drogą badań klinicznych pomiary nazywane również sygnałami reprezentują zmienność określonych współrzędnych funkcji czasu.

Analiza wyników testu EPA (elektronicznej pozycji głów żuchwy w dołach stawowych) w zestawieniu z danymi, pochodzącymi z badań kinematyki oraz sEMG wykazała, że na usytuowanie głów żuchwy w dołach stawowych mają wpływ zarówno zaburzenia w obrębie płaszczyzny okluzyjnej, jak i napięcie mięśni oraz związane z nim zaburzenie torów ruchów żuchwy. Dociekania naukowe w powyższej tematyce były prezentowane 14 razy przeze mnie /**poz. 3.2, 3.7-9, 3.12-14, 3.17, 3.22, 3.26-30 – zał. 5**/ lub przez innych współwykonawców (3) z Politechniki Śląskiej na konferencjach i sympozjach naukowych/**poz. 3.18-19 i 3.23 – zał. 5**/.

Równoczesna rejestracja parametrów kinematycznych i sygnału EMG – drugiej po stawach determinanty, kierunkującej ruchu żuchwy, pozwala na optymalną analizę składowych ruchu w obrębie stawów skroniowo-żuchwowych w połączeniu z aktywnością mięśni narządu żucia. Jest to bardzo ważne z punktu widzenia diagnostyki, ponieważ nasilenie objawów chorobowych dysfunkcji, może być spowodowane bólem lub zjawiskami akustycznymi, które poprzez psychikę pacjenta wpływają na świadome ograniczenie funkcji mięśni żucia, co niewątpliwie może fałszować właściwy obraz kliniczny.

Walka z dolegliwościami bólowymi oraz potrzeba niesienia ulgi cierpiącym pacjentom stała się przyczynkiem do poszukiwania nefarmakologicznych metod analgetycznych. Stąd moje zainteresowanie naukami oraz metodami z dziedziny fizjo- i fizjoterapii. W 2007 roku byłem członkiem założycielem Sekcji Fizykodiagnostyki i Fizjoterapii Stomatologicznej Polskiego Towarzystwa Fizjoterapii. Moje członkostwo w sekcji datuje się od początku jej istnienia (2009) i od tego czasu trwa również ścisła współpraca z fizjoterapeutami i z ówczesnym konsultantem krajowym z tej dziedziny Prof. Zbigniewem Śliwińskim. Zaznaczenie tej współpracy uważam za celowe, gdyż było ono początkiem badań nad innym zagadnieniem, dotyczącym osobliwości inkongruencji stawów skroniowo-żuchwowych w odniesieniu do zjawiska tensegracji, zachodzącego w organizmie człowieka. Rozważania nad powiązaniem łańcuchów kinematyczno-powięziowych stało się przyczynkiem do opracowania wspólnych wykładów wygłoszonych wraz z Profesorem na sympozjach i konferencjach naukowych oraz szkoleniach */poz. 3.6 – 3.8 – zał. 5/*. Wystąpienia te miały na celu ukierunkowanie lekarzy, lekarzy dentyków oraz fizjoterapeutów do spojrzenia na problem pacjenta cierpiącego z powodu dysfunkcji narządu żucia w odniesieniu do całości jego organizmu. Doświadczenia zdobywane przez lata w tej dziedzinie utwierdziły mnie w przekonaniu, iż zagadnienie zaburzeń czynnościowych układu ruchowego narządu żucia nie jest zwykle problemem miejscowym. Nie powinno się więc, w terapii tego typu schorzeń, ograniczać tylko do rekonstrukcji okluzji statycznej i dynamicznej metodami ortodontycznymi czy protetycznymi, zaniedbując odpowiednią mobilizację łańcuchów mięśniowo-powięziowo-kostno-stawowych, związanych z odcinkiem szyjnym i dalszymi odcinkami kręgosłupa. Ograniczenie diagnostyki i terapii zaburzeń czynnościowych tylko do elementów układu stomatognatycznego może być generatorem jeszcze większych dolegliwości i schorzeń u pacjenta.

Ścisła współpraca ze środowiskiem fizjoterapeutów zaowocowała powstaniem szeregu prac związanych z szeroko pojętą tematyką zastosowania metod fizykodiagnostycznych w rozpoznawaniu schorzeń stomatologicznych i około stomatologicznych oraz wykorzystaniu technik fizyko- i fizjoterapeutycznych oraz w rehabilitacji pacjentów dotkniętych takimi dolegliwościami. Opublikowane w tej tematyce zostało 26 prac z moim współautorstwem: 21 artykułów w czasopismach polskich z łączną punktacją MNiSW 182 (w tym 5 pozycji krajowych z punktacją IF równą 3,208 */poz. 2.1.4-5, 2.1.7-8, 2.1.10 - zał. 5/* oraz 4 prace będące rozdziałami monografii */poz. 2.3.3, 2.3.5 - zał. 5/* w tym dwie w 3-tomowym wydaniu Wielkiej Fizjoterapii Polskiej */poz. 2.3.6 i 2.3.8 - zał. 5/*. Tematykę przytoczonych prac można zamknąć w 4 głównych nurtach. –Pierwszy z nich to wykorzystanie czynników fizykalnych w diagnostyce schorzeń układu stomatognatycznego, ze szczególnym naciskiem na zgłębianie mechanizmów generujących dysfunkcje stawów skroniowo-żuchwowych i części twarzowej czaszki, w tym również oceny nowoczesnych, bezinwazyjnych metod wczesnej diagnostyki procesu próchnicowego. Opisane zostało to w 7 publikacjach w czasopismach krajowych */poz. 2.6.2, 2.6.4, 2.6.6, 2.6.10-11, 2.6.14-15 - zał. 5/*.

Drugi nurt to poszukiwania oraz ocena skuteczności metod fizjoterapeutycznych w walce z dolegliwościami bólowymi u pacjentów z zaburzeniami czynnościowymi układu stomatognatycznego, po zabiegach z zakresu chirurgii stomatologicznej oraz szczękowo-twarzowej, głównie z powodu przebytych urazów, jak również po zabiegach ortognatycznych */poz. 2.6.5 - zał. 5/*. W omawianej dziedzinie jestem współautorem 4

prac /poz. 2.6.1, 2.6.3, 2.6.13 – zał. 5/ poświęconych poszukiwaniom metod rehabilitacji, prowadzących najkrótszą drogą do osiągnięcia pełnej sprawności tak fizycznej, jak i psychicznej. Wymieniony cykl prac prowadzonych we współpracy z fizjoterapeutami dotyczył również zastosowania technik terapii manualnej, ćwiczeń mięśniowych oraz metody dynamicznego plastrowania w rehabilitacji schorzeń wynikających z uprawiania zawodu stomatologa/poz. 2.6.9 – zał. 5/.

W latach 2008 – 2013 współuczestniczyłem w badaniach, poświęconych łącznemu stosowaniu metod fizykoterapeutycznych – nurt trzeci, takich jak krioterapia, biostymulacja laserowa i galwanizacja oraz technik fizjoterapeutycznych: zabiegów neuromobilizacji, poizometrycznej relaksacji w usprawnianiu pacjentów z dyslordozą szyjną lub zespołem bólowym stawu barkowego/poz. 2.6.8, 2.6.12 - zał.5/, jak również pacjentów z zaburzeniami czynnościowymi układu ruchowego narządu żucia /poz. 2.6.13 - zał.5/ i dyskopatią lędźwiową/poz. 2.6.7 - zał. 5/. Współpraca z zespołem dotyczyła również wykorzystania ozonu w walce z chorobotwórczymi drobnoustrojami, wywołującymi schorzenia jamy ustnej i zmiany łojotokowe na skórze twarzy, w tym trudno gojące się zapalenia kątów ust u pacjentów z zaniżoną wysokością zwarcia. Badania te zostały opisane w 4 publikacjach krajowych /poz. 2.6.17-20-zał. 5/.

Badania nad zastosowaniem i określeniem skuteczności działania pola elektromagnetycznego) o niskiej częstotliwości w walce z bólem oraz wpływem tego czynnika fizycznego na procesy regeneracyjne uszkodzonych tkanek kostnej i nerwowej prowadzone przy współpracy z pracownikami Katedry Propedeutyki, Fizykodiagnostyki i Fizykoterapii Stomatologicznej opisano w 2 publikacjach /poz. 2.6.16 i 2.6.21 - zał. 5/.

Mechanizm i ocena skuteczności działania toksyny botulinowej typu A w zwalczaniu dolegliwości mięśniowych u pacjentów z dysfunkcjami układu ruchowego narządu żucia została opisana w pracy opublikowanej w zagranicznym czasopiśmie Mini-Reviews in Medical Chemistry (IF=2,854). Publikacja ta stanowi kwintesencję przeglądu literatury z ostatnich 15 lat (2001-2016) i badań własnych /poz. 2.1.2 – zał. 5/. Zmniejszenie napięcia mięśniowego w wyniku działania toksyny botulinowej typu A jest nie tylko procesem kontrolowanym (zależnym ściśle od dawki), ale także odwracalnym (po ok. 3-4 miesięcy, zdolność skurczu mięśni jest przywrócona). Działanie leku jest więc korzystne dla długoczasowego utrzymania redukcji wzmożonego napięcia, również po okresie farmakologicznego wpływu toksyny na tkankę mięśniową.

Złożona i wieloprzyczynowa etiologia zaburzeń czynnościowych i dysfunkcji stawów skroniowo-żuchwowych znajduje swoje odzwierciedlenie w diagnostyce obrazowej. Diagnostyka rentgenowska nieustannie ewoluuje, dlatego też oprócz konwencjonalnych projekcji, korzysta się z nowoczesnych sposobów obrazowania struktur anatomicznych stawów skroniowo-żuchwowych. Należą do nich: artrografia, tomografia komputerowa (TK), tomografia komputerowa wielorzędowa (MSCT,) oraz tomografia rezonansu magnetycznego (MR) i tomografia wolumetryczna (CBCT). Wśród stosowanych metod diagnostycznych, nie radiologicznych wymienić należy przede wszystkim ultrasonografię i artroskopię. Każda z ww. nowoczesnych technik obrazowania ma swoich zwolenników i przeciwników oraz jedną wspólną cechę – nie są ogólnie dostępne i relatywnie kosztowne. Stosując naczelną zasadę: *primum non nocere* oraz przepisy ochrony radiologicznej pacjentów, przez wiele lat poszukiwałem technik obrazowania, które jakością

dostarczanych badań zrównoważą szkody wynikające ze stosowania dawek promieniowania. Stąd moje zainteresowanie tomografią wolumetryczną. Współczesna tomografia wolumetryczna, o bardzo wysokiej rozdzielczości, zwana też stożkową - CBCT (Cone Beam Computed Tomography) jest jedną z najnowocześniejszych technik, które umożliwiają wgląd w struktury dotychczas niedostępne technikom konwencjonalnym. Dokładność badań CBCT jest tak znacząca, że nie sposób tego rodzaju ich porównać z „tradycyjnymi” i rutynowo stosowanymi w stomatologii metodami rtg. Na podstawie obrazów CBCT jesteśmy w stanie ocenić struktury kostne, potwierdzić ich wzajemną integralność lub jej brak oraz ocenić stopień zaawansowania i progresji zmian chorobowych stawów skroniowo-żuchwowych, co odgrywa ważną rolę w kształtowaniu planu postępowania klinicznego. Dodatkową zaletą omawianej techniki jest możliwość trójwymiarowej rekonstrukcji obrazu, co daje nieograniczoną perspektywę wglądu w topografię struktur kostnych stawów z dowolnej strony. Średnia dawka promieniowania w tomografii stożkowej jest zależna od wielkości pola obrazowania oraz rozdzielczości badania i wynosi 20-650 μSv i jest ok. 20-30 razy mniejsza niż w klasycznej tomografii wielorzędowej TK. Badania naukowe prowadzone nad tym typem obrazowania zaowocowały cyklem 4 publikacji /2.5.1 – 2.5.4 - zał. 5/, poświęconych opracowaniu algorytmu i wykorzystaniu tego typu badań w diagnostyce różnicowej dysfunkcji stawów skroniowo-żuchwowych i zaburzeń czynnościowych, przebiegających z dolegliwościami bólowymi w obrębie głowy, szyi i części twarzowej czaszki. W ww. publikacjach zajmowałem się oceną częstości występowania procesów chorobowych, mogących maskować dolegliwości ze strony stawów takich jak: zmiany rozrostowe w zatokach obocznych nosa, patologiczne zmiany w elementach składowych struktur stawowych stawów skroniowo-żuchwowych oraz połączeń diagnostycznych pomiędzy obrazami z badań CBCT a zapisami pozyskanymi z opisanych wyżej urządzeń rejestrujących ruchy żuchwy. Omawiane techniki obrazowania stanowią doskonałe narzędzie do diagnostyki i planowania leczenia w stomatologii, gwarantują mniejszą dawkę promieniowania dla pacjenta, bardziej przystępną metodę w zakresie kosztów i dostępności urządzeń. Krótszy czas ekspozycji, obrazy o lepszej rozdzielczości, możliwość otrzymywania trójwymiarowych (3D) obrazów oraz niejednokrotnie możliwość uwidocznienia większej liczby szczegółów stanowią wystarczające uzasadnienie do stosowania tego typu badań w diagnostyce schorzeń układu ruchowego narządu żucia.

6. Informacje o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy z instytucjami, organizacjami, towarzystwami naukowymi, działalności upowszechniającej naukę oraz udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism

6.1 Dydaktyka w ramach szkolenia przed dyplomowego (studenci)

- Zajęcia dydaktyczne dla studentów III obejmujące zakres materiałowznawstwa, technik laboratoryjnych w ramach nauczania przedmiotu: protetyka stomatologiczna od 1994 roku
- Zajęcia dydaktyczne dla studentów IV i V roku obejmujące zakres klinicznego nauczania praktycznych umiejętności z zakresu protetyki stomatologicznej od 1995 roku do chwili obecnej
- opiekun Studenckiego Koła Naukowego przy Katedrze i Zakładzie Protetyki Stomatologicznej PUM od 2007 roku

6.2 Dydaktyka w ramach szkolenia podyplomowego (zał. 5-6.2)

- kierownik specjalizacji 2 zakończonych zdanymi egzaminami procesów specjalizacyjnych z protetyki stomatologicznej
- kierownik specjalizacji 3 aktualnie trwających postępowań specjalizacyjnych z zakresu protetyki stomatologicznej
- kierownik naukowy kilkudziesięciu doskonalących kursów tematycznych prowadzonych przez firmę Prodenmed, zatwierdzonych przez Okręgową Izbę Lekarską w Szczecinie w ramach dopełnienia obowiązku doskonalenia zawodowego lekarzy dentyków.
- prowadzenie wykładu i zajęć praktycznych w ramach kursu specjalizacyjnego w zakresie protetyki stomatologicznej z listy Centrum Medycznego Kształcenia Podyplomowego, nr 5-784/1-01-217-2012, który odbył się 16-18 września 2013r.
- prowadzenie wykładu i zajęć praktycznych w ramach kursu specjalizacyjnego w zakresie implantoprotetyki z listy Centrum Medycznego Kształcenia Podyplomowego, nr 5-784/1-05-223-2013, który odbył się 11-12 czerwca 2013r.
- prowadzenie wykładu i zajęć praktycznych w ramach kursu specjalizacyjnego w zakresie protetyki stomatologicznej z listy Centrum Medycznego Kształcenia Podyplomowego, nr 5-784/1-04-222-2013, który odbył się 16-18 września 2013r.
- kierownik naukowy kursu w ramach kursu specjalizacyjnego w zakresie protetyki stomatologicznej z listy CMKP pt. Zaburzenia morfologiczno-czynnościowe us - diagnostyka i leczenie, nr 05-784/3-11-020-2017 odbędzie się: 04.09.2017 - 09.09.2017 w Szczecinie.

6.3. Współpraca z instytucjami, organizacjami, towarzystwami naukowymi i działalność upowszechniająca naukę (zał. 5-6.3)

6.3.1 Członkostwo:

- Polskiego Towarzystwa Stomatologicznego

- Polskiego Towarzystwa Dysfunkcji Narządu Żucia – członek Komisji Rewizyjnej od 2013 roku
- Sekcji Fizykodiagnostyki i Fizjoterapii Stomatologicznej Polskiego Towarzystwa Fizjoterapii – członek Komisji Rewizyjnej od 2009r. - członek Zarządu od 2013r.
- Przedstawiciel niesamodzielných pracowników nauki w Radzie Wydziału Lekarsko-Stomatologicznego Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie w latach 2012 - 2016
- członek Senatu Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie w poprzedniej kadencji 2012-2016

6.4. Udział w komitetach redakcyjnych, radach naukowych czasopism oraz recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych (zał. 5-6.4)

6.4.1 Członek rady naukowej czasopism:

- Art of Dentistry – od 2014 roku
- Asystentka i Higienistka Stomatologiczna – od 2014 roku
- Sztuka implantologii – od 2014 roku

6.4.2 Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych

- Medical Science Monitor – IF=1,403 – 5 recenzji
- British Journal of Medicine and Medical Research – 1 recenzja

6.4.3 Udział w komitetach naukowych konferencji

- Członek komitetu naukowego Międzynarodowego Dnia Inwalidy w Zgorzelcu, w latach 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 i 2017
- Członek Komitetu Naukowego Międzynarodowego Sympozjum Fizykodiagnostyki i Fizjoterapii Stomatologicznej i Medycznej w Międzyzdrojach, w latach 2013, 2014, 2015, 2016

7. Uzyskane granty i nagrody, patenty

7.1 – współwykonawca grantu

- projektu badawczego nr N N518 384237, pt. „*Opracowanie modelowych metod wspomagania diagnostyki zaburzeń czynnościowych narządu żucia*”, zrealizowanego w latach 2008-2012 /zał. nr 5-7.1/ we współpracy Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego z Politechniką Śląską

7.2. - Projekty uczelniane, w których brałem udział (zał. 5-7.2):

Projekty realizowany w ramach działalności statutowej Katedry i Zakładu Proteptyki Stomatologicznej PAM. Pod kierownictwem prof. B. Frączak

- 1.) Nr 274-241: *Ocena porównawcza ścieralności porcelany niskotemperaturowej i tkanek zęba w Badaniu in vitro.*
- 2.) Nr 274-244: *Metody diagnostyczne dysfunkcji stawu skroniowo-żuchwowego w oparciu o różne techniki badawcze.*

3.) Nr 274-920: *Diagnostyka zaburzeń zwarcia w oparciu o aparat ARCUS-digma w aspekcie profilaktyki i leczenia.*

Dwa tematy realizowane w ramach działalności statutowej w PUM:

4.) Nr WLS-274-01/S/12: *Diagnostyka i rehabilitacja pacjentów z zaburzeniami w obrębie układu stomatognatycznego:*

- *Wpływ prądów TENS na stan napięcia mięśni narządu żucia w badaniu powierzchniowym EMG oraz urządzeniem T-scan*
- *Badania czynnościowe stawów skroniowo-żuchwowych u pacjentów po chirurgicznym leczeniu złamań wyrostka kłykciowego żuchwy.*

7.3. Nagrody (zał. 5-7.3)

Trzy Nagrody zespołowe III stopnia Rektora Pomorskiego Uniwersytetu Medycznego w Szczecinie za osiągnięcia naukowe w latach:

2013, 2014, 2015

Nagroda za zajęcie II miejsca przez studentów z koła naukowego Katedry i Zakładu Protetyki Stomatologicznej za pracę pt. „*Wpływ wybranych szyn zgryzowych na elementy układu stomatognatycznego: czynność i siłę mięśni oraz pozycję głów wyrostków kłykciowych w dołach stawowych*”, prezentowaną w ramach *I International Medical Student's Conference in Szczecin (16 – 18. 04 2015r.)*

7.4. Patenty

- współtwórca patentu pt. „*Siłomierz stomatologiczny do rejestracji sił okluzyjnych w różnych fazach rozwarcia łuków zębowych ludzkiego narządu żucia*”

Zgłoszenie nr P.397354/2011-12-12 /zał. 5-7.4.1/

- współtwórca patentu pt. „*Siłomierz stomatologiczny do rejestracji sił okluzyjnych ludzkiego narządu żucia w położeniu spoczynkowym żuchwy*”

Zgłoszenie nr P.397355/2011-12-12 /zał. 5-7.4.2/

7.5. Odbyte szkolenia (zał. 5-7.5)

W ramach podnoszenia własnych kwalifikacji i umiejętności odbyłem szkolenia potwierdzone certyfikacjami, m. in.:

Krajowe:

- „*Biofunkcjonalny System Protetyczny jako czynnościowa i estetyczna metoda leczenia bezzębnych pacjentów*” 22-25 maja 2001r., Warszawa
- Kurs podstawowy z zastosowania techniki dynamicznego plastrowania KINESIOLOGY TAPING, 05-06.06.2010R., Międzyzdroje.

zagraniczne:

- Kurs wykonawstwa laboratoryjnego protez całkowitych: VITA Totalprothetik-Kurs Aufstellen einer 28er Prothese 22-23.05.2000r, Bad Säckingen, Niemcy
- Kurs z stosowania nowoczesnych mas wyciskowych w protetyce stomatologicznej maj 2009r. Eschenburg, Niemcy

- Zastosowanie nowoczesnych technik obrazowych 3D i wykorzystanie ich w planowaniu i wykonawstwie w systemach CAD/CAM; 11-13.02.2015, Helsinki, Finlandia

8. Podsumowanie dorobku naukowego

Prace naukowe	przed uzyskaniem stopnia doktora	po uzyskaniu stopnia doktora	suma
Artykuły w czasopismach polskich z Listy Filadelfijskiej	-	6	6
Artykuły w czasopismach zagranicznych z Listy Filadelfijskiej	-	5	5
Artykuły – pierwszy autor	-	16 (130 pkt. MNiSW)	16
Artykuły w czasopismach zagranicznych spoza Listy Filadelfijskiej	-	1	1
Monografie	-	1	1
Rozdział w monografii polskojęzycznej	-	10	10
Artykuły krajowe	8	51	59
Referaty zagraniczne	1	1	1
Referaty krajowe - wygłoszone	5	30	35
Referaty krajowe - współautor	6	25	31
Patenty: nr P.397354/2011-12-12 nr P.397355/2011-12-12	-	2	2
Suma całkowita prac:	21	130	151
Wskaźnik Hirscha (h – index) Wg. Web of Science	0	2	2
Liczba cytowań (Web of Science)	0	13	13
Wskaźnik Hirscha (h – index) Researchgate	0	3	3
Liczba cytowań (Researchgate)	0	18	18
Sumaryczny IF obliczony na podstawie danych za rok 2016 wynosi 11,610 (w tym za prace opublikowane po doktoracie 11,610). Sumaryczna punktacja MNiSW – 538 Uwzględniając artykuł w procesie publikacji (IF=1,127) Total IF = 12,737; punktacja MNiSW – 553			

