

UNIwersYTET MEDYCZNY W LUBLINIE

Łukasz Sidorowicz



**Ocena siły żucia u pacjentów
z wysokokątową wertykalną relacją
podstaw szczęk i czaszki**

Praca na stopień doktora nauk medycznych

Promotor: dr hab. n. med. Jolanta Szymańska, prof. nadzw.

Lublin 2013

*Pani dr hab. n. med. Jolancie Szymańskiej, prof. nadzw.
składam gorące podziękowania
za nieocenioną pomoc, życzliwość i zaangażowanie,
dzięki którym powstała niniejsza praca.*

*Pani dr n. med. Izabelli Dunin-Wilczyńskiej,
serdecznie dziękuję za motywację i codzienne wsparcie.*

Pracę dedykuję córce Hani.

Spis treści

1. WSTĘP	6
1.1. Narząd żucia – anatomia i fizjologia	6
1.1.1. Anatomia.....	6
1.1.1.1. Zęby.....	6
1.1.1.2. Przyzębie.....	7
1.1.1.3. Składowe kostne	7
1.1.1.4. Staw skroniowo-żuchwowy	8
1.1.1.5. Mięśnie.....	10
1.1.2. Fizjologia układu ruchowego narządu żucia.....	14
1.2. Okluzja	18
1.2.1. Cechy prawidłowego zwarcia	18
1.2.2. Okluzja nieprawidłowa – wady zgryzu	21
1.2.2.1. Klasyfikacja.....	21
1.2.2.2. Epidemiologia	22
1.2.2.3. Wady pionowe	23
2. CELE PRACY	25
3. MATERIAŁ I METODY	26
3.1. Materiał.....	26
3.2. Metoda	26
3.2.1. Badanie siły żucia.....	26
3.2.2. Analiza cefalometryczna	27
4. WYNIKI	34
4.1. Grupa kontrolna	36
4.2. Grupa badana	54
4.3. Grupa badana w porównaniu z grupą kontrolną.....	78

5. DYSKUSJA	93
6. WNIOSKI	105
7. STRESZCZENIE	106
8. SUMMARY	109
9. PIŚMIENNICTWO	112
10. SPIS TABEL	123
11. SPIS RYCIN.....	125

1. WSTĘP

1.1. Narząd żucia – anatomia i fizjologia

Układ ruchowy narządu żucia zwany również układem stomatognatycznym jest jednostką czynnościową organizmu ludzkiego odpowiedzialną za akt żucia, mowy i połykania. Jego składowe odgrywają także kluczową rolę w percepcji bodźców smakowych i w czynności oddychania. Układ ten składa się z kości, stawów, więzadeł, zębów oraz mięśni i jest wysoce złożonym systemem, odznaczającym się specyficzną budową morfologiczną i aktywnością fizjologiczną. Koordynacja i regulacja wzajemnych zależności wymienionych struktur ma miejsce za pośrednictwem skomplikowanego systemu połączeń neuronalnych [Okeson 2005].

Według Majewskiego [2009] terminy narząd żucia i układ stomatognatyczny nie mogą być rozumiane synonimicznie. Narząd żucia jest to zespół tkanek i narządów jamy ustnej, biorących udział w procesie żucia, czyli przyjmowania i rozdrabniania pokarmów. Układ stomatognatyczny stanowi pojęcie szersze, oznaczające morfologiczno-czynnościowy zespół wzajemnie współdziałających tkanek i narządów jamy ustnej oraz części twarzowej czaszki, które tworząc funkcjonalną całość sterowaną przez ośrodkowy układ nerwowy (OUN), biorą udział w akcie żucia, połykania, wstępnego trawienia, formowania dźwięków i oddychaniu, a także współuczestniczą w wyrażaniu stanów emocjonalnych.

1.1.1. Anatomia

1.1.1.1. Zęby

Uzębienie dorosłego człowieka składa się z 28-32 zębów stałych (siekacze, kły, przedtrzonowce i trzonowce). Każdy ząb zbudowany jest z korony oraz korzenia (lub korzeni w przypadku zębów wielokorzeniowych) umocowanego w zębodole za pomocą systemu więzadłowego, zwanego również aparatem zawieszeniowym. Na zewnątrz korona pokryta jest szkliwem, a korzeń cementem. Struktury te pokrywają zębinę stanowiącą największą część zęba. Korzeń zakończony jest otworem wierzchołkowym, przez który przechodzą naczynia i nerwy wnikaające następnie do komory zęba.

1.1.1.2. Przyzębie

Przyzębie jest częścią składową narządu żucia [Jańczuk 2004] i stanowią je tkanki otaczające i utrzymujące ząb w zębodole. W skład przyzębia wchodzi cement, ozębna, dziąsło i kość wyrostka zębodołowego [Nanci i Bosshardt 2000].

Ozębna to przestrzeń zawarta między korzeniem zęba, a zbitą blaszką zębodołu, w której obecne są elementy łącznotkankowe: włókniste i komórkowe. Pomiędzy włóknami znajduje się wiotka tkanka łączna, naczynia krwionośne i chłonne, elementy nerwowe oraz płyn międzynaczyniowy i międzykomórkowy [Grosfeldowa 1981]. Szerokość ozębnej wynosi od 0,12 do 0,33 mm, średnio 0,2 mm [Woelfel i Scheid 2002].

1.1.1.3. Składowe kostne

Układ stomatognatyczny tworzą kości szczęki, żuchwy i kości skroniowe. Szczeka jest kością parzystą, składającą się z trzonu i czterech wyrostków: jarzmowego, czołowego, zębodołowego i podniebiennego. Bierze udział w budowie przedniej części twarzowej czaszki, podniebienia, jamy nosowej i oczodołu [Łasiński 1985]. Kości tworzące szczękę połączone są ściśle i nieruchomo z otaczającymi kośćmi czaszki, dlatego zęby górne uważa się, za czynnościowo integralną część czaszki. Stanowią one stabilną, nieruchomą komponentę układu ruchowego narządu żucia [Okeson 2005].

Żuchwa jest kością o typie budowy kości płaskich, składa się z dwóch zewnętrznych warstw istoty zbitnej i środkowej warstwy gąbczastej. Składa się z poziomo leżącego trzonu i dwóch symetrycznych, pionowych gałęzi z wyrostkami: dziobiastym i kłykciowym [Łasiński 1985]. We wzroście żuchwy ważną rolę odgrywa zarówno aktywność śródchrzęstna, jak i okostnowa [Proffit i wsp. 2009].

Kość skroniowa, o wybitnie złożonej budowie, tworzy część podstawy i część bocznej ściany czaszki. W kości tej można rozróżnić część łuskową, sutkową, bębenkową i skalistą [Łasiński 1985]. Głowa żuchwy kontaktuje z kością skroniową w miejscu zwanym dołem żuchwowym [Okeson 2005].

1.1.1.4. Staw skroniowo-żuchwowy

Staw skroniowo-żuchwowy (SSŻ) jest jednym z najbardziej skomplikowanych stawów organizmu ludzkiego [Okeson 2005]. Jest on stawem parzystym sprzężonym czynnościowo przez trzon żuchwy. Składa się z dołu stawowego, głowy stawowej, krążka stawowego odgrywającego ważną rolę w fizjologii i patologii stawów oraz więzadeł. Struktury te otoczone są przez torebkę stawową [Majewski 2009]. Charakterystyczną cechą dla stawów skroniowo-żuchwowych niespotykaną w innych stawach jest to, że jedna z głów przyczepu końcowego mięśni skrzydłowych bocznych wnika do torebki stawowej i przyczepia się bezpośrednio do krążka stawowego [Heylings i wsp. 1995, Kleinrok 1992, Tanaka 1992]. Innego zdania jest Pinkert [1980], który na podstawie badań histologicznych stwierdził, że mięsień skrzydłowy boczny nie jest związany ani z torebką stawową, ani też z krążkiem. Podobny pogląd braku połączenia włókien mięśnia skrzydłowego bocznego z krążkiem reprezentuje Wilkinson [1988].

Krążek stawowy ma kształt dwuwklęsły, który w części środkowej ma grubość ok. 1-2 mm, a w części obwodowej 2-3 mm [Majewski 2009]. Krążek stawowy jest zbudowany z gęstej, zbitej tkanki łącznej włóknistej [Okeson 2005, Grosfeldowa 1981], chociaż wg Majewskiego [2009] w części obwodowej histologicznie przeważają komórki chrzęstne. Okeson [2005] dzieli krążek stawowy na trzy części: środkową, najcieńszą zwaną częścią pośrednią oraz przednią i tylną. Przy czym część tylna jest grubsza w porównaniu z częścią przednią. Krążek stawowy pozbawiony jest naczyń krwionośnych i nerwów. Obrzeża mogą jednak posiadać niewielkie unerwienie [Wink i wsp. 1992]. Górna tylna część krążka stawowego przechodzi w skupisko luźnej tkanki łącznej bogato unaczynionej i unerwionej (włókna elastyczne). Dolna zaś zbudowana ze sprężystej tkanki łącznej w przeważającej części utworzonej z włókien kolagenowych. Ta część krążka nazywana jest strefą dwublaszkową, przestrzenią tkanek zakrążkowych lub przyczepem tylnym krążka [Okeson 2005, Majewski 2009]. W części przedniej krążka można wyróżnić dwa przyczepy: górny i dolny. Obydwa składają się z włókien kolagenowych i łączą się z więzadłem torebkowym otaczającym prawie cały staw skroniowo-żuchwowy. Przyczep górny przytwierdzony jest do powierzchni stawowej kości skroniowej, a dolny – do przedniego fragmentu powierzchni stawowej wyrostka kłykciowego [Okeson 2005]. W odcinku przednim krążka stawowego poprzez włókna ścięgliste następuje połączenie z mięśniem skrzydłowym

bocznym górnym [Majewski 2009]. W przednim obszarze tkanek zakrążkowych znajduje się specjalne pole kosmków maziowych, które wytwarzają płyn maziowy wypełniający przestrzenie stawowe.

Powierzchnie stawowe głowy żuchwy i dołu stawowego zbudowane są z czterech warstw: stawowej, proliferacyjnej, włóknisto-chrząstnej i uwapnionej. Warstwa stawowa położona jest najbardziej powierzchownie. Zbudowana jest, w odróżnieniu od innych stawów, z gęstej tkanki łącznej włóknistej. Włókna kolagenowe ułożone są w pęczki i przebiegają niemal równolegle do powierzchni stawowej [de Bont i wsp. 1984, 1985]. Tkanka włóknista stawu skroniowo-żuchwowego jest stosunkowo odporna na urazy i starzenie się. Wykazuje również większe zdolności naprawcze w porównaniu z tkanką hialinową występującą w innych stawach [Robinson 1993]. W strefie proliferacyjnej zbudowanej głównie z komórek, znajduje się nieodróżnicowana tkanka mezenchymalna, której zadaniem jest wytwarzanie warstwy stawowej w odpowiedzi na obciążenia w SSŻ. Warstwa włóknisto-chrząstna zbudowana jest z włókien kolagenowych ułożonych w pęczki, które przebiegają poprzecznie i promieniście. Warstwa uwapniona zawiera chondrocyty i chondroblasty zawieszone w chrząstce stawowej [Okeson 2005].

Staw skroniowo-żuchwowy unerwiony jest przez nerwy uszno-skroniowy, skroniowy głęboki i żwaczowy, które odchodzą od nerwu żuchwowego – gałęzi nerwu trójdzielnego. Unaczynienie pochodzi z tętnicy skroniowej powierzchownej, oponowej środkowej, szczękowej wewnętrznej, usznej głębokiej, bębenkowej przedniej i gardłowej wstępującej. Wyrostek kłykciowy zaopatrywany jest przez tętnicę zębodołową dolną oraz naczynia dochodzące bezpośrednio do głowy żuchwy od przodu i tyłu w stosunku do większych naczyń [Tanaka 1992].

Więzadła w stawie SSŻ pełnią funkcję ochronną, zbudowane są z nieelastycznych włókien kolagenowych. Wyróżniamy: więzadło skroniowo-żuchwowe zwane również bocznym, więzadło torebkowe, więzadła oboczne, więzadło klinowo-żuchwowe i rylcowo-żuchwowe. Więzadło torebkowe tworzy torebkę stawową, którą otoczony jest cały SSŻ. Więzadło boczne jest bezpośrednim wzmocnieniem torebki stawowej. Pełni rolę ochronną poprzez ograniczanie ruchów żuchwy w kierunku bocznym i tylnym oraz zapobiega nadmiernej rotacji głowy żuchwy w trakcie ruchu odwodzenia żuchwy. Więzadło rylcowo-żuchwowe ogranicza nadmierne wysunięcie żuchwy. Więzadło klinowo-żuchwowe nie ma znaczącego wpływu na ograniczenie

ruchów żuchwy [Okeson 2005], chociaż według niektórych autorów warunkuje ruchy żuchwy ku dołowi i bokowi [Kraszewski 1985].

1.1.1.5. Mięśnie

Cały układ szkieletowy człowieka utrzymywany jest i poruszany za pośrednictwem mięśni. Mięśnie poprzecznie prążkowane odpowiadają nie tylko za motorykę całego organizmu, ale również za pracę serca. Każdy mięsień zbudowany jest z włókien o długości 10-80 μm (niektóre źródła podają długość do 100 μm) [Bullock 2004, Grosfeldowa 1981], składających się ze ściśle rozmieszczonych włókienek o średnicy 1 μm zwanych miofibrilami. W skład miofibrili wchodzi cząsteczki dwóch białek: aktyny o ciężarze cząsteczkowym 45 000 i miozyny o ciężarze cząsteczkowym około 500 000. Na jedno włókno mięśniowe przypada od kilkuset do kilku tysięcy miofibrili, zaś na każdą miofibrilę przypada 1 500 filamentów miozyny i 3 000 filamentów aktyny. Każde włókno mięśniowe zaopatrywane jest przez jedno zakończenie nerwowe, które wnika do wnętrza w połowie jego długości. Na jednostkę czynnościową mięśni składają się równomiernie, naprzemiennie ułożone nitki aktyny i miozyny tworzące specyficzny układ zwany sarkomerem. Środek sarkomeru tworzą grubsze nitki o długości 1,5 μm i średnicy 12 nm zbudowane z miozyny. Końcowe części sarkomeru zbudowane są z nitek zawierających aktynę o długości 1,0 μm i średnicy 7 nm. Ponadto z aktyną związane są białka regulacyjne troponina i tropomiozyna tworzące kompleks białkowy. Granicę między sarkomerami wyznaczają tzw. linie Z oddzielające poszczególne segmenty aktyny i miozyny. W spoczynku odległość pomiędzy liniami Z wynosi 2,5 μm co odpowiada długości sarkomeru [Bullock i wsp. 2004, Grosfeldowa 1981, Guyton 1991, Traczyk i Trzebski 2007]. W 1954 Andrew Huxley wraz z Rolfem Niedergerke wysunęli hipotezę zwaną teorią ślizgową, według której, zarówno bierne, jak i czynne (podczas skurczu) zmiany długości mięśnia zachodzą dzięki wzajemnemu przesuwaniu się względem siebie nitek aktyny i miozyny [Huxley i Niedergerke 1954]. Włókna mięśniowe w zależności od zawartości mioglobiny możemy podzielić na dwa typy. Typ I (wolne) to włókna o zwiększonej ilości mioglobiny o zabarwieniu ciemno-czerwonym. Wykazują dużą odporność na zmęczenie oraz przedłużoną możliwość skurczu. Typ II to włókna (szybkie) o barwie jaśniejszej, odpowiedzialne za wykonywanie szybkich skurczów, szybciej podlegające procesom zmęczenia.

Aktywną składową układu stomatognatycznego, odpowiedzialną za najważniejszą mechaniczną funkcję, jaką jest żucie, są mięśnie żucia. Zaliczamy do nich symetrycznie położone po obu stronach głowy mięśnie żwacze, skroniowe, skrzydłowe przyśrodkowe i boczne. Do mięśni biorących udział w czynnościach układu stomatognatycznego zalicza się również mięśnie nadgnykowe [Thexton 1992].

Mięsień żwacz (*m. masseter*) jest mięśniem czworobocznym, który przyczepia się do kości jarzmowej i wyrostka jarzmowego szczęki. Przyczep końcowy znajduje się w okolicy kąta żuchwy po stronie zewnętrznej. Wyróżniamy dwie warstwy, zwane również głowami [Okeson 2005]:

- a) powierzchną – mięsień jarzmowo-żuchwowy [Majewski 2009], której włókna biegną od góry ku dołowi i nieco do tyłu, rozpoczynają się na dolnym brzegu łuku jarzmowego i kości jarzmowej;
- b) głęboką, której włókna rozpoczynają się na tylnej części łuku jarzmowego i przebiegają głównie w kierunku pionowym, nawet nieco ku przodowi i dołowi. Niektórzy autorzy wymieniają trzy warstwy: powierzchną, pośrednią i głęboką [Brunel i wsp. 2003, Gaudy i wsp. 2000]. Mięsień żwacz jest silnym mięśniem unoszącym żuchwę, jego część powierzchna wspomaga wysuwanie żuchwy. W sytuacji wysunięcia głowy żuchwy część głęboka bierze udział w stabilizacji głowy żuchwy względem guzka stawowego [Okeson 2005].

Mięsień skroniowy (*m. temporalis*) jest mięśniem pozycjonującym żuchwę i najsilniejszym mięśniem żwaczowym. Rozpoczyna się na płaszczyźnie skroniowej ograniczonej od przodu, góry i tyłu przez kresę skroniową dolną. Pole przyczepu sięga ku dołowi do grzebienia podskroniowego, bocznie – przez skrzydła większe kości klinowej do tylnej części powierzchni skroniowej kości jarzmowej. Mięsień biegnie dalej pomiędzy łukiem jarzmowym a ścianą czaszki. Następnie przyczepia się do wyrostka dziobiastego żuchwy [Łasiński 1985].

Ze względu na funkcje jaką pełnią poszczególne warstwy, mięsień można podzielić na trzy części [Okeson 2005]:

- a) część przednią – włókna przebiegają prawie pionowo i odpowiedzialne są za unoszenie żuchwy;
- b) część pośrednią – składa się z włókien o przebiegu ukośnym (doprzędno i ku dołowi) wobec bocznej powierzchni czaszki, a skurcz tej części mięśnia powoduje unoszenie i cofanie żuchwy;
- c) część tylną – włókna przebiegają ku przodowi ponad małżowiną uszną w kierunku niemal poziomym. Skurcz tej części powoduje cofanie żuchwy, chociaż według niektórych autorów część tylna jest odpowiedzialna za uniesienie żuchwy i tylko nieznaczne jej cofnięcie [DuBrul 1980].

Mięsień skrzydłowy przyśrodkowy (*m. pterygoideus medialis*) posiada przyczep początkowy w dole skrzydłowym (pomiędzy blaszkami wyrostka skrzydłowego kości klinowej), a także w dolnej powierzchni wyrostka stożkowatego kości podniebiennej oraz na małym odcinku na guzie szczęki. Włókna mięśnia biegną dalej ku dołowi i tyłowi, kończąc się przyczepem w okolicy kąta żuchwy na wewnętrznej powierzchni gałęzi żuchwy [Łasiński 1985]. Współdziałając z mięśniem skroniowym i zważem mięsień skrzydłowy przyśrodkowy odpowiada za przywodzenie żuchwy.

Mięsień skrzydłowy boczny (*m. pterygoideus lateralis*) opisywany jest jako mięsień posiadający dwie głowy: górną, mniejszą zaczynającą się od grzebienia podskroniowego i powierzchni podskroniowej skrzydła większego oraz dolną, biegnącą od zewnętrznej powierzchni blaszki bocznej wyrostka skrzydłowego kości klinowej i powierzchni podskroniowej szczęki [Łasiński 1985]. Głowa górna kończy się przyczepem na torebce stawowej krążka (30-40% włókien) i szyjce wyrostka kłykciowego (60-70% włókien). Głowa dolna kończy się przyczepem na szyjce wyrostka kłykciowego. Badania wykazują, że dotychczasowy pogląd o jednorodności anatomicznej mięśnia i synergizmie działania obydwu głów jest błędny [Mahan i wsp. 1983, McNamara 1973]. W myśl współczesnych poglądów obydwie głowy wykazują odmienną aktywność i powinny być traktowane jako oddzielne mięśnie. Wymienia się mięśnie: skrzydłowy boczny górny i dolny, które anatomicznie odpowiadają wyżej opisanym głowom [Okeson 2005]. Obustronny skurcz mięśni skrzydłowych bocznych dolnych powoduje pociągnięcie wyrostka kłykciowego ku dołowi i wysunięcie żuchwy do przodu. Jednostronny skurcz odpowiedzialny jest za ruch przyśrodkowy

(mediotruzyjny) jednoimiennej głowy żuchwy i ruch odśrodkowy żuchwy w stronę przeciwną. Mięsień skrzydłowy boczny dolny jest aktywny podczas odwodzenia żuchwy. Jego aktywność powoduje, że głowa żuchwy ulega przesunięciu ku dołowi i przodowi po powierzchni stawowej guzka. Przeciwnie, mięsień skrzydłowy boczny górny wykazuje aktywność wyłącznie w związku z czynnością mięśni unoszących żuchwę. Jest on aktywny szczególnie podczas rozdrabniania kęsa pokarmowego. Mięsień skrzydłowy boczny (zarówno jego górna jak i dolna część) w 80% składa się z włókien typu I, co zapewnia jego odporność na zmęczenie i przystosowanie do długiej pracy [Mao i wsp. 1992].

Mięśnie nadgnykowe (*musculi suprahyoidei*) przyczepiają się do żuchwy i kości gnykowej. Przy ustabilizowanej żuchwie mięśnie nadgnykowe unoszą kość gnykową i krtań. W przypadku unieruchomienia kości gnykowej działanie mięśni polega na obniżaniu żuchwy. Do grupy mięśni nadgnykowych zaliczamy: mięsień dwubrzuścowy, rylcowo-gnykowy, żuchwowo-gnykowy i bródkowo-gnykowy.

Mięsień dwubrzuścowy (*m. biventer*) odpowiedzialny jest za opuszczanie żuchwy lub unoszenie kości gnykowej. Zbudowany jest z dwóch brzuśców. Przedni biegnie od dołu dwubrzuścowego do ścięgna pośredniego przyczepionego do kości gnykowej. Tylny rozpoczyna się na wcięciu sutkowym kości skroniowej i kończy się również na ścięgnię pośrednim.

Mięsień rylcowo-gnykowy (*m. stylohyoideus*) rozpoczyna się na wyrostku rylcowatym kości skroniowej i biegnie do przyczepu ścięgna mięśnia dwubrzuścowego na kości gnykowej. Unosi i cofa kość gnykową.

Mięsień żuchwowo-gnykowy (*m. mylohyoideus*) stanowi właściwe dno jamy ustnej tworząc jej przeponę. Rozpoczyna się na kresie żuchwowo-gnykowej żuchwy, dalej przechodzi ku tyłowi i do środka łącząc się z mięśniem strony przeciwległej. Tylna część mięśnia przyczepia się do przedniej powierzchni kości gnykowej. Przy ustalonej żuchwie mięsień podnosi kość gnykową, napina dno jamy ustnej i unosi język. Przy ustalonej kości gnykowej bierze udział w opuszczaniu żuchwy.

Mięsień bródkowo-gnykowy (*m. geniohyoideus*) biegnie od kolca bródkowego żuchwy do trzonu i rogów większych kości gnykowej. Działanie jego jest podobne to pozostałych mięśni tej grupy.

1.1.2. Fizjologia układu ruchowego narządu żucia

Układ stomatognatyczny jest całością morfologiczno-czynnościową koordynowaną i regulowaną przez ośrodkowy i wegetatywny układ nerwowy. Pozostaje także pod wpływem środowiska zewnętrznego, które pośrednio lub bezpośrednio może wpływać na jego stan [Panek 2002]. Jak już wcześniej wspomniano w jego skład wchodzi zęby wraz z otaczającymi je strukturami, kości, stawy skroniowo-żuchwowe, mięśnie oraz naczynia i nerwy zaopatrujące te struktury [Soboleva i wsp. 2005]. Analiza fizjologii układu stomatognatycznego jest bardzo trudna z powodu złożonej budowy mięśni, jak również skomplikowanego układu stawu skroniowo-żuchwowego [Koolstra 2002].

Na czynność mięśni układu ruchowego mają wpływ nie tylko bodźce wychodzące ze stawów skroniowo-żuchwowych, lecz również zęby i przyzębie za pośrednictwem proprioceptorów przyzębia. Zjawisko to stanowi podstawę koncepcji trzech stawów według Helda:

- stawu skroniowo-żuchwowego,
- stawu zębowo-zębodołowego, w skład którego wchodzi powierzchnia korzenia, ściana zębodołu oraz ozębna,
- stawu zębowo-zębowego zwanego międzyczębowym – wzajemne kontakty zębów przeciwstawnych [Kleinrok 1992].

Majewski [2009] przedstawia układ ruchowy jako system trzech współistniejących zespołów funkcjonalnych:

- zespół mięśniowo-stawowy (mięśnie twarzoczaszki i stawy skroniowo-żuchwowe),
- zespół zębowo-zębodołowy (zęby wraz z przyzębiem, które tworzą tzw. narząd zębowy),
- zespół zębowo-zębowy (okluzyjny układ zębów dolnego i górnego łuku zębowego).

Okeson [2005] natomiast określa układ stomatognatyczny jako system nerwowo-mięśniowy, w skład którego wchodzi mięśnie i struktury zaliczane do kompleksu neurologicznego.

Do podstawowych funkcji układu stomatognatycznego zaliczamy żucie, połykanie, mowę oraz oddychanie, ekspresję uczuć, jak również odczuwanie smaku [Gorzałek 2009, Grosfeldowa 1981, Okeson 2005, Thexton 1992]. W niniejszym opracowaniu szerzej zostanie omówiona funkcja żucia.

Według słownika medycznego Dorlanda żucie definiowane jest jako rozdrabnianie pokarmu [Anderson 1994]. Jest to zaawansowany proces nerwowo-mięśniowy, w którym w prawidłowych warunkach biorą udział wszystkie składowe układu stomatognatycznego oraz ślina. Pokarm jest miażdżony, ścierany i mieszany ze śliną, aby następnie w procesie połykania dostał się do dalszych odcinków przewodu pokarmowego [Nagao 1992]. Na pojedynczą sekwencję żucia składa się zestaw ruchów (cykle) – od odgryzienia pokarmu do połknięcia, przez przesunięcie go w okolice trzonowców w celu zmiażdżenia, roztarcia i przygotowania do połknięcia. Proces żucia można podzielić na cykle: pierwszy najkrótszy, który ma miejsce na początku sekwencji żucia. Tworzy go seria ruchów przygotowawczych wraz z odgryzieniem pokarmu. Po czym następuje właściwy proces rozdrobnienia i redukcji wielkości kęsów pokarmowych. Ostatni cykl to faza przed połknięciem pokarmu [Lund 1991].

Wykonanie precyzyjnych ruchów żuchwy poprzedzone jest wysłaniem informacji z receptorów rozsianych po całym układzie stomatognatycznym przez aferentne włókna nerwowe do ośrodkowego układu nerwowego. Następnie zostaje wysłany sygnał zwrotny za pomocą eferentnych włókien nerwowych, co powoduje odpowiednią reakcję. Dochodzi do pobudzenia (skurczu) jednej grupy mięśni i rozluźnienia drugiej. Żucie jest czynnością podświadomą i automatyczną, jednak jeśli zachodzi potrzeba może podlegać kontroli woli [Okeson 2005]. Rytmika żucia jest zachowana dzięki aktywacji dwóch prostych odruchów z pnia mózgu tj.:

- odruchu odwodzenia żuchwy jako odpowiedzi na ucisk zębów i związanych z tym pobudzeniem receptorów przyzębia, jak również odpowiedzią na dotykową stymulację ust i błony śluzowej jamy ustnej,
- odruchu przywodzenia żuchwy (skurcz mięśni przywodzicieli) wywołany rozciągnięciem mięśni w następstwie odruchu odwodzenia [King i wsp. 1955].

Odruchy generowane są przez neurony zbiorczo nazywane centralnym generatorem ruchowym (ang. central pattern generator) i prowadzą do powstania naprzemiennego, powtarzającego się procesu żucia, który zapoczątkowany jest przez pobranie treści pokarmowej i aktywację receptorów jamy ustnej lub w wyniku

informacji otrzymanej z kory mózgowej [Dellow i Lund 1971]. Kontrola procesu żucia w dużej mierze uzależniona jest od czuciowego sprzężenia zwrotnego impulsów generowanych za pośrednictwem mechanoreceptorów przyzębia, nabłonka błony śluzowej jamy ustnej, stawu skroniowo-żuchwowego oraz mięśni. Dzięki temu zachodzi koordynacja ruchów języka, ust i stawów, a odpowiednie fazy (cykle) żucia następują jedno po drugim [Lund 1991]. Poprzez zjawisko sprzężenia zwrotnego centralny układ nerwowy przystosowuje rytmikę procesu żucia do charakterystyki danego pokarmu. Po znalezieniu odpowiedniej, efektywnej „techniki” żucia proces zostaje zapamiętany i powtarzany. Taki wyuczony wzorzec nazywa się engramem mięśniowym. Żucie jest procesem niezwykle skomplikowanym, kontrolowanym głównie przez pień mózgu, a w szczególności przez centralny generator ruchowy na podstawie impulsów docierających z licznych receptorów czuciowych. Wpływ na kontrolę żucia ma również układ limbiczny, twór siatkowaty, wzgórze i podwzgórze. Struktury te mogą modyfikować odpowiedź kory mózgowej na dany bodziec poprzez zmianę aktywności ruchowej neuronów, a nawet zainicjować nieprawidłową pracę mięśnia [Okeson 2005]. Podkreśla się, że czynność żucia może również zmniejszać stan napięcia nerwowego [Jenkins 1974].

Odruch otwierania ust będący wynikiem stymulacji receptorów, które znajdują się w okolicy ust jest pierwszym odruchem występującym u człowieka, który dotyczy funkcji żucia [Humphrey 1971]. Na początku odruch zamykania ma charakter pasywny.

W rozwoju osobniczym człowieka, po ssaniu, żucie jest kolejnym etapem przyjmowania pokarmu. Podczas ssania wytwarza się pierwszy wzorzec żucia, chociaż według niektórych autorów pierwszy wzorzec żucia pojawia się dopiero po wyrżnięciu zębów, co wiąże się z pojawieniem przyzębia i jego receptorów [Mohl 1978]. Podczas ssania wykonywane są jedynie przednio-tylne ruchy żuchwy skoordynowane z ruchami języka, twarzy i połykaniem. W czasie wymiany uzębienia mlecznego na stałe wzorzec żucia ulega zmianie. Analizując zatem ruchy żucia należy zaznaczyć, że przebieg tych ruchów zależy od rozwoju narządu żucia i ulega zmianie w czasie życia [Majewski i wsp. 2009].

Żucie staje się procesem skoordynowanym około 4-5 roku życia. W tym okresie dziecko posiada pełne uzębienie mleczne [Ahlgren 1976]. Uważa się, że każdy człowiek ma swój indywidualny wzorzec ruchów żucia. Wykazano znaczące statystycznie różnice w sposobie żucia mężczyzn i kobiet, jak również ludzi młodszych i starszych [Karlsson i Carlsson 1990, Neill i Howell 1986]. Pojedynczy cykl żucia

oceniany w płaszczyźnie czołowej ma tor w kształcie łzy z nieznacznym przesunięciem bocznym na początku jego trwania [Bates i wsp. 1975, Okeson 2005]. Badania przeprowadzone w ostatnich latach wykazały, że ruch żucia jest nie tylko rytmicznym ruchem żuchwy w płaszczyźnie pionowej, ale również ruchem protruzyjno-retruzyjnym z jednoczesną rotacją w płaszczyźnie czołowej wraz z bocznym przemieszczeniem żuchwy [Majewski i wsp. 2009].

Pojedynczy cykl żucia rozpoczyna się odwiedzeniem żuchwy z pozycji maksymalnego zaguzkowania do momentu oddalenia od siebie zębów siecznych o 16-18 mm [Okeson 2005]. Neill [1981] podaje, że podczas żucia maksymalne ruchy boczne i odwodzenia nie przekraczają zakresu połowy maksymalnych możliwych ruchów danego osobnika. Natomiast Neill i Howell [1986] donoszą, że tylko 6% ruchów otwierania ust zaczyna się od idealnego pionowego odwodzenia żuchwy, a większość posiada również niewielką komponentę boczną. W następnym etapie czynności żucia ma miejsce boczne przemieszczenie żuchwy zgodnie z ruchem wskazówek zegara, jeśli żucie odbywa się po stronie prawej i przeciwnie – jeśli czynność wykonywana jest po stronie lewej, o 5-6 mm z jednoczesnym rozpoczęciem ruchu przywodzenia [Neill 1981]. Pierwsza faza przywodzenia to miażdżenie, podczas którego pokarm znajdujący się między zębami ulega wstępnemu rozfragmentowaniu. W dalszym ruchu zamykania, gdy zęby przeciwstawne znajdują się w odległości około 3 mm od siebie żuchwa przemieszczona jest o 3-4 mm od pozycji wyjściowej. Guzki policzkowe zębów trzonowych górnych i dolnych znajdują się naprzeciwko siebie, po stronie, w którą nastąpiło przemieszczenie żuchwy. W trakcie ruchu zamykania rozpoczyna się mielenie charakteryzujące się kontaktami zębów antagonistycznych, a ich częstotliwość jest uwarunkowana stopniem rozdrobnienia pokarmu [Ahlgren 1976].

Podczas ruchu odwodzenia żuchwy w płaszczyźnie strzałkowej można zaobserwować oprócz ruchu otwierania nieznaczne wysunięcie żuchwy. Zakres tego ruchu zależy od rodzaju kontaktów zębów przednich i etapu aktu żucia [Nishigawa i wsp. 1992]. W pierwszym etapie, gdy potrzebne jest odgryzienie kęsa pokarmowego, żuchwa musi wykonać ruch doprzedni, czasami o dużym zakresie (np. w przypadku dotylnego położenia żuchwy). W następnych fazach żucia, kiedy następuje miażdżenie i mielenie pokarmu zakres wysunięcia żuchwy jest nieznaczny. Stwierdzono, że składowa pionowa opuszczania żuchwy znajduje się zawsze bardziej doprzednio od składowej przywodzenia [Gibbs i wsp. 1971]. Po ruchu odwodzenia następuje

przywodzenie wraz z cofnięciem a następnie z nieznacznym wysunięciem żuchwy do pozycji wyjściowej [Majewski i wsp. 2009, Okeson 2005]. Przedstawione położenia żuchwy dotyczą strony, po której ma miejsce żucie. Po stronie przeciwnej żuchwa przemieszcza się pionowo w dół z nieznacznym przemieszczeniem ku tyłowi lub przodowi, aż do całkowitego otwarcia. Podczas zamykania żuchwa przesuwana się nieznacznie ku przodowi i następuje powrót niemal do pozycji maksymalnej interkuspidacji [Okeson 2005].

Zakres otwierania ust i przemieszczenia żuchwy oraz powtórzeń cyklu żucia zależy od konsystencji pokarmu. Im twardszy pokarm zakres ruchu i liczba powtórzeń wzrasta [Horio i Kawamura 1989, Lucas i wsp. 1986]. Jeden cały cykl żucia trwa około 700 ms, przy czym kontakty zębów trwają przez około 200 ms [Ash i Ramfjord 1995].

Prawidłowo przebiegający akt żucia powinien odbywać się obustronnie, jednak Pond i wsp. [1986] podają, że około 78% badanych woli żuć po jednej określonej stronie.

Zwykle pacjent żuje po stronie, po której występuje większa liczba kontaktów okluzyjnych. Strona ta wykazuje większą efektywność żucia i dlatego nazywana jest stroną preferowaną. Pacjenci z porównywalną okluzją po obu stronach żują kęs pokarmowy naprzemiennie po obu stronach – co określane jest jako alternatywne żucie obustronne [Majewski i wsp. 2009].

1.2. Okluzja

1.2.1. Cechy prawidłowego zwarcia

Termin "okluzja" stanowi określenie pozycji żuchwy, zarówno statycznej, jak i dynamicznej z zachowaniem ciągłych kontaktów zębów szczęki i żuchwy. Okluzja jest to więc wzajemny kontakt powierzchni zębów przeciwstawnych łuków zębowych – zarówno w ułożeniu statycznym, jak i podczas ruchów [Majewski i Majewski 2009]. Pojęcie "idealnej okluzji" używanej dziś przez ortodontów skupia się na specyficznych relacjach zębów i łuków zębowych opisanych przez Angle'a i Andrews. Według tych założeń idealna statyczna okluzja powiązana jest z idealną okluzją dynamiczną [Clark i Evans 2001].

Klasyfikacja Angle'a wprowadzona w 1900 roku opisuje wzajemne położenie pierwszych trzonowców. Według normy (I klasa Angle'a) guzek policzkowy bliższy

pierwszego trzonowca stałego szczęki wchodzi w bruzdę policzkową przyśrodkową pierwszego dolnego trzonowca żuchwy.

Sześć kluczy prawidłowej okluzji opisanych przez Andrews [1972] opisuje ustawienie zębów w łuku.

- I klucz – podobnie jak klasyfikacja Angle'a dotyczy ustawienia pierwszych trzonowców
 - a) powierzchnia dystalna guzka dystalnego policzkowego pierwszego stałego trzonowca górnego kontaktuje z powierzchnią mezialną guzka przyśrodkowego policzkowego drugiego stałego trzonowca dolnego,
 - b) guzek mezialny policzkowy pierwszego trzonowca stałego górnego znajduje się w bruzdzie policzkowej przyśrodkowej pierwszego stałego dolnego trzonowca,
 - c) guzek bliższy podniebienny pierwszego stałego trzonowca górnego znajduje się w bruzdzie środkowej pierwszego stałego trzonowca dolnego.
- II klucz – angulacja – nachylenie koron zębów wzdłuż łuku zębowego. W zgryzie prawidłowym przydługą część długiej osi każdej korony zęba jest odchylona dystalnie wobec części korony zwróconej do płaszczyzny zgryzowej.
- III klucz – tork – nachylenie koron zębów w poprzek łuku zębowego (przedsionkowo, podniebiennie lub językowo). Nachylenie to określa kąt zawarty między prostopadłą do płaszczyzny zgryzowej a styczną do środka policzkowej powierzchni korony klinicznej zęba
 - a) korony siekaczy: brzeg sieczny siekaczy górnych znajduje się wargowo w stosunku do szyjki koron tych zębów; guzki policzkowe pozostałych zębów są nachylone podniebiennie lub językowo w stosunku do szyjek tych zębów,
 - b) korony zębów bocznych górnych (od kłów do trzonowców): językowe lub podniebienne nachylenie długiej osi koron trzonowców jest nieco większe niż koron kłów i przedtrzonowców,
 - c) korony zębów bocznych dolnych: nachylenie językowe koron zwiększa się od kłów do trzonowców.

- IV klucz – rotacje – trzonowce lub przedtrzonowce obrócone wokół długiej osi zajmują więcej miejsca w łuku zębowym. Natomiast obrócone siekacze zajmują mniej miejsca niż w ustawionej pozycji prawidłowej.
- V klucz – punkty styczne – kontakt powierzchni stycznych między sąsiadującymi zębami powinien być zachowany.
- VI klucz – płaszczyzna zgryzu – krzywa Spee powinna być płaska. Głębokość jej nie powinna przekraczać 1,5 mm
 - a) pogłębiona krzywa Spee stwarza mniej miejsca dla zębów górnych, których osie długie nachylają się dystalnie i mezjalnie,
 - b) płaska krzywa Spee stwarza korzystne warunki dla okluzji normalnej,
 - c) odwrócona krzywa Spee stwarza zbyt dużo miejsca dla zębów górnych.

Z okluzją związane są również pojęcia: relacja centryczna (ang. centric relation – CR) i okluzja centralna (ang. centric occlusion – CO). Relacja centryczna doczekała się bardzo wielu, czasami sprzecznych, definicji. W chwili obecnej relacja centryczna określana jest jako najbardziej doprzednio-doczaszkowe położenie kłykcia w panewce SSŻ. Należy wspomnieć, że poprzednie definicje mówiły o najbardziej dotylnym położeniu kłykci w panewce. Podobne rozbieżności dotyczą okluzji centralnej. Z jednej strony jest ona określana jako wzajemne kontakty zębów przeciwstawnych w maksymalnym zaguzkowaniu, niezależnie od pozycji kłykci w SSŻ, z drugiej strony określa kontakty zębów przeciwstawnych w relacji centrycznej, czyli w doprzednio-doczaszkowym położeniu kłykci, co niekoniecznie odpowiada maksymalnemu zaguzkowaniu [Türp i wsp. 2008].

W polskim piśmiennictwie okluzja centralna określana jest również mianem okluzji prawidłowej, maksymalnym zaguzkowaniem, maksymalną interkuspidacją lub okluzją statyczną. Oznacza to wzajemne ułożenie powierzchni żujących przeciwstawnych łuków zębowych z równomiernym wielopunktowym kontaktem (obustronnie) w obrębie zębów bocznych, który odpowiada pierwszej klasie Angle’a [Majewski i Majewski 2009].

1.2.2. Okluzja nieprawidłowa – wady zgryzu

1.2.2.1. Klasyfikacja

W latach 90 XIX w. Edward H. Angle, nazywany obecnie „ojcem” ortodoncji podjął pierwszą próbę usystematyzowania wad zgryzu, która praktycznie w formie niezmienionej przetrwała do dnia dzisiejszego jako klasyfikacja Angle’a. Do oceny okluzji Angle posłużył się położeniem pierwszych stałych trzonowców górnych, zakładając, że są one kluczem idealnej okluzji i mają najbardziej stabilną pozycję w stosunku do podstawy czaszki. Prawidłowo guzek przyśrodkowo-policzkowy pierwszego zęba trzonowego górnego kontaktuje z bruzdą policzkową przednią pierwszego zęba trzonowego dolnego. Klasyfikacja Angle’a opisuje trzy klasy wad zgryzu:

- 1) wada klasy I – zachowane są prawidłowe stosunki pierwszych trzonowców stałych; występują nieprawidłowości zębowe (rotacje, przechylenia, przesunięcia w przednim odcinku łuków zębowych);
- 2) wada klasy II – guzek policzkowy przyśrodkowy pierwszego górnego trzonowca wchodzi w przestrzeń między drugim zębem przedtrzonowym a pierwszym zębem trzonowym dolnym;
- 3) wada klasy III – guzek policzkowy przyśrodkowy pierwszego górnego trzonowca wchodzi w bruzdę policzkową tylną pierwszego trzonowca stałego dolnego lub w przypadku nasilenia wady w przestrzeń między pierwszym a drugim trzonowcem stałym dolnym [Angle 1899].

Należy wspomnieć, że przedstawiony przez Angle’a paradygmat tkanek twardych współcześnie jest zastępowany paradygmatem tkanek miękkich. Obecnie ortodonci oprócz analizy wzajemnych stosunków szkieletowych i zębowych poświęcają coraz więcej uwagi tkankom miękkim jamy ustnej. Stanowią one jeden z czynników decydujących o pomyślnym leczeniu ortodontycznym [Ackerman i Proffit 1997].

Klasyfikacja Angle’a odnosi się właściwie do wad zawartych w płaszczyźnie strzałkowej. W latach 1954-1958 w Polsce opracowana została przez Orlik-Grzybowską klasyfikacja, która opisuje również wady w płaszczyźnie czołowej i poziomej.

Klasyfikacja ta obejmuje:

- 1) grupę I – nieprawidłowości poprzeczne (zgryz krzyżowy, zgryz przewieszony, boczne przemieszczenie żuchwy);
- 2) grupę II – nieprawidłowości przednio-tylne (tyłozgryz, tyłożuchwie, przodozgryz, przodożuchwie);
- 3) grupę III – nieprawidłowości pionowe (zgryz otwarty, zgryz głęboki) [Orlik-Grzybowska 1976].

1.2.2.2. Epidemiologia

Wyniki badań epidemiologicznych przeprowadzonych w latach 1993-2008 wykazały występowanie wad zgryzu u 24,2-81% przebadanych osób [Kawala i wsp. 2009]. Badania dotyczyły 6-, 8-, 11-, 12- i 18-latków. Częstość występowania wad zgryzu w populacji dzieci w wieku przedszkolnym wynosiła 34,8-60% [Adamiak 1981, Biedziak i wsp. 1998, Grzybowska-Subtelna i Pisulska-Otremba 2001, Kawala i wsp. 2003, Zadurska i wsp. 2001]. Najczęstszą wadą zgryzu występującą u dzieci w wieku przedszkolnym były tyłozgryzy. Suszczewicz i Lisiecka [2001] podały, że w 1995 r. dominującym zaburzeniem okluzji u 18-latków były stłoczenia (29,19%), zgryzy krzyżowe (14,41%), zgryzy głębokie (12,53%), wady dotylne (10,59%) i zgryzy otwarte (9,14%). Z badań Golusik i wsp. [2005] wynika przewaga występowania stłoczeń (56%) i zgryzów krzyżowych (15%) oraz częstsza obecność wad dotylnych (11%) w porównaniu ze zgryzami głębokimi (8%) i otwartymi (6%). Badania przeprowadzone przez Smyl-Golianek [2011], którymi objęto 642 osoby dorosłe leczone w Katedrze i Zakładzie Ortopedii Szczękowej Uniwersytetu Medycznego w Lublinie wykazały, że najczęściej występowały nieprawidłowości zębowe należące do wad klasy I Angle'a (52,5%), w dalszej kolejności wady klasy II Angle'a – 16,51%. Wady klasy III Angle'a stwierdzono u 10,12%, zgryz krzyżowy u 7,94%, zatrzymany kiel u 7,48%, zgryz otwarty u 4,2% ogółu badanych. Autorzy amerykańscy podają częstość występowania wad zgryzu w Ameryce Północnej i Południowej w zakresie 35-88% [Proffit i wsp. 1998, Thilander i wsp. 2001].

1.2.2.3. Wady pionowe

Wady występujące w płaszczyźnie czołowej nazywane są odchyleniami pionowymi. Według klasyfikacji Orlik-Grzybowskiej można wyróżnić:

- zgryz otwarty (całkowity, częściowy przedni i boczny),
- zgryz głęboki (całkowity, częściowy przedni i boczny) [Orlik-Grzybowska 1976].

W światowej nomenklaturze zgryz otwarty występuje jako zgryz otwarty szkieletowy (kostny) i zgryz otwarty zębowo-wyrostkowy. Częstość występowania zgryzu otwartego na świecie waha się od 1,5% do 11% w zależności o rasy i wieku [Ng i wsp. 2008]. Z badań polskich wynika, że częstość występowania wynosi 1,69-13,5% [Raftowicz-Wójcik K i Matthews-Brzozowska T 2006, Kawala i wsp. 2003, Ziemiańska-Maczek 2007].

Klinicznie zgryz otwarty manifestuje się ujemnym nagryzem pionowym, czyli brakiem kontaktów zębów przeciwstawnych. Dysfunkcje języka, ssanie kciuka, jak również przetrwałe do wieku przedszkolnego, ssanie smoczka czy karmienie butelką jest główną przyczyną zgryzu otwartego zębowo-wyrostkowego [Ng i wsp. 2008]. Ze względu na etiologię jest on nazywany zgryzem otwartym czynnościowym. Proporcje szkieletowe są niezaburzone, a wada dotyczy jedynie składnika zębowo-wyrostkowego [Ciccone de Faria Tdos i wsp. 2010].

Bardziej złożone i trudniejsze w leczeniu są zaburzenia w płaszczyźnie pionowej pochodzenia szkieletowego, które nieograniczają się jedynie do obszaru zębowo-wyrostkowego [Cangialosi 1984]. Twarz wysokiego kąta (ang. high-angle facial type), zgryz otwarty szkieletowy, zespół długiej twarzy, twarz adenoidalna, pionowy przerost szczęki, rotacja dotylna żuchwy to określenia, które w literaturze były używane wymiennie do opisanie nieprawidłowości szkieletowych w płaszczyźnie czołowej [Fields i wsp. 1984, Nanda 1988, Schendel i wsp. 1976, Subtelny i Sakuda 1964].

Do określenia rodzaju i nasilenia wady (szczególnie kostnej) ortododenci używają analizy cefalometrycznej wykonywanej na obrysach cefalogramów bocznych głowy. W przypadku wad pionowych stwierdza się nieprawidłowości w wartościach kątów ML-NL (kąt między linią żuchwową i linią podstawy szczęki), ML-NSL (kąt między linią żuchwową i linią podstawy przedniego dołu czaszki), NSL-NL (kąt między linią

podstawy przedniego dołu czaszki i linią podstawy szczęki) i kącie żuchwy [Taibah i Feteih 2007, Tsang i wsp. 1998]. Zaburzona zostaje również proporcja tylnej (zawartej między punktami sella – gonion) i przedniej (zawartej między punktami nasion – menton) wysokości twarzy, jak również zwiększony wymiar dolnej wysokości twarzy (odległość między punktami spina nasalis anterior a menton). Mogłoby się wydawać, że u pacjentów wysokokątowych klinicznie powinien pojawić się zgryz otwarty, jednak w wielu przypadkach nagryz pionowy jest prawidłowy, a nawet pogłębiony [Hering i wsp. 1999]. Schendel i wsp. [1976] jako pierwsi usystematyzowali pojęcie zespołu długiej twarzy. Autorzy wyróżnili dwa typy zespołu: (A) – ze zgryzem otwartym i (B) – bez zgryzu otwartego. Oba typy charakteryzują się zwiększoną przednią całkowitą wysokością twarzy, a zwłaszcza jej dolnym odcinkiem (Sp-Me) i powiększoną wartością kąta ML-NSL. Zwiększona wysokość twarzy związana jest z przerostem pionowym szczęki. W typie (A) wartości kąta ML-NSL są znacząco większe niż w typie (B). Typ bez zgryzu otwartego charakteryzuje się zwiększoną długością gałęzi żuchwy zarówno w porównaniu z typem (A), jak i wartościami podawanymi jako prawidłowe. Długość wargi w obu grupach jest podobna, co wiąże się z uwidocznieniem uśmiechu dziąsłowego, a zwłaszcza w typie (B), gdzie występuje kompensacyjne wydłużenie wyrostka i zębów w odcinku przednim.

2. CELE PRACY

Celem pracy była ocena:

- zależności między płcią i wiekiem a siłą żucia,
- zależności między wybranymi parametrami określającymi pionową budowę twarzoczaszki a siłą żucia,
- siły żucia u osób ze zwiększoną pionową relacją podstaw szczęk i czaszki w porównaniu z osobami z prawidłową relacją podstaw szczęk i czaszki.

3. MATERIAŁ I METODY

3.1. Materiał

Ogół badanych stanowiło 120 pacjentów Kliniki i Katedry Ortopedii Szczękowej Uniwersytetu Medycznego w Lublinie. Pacjenci w wieku od 7 do 17 lat zgłosili się celem diagnozy i ewentualnego leczenia ortodontycznego. Na przeprowadzenie badań uzyskano zgodę komisji bioetycznej (uchwała numer KE-0254/9/2013). W badaniu uczestniczyło 60 chłopców i 60 dziewcząt. Przeciętny wiek wyniósł $12,2 \pm 1,7$ lat, połowa badanej populacji nie przekroczyła 12 roku życia. Pełnoprawni opiekunowie pacjentów wyrazili pisemną zgodę na leczenie i udział w badaniu siły żucia. Do badania zostali zakwalifikowani pacjenci spełniający następujące kryteria:

- brak leczenia ortodontycznego w wywiadzie i chwili badania,
- wykonane zdjęcie cefalometryczne boczne głowy,
- osoby ogólnie zdrowe, bez wad rozwojowych i zaburzeń układu i mięśniowego.

Wśród ogółu badanych wyodrębniono dwie grupy. Podstawą podziału były wartości kątów ML-NL i ML-NSL wg norm analizy Segnera i Hasunda [Segner i Hasund 1996].

- Grupę badaną (wartości kątów ML-NL powyżej 27° i ML-NSL powyżej 33°) stanowiło 66 osób (55% ogółu badanych) w wieku od 7 do 17 lat; połowa nie przekroczyła 12 lat, przeciętny wiek wyniósł $12,2 \pm 1,6$ lat.
- Grupę kontrolną (wartości kątów ML-NL $20,0^\circ \pm 7,0^\circ$ i ML-NSL $28,0^\circ \pm 5,0^\circ$) stanowiło 54 osoby (45% ogółu badanych) w wieku od 7 do 16 lat, połowa z nich nie przekroczyła 12 roku życia (średni wiek $12,3 \pm 1,8$ lat).

3.2. Metoda

3.2.1. Badanie siły żucia

Do badania siły żucia użyto cyfrowego siłomierza japońskiej firmy Imada typ ZPS-LM-2000N wyskalowanego w niutonach – N (jednostka siły w układzie SI) (ryc.1). Zakres pracy przyrządu wynosił 1-2000 N. Pomiar wykonywany był

na wysokości pierwszych stałych trzonowców. Pacjenci polecono nagryzanie z maksymalną siłą przygotowanego rejestratora. Siłomierz w trybie pracy „peak” zapisuje i wyświetla najwyższą zarejestrowaną wartość. Pomiar powtarzany był pięciokrotnie w odstępach 2-minutowych, zarówno dla strony prawej jak i lewej. W badaniach uwzględniono najwyższą zarejestrowaną wartość (maksymalna siła żucia) oraz średnią wartość ze wszystkich pomiarów. Wyniki wyrażono w niutonach (N).



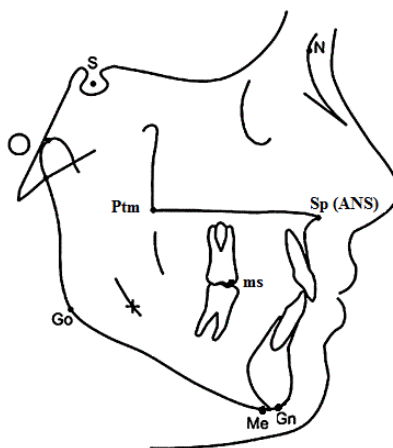
Ryc. 1. Siłomierz Imada typ ZPS-LM-2000N.

3.2.2. Analiza cefalometryczna

Zdjęcia cefalometryczne boczne głowy wykonano za pomocą aparatu rentgenowskiego PROSCAN firmy PLANMECA o napięciu 70 kV i czasie ekspozycji 0,65 s z lampą ustawioną w odległości 1,52 m od głowy pacjenta. Płaszczyzna strzałkowa była równoległa do błony rentgenowskiej. Zdjęcia wykonano w ułożeniu prawo-bocznym w naturalnej pozycji głowy. Rentgenogramy zostały poddane analizie cefalometrycznej. W tym celu posłużono się programem komputerowym firmy Ortobajt, gdzie naniesiono na ekran monitora wymagane punkty cefalometryczne. Następnie poprzez odczytanie zaznaczonych punktów program przeprowadził analizę cefalometryczną. Dokonano również odręcznego zaznaczenia niektórych punktów pomiarowych na kalce ołówkiem o grubości 0,3 mm.

Na każdym z ocenianych cefalogramów bocznych głowy rozpoznano i zaznaczono następujące punkty:

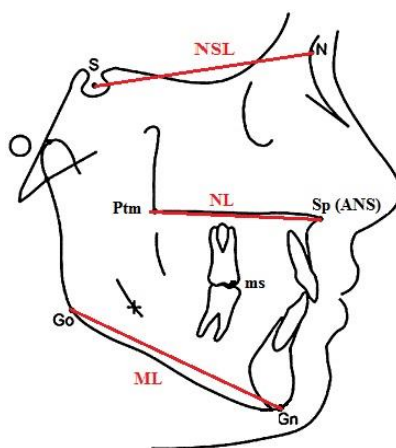
- Sella (S) – punkt położony w środku siódła tureckiego,
- Nasion (N) – najbardziej doprzecznie położony punkt szwu czołowo-nosowego,
- Spina nasalis anterior (Sp, ANS) – punkt położony najbardziej do przodu na kolcu nosowym przednim,
- Pterygomaxillare (Ptm) – punkt przecięcia się tylnego konturu trzonu szczęki z konturem podniebienia twardego,
- Gnathion (Gn) – najdalej ku dołowi i przodowi położony punkt krzywizny spojenia żuchwy, który znajduje się w połowie odległości między punktem pogonion (punkt położony najbardziej do przodu na krzywiźnie bródki) a menton,
- Menton (Me) – punkt położony najbardziej do dołu na krzywiźnie bródki,
- Gonion (Go) – środkowy punkt zarysu połączenia gałęzi i trzonu żuchwy,
- Punkt molarny (ms) – szczyt guzka mezialnego policzkowego pierwszego trzonowca górnego (ryc. 2).



Ryc. 2. Punkty pomiarowe.

Na podstawie zaznaczonych punktów wyznaczone zostały linie referencyjne:

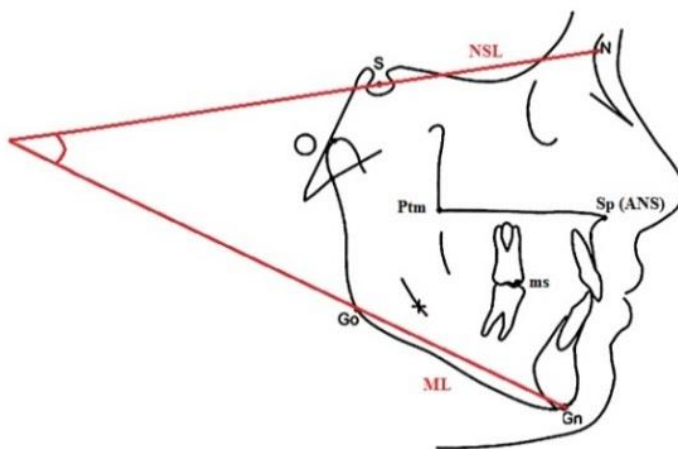
- NSL – linia przedniego dołu czaszki między punktami S i N
- NL – linia podstawy szczęki między punktami Sp (ANS) i Ptm
- ML – linia podstawy żuchwy między punktami Go i Gn (ryc. 3).



Ryc. 3. Linie referencyjne.

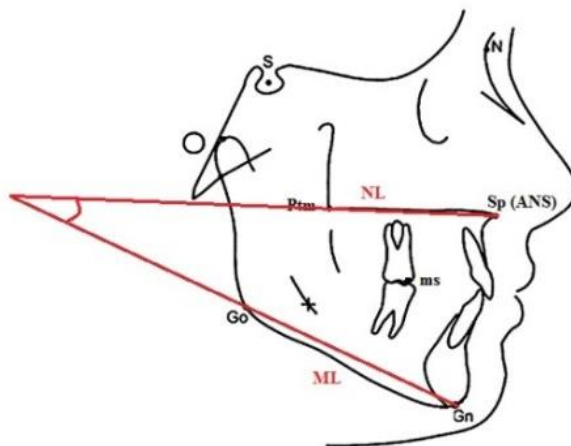
Do oceny relacji pionowych wykorzystano następujące pomiary:

- ML-NSL – kąt wyznaczony przez linie ML i NSL określający nachylenie żuchwy do przedniego dołu czaszki (ryc. 4)



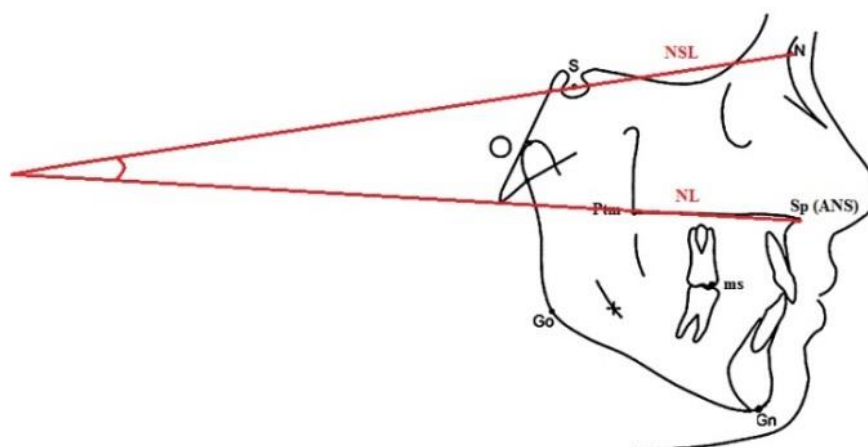
Ryc. 4. Kąt nachylenia żuchwy do płaszczyzny przedniego dołu czaszki.

- ML-NL – kąt wyznaczony przez linie ML i NL określający nachylenie żuchwy do podstawy szczęki (ryc. 5)



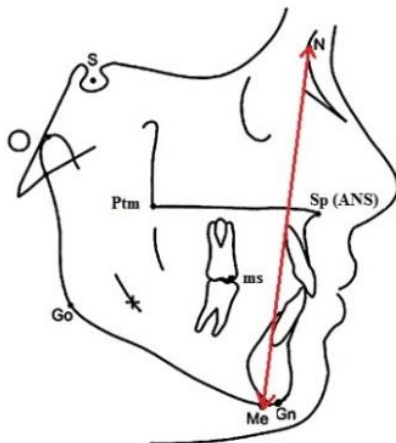
Ryc. 5. Kąt nachylenia żuchwy do płaszczyzny podstawy szczęki.

- NL-NSL – kąt wyznaczony przez linie NL i NSL, określający nachylenie szczęki do przedniego dołu czaszki (ryc. 6)



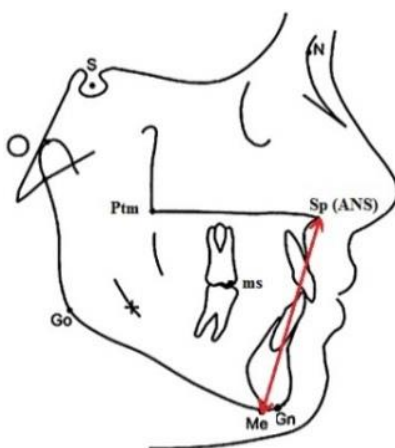
Ryc. 6. Kąt nachylenia szczęki do przedniego dołu czaszki.

- N-Me – odległość między punktami N i Me określająca całkowitą przednią wysokość twarzy (ryc. 7)



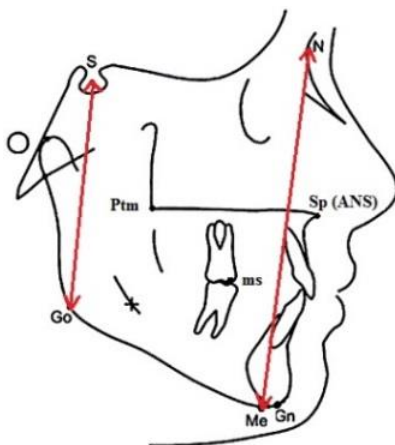
Ryc. 7. Odległość między punktami N i Me wyrażona w mm.

- Sp-Me – odległość między punktami Sp i Me określająca przednią dolną wysokość twarzy (ryc. 8)



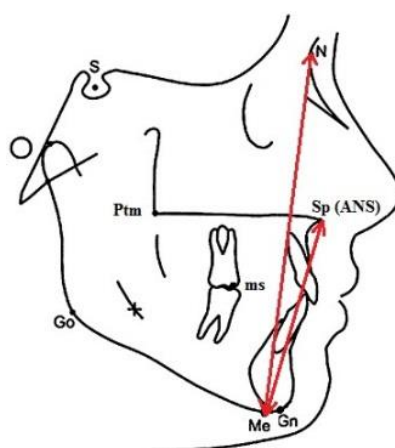
Ryc. 8. Odległość między punktami Sp i Me wyrażona w mm.

- SGo:NMe – stosunek tylnej do przedniej wysokości twarzy wyrażony w procentach (ryc. 9)



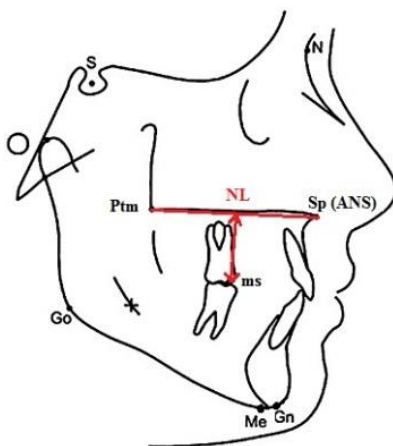
Ryc. 9. Stosunek tylnej do przedniej wysokości twarzy wyrażony w procentach.

- SpMe:NMe – stosunek dolnej przedniej do całkowitej przedniej wysokości twarzy wyrażony w procentach (ryc. 10)



Ryc. 10. Stosunek dolnej przedniej do całkowitej przedniej wysokości twarzy wyrażony w procentach.

- ms-NL – odległość guzka policzkowego przyśrodkowego pierwszego trzonowca górnego od płaszczyzny podstawy szczęki określająca tylną wysokość wyrostka zębodołowego szczęki (ryc. 11)



Ryc. 11. Odległość guzka policzkowego przyśrodkowego pierwszego trzonowca górnego do płaszczyzny podstawy szczęki określająca tylną wysokość wyrostka zębodołowego szczęki.

Pomiarów N-Me, Sp-Me, SpMe:NMe oraz ms-NL dokonano ręcznie na obrysie zdjęcia cefalometrycznego głowy. Pozostałe pomiary zostały wykonane za pomocą programu firmy Ortobajt.

Zakresy norm dla ML-NSL, ML-NL przyjęto z analizy Segnera i Hasunda [Segner i Hasund 1996]. Na ich podstawie dokonano podziału materiału badawczego na dwie grupy (tab. 1).

Tab. 1. Normy parametrów wg analizy Segnera i Hasunda.

Parametr	Średnia i zakres normy
ML-NSL	$28,0^{\circ} \pm 5,0^{\circ}$
ML-NL	$20,0^{\circ} \pm 7,0^{\circ}$

4. WYNIKI

Wiek badanych w analizowanych grupach nie różnił się istotnie statystycznie (test t-Studenta ze zmienną grupującą $t=-0,58$; $p=0,56$). Charakterystykę badanych parametrów z podziałem na grupy zawarto w tabeli 2.

Tab. 2. Charakterystyka badanych parametrów z podziałem na grupy.

	Badane parametry	Średnia	Mediana	Min.	Max.	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności
Grupa kontrolna	NL-NSL	6,23	5,7	0,7	12,3	2,9	45,8
	ML-NSL	28,39	29,8	19,2	32,9	3,5	12,4
	ML-NL	22,16	22,3	12,3	29,0	3,9	17,8
	ms-NL	22,54	23,0	16,0	28,0	2,5	11,3
	SGo:NMe	67,74	67,2	59,2	75,7	3,4	5,0
	N-Me	114,87	113,0	104,0	131,0	5,6	4,9
	Sp-Me	62,67	63,0	52,0	68,0	3,9	6,3
	SpMe:NMe	54,53	55,1	44,0	62,5	4,2	7,7
	Maksymalna siła żucia po stronie lewej	340,83	359,0	115,0	478,0	84,2	24,7
	Maksymalna siła żucia po stronie prawej	341,46	339,5	150,0	511,0	93,5	27,4
	Średnia siła żucia po stronie lewej	289,67	308,0	82,0	411,0	73,6	25,4
	Średnia siła żucia po stronie prawej	284,98	287,5	98,0	450,0	87,4	30,7
Grupa badana	NL-NSL	6,69	6,7	0,2	12,4	2,6	39,0
	ML-NSL	39,76	39,4	33,3	55,2	4,9	12,4
	ML-NL	33,06	32,0	27,2	44,6	4,5	13,6
	ms-NL	23,73	23,0	20,0	31,0	3,2	13,4
	SGo:NMe	62,00	62,2	55,2	74,0	4,1	6,6
	N-Me	120,85	118,5	100,0	144,0	9,4	7,8
	Sp-Me	69,94	69,0	59,0	86,0	6,4	9,2
	SpMe:NMe	57,89	58,6	47,4	62,8	3,0	5,3
	Maksymalna siła żucia po stronie lewej	330,53	340,5	126,0	589,0	121,7	36,8
	Maksymalna siła żucia po stronie prawej	318,14	305,0	119,0	797,0	139,0	43,7
	Średnia siła żucia po stronie lewej	277,68	284,0	98,0	552,0	108,2	39,0
	Średnia siła żucia po stronie prawej	268,89	274,5	94,0	694,0	122,3	45,5

Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej. Wartości analizowanych parametrów mierzonych w skali nominalnej scharakteryzowano przy pomocy licznosci i odsetka, natomiast mierzonych w skali ilorazowej przy pomocy średniej, odchylenia standardowego i zakresu zmienności.

Do wykrycia istnienia różnic między dwiema analizowanymi grupami dla cech ilościowych zastosowano test t-Studenta dla zmiennych niezależnych. Do określenia związku między badanymi cechami zastosowano test dla współczynnika korelacji Pearsona i dla istotnych statystycznie zależności wyznaczono proste regresji. Ponadto, dla porównania współczynników korelacji między tymi samymi zmiennymi dla dwu różnych populacji wykorzystano test różnic dla współczynników korelacji oraz skategoryzowany wykres rozrzutu badanych parametrów w porównywanych grupach, pozwalający na ocenę dynamiki zmian przeciętnych wartości Y przy jednostkowych zmianach X w dwóch badanych populacjach.

Do przedstawienia wieloczynnikowych zależności i pokazania wpływu zmiennych niezależnych na zmienną zależną wykorzystano analizę regresji wielorakiej metodą krokową postępującą. Bada się w niej istotność wprowadzonej kolejnej zmiennej, a także na każdym kroku analizuje się inne uporządkowanie zmiennych. Ostateczny model przedstawia „optymalny” podzbiór zmiennych objaśniających.

Model regresji liniowej opisujący powiązanie zmiennej zależnej Y ze zbiorem zmiennych objaśniających $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$ jest określony równaniem:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \xi$$

Parametry równania regresji szacujemy metodą najmniejszych kwadratów (MNK), która jest prostym uogólnieniem metody stosowanej w przypadku regresji liniowej prostej. Do oceny dobroci dopasowania modelu stosowany jest współczynnik determinacji wielorakiej R^2 .

Przyjęto 5% błąd wnioskowania i związany z nim poziom istotności $p < 0,05$, wskazujący na istnienie istotnych statystycznie zależności bądź różnic. Bazę analizowanych danych i analizy statystyczne przeprowadzono w oparciu o oprogramowanie komputerowe Statistica 10.0 [Greń 1972; Miller i Orzeszyna 1978; Oktaba 1966; Stanisław 2006; Stanisław 2007; Watała 2002].

4.1. Grupa kontrolna

W obszarze grupy kontrolnej zbadano:

- Zależność między siłą żucia a płcią.

Analizowano czy siła żucia związana jest z płcią. Ponieważ cecha „siła żucia” ma rozkład normalny wykorzystano test t Studenta ze zmienną grupującą. Średnia siła żucia po stronie prawej była istotnie statystycznie różna dla chłopców i dziewcząt, przy czym dla chłopców wyższa (tab. 3).

Tab. 3. Zależność między siłą żucia a płcią w grupie kontrolnej.

Analiza porównawcza średniej siły żucia chłopców i dziewcząt	Średnia siła żucia dla chłopców (N)	Średnia siła żucia dla dziewcząt (N)	Wynik testu	Istotność statystyczna
Średnia siła żucia po stronie lewej	288,7	290,6	t=-0,09 p=0,93	nieistotne statystycznie
Średnia siła żucia po stronie prawej	309,04	259,08	t=-2,17 p<0,05	istotne statystycznie
Maksymalna siła żucia po stronie lewej	343,03	338,5	t=0,198 p=0,84	nieistotne statystycznie
Maksymalna siła żucia po stronie prawej	363,18	318,08	t=1,81 p=0,08	nieistotne statystycznie

N – jednostka siły

t – wartość funkcji testowej

p – poziom istotności

- Zależność między siłą żucia a wiekiem.

Ponieważ zmienna wiek nie ma rozkładu normalnego dlatego też dla określenia korelacji pomiędzy wiekiem a siłą żucia wykorzystano test dla współczynnika korelacji rang Spearmana. Nie stwierdzono istotnych statystycznie korelacji pomiędzy siłą żucia a wiekiem badanych (tab. 4).

Tab. 4. Zależność między siłą żucia a wiekiem w grupie kontrolnej.

Badane parametry	Wynik testu	Istotność statystyczna
Zależność pomiędzy średnią siłą żucia po stronie lewej a wiekiem badanej osoby	t=0,34	nieistotne statystycznie
	p=0,73	
	r=0,048	
Zależność pomiędzy średnią siłą żucia po stronie prawej a wiekiem badanej osoby	t=1,13	nieistotne statystycznie
	p=0,27	
	r=0,15	
Zależność pomiędzy maksymalną siłą żucia po stronie lewej a wiekiem badanej osoby	t=0,45	nieistotne statystycznie
	p=0,65	
	r=0,062	
Zależność pomiędzy maksymalną siłą żucia po stronie prawej a wiekiem badanej osoby	t=1,17	nieistotne statystycznie
	p=0,25	
	r=0,16	

r – współczynnik korelacji Paersona

- Zależność między siłą żucia a dolną przednią wysokością twarzy (Sp-Me).

Ponieważ badane cechy mają rozkład normalny wykorzystano test dla współczynnika korelacji Pearsona. W badanej grupie dolna przednia wysokość twarzy nie miała statystycznie istotnego wpływu na wartość siły żucia (tab. 5).

Tab. 5. Zależność między siłą żucia a dolną przednią wysokością twarzy (Sp-Me) w grupie kontrolnej.

Badane parametry	Wynik testu	Istotność statystyczna
Zależność między średnią siłą żucia po stronie lewej a dolną wysokością twarzy	t=0,055	nieistotne statystycznie
	p=0,96	
	r=0,01	
Zależność między średnią siłą żucia po stronie prawej a dolną wysokością twarzy	t=-0,39	nieistotne statystycznie
	p=0,70	
	r=-0,05	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie lewej a dolną wysokością twarzy	t=0,012	nieistotne statystycznie
	p=0,99	
	r=0,001	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie prawej a dolną wysokością twarzy	t=-0,35	nieistotne statystycznie
	p=0,72	
	r=0,05	

- Zależność między siłą żucia a przednią całkowitą wysokością twarzy (N-Me).

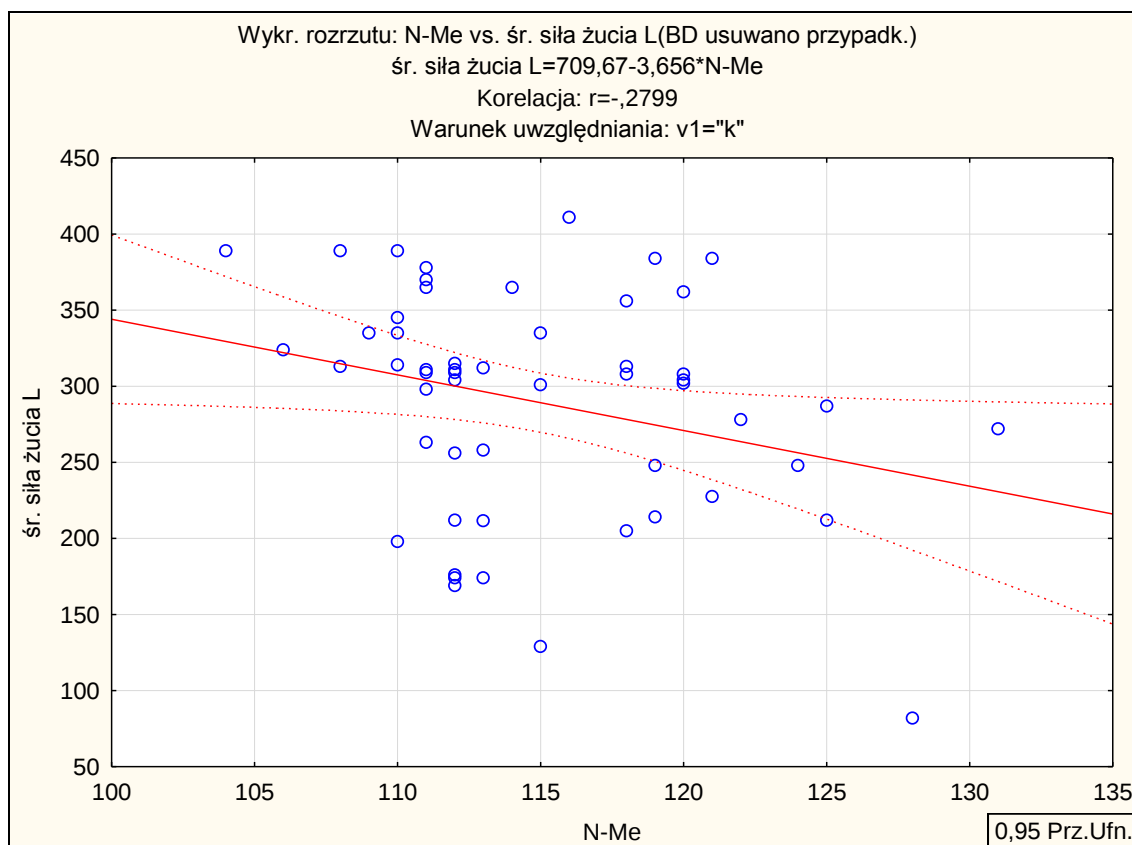
Stwierdzono istotną statystycznie zależność między siłą żucia po stronie lewej (zarówno dla wartości średnich, jak również maksymalnych) a przednią całkowitą wysokością twarzy (N-Me). Korelacja słaba, ujemna tj. wraz ze zmniejszaniem przedniej całkowitej wysokości twarzy (N-Me) siła żucia wzrosła (tab. 6).

Tab. 6. Zależność między siłą żucia a przednią całkowitą wysokością twarzy (N-Me) w grupie kontrolnej.

Badane parametry	Wynik testu	Istotność statystyczna
Zależność między średnią siłą żucia po stronie lewej a przednią całkowitą wysokością twarzy	t=-2,10	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=-0,28	
Zależność między średnią siłą żucia po stronie prawej a przednią całkowitą wysokością twarzy	t=-1,23	nieistotne statystycznie
	p=0,22	
	r=-0,17	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie lewej a przednią całkowitą wysokością twarzy	t=-2,06	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=-0,27	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie prawej a przednią całkowitą wysokością twarzy	t=-1,53	nieistotne statystycznie
	p=0,13	
	r=-0,21	

Dla istotnych statystycznie zależności wyznaczono proste regresji opisujące wzajemne zależności liniowe.

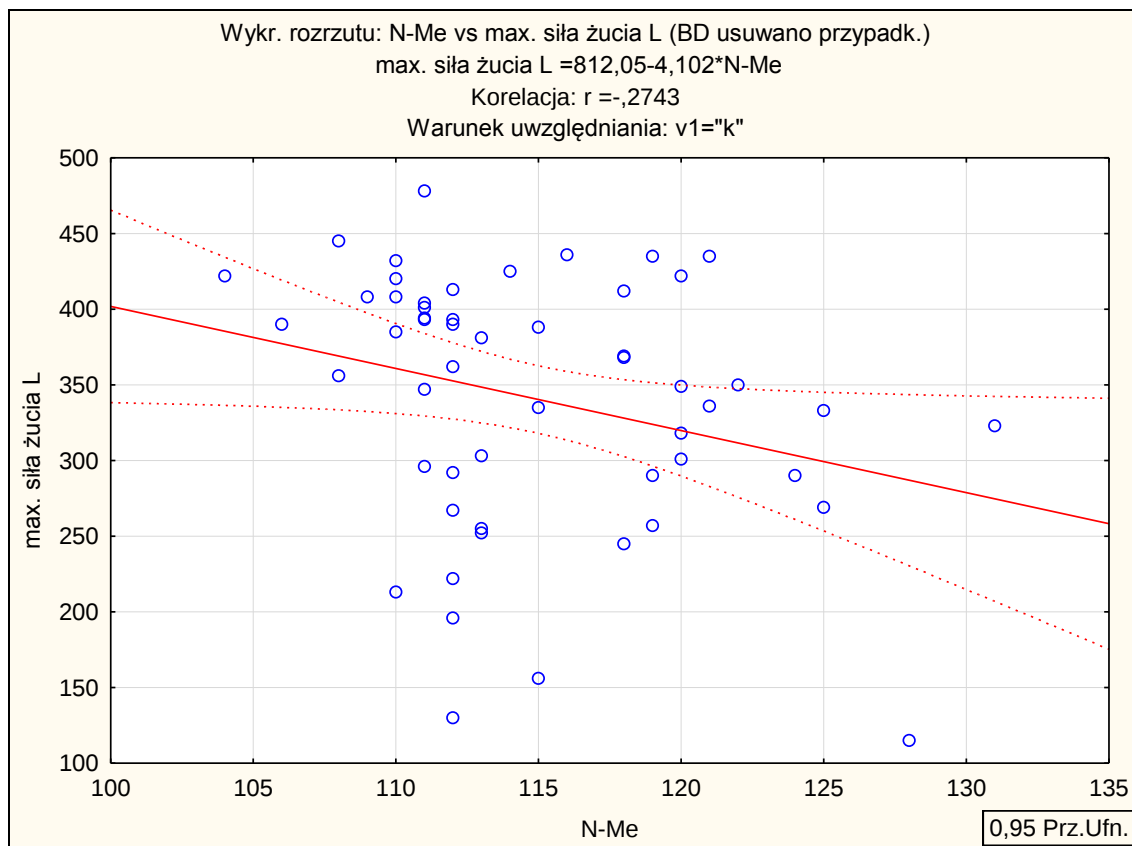
Ocena współczynnika regresji przy zmiennej N-Me wskazuje, że z każdym wzrostem o 1 mm przedniej całkowitej wysokości twarzy (N-Me) można spodziewać się spadku przeciętnej średniej wartości siły żucia po stronie lewej o 3,7 N (ryc. 12).



Ryc. 12. Wpływ zmiennej N-Me na średnią siłę żucia po stronie lewej w grupie kontrolnej.

śr. siła żucia L – średnia siła żucia po stronie lewej

Jeszcze większą dynamikę zmiany obserwujemy w przypadku maksymalnej siły żucia po stronie lewej. Wzrost wartości przedniej całkowitej wysokości twarzy (N-Me) o 1 mm spowoduje spadek siły żucia przeciętnie o 4,1 N (ryc. 13).



Ryc. 13. Wykres rozrzutu maksymalnej siły żucia po stronie lewej względem N-Me w grupie kontrolnej.

max. siła żucia L – maksymalna siła żucia po stronie lewej

- Zależność między siłą żucia a stosunkiem dolnej przedniej do całkowitej przedniej wysokości twarzy – SpMe:NMe.

Ponieważ badane cechy mają rozkład normalny wykorzystano test dla współczynnika korelacji Pearsona. Nie stwierdzono istotnych statystycznie korelacji między siłą żucia a stosunkiem dolnej przedniej do całkowitej przedniej wysokości twarzy (tab. 7).

Tab. 7. Zależność między siłą żucia a stosunkiem dolnej przedniej do całkowitej przedniej wysokości – SpMe:NMe w grupie kontrolnej.

Badane parametry	Wynik testu	Istotność statystyczna
Zależność między średnią siłą żucia po stronie lewej a SpMe:NMe	t=0,055	nieistotne statystycznie
	p=0,96	
	r=0,01	
Zależność między średnią siłą żucia po stronie prawej a SpMe:NMe	t=-0,39	nieistotne statystycznie
	p=0,70	
	r=-0,05	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie lewej a SpMe:NMe	t=0,012	nieistotne statystycznie
	p=0,99	
	r=0,001	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie prawej a SpMe:NMe	t=-0,35	nieistotne statystycznie
	p=0,72	
	r=0,05	

- Zależność między siłą żucia a stosunkiem tylnej do przedniej wysokości twarzy – SGo:NMe.

Nie stwierdzono istotnych statystycznie zależności pomiędzy siłą żucia a SGo:NMe w grupie kontrolnej (tab. 8).

Tab. 8. Zależność między siłą żucia a stosowaniem tylnej do przedniej wysokości twarzy – SGo:NMe w grupie kontrolnej.

Badane parametry	Wynik testu	Istotność statystyczna
Zależność między średnią siłą żucia po stronie lewej a SGo:NMe	t= 0,83	nieistotne statystycznie
	p=0,41	
	r=0,11	
Zależność między średnią siłą żucia po stronie prawej a SGo:NMe	t= 1,76	nieistotne statystycznie
	p=0,08	
	r=0,06	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie lewej a SGo:NMe	t=0,66	nieistotne statystycznie
	p=0,51	
	r=0,09	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie prawej a SGo:NMe	t=1,81	nieistotne statystycznie
	p=0,08	
	r=0,24	

- Zależność między siłą żucia a odległością ms-NL.

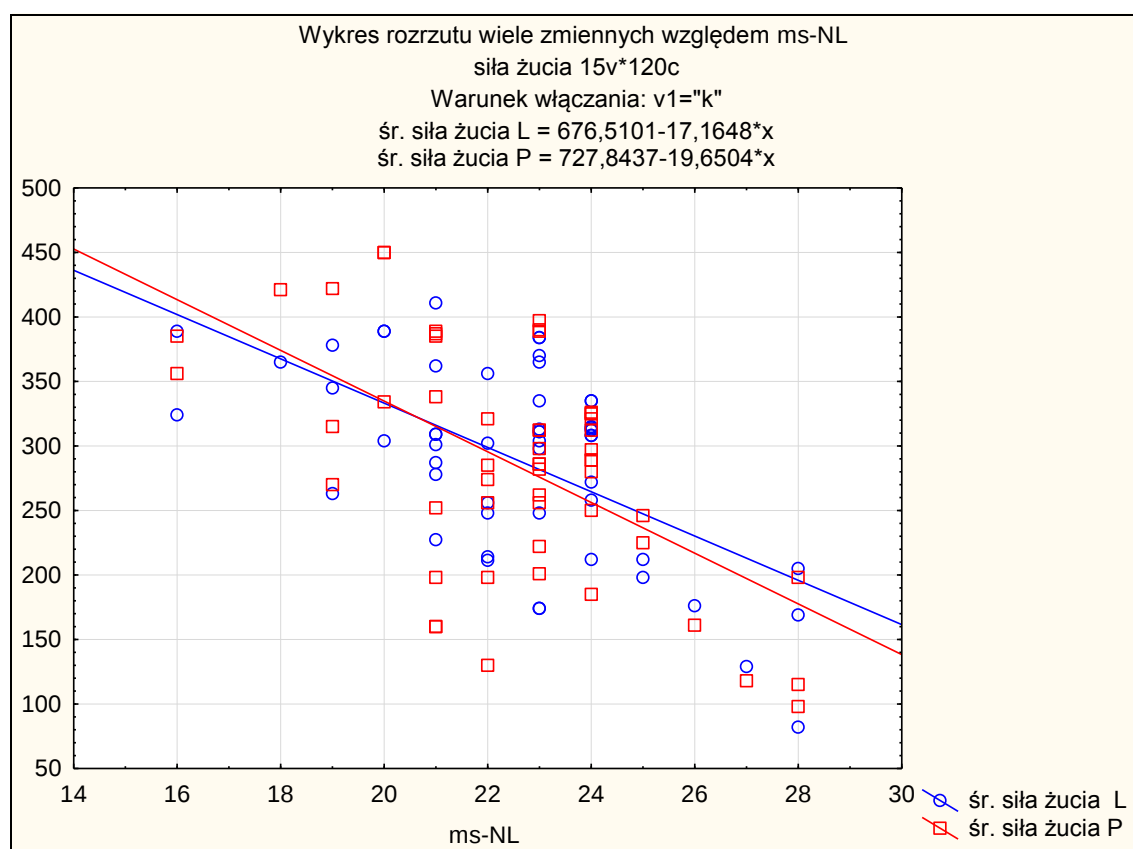
Stwierdzono istotne statystycznie korelacje między siłą żucia a odległością ms-NL – korelacja ujemna, średniej mocy. Wraz ze wzrostem wartości ms-NL siła żucia maleje (tab. 9).

Tab. 9. Zależność między siłą żucia a odległością ms-NL w grupie kontrolnej.

Badane parametry	Wynik testu	Istotność statystyczna
Zależność między średnią siłą żucia po stronie lewej a ms-NL	t=-4,08	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=-0,50	
Zależność między średnią siłą żucia po stronie prawej a ms-NL	t=-3,72	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=-0,46	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie lewej a ms-NL	t=-4,29	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=-0,51	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie prawej a ms-NL	t=-5,17	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=-0,58	

Na rycinach 14 i 15 przedstawiono zależności liniowe między analizowanymi parametrami, które opisano prostymi regresji, jak również podano współczynnik korelacji określający siłę związku oraz kierunek zależności.

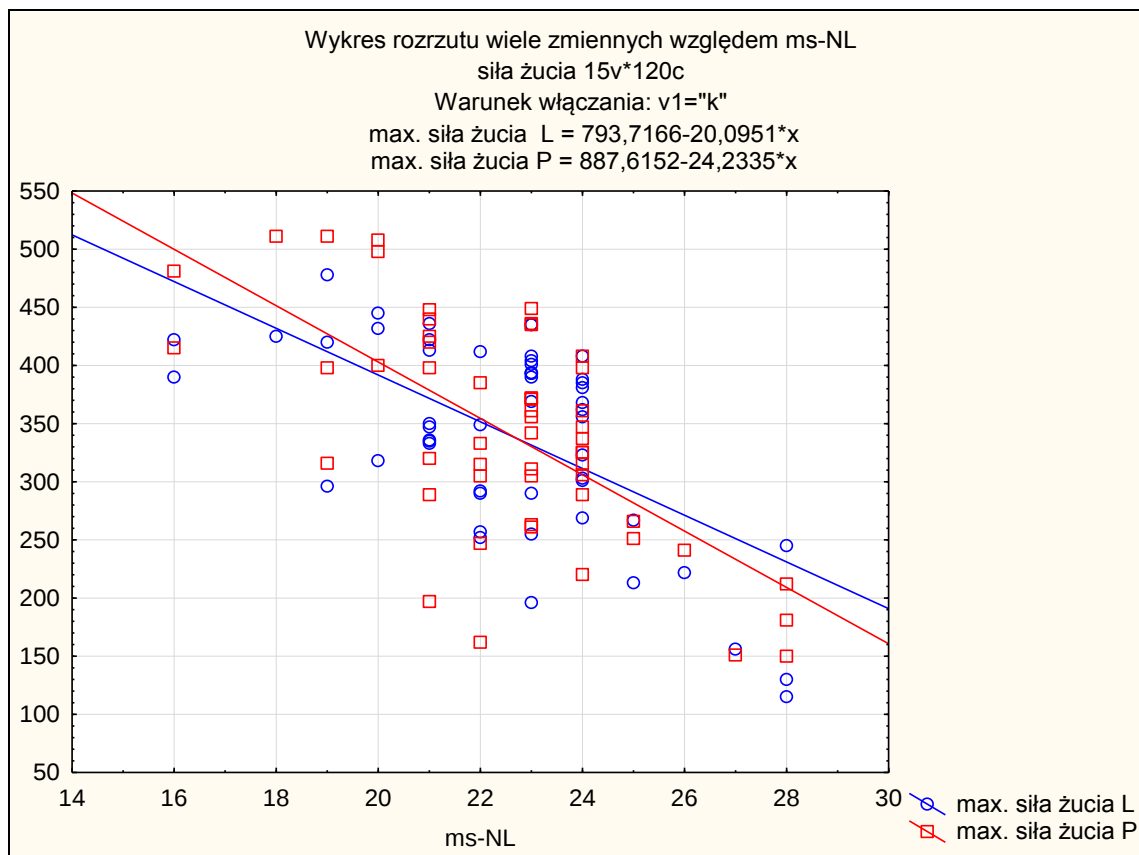
Ocena współczynnika regresji przy zmiennej ms-NL wskazuje, że z każdym wzrostem wartości ms-NL o jeden mm można spodziewać się spadku przeciętnej średniej siły żucia po stronie lewej o 17,2 N, natomiast po stronie prawej spadek ten wyniesie przeciętnie 19,65 N (ryc. 14).



Ryc. 14. Rozrzut średniej siły żucia po stronie lewej i prawej względem odległości ms-NL w grupie kontrolnej.

śr. siła żucia P – średnia siła żucia po stronie prawej

Natomiast analizując wpływ wartości ms-NL na maksymalną siłę żucia po stronie lewej i prawej stwierdzono, że wzrost o jeden mm wartości ms-NL, spowoduje spadek maksymalnej siły żucia po stronie lewej o 20,1 N i o 24,2 N po stronie prawej (ryc. 15).



Ryc. 15. Wpływ odległości ms-NL na maksymalną siłę żucia po stronie lewej i prawej w grupie kontrolnej.

max. siła żucia P – maksymalna siła żucia po stronie prawej

- Zależność między siłą żucia a wielkością kąta ML-NL.

Wartość kąta ML-NL nie wpływała w sposób istotny statystycznie na zmianę średniej, jak i maksymalnej wartości siły żucia (tab. 10).

Tab. 10. Zależność między siłą żucia a wielkością kątem ML-NL w grupie kontrolnej.

Badane parametry	Wynik testu	Istotność statystyczna
Zależność między średnią siłą żucia po stronie lewej a kątem ML-NL	t=1,21	nieistotne statystycznie
	p=0,23	
	r=0,16	
Zależność między średnią siłą żucia po stronie prawej a kątem ML-NL	t=0,72	nieistotne statystycznie
	p=0,48	
	r=0,10	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie lewej a kątem ML-NL	t=0,95	nieistotne statystycznie
	p=0,34	
	r=0,13	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie prawej a kątem ML-NL	t=1,24	nieistotne statystycznie
	p=0,22	
	r=0,17	

- Zależność między siłą żucia a wielkością kąta ML-NSL.

Wartość kąta ML-NSL nie wpływała w sposób istotny statystycznie na zmianę średniej, jak i maksymalną wartość siły żucia (tab. 11).

Tab. 11. Zależność między siłą żucia a wielkością kąta ML-NSL w grupie kontrolnej.

Badane parametry	Wynik testu	Istotność statystyczna
Zależność między średnią siłą żucia po stronie lewej a ML-NSL	t=1,85	nieistotne statystycznie
	p=0,07	
	r=0,25	
Zależność między średnią siłą żucia po stronie prawej a ML-NSL	t=1,38	nieistotne statystycznie
	p=0,07	
	r=0,19	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie lewej a ML-NSL	t=1,60	nieistotne statystycznie
	p=0,11	
	r=0,22	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie prawej a ML-NSL	t=1,88	nieistotne statystycznie
	p=0,07	
	r=0,25	

- Zależność pomiędzy siłą żucia a wielkością kąta NL-NSL.

Wartość kąta NL-NSL nie wpływała w sposób istotny statystycznie na zmianę wartości siły żucia zarówno w przypadku wartości średnich, jak i maksymalnych (tab. 12).

Tab. 12. Zależność między siłą żucia a wielkością kąta NL-NSL w grupie kontrolnej.

Badane parametry	Wynik testu	Istotność statystyczna
Zależność między średnią siłą żucia po stronie lewej a NL-NSL	t=0,58	nieistotne statystycznie
	p=0,56	
	r=0,08	
Zależność między średnią siłą żucia po stronie prawej a NL-NSL	t=0,70	nieistotne statystycznie
	p=0,49	
	r=0,10	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie lewej a NL-NSL	t=0,63	nieistotne statystycznie
	p=0,53	
	r=0,09	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie prawej a NL-NSL	t=0,56	nieistotne statystycznie
	p=0,58	
	r=0,08	

Do oceny wpływu badanych zmiennych na siłę żucia wykorzystano analizę regresji liniowej wielorakiej – metodę krokową postępującą.

- Wpływ zmiennych na średnią siłę żucia po stronie lewej w grupie kontrolnej.

Tab. 13. Wpływ zmiennych na średnią siłę żucia po stronie lewej w grupie kontrolnej.

N=54	Podsumowanie regresji zmiennej zależnej: śr. siła żucia L (siła żucia) $R = ,60595249$ $R^2 = ,36717842$ Popraw. $R^2 = ,34236188$ $F(2,51) = 14,796$ $p < ,00001$ Błąd std. estymacji: 59,672 Warunek uwzględniania: $v1 = "k"$					
	b*	Bł. std. z b*	b	Bł. std. z b	t(51)	p
W. wolny			842,4098	169,5736	4,96781	0,000008
ms-NL	-0,559129	0,115893	-16,1626	3,3501	-4,82452	0,000013
N-Me	-0,125627	0,115893	-1,6409	1,5137	-1,08399	0,283469

Oszacowany model (tab. 13) pozwala wyjaśnić ponad 36,7% zmienności oryginalnej zmiennej zależnej. Wartość statystyki F i odpowiadający jej poziom prawdopodobieństwa testowego potwierdzają istotny statystycznie związek liniowy. Ponadto wartości statystyki t wskazują, że wyraz wolny i współczynnik regresji również istotnie różnią się od zera. Zbudowany model możemy potraktować jako końcowy. Postać modelu możemy zapisać następująco:

$$\text{Średnia siła żucia po stronie lewej} = 842,41 - 16,16 * \text{ms-NL}$$

Zmienna N-Me nie wchodzi do modelu ($p = 0,28$).

- Wpływ zmiennych na średnią siłę żucia po stronie prawej w grupie kontrolnej.

Tab. 14. Wpływ zmiennych na średnią siłę żucia po stronie prawej w grupie kontrolnej.

N=54	Podsumowanie regresji zmiennej zależnej: śr. siła żucia P (siła żucia) R= ,59116917 R ² = ,34948099 Popraw. R ² = ,32397044 F(2,51)=13,699 p<,00002 Błąd std. estymacji: 71,843 Warunek uwzględniania: v1="k"					
	b*	Bł. std. z b*	b	Bł. std. z b	t(51)	p
W. wolny			628,6557	116,1711	5,41146	0,000002
ms-NL	-0,557592	0,113512	-19,1398	3,8964	-4,91219	0,000010
Wiek	0,148265	0,113512	7,1092	5,4428	1,30616	0,197357

Oszacowany model (tab. 14) pozwala wyjaśnić ponad 34,9% zmienności oryginalnej zmiennej zależnej. Wartość statystyki F i odpowiadający jej poziom prawdopodobieństwa testowego potwierdzają istotny statystycznie związek liniowy. Ponadto wartości statystyki t wskazują, że wyraz wolny i współczynnik regresji również istotnie różnią się od zera. Prosta regresji opisująca model jest postaci:

$$\text{Średnia siła żucia po stronie prawej} = 628,66 - 19,14 * \text{ms-NL}$$

Zmienna wiek badanej osoby nie jest uwzględniona w modelu (p=0,197).

- Wpływ zmiennych na maksymalną siłę żucia po stronie lewej w grupie kontrolnej.

Tab. 15. Wpływ zmiennych na maksymalną siłę żucia po stronie lewej w grupie kontrolnej.

N=54	Podsumowanie regresji zmiennej zależnej: max. siła żucia L (siła żucia) R= ,64335357 R ² = ,41390395 Popraw. R ² = ,37873819 F(3,50)=11,770 p<,00001 Błąd std. estymacji: 66,403 Warunek uwzględniania: v1="k"					
	b*	Bł. std. z b*	b	Bł. std. z b	t(51)	p
W. wolny			973,8506	188,7305	5,16001	0,000004
ms-NL	-0,530274	0,115802	-17,5499	3,8326	-4,57913	0,000031
Wiek	0,201875	0,120487	9,3329	5,5702	1,67550	0,100081
N-Me	-0,205262	0,124723	-3,0696	1,8651	-1,64575	0,106088

Oszacowany model (tab. 15) pozwala wyjaśnić ponad 41,4% zmienności oryginalnej zmiennej zależnej. Wartość statystyki F i odpowiadający jej poziom prawdopodobieństwa testowego potwierdzają istotny statystycznie związek liniowy. Ponadto wartości statystyki t wskazują, że wyraz wolny i współczynnik regresji również istotnie różnią się od zera. W modelu nie znalazły się zmienne: wiek i N-Me. Zawiera on tylko ms-NL i możemy wyrazić go następującym wzorem:

$$\text{Maksymalna siła żucia po stronie lewej} = 973,85 - 17,55 * \text{ms-NL}$$

- Wpływ zmiennych na maksymalną siłę żucia po stronie prawej w grupie kontrolnej.

Tab. 16. Wpływ zmiennych na maksymalną siłę żucia po stronie prawej w grupie kontrolnej.

N=54	Podsumowanie regresji zmiennej zależnej: max. siła żucia P (siła żucia) R= ,67194641 R ² = ,45151198 Popraw. R ² = ,43000264 F(2,51)=20,991 p<,00000 Błąd std. estymacji: 70,598 Warunek uwzględniania: v1="k"					
	b*	Bł. std. z b*	b	Bł. std. z b	t(51)	p
W. wolny			795,6918	114,1583	6,97008	0,000000
ms-NL	-0,646809	0,104231	-23,7603	3,8289	-6,20555	0,000000
Wiek	0,128396	0,10423	6,5885	5,3485	1,23184	0,223657

Zbudowany model (tab. 16) możemy potraktować jako końcowy. Znalazła się w nim tylko zmienna ms-NL. Otrzymany model wyjaśnia ponad 45,5% wariancji zmiennej zależnej. Postać modelu można zapisać:

$$\text{Maksymalna siła żucia po stronie prawej} = 795,69 - 23,76 * \text{ms-NL}$$

4.2. Grupa badana

W obszarze grupy badanej określono:

- Zależność między siłą żucia a płcią.

Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w sile żucia dziewcząt i chłopców (tab. 17).

Tab. 17. Zależność między siłą żucia a płcią w grupie badanej.

Analiza porównawcza średniej siły żucia chłopców i dziewcząt	Średnia siła żucia dla chłopców (N)	Średnia siła żucia dla dziewcząt (N)	Wynik testu	Istotność statystyczna
Średnia siła żucia po stronie lewej	293,8	261,1	t=1,22 p=0,23	nieistotne statystycznie
Średnia siła żucia po stronie prawej	291,1	243,8	t=1,57 p=0,12	nieistotne statystycznie
Maksymalna siła żucia po stronie lewej	345,9	316	t=0,98 p=0,33	nieistotne statystycznie
Maksymalna siła żucia po stronie prawej	344,8	289	t=1,63 p=0,11	nieistotne statystycznie

- Zależność między siłą żucia a wiekiem.

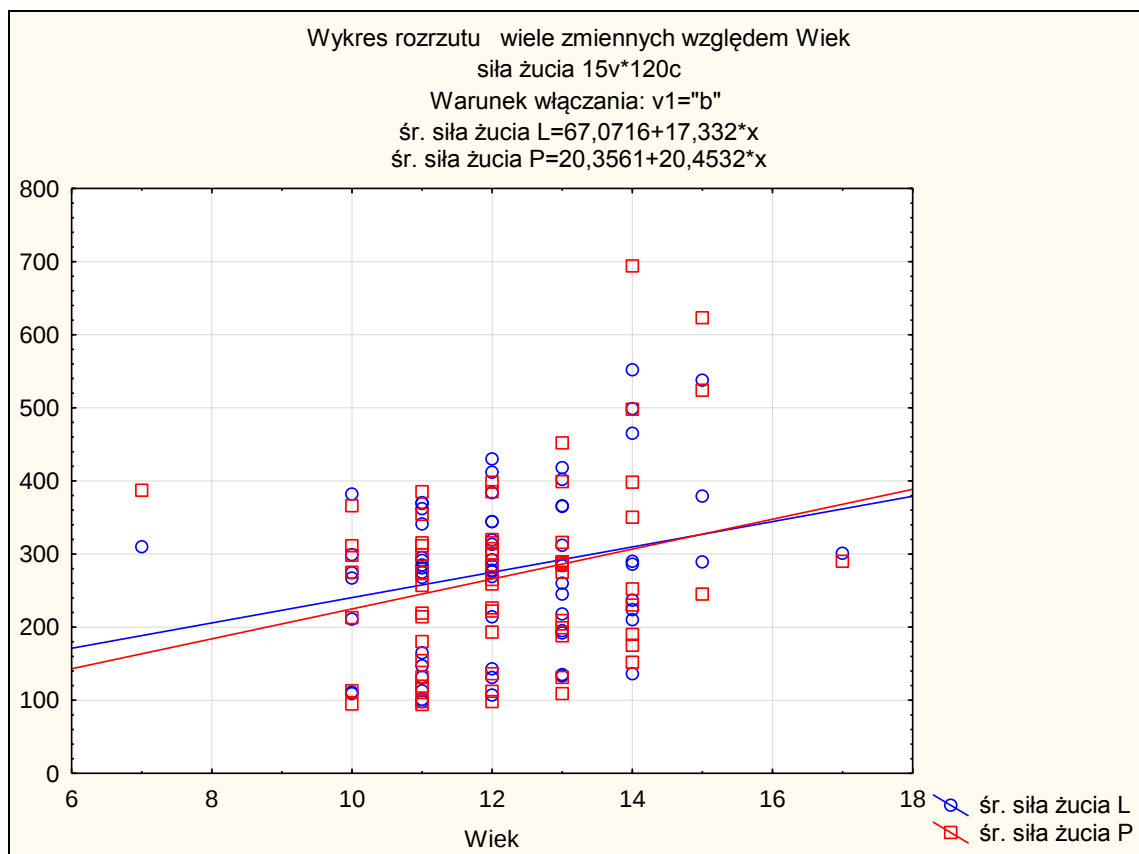
Stwierdzono słabą, ale istotną statystycznie korelację dodatnią między wiekiem a siłą żucia. Wraz ze wzrostem wieku badanych wzrastała wartość siły żucia (tab. 18).

Tab. 18. Zależność między siłą żucia a wiekiem w grupie badanej.

Badane parametry	Wynik testu	Istotność statystyczna
Zależność pomiędzy średnią siłą żucia po stronie lewej a wiekiem badanej osoby	t=2,14	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=0,26	
Zależność pomiędzy średnią siłą żucia po stronie prawej a wiekiem badanej osoby	t=2,24	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=0,27	
Zależność pomiędzy maksymalną siłą żucia po stronie lewej a wiekiem badanej osoby	t=2,15	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=0,26	
Zależność pomiędzy maksymalną siłą żucia po stronie prawej a wiekiem badanej osoby	t=2,32	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=0,28	

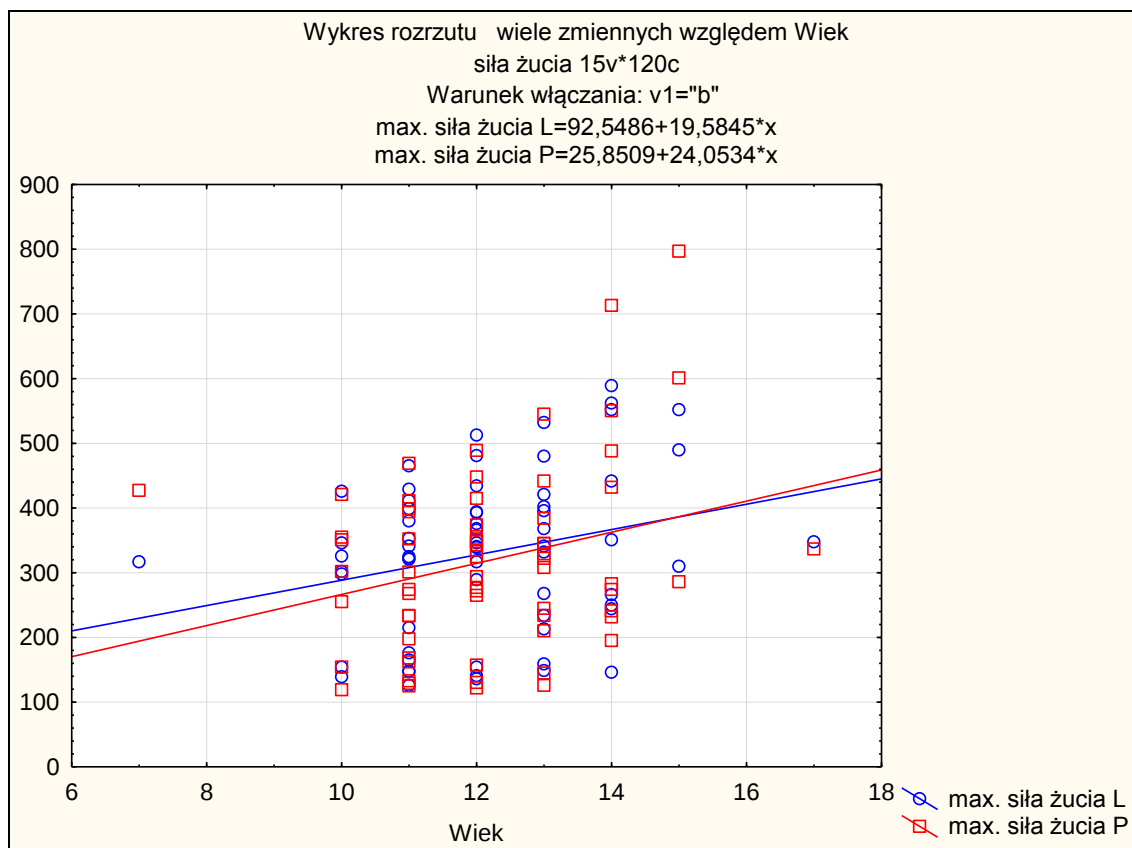
Poniżej przedstawiono proste regresji opisujące badane zależności.

Z oceny współczynnika regresji zmiennej wiek wynika, że z każdym rokiem życia badanych można spodziewać się wzrostu średniej siły żucia po stronie lewej o 17,3 N i o 20,5 N po stronie prawej (ryc. 16).



Ryc. 16. Wpływ wieku na średnią siłę żucia po stronie lewej i prawej w grupie badanej.

Natomiast dla maksymalnej siły żucia po stronie lewej i prawej współczynniki regresji przy zmiennej wiek wskazują na to, że wraz ze wzrostem o jeden rok wieku badanych należy spodziewać się wzrostu maksymalnej siły żucia po stronie lewej średnio o 19,6 N a po stronie prawej przeciętnie o 24 N (ryc. 17).



Ryc. 17. Wpływ wieku na maksymalną siłę żucia po stronie lewej i prawej w grupie badanej.

- Zależność między siłą żucia a dolną przednią wysokością twarzy (Sp-Me).

Nie stwierdzono istotnych statystycznie korelacji pomiędzy wartością siły żucia a dolną przednią wysokością twarzy w grupie badanej (tab. 19).

Tab. 19. Zależność między siłą żucia a dolną przednią wysokością twarzy (Sp-Me) w grupie badanej.

Badane parametry	Wynik testu	Istotność statystyczna
Zależność między średnią siłą żucia po stronie lewej a Sp-Me	t=-0,34	nieistotne statystycznie
	p=0,73	
	r=-0,04	
Zależność między średnią siłą żucia po stronie prawej a Sp-Me	t=-0,52	nieistotne statystycznie
	p=0,60	
	r=-0,07	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie lewej a Sp-Me	t=-0,89	nieistotne statystycznie
	p=0,38	
	r=-0,12	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie prawej a Sp-Me	t=-0,32	nieistotne statystycznie
	p=0,74	
	r=-0,04	

- Zależność między siłą żucia a przednią całkowitą wysokością twarzy (N-Me).

Nie stwierdzono istotnych statystycznie zależności pomiędzy wartością siły żucia a przednią całkowitą wysokością twarzy (N-Me) (tab. 20).

Tab. 20. Zależność między siłą żucia a przednią całkowitą wysokością twarzy (N-Me) w grupie badanej.

Badane parametry	Wynik testu	Istotność statystyczna
Zależność między średnią siłą żucia po stronie lewej a N-Me	t=-0,07	nieistotne statystycznie
	p=0,95	
	r=-0,01	
Zależność między średnią siłą żucia po stronie prawej a N-Me	t=0,22	nieistotne statystycznie
	p=0,82	
	r=0,03	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie lewej a N-Me	t=-0,29	nieistotne statystycznie
	p=0,77	
	r=-0,04	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie prawej a N-Me	t=0,51	nieistotne statystycznie
	p=0,61	
	r=0,06	

- Zależność między siłą żucia a stosunkiem dolnej przedniej do całkowitej przedniej wysokości twarzy – SpMe:NMe.

Nie stwierdzono istotnych statystycznie zależności pomiędzy siłą żucia stosunkiem dolnej przedniej do całkowitej przedniej wysokości twarzy (tab. 21).

Tab. 21. Zależność między siłą żucia a stosunkiem dolnej przedniej do całkowitej przedniej wysokości twarzy – SpMe:NMe w grupie badanej.

Badane parametry	Wynik testu	Istotność statystyczna
Zależność między średnią siłą żucia po stronie lewej a SpMe:NMe	t=-0,56	nieistotne statystycznie
	p=0,58	
	r=-0,07	
Zależność między średnią siłą żucia po stronie prawej a SpMe:NMe	t=-1,35	nieistotne statystycznie
	p=0,18	
	r=-0,17	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie lewej a SpMe:NMe	t=-1,14	nieistotne statystycznie
	p=0,26	
	r=-0,14	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie prawej a SpMe:NMe	t=-1,43	nieistotne statystycznie
	p=0,16	
	r=-0,18	

- Zależność między siłą żucia a stosunkiem tylnej do przedniej wysokości twarzy SGo:NMe.

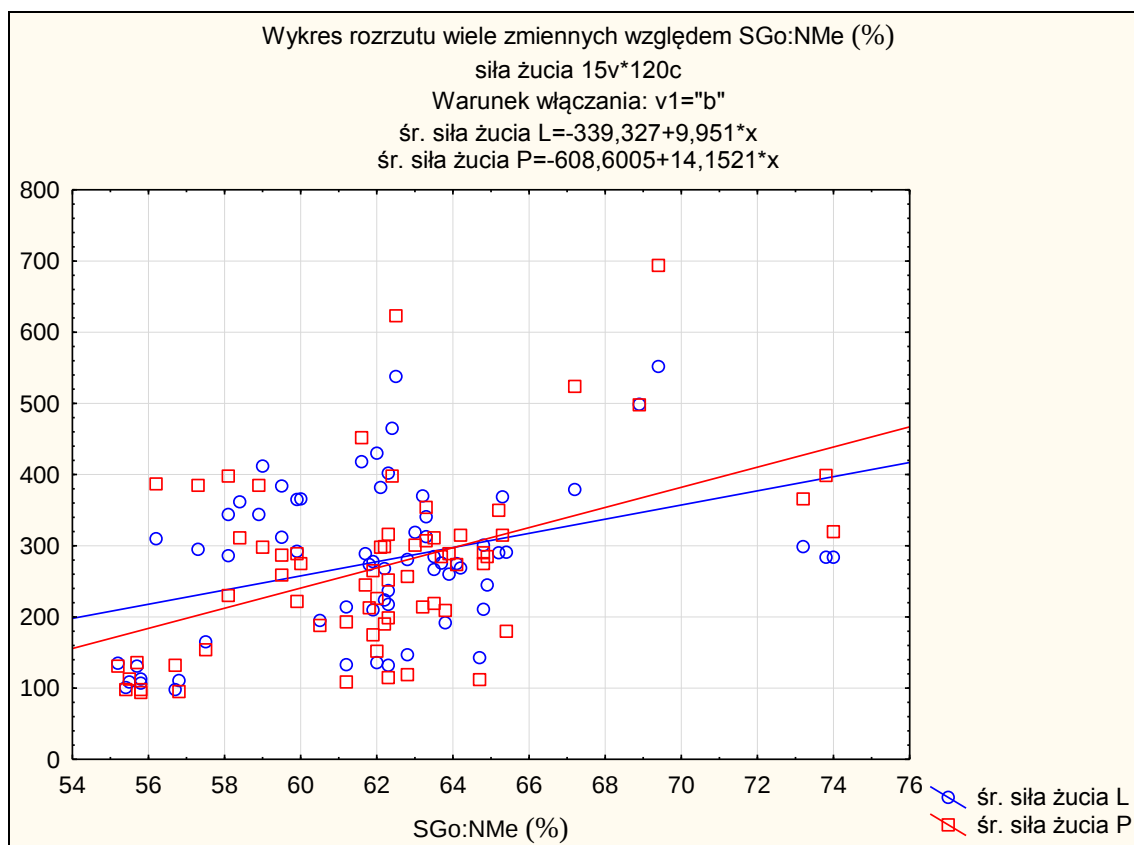
Stwierdzono istotną zależność statystyczną pomiędzy wartością siły żucia a stosunkiem tylnej do przedniej wysokości twarzy. Korelacja silna, dodatnia co oznacza, że ze wzrostem SGo:NMe wartość siły żucia ulega zwiększeniu (tab. 22).

Tab. 22. Zależność między siłą żucia a stosunkiem tylnej do przedniej wysokości twarzy – SGo:NMe w grupie badanej.

Badane parametry	Wynik testu	Istotność statystyczna
Zależność między średnią siłą żucia po stronie lewej a SGo:NMe	t=3,28	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=0,38	
Zależność między średnią siłą żucia po stronie prawej a SGo:NMe	t= 4,34	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=0,48	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie lewej a SGo:NMe	t=3,75	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=0,42	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie prawej a SGo:NMe	t=4,39	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=0,48	

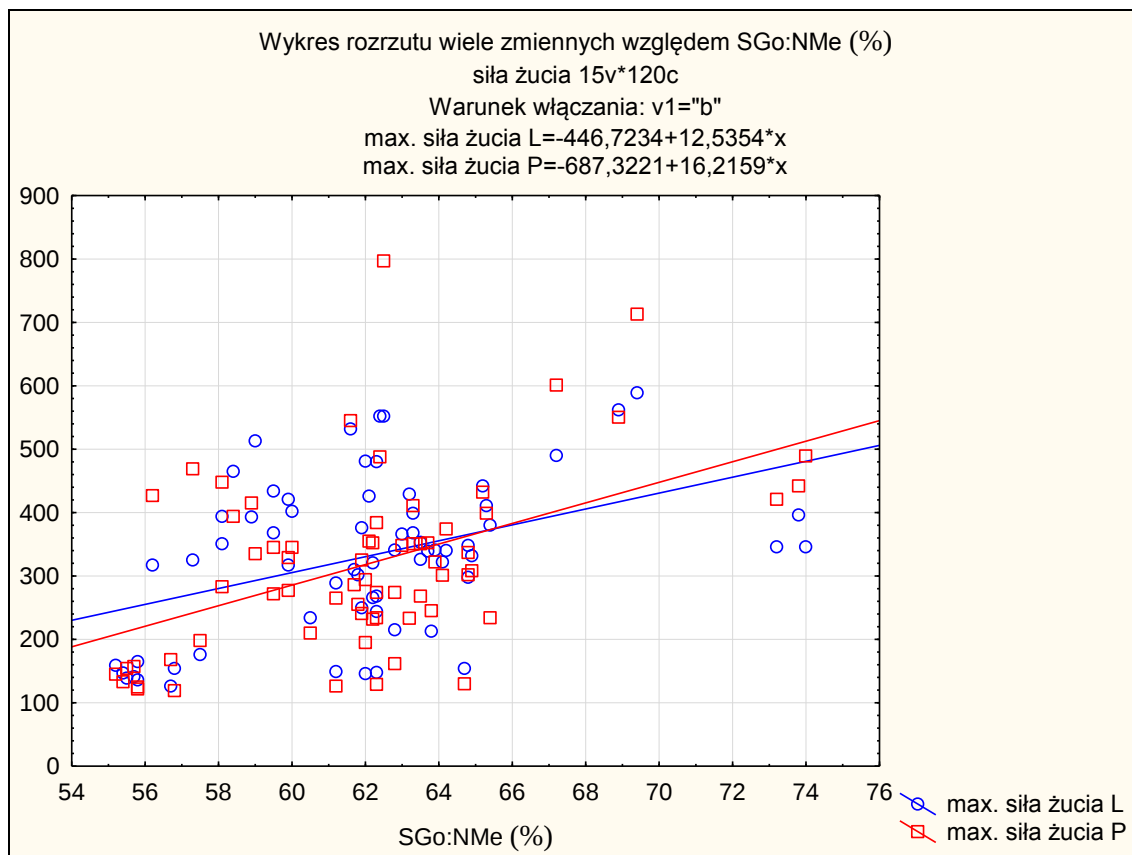
Omawiane korelacje przedstawiono graficznie wyznaczając proste regresji.

Ocena współczynnika przy zmiennej SGo:NMe wskazuje na to, że każde zwiększenie stosunku tylnej do przedniej wysokości twarzy o jeden procent spowoduje wzrost średniej siły żucia po stronie lewej przeciętnie o 9,9 N a po stronie prawej o 14,2 N (ryc. 18).



Ryc. 18. Rozrzut średniej siły żucia po stronie lewej i prawej względem SGo:NMe w grupie badanej.

Podobne zależności obserwujemy dla maksymalnych sił żucia strony lewej i prawej. Wzrost o jeden procent SGo:NMe spowoduje zwiększenie maksymalnej siły żucia po stronie lewej średnio o 12,5 N a po strony prawej o 16 N (ryc. 19).



Ryc. 19. Rozrzut maksymalnej siły żucia strony lewej i prawej względem SGo:NMe w grupie badanej.

- Zależność między siłą żucia a odległością ms-NL.

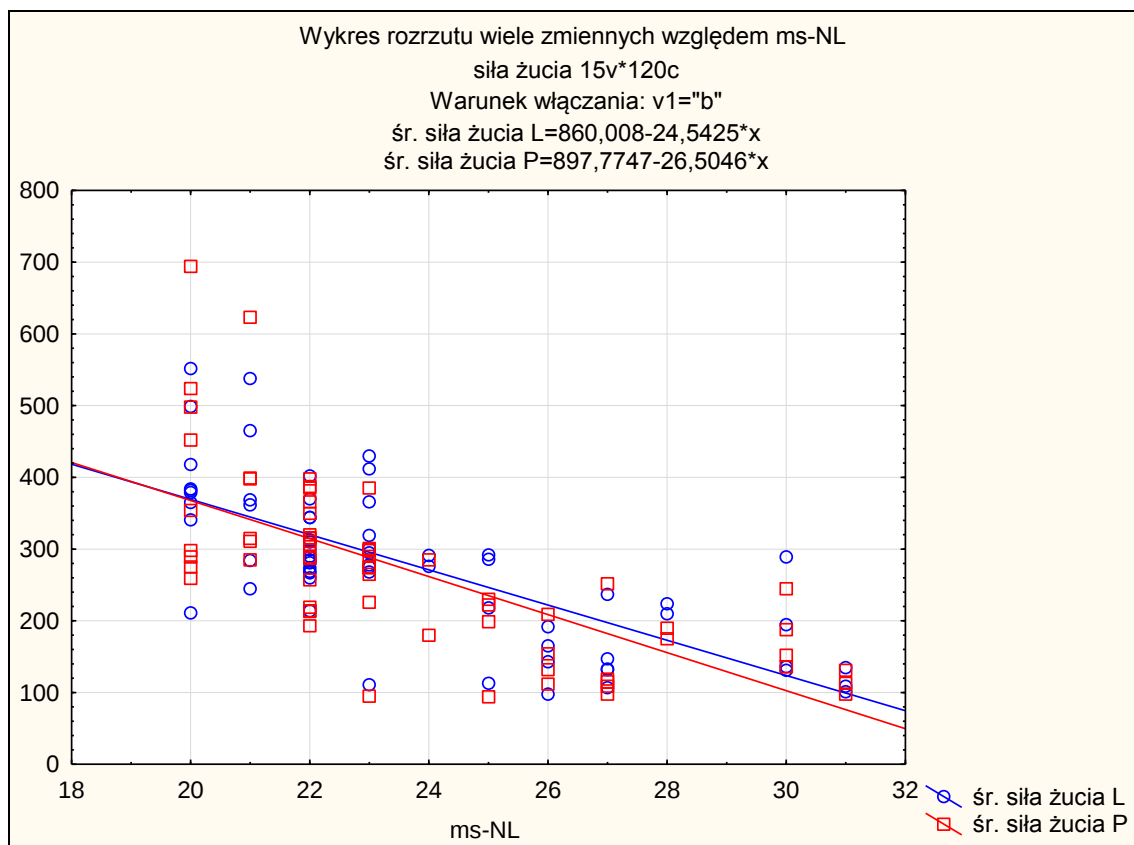
Stwierdzono istotne statystycznie zależności pomiędzy wartością siły żucia a odległością ms-NL. W każdym przypadku mamy do czynienia z silną korelacją ujemną, to znaczy, że wraz ze wzrostem wartości ms-NL maleje wartość siły żucia (tab. 23).

Tab. 23. Zależność między siłą żucia a odległością ms-NL w grupie badanej.

Badane parametry	Wynik testu	Istotność statystyczna
Zależność między średnią siłą żucia po stronie lewej a ms-NL	t=-8,28	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=-0,72	
Zależność między średnią siłą żucia po stronie prawej a ms-NL	t=-9,64	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=-0,77	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie lewej a ms-NL	t=-10,01	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=-0,78	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie prawej a ms-NL	t=-8,87	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=-0,74	

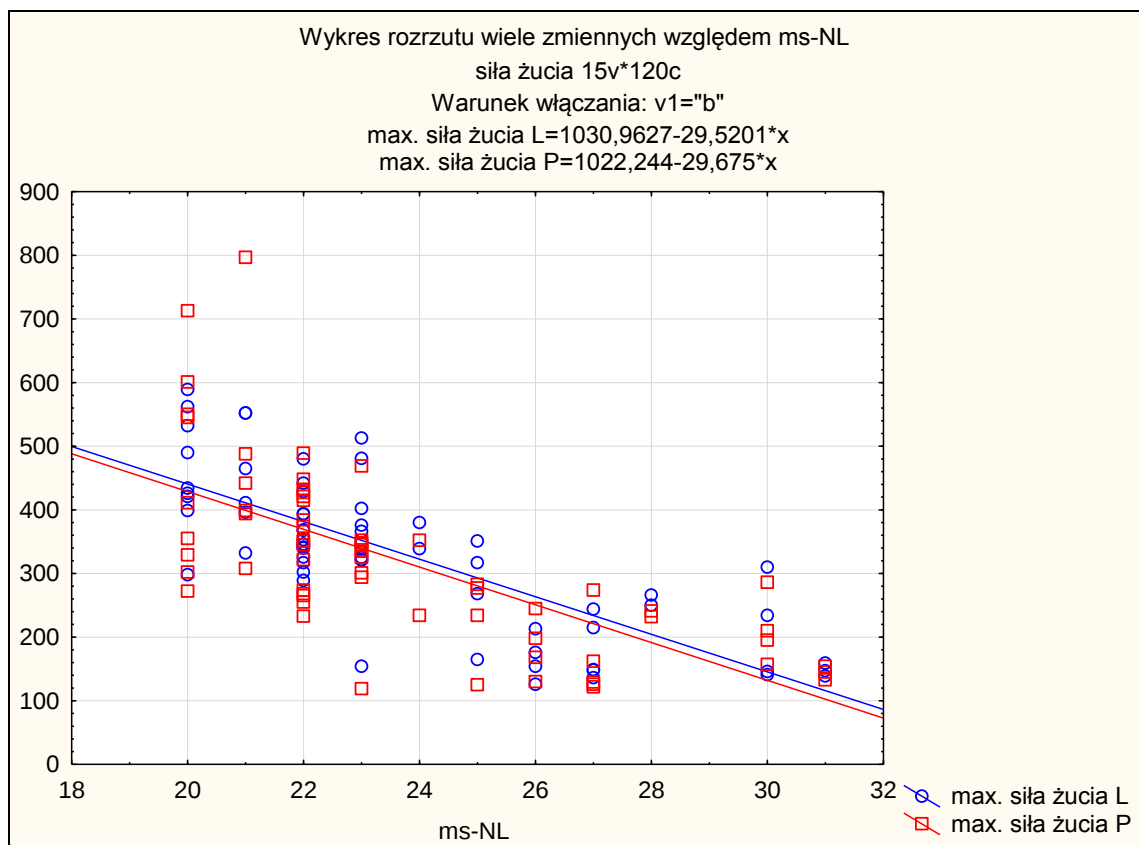
Analizowane korelacje przedstawiono na wykresach, wyznaczając proste regresji.

Każdy wzrost wartości ms-NL o jeden mm spowoduje spadek średniej siły żucia po stronie lewej o 24,5 N a po stronie prawej o 26,5 N (ryc. 20).



Ryc. 20. Rozrzut średniej siły żucia względem ms-NL w grupie badanej.

Jeszcze większe zmiany obserwujemy badając wpływ odległości ms-NL na wartość maksymalnej siły żucia po stronie lewej i prawej. Przy wzroście wartości ms-NL o jeden mm maksymalna siła żucia po stronie lewej spada o 29,5 N, a po prawej o 29,7 N (ryc. 21).



Ryc. 21. Wykres rozrzutu maksymalnej siły żucia po stronie lewej i prawej względem ms-NL w grupie badanej.

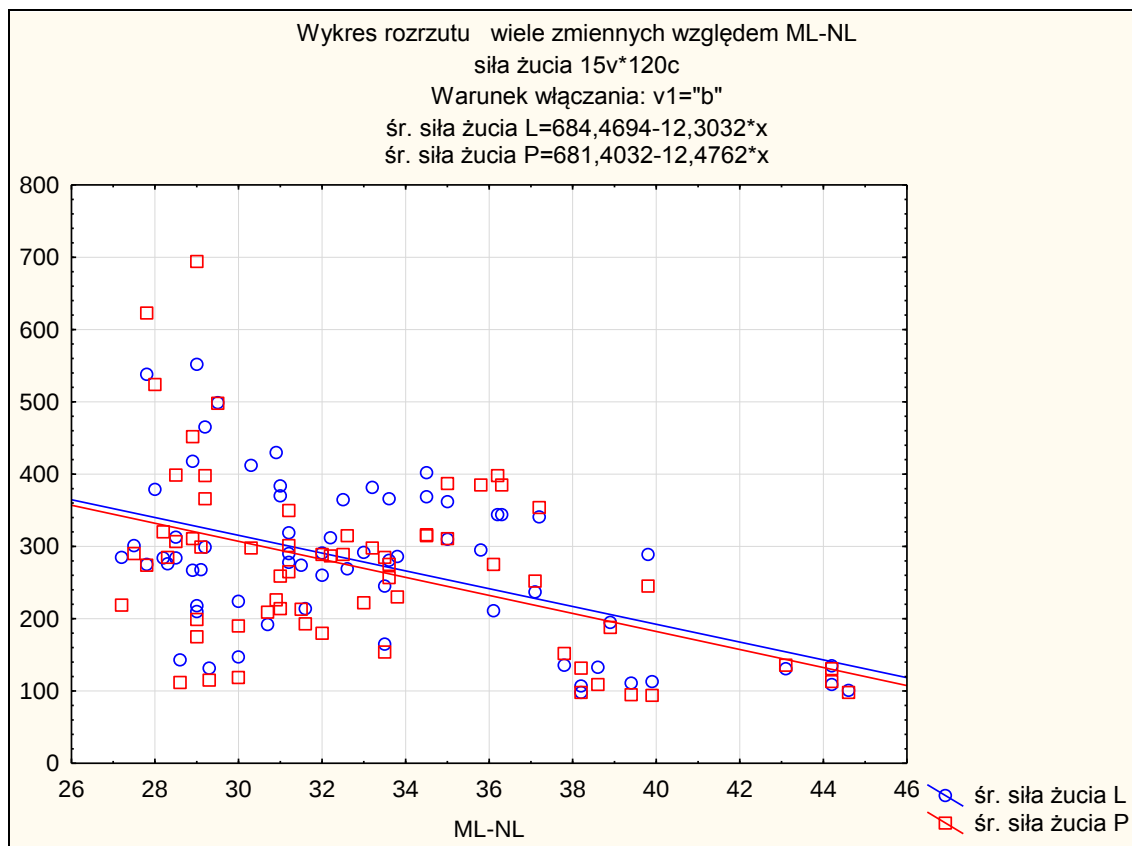
- Zależność między siłą żucia a wielkością kąta ML-NL.

Stwierdzono istotne statystycznie zależności między siłą żucia a wartością kąta ML-NL. W każdym przypadku wykazano korelację ujemną, średniej mocy, co oznacza że ze wzrostem wielkości kąta ML-NL siła żucia maleje (tab. 24).

Tab. 24. Zależność między siłą żucia a wielkością kąta ML-NL w grupie badanej.

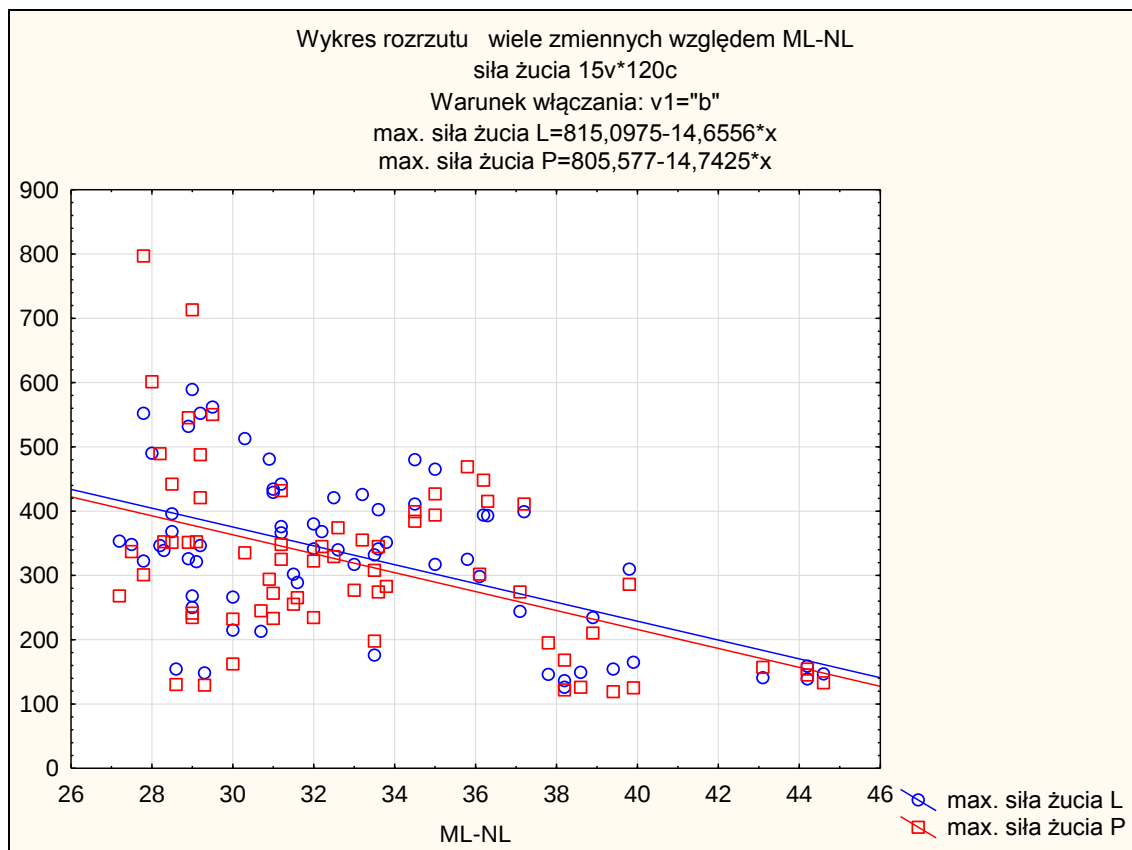
Badane parametry	Wynik testu	Istotność statystyczna
Zależność między średnią siłą żucia po stronie lewej a kątem ML-NL	t=-4,76	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=-0,51	
Zależność między średnią siłą żucia po stronie prawej a kątem ML-NL	t=-4,12	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=-0,45	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie lewej a kątem ML-NL	t=-5,15	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=-0,54	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie prawej a kątem ML-NL	t=-4,34	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=-0,48	

Omawiane zależności przedstawiono na wykresach wyznaczając proste regresji. Wzrost wartości kąta ML-NL o jeden stopień wpływa na zmniejszenie o 12,3 N średniej siły żucia po stronie lewej i o 12,5 N po stronie prawej (ryc. 22).



Ryc. 22. Rozrzut średniej siły żucia po stronie lewej i prawej względem wielkości kąta ML-NL w grupie badanej.

W przypadku maksymalnych wartości siły żucia zwiększenie o jeden stopień kąta ML-NL spowoduje spadek siły żucia po stronie lewej o 14,6 N i po stronie prawej o 14,7 N (ryc. 23).



Ryc. 23. Rozrzut maksymalnej siły żucia strony lewej i prawej względem wielkości kąta ML-NL w grupie badanej.

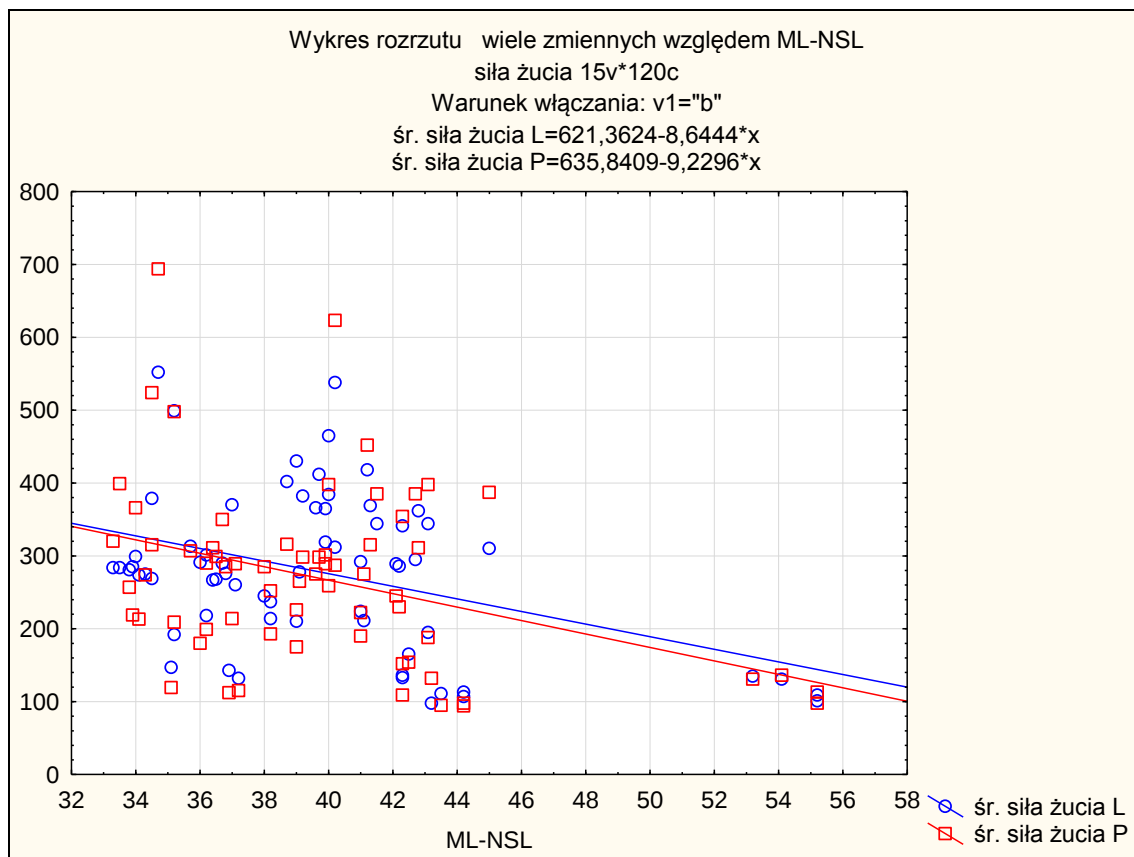
- Zależność między siłą żucia a wielkością kąta ML-NSL.

Stwierdzono słabą, ujemną istotną statystycznie zależność pomiędzy wartością siły żucia a wielkością kąta ML-NSL. Oznacza to, że wraz ze wzrostem wartości kąta ML-NSL maleje wartość siły żucia (tab. 25).

Tab. 25. Zależność między siłą żucia wielkością kąta ML-NSL w grupie badanej.

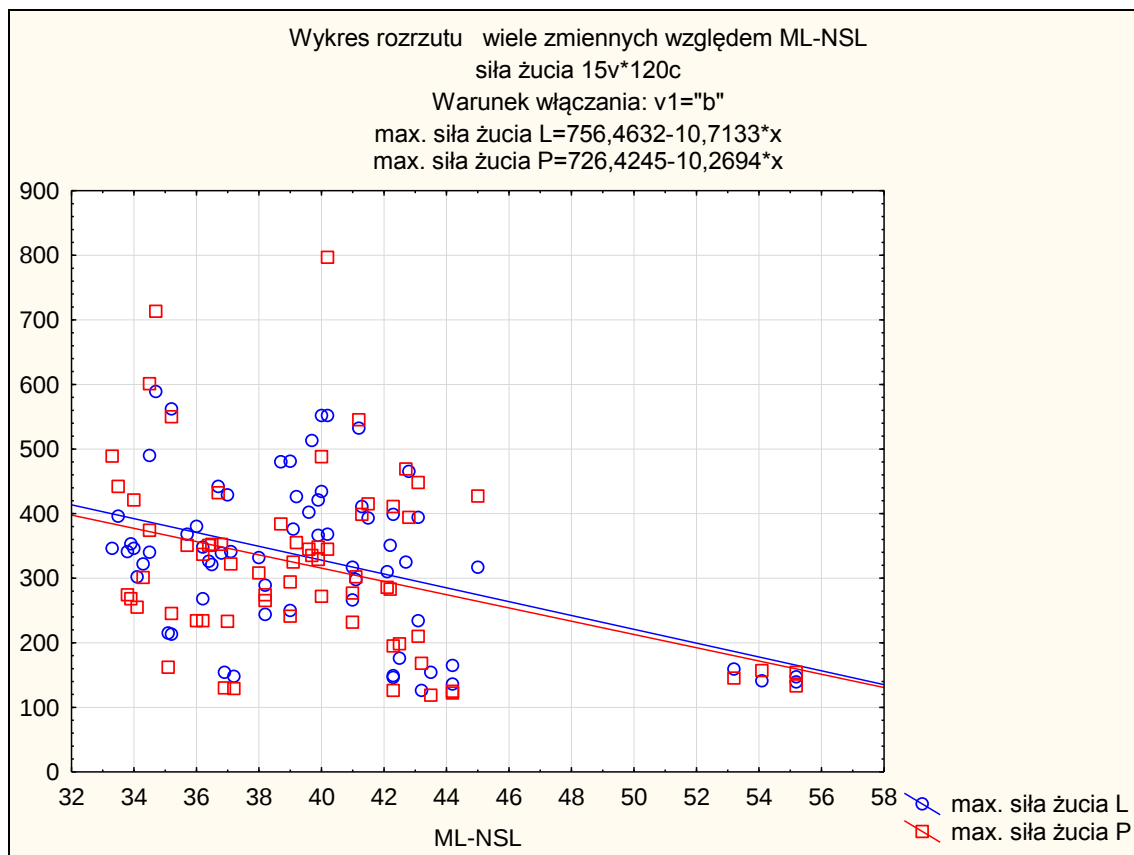
Badane parametry	Wynik testu	Istotność statystyczna
Zależność między średnią siłą żucia po stronie lewej a kątem ML-NSL	t=-3,42	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=-0,39	
Zależność między średnią siłą żucia po stronie prawej a kątem ML-NSL	t=-3,20	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=-0,37	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie lewej a kątem ML-NSL	t=-3,84	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=-0,43	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie prawej a kątem ML-NSL	t=-3,12	istotne statystycznie
	p<0,05	
	r=-0,36	

Omawiane zależności przedstawiono na wykresach wyznaczając proste regresji. Przy wzroście wartości kąta ML-NSL o jeden stopień obserwujemy spadek średniej siły żucia po stronie lewej o 8,6 N i o 9,2 N po stronie prawej (ryc. 24).



Ryc. 24. Wpływ zmiennej ML-NSL na średnią siłę żucia po stronie lewej i prawej w grupie badanej.

Analiza wpływu wielkości kąta ML-NSL na maksymalną siłę żucia wykazała, że zwiększanie kąta ML-NSL o jeden stopień wpływa na spadek maksymalnej siły żucia po stronie lewej i prawej, odpowiednio o 10,7 N i o 10,3 N (ryc. 25).



Ryc. 25. Wpływ zmiennej ML-NSL na maksymalną siłę żucia po stronie lewej i prawej w grupie badanej.

- Zależność między siłą żucia a wielkością kąta NL-NSL.

Wartość kąta NL-NSL nie wpływała w sposób istotny statystycznie na zmianę wartości siły żucia, zarówno w przypadku wartości średnich, jak i maksymalnych (tab. 26).

Tab. 26. Zależność między siłą żucia a wielkością kąta NL-NSL w grupie badanej.

Badane parametry	Wynik testu	Istotność statystyczna
Zależność między średnią siłą żucia po stronie lewej a kątem NL-NSL	t= 1,11	nieistotne statystycznie
	p=0,27	
	r=0,14	
Zależność między średnią siłą żucia po stronie prawej a kątem NL-NSL	t= 0,71	nieistotne statystycznie
	p=0,48	
	r=0,09	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie lewej a kątem NL-NSL	t=0,93	nieistotne statystycznie
	p=0,36	
	r=0,11	
Zależność między maksymalną siłą żucia po stronie prawej a kątem NL-NSL	t=1,09	nieistotne statystycznie
	p=0,28	
	r=0,14	

Również w przypadku grupy badanej do oceny wpływu analizowanych zmiennych na siłę żucia wykorzystano analizę regresji liniowej wielorakiej – metodę krokową postępującą.

- Wpływ zmiennych na średnią siłę żucia po stronie lewej w grupie badanej.

Na podstawie wyników możemy stwierdzić, że oszacowany model (tab. 27) pozwala wyjaśnić ponad 70,5% zmienności oryginalnej zmiennej zależnej. Wartość statystyki F i odpowiadający jej poziom prawdopodobieństwa p potwierdzają istotny statystycznie związek liniowy. Ponadto wartość statystyki t i odpowiadający jej poziom prawdopodobieństwa testowego p, wskazują że ocena wyrazu wolnego i współczynników regresji również istotnie różnią się od zera. Postać modelu można zapisać następująco:

$$\text{Średnia siła żucia po stronie lewej} = 467,7 - 29,02 * \text{ms-NL} + 20,4 * \text{wiek} + 5,1 * \text{Sp-Me}$$

Tab. 27. Wpływ zmiennych na średnią siłę żucia po stronie lewej w grupie badanej.

N=66	Podsumowanie regresji zmiennej zależnej: śr. siła żucia L (siła żucia) R= ,83957018 R ² = ,70487809 Popraw. R ² = ,68028460 F(5,60)=28,661 p<,00000 Błąd std. estymacji: 61,162 Warunek uwzględniania: v1="b"					
	b*	Bł. std. z b*	b	Bł. std. z b	t(60)	p
W. wolny			467,7446	100,9524	4,6333	0,000020
ms-NL	-0,854179	0,080617	-29,0158	2,7385	-10,5955	0,000000
N-Me	-0,108748	0,157029	-1,2448	1,7974	-0,6925	0,491272
Wiek	0,303330	0,091748	20,3795	6,1642	3,3061	0,001601
Sp-Me	0,304235	0,126707	5,1196	2,1322	2,4011	0,019463
NL-NSL	0,155607	0,079702	6,4437	3,3005	1,9524	0,055566

- Wpływ zmiennych na średnią siłę żucia po stronie prawej w grupie badanej.

Na średnią siłę żucia po stronie prawej mają wpływ następujące zmienne: ms-NL, N-Me, SGo:NMe, ML-NSL, wiek, Sp-Me. W modelu nie znalazł się wyraz wolny. Końcowa postać modelu (tab. 28) wyjaśnia ponad 71,5% zmienności oryginalnej zmiennej zależnej i możemy go zapisać w następującej postaci:

$$\begin{aligned} \text{Średnia siła żucia po stronie prawej} = & 72,97 * \text{Sp-Me} + 14,88 * \text{wiek} + 6,65 \\ & * \text{ML-NSL} + 3,74 * \text{SGo:NMe} - 33,21 * \text{ms-NL} \end{aligned}$$

Tab. 28. Wpływ zmiennych na średnią siłę żucia po stronie prawej w grupie badanej.

N=66	Podsumowanie regresji zmiennej zależnej: śr. siła żucia P (siła żucia) R= ,84573419 R^2= ,71526631 Popraw. R2= ,68090190 F(7,58)=20,814 p<,00000 Błąd std. estymacji: 69,103 Warunek uwzględniania: v1="b"					
	b*	Bł. std. z b*	b	Bł. std. z b	t(58)	p
W. wolny			4893,965	2786,806	1,75612	0,084347
ms-NL	-0,86440	0,091329	-33,207	3,509	-9,46477	0,000000
N-Me	-3,00357	1,589339	-38,882	20,574	-1,88982	0,063783
Sgo:NMe (%)	0,26977	0,125938	8,006	3,737	2,14210	0,036396
ML-NSL	0,26754	0,125256	6,652	3,114	2,13596	0,036916
Wiek	0,19585	0,092371	14,881	7,019	2,12023	0,038276
Sp-Me	3,83432	1,861727	72,970	35,430	2,05955	0,043940
SpMe:NMe (%)	-2,22546	1,125221	-89,535	45,270	-1,97779	0,052710

- Wpływ zmiennych na maksymalną siłę żucia po stronie lewej w grupie badanej.

Końcowy model (tab. 29) określający wpływ parametrów na maksymalną siłę żucia po stronie lewej wyjaśnia ponad 76,4% zmienności oryginalnej zmiennej zależnej i znalazły się w nim następujące zmienne: ms-NL, wiek, NL-NSL. Model możemy opisać następującym wzorem:

$$\text{Maksymalna siła żucia po stronie lewej} = 7,71 * \text{NL-NSL} + 19,91 * \text{wiek} - 32,23 * \text{ms-NL}$$

Tab. 29. Wpływ zmiennych na maksymalną siłę żucia po stronie lewej w grupie badanej.

N=66	Podsumowanie regresji zmiennej zależnej: max. siła żucia L (siła żucia) R= ,87406175 R^2= ,76398395 Popraw. R2= ,73998231 F(6,59)=31,830 p<,00000 Błąd std. estymacji: 62,053 Warunek uwzględniania: v1="b"					
	b*	Bł. std. z b*	b	Bł. std. z b	t(59)	p
W. wolny			357,4650	202,4926	1,7653	0,082684
pkt. moralny	-0,843471	0,080174	-32,2343	3,0640	-10,5205	0,000000
N-Me	-0,050416	0,146988	-0,6492	1,8929	-0,3430	0,732823
Wiek	0,263401	0,083920	19,9094	6,3431	3,1387	0,002649
ML-NSL	0,165515	0,076596	7,7109	3,5684	2,1609	0,034775
Sp-Me	0,234352	0,122032	4,4367	2,3103	1,9204	0,059642
Sgo:NMe (%)	0,116098	0,083716	3,4274	2,4714	1,3868	0,170716

W modelu końcowym (tab. 30) określającym wpływ zmiennych na maksymalną siłę żucia po stronie prawej znalazły się następujące parametry: ms-NL, N-Me, Sgo:NMe, ML-NSL. Objaśnia on ponad 70,3% zmienności oryginalnej zmiennej zależnej i możemy go opisać następującą prostą regresji:

$$\text{Maksymalna siła żucia po stronie prawej} = -693,6 - 37,7 * \text{ms-NL} + 4,6 * \text{N-Me} + 12,7 * \text{Sgo:NMe} + 10,1 * \text{ML-NSL}$$

Tab. 30. Wpływ zmiennych na maksymalną siłę żucia po stronie prawej w grupie badanej.

N=66	Podsumowanie regresji zmiennej zależnej: max. siła żucia P (siła żucia) R= ,83856719 R^2= ,70319493 Popraw. R2= ,67846118 F(5,60)=28,431 p<,00000 Błąd std. estymacji: 78,797 Warunek uwzględniania: v1="b"					
	b*	Bł. std. z b*	b	Bł. std. z b	t(60)	p
W. wolny			-693,595	338,0889	-2,05152	0,044589
ms-NL	-0,863873	0,091616	-37,699	3,9981	-9,42925	0,000000
N-Me	0,309611	0,096157	4,553	1,4140	3,21986	0,002072
Sgo:NMe (%)	0,378062	0,110194	12,745	3,7147	3,43088	0,001095
ML-NSL	0,356523	0,120414	10,069	3,4007	2,96082	0,004390
Wiek	0,157763	0,090882	13,617	7,8441	1,73592	0,087711

4.3. Grupa badana w porównaniu z grupą kontrolną

Dla porównania średnich poszczególnych parametrów w grupie badanej w stosunku do kontrolnej wykorzystano test t dla zmiennych niezależnych ze zmienną grupującą.

Nie wykazano istotnej statystycznie różnicy między wartościami siły żucia zarejestrowanymi podczas badania w grupach badanej i kontrolnej (tab. 31).

Tab. 31. Porównanie wartości siły żucia między grupą badaną i kontrolną.

Zmienna	Średnia dla grupy badanej	Średnia dla grupy kontrolnej	Wartość funkcji testowej	Poziom istotności	Istotność statystyczna
max. siła żucia P	318,14	341,46	t=-1,05	p=0,29	nieistotne statystycznie
max. siła żucia L	330,53	340,83	t=-0,53	p=0,60	nieistotne statystycznie
śr. siła żucia P	268,89	284,98	t=-0,81	p=0,42	nieistotne statystycznie
śr. siła żucia L	277,68	289,67	t=-0,69	p=0,49	nieistotne statystycznie

Za wyjątkiem kąta NL-NSL wykazano istotną statystycznie różnicę między wartościami parametrów analizy cefalometrycznej w obu grupach (tab. 32).

Tab. 32. Porównanie wartości poszczególnych parametrów pomiędzy grupą badaną i kontrolną.

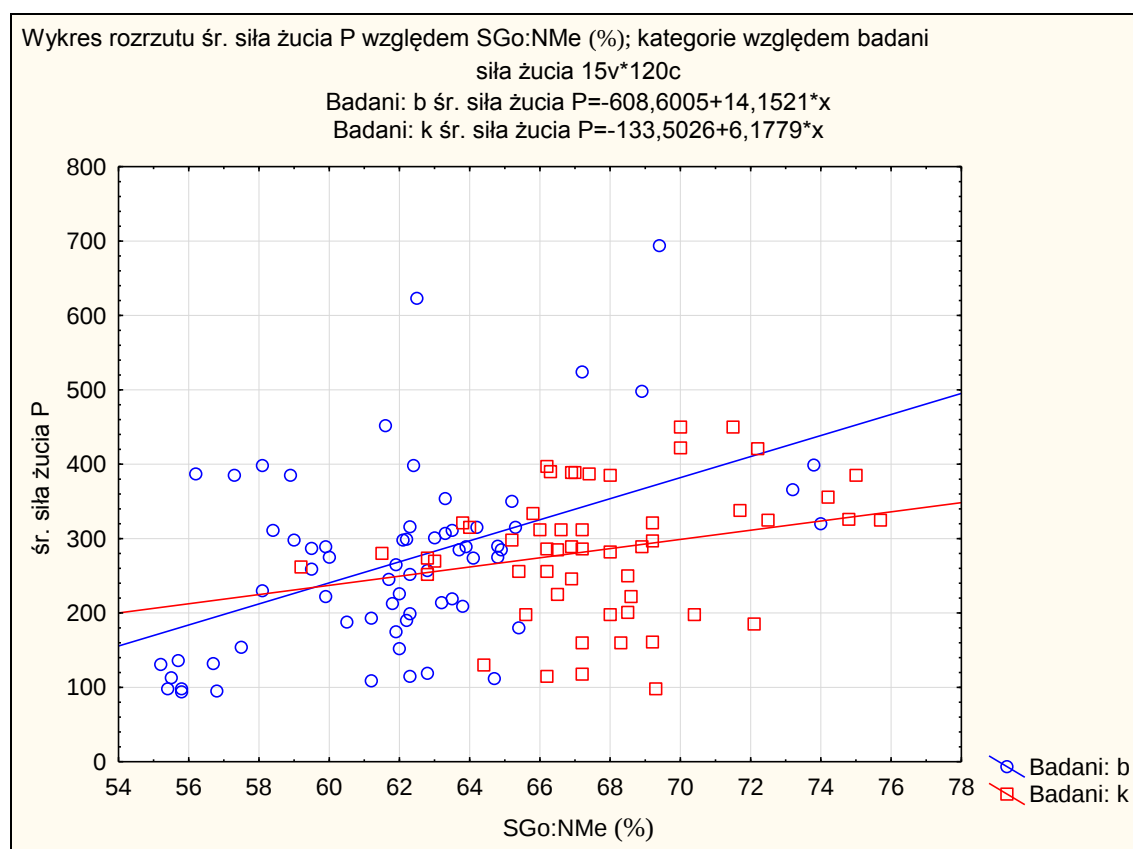
Zmienna	Średnia dla grupy badanej	Średnia dla grupy kontrolnej	Wartość funkcji testowej	Poziom istotności	Istotność statystyczna
NL-NSL	6,69	6,23	$t=0,93$	$p=0,35$	nieistotne statystycznie
ML-NSL	39,76	28,39	$t=14,23$	$p<0,05$	istotne statystycznie
ML-NL	33,06	22,16	$t=13,96$	$p<0,05$	istotne statystycznie
ms-NL	23,73	22,54	$t=2,23$	$p<0,05$	istotne statystycznie
SGo:NMe	62,00	67,74	$t=-8,23$	$p<0,05$	istotne statystycznie
N-Me	120,85	114,87	$t=4,09$	$p<0,05$	istotne statystycznie
Sp-Me	69,94	62,67	$t=7,27$	$p<0,05$	istotne statystycznie
SpMe:NMe	57,89	54,53	$t=5,09$	$p<0,05$	istotne statystycznie

Różnice współczynników korelacji w grupie badanej w porównaniu z grupą kontrolną stwierdzono w następujących zależnościach:

- Wpływ stosunku tylnej do przedniej wysokości twarzy SGo:NMe na siłę żucia.

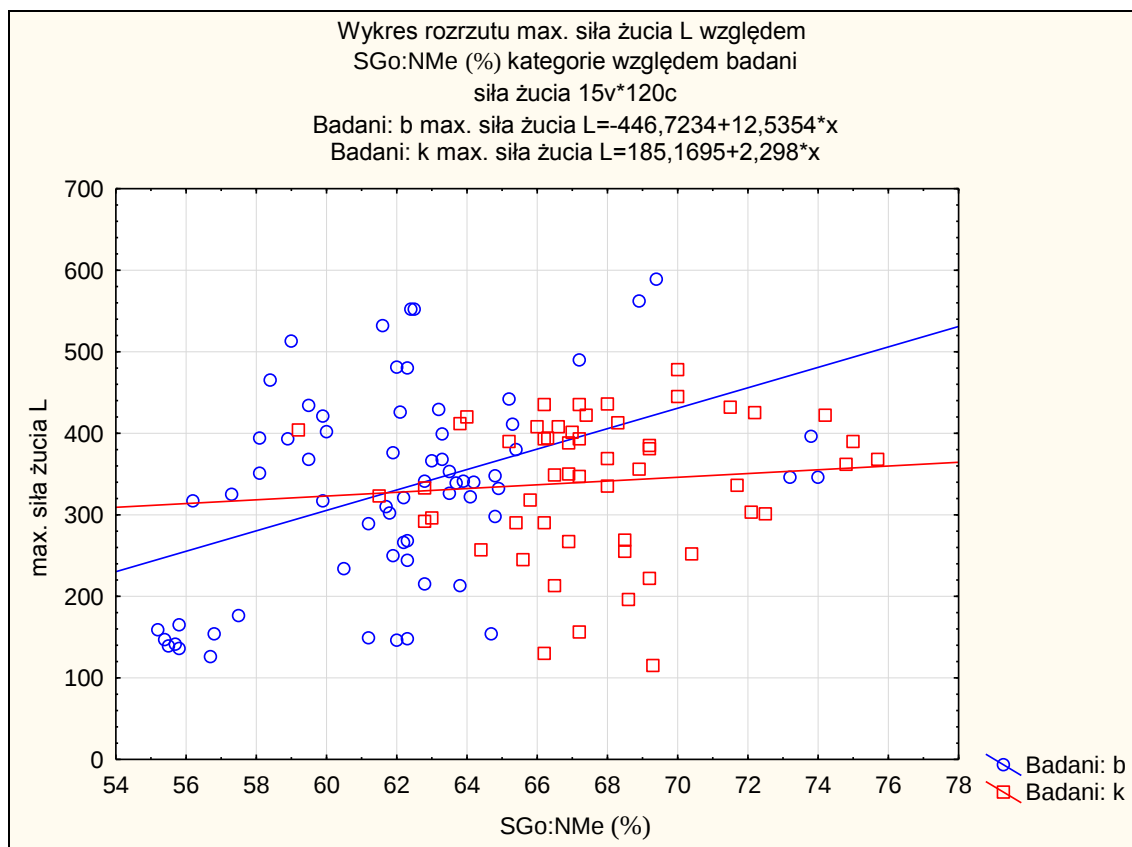
Test różnic wykazał istotne statystycznie różnice w przypadku średniej siły żucia po stronie prawej ($p=0,02$) oraz maksymalnej siły żucia po stronie lewej ($p=0,049$).

Analizując wykres rozrzutu zmiennych SGo:NMe i średniej siły żucia po stronie prawej dla obu grup stwierdzono, że proste regresji różnią się nie tylko wyrazami wolnymi, ale przede wszystkim, dynamika zmian w obu analizowanych grupach jest istotnie statystycznie różna. Każdy wzrost o jeden procent stosunku tylnej do przedniej wysokości twarzy SGo:NMe powoduje wzrost średniej siły żucia po stronie prawej przeciętnie o 14,2 N w grupie badanej i o 6,2 N w grupie kontrolnej (ryc. 26).



Ryc. 26. Rozrzut stosunku tylnej do przedniej wysokości twarzy SGo:NMe względem średniej siły żucia po stronie prawej w obu grupach.

Analizując proste regresji dla zmiennych SGo:NMe i maksymalnej siły żucia po stronie lewej w obu badanych grupach można stwierdzić, że różnią się one nie tylko wartościami wyrazów wolnych, ale przede wszystkim współczynnikami kierunkowymi przy zmiennej SGo:NMe. W przypadku grupy badanej obserwujemy wzrost sił żucia o 12,5 N przy każdym wzroście o jeden procent SGo:NMe, natomiast w grupie kontrolnej o 2,3 N (ryc. 27).

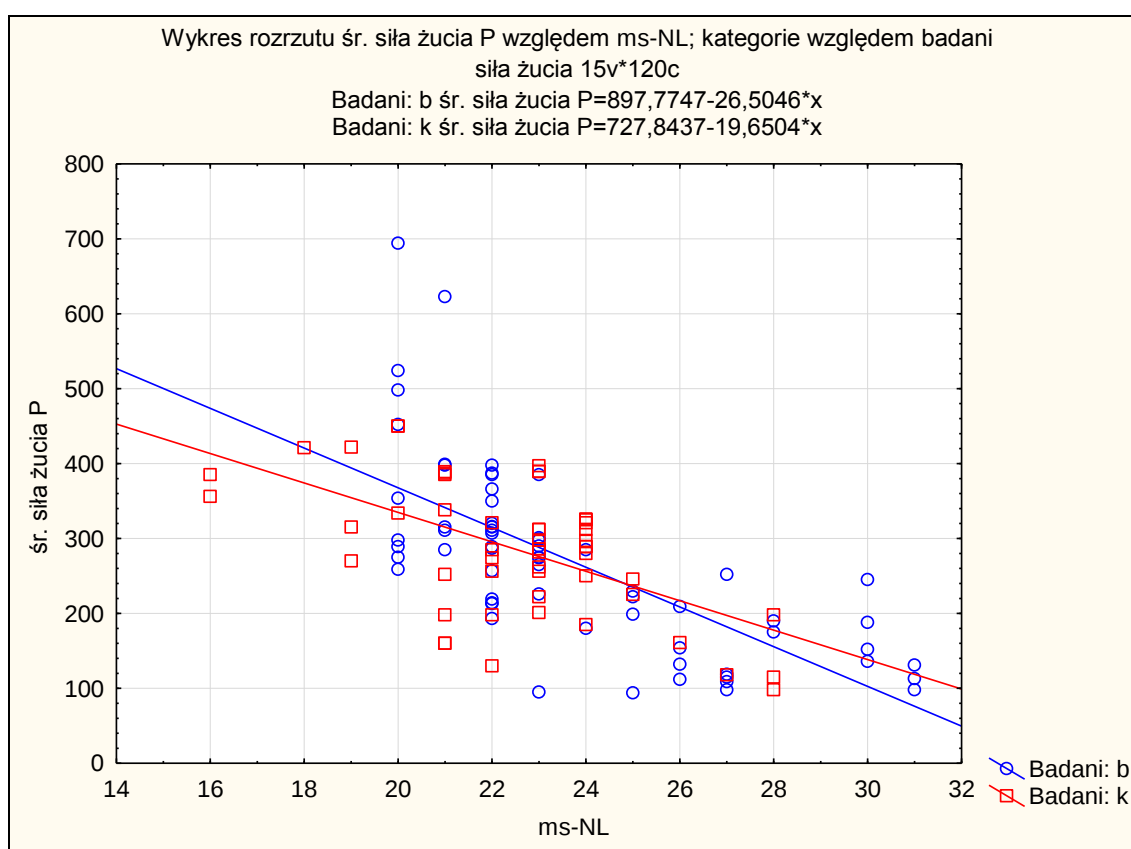


Ryc. 27. Rozrzut stosunku tylnej do przedniej wysokości twarzy SGo:NMe względem maksymalnej siły żucia po stronie lewej w obu grupach.

- Wpływ odległości ms-NL na siłę żucia.

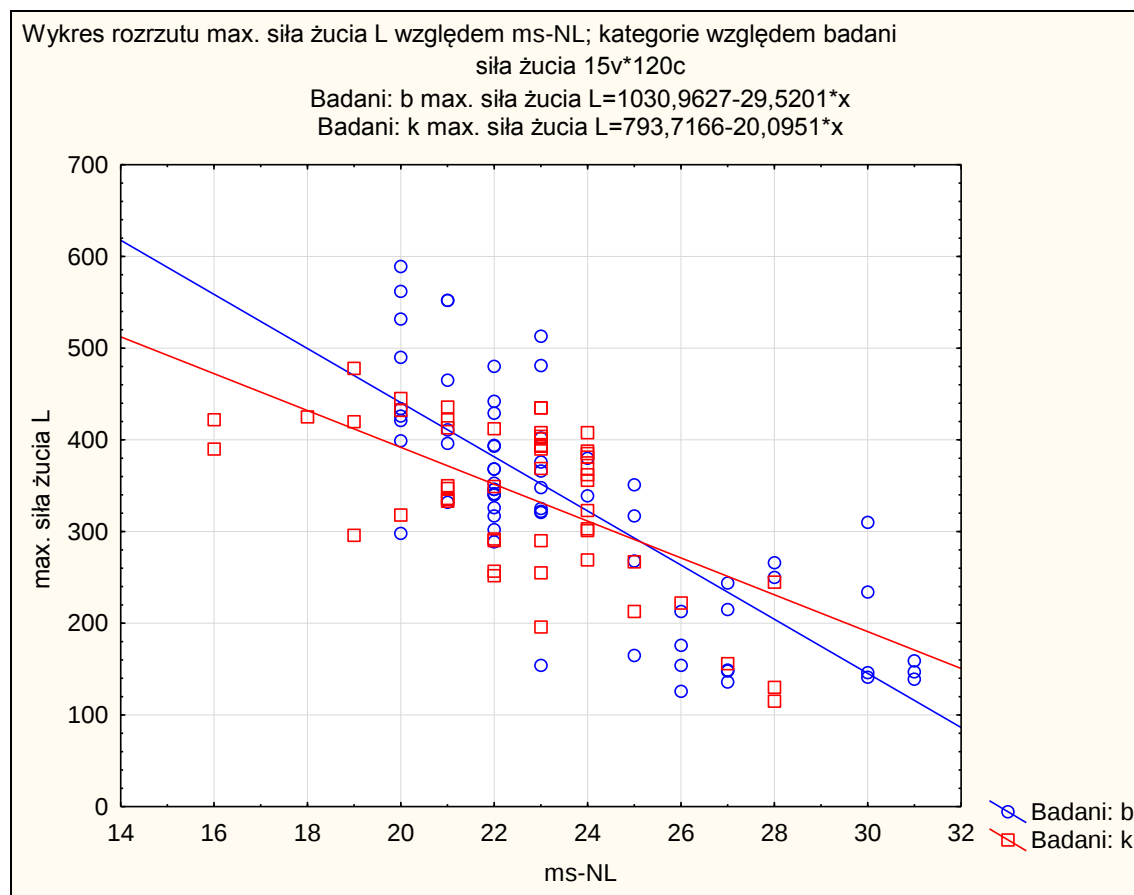
Wykryto zależności między wartością ms-NL i średnią siłą żucia po stronie prawej ($p=0,002$) oraz maksymalną siłą żucia po stronie lewej ($p=0,01$) w obu badanych grupach.

Szczegółowa analiza wpływu odległości ms-NL na średnią siłę żucia po stronie prawej wykazała, że każde podwyższenie o 1 mm wartości ms-NL spowoduje spadek średniej siły żucia po stronie prawej o 26,5 N w grupie badanej i o 19,7 N w grupie kontrolnej (ryc. 28).



Ryc. 28. Rozrzut wartości ms-NL względem średniej siły żucia po stronie prawej w obu grupach.

Badanie zmiennych regresji wartości ms-NL i maksymalnej siły żucia po stronie lewej wykazało, że każde podwyższenie o jeden mm wartości ms-NL spowoduje spadek maksymalnej siły żucia po stronie lewej o 29,5 N w grupie badanej i o 20,1 N w grupie kontrolnej (ryc. 29).

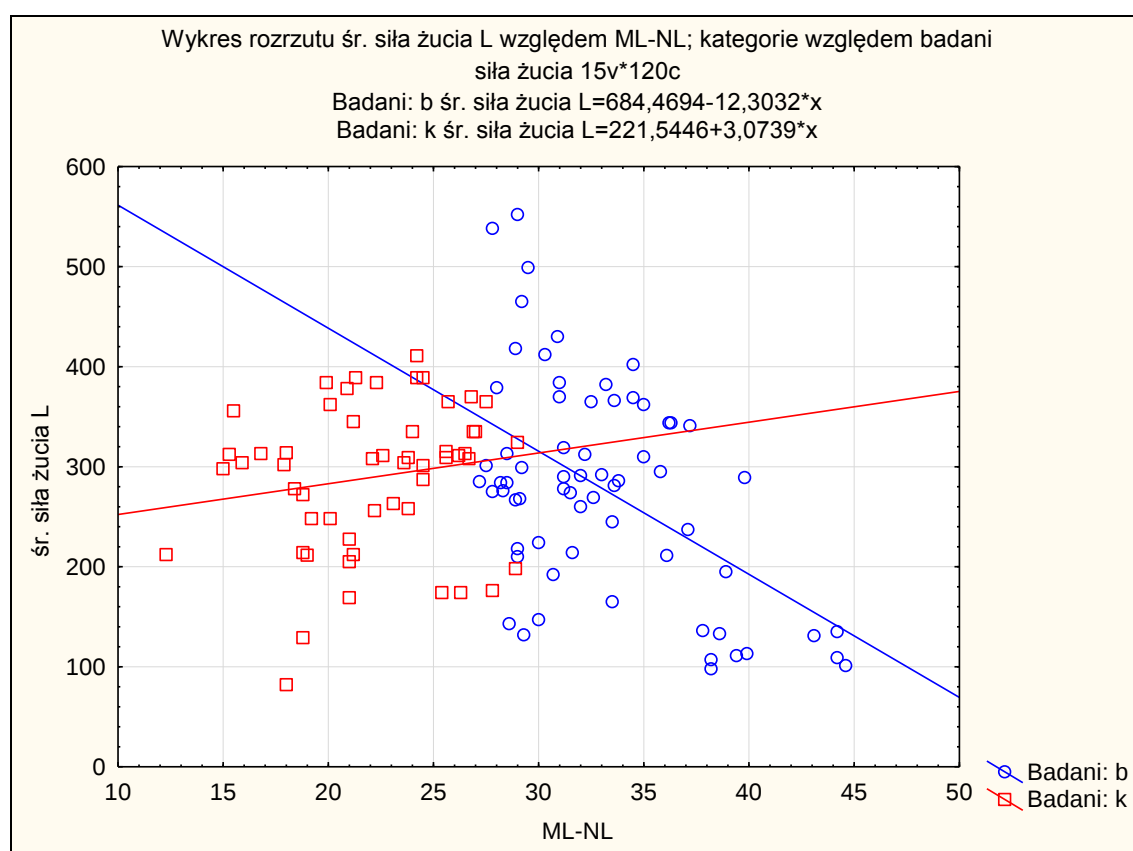


Ryc. 29. Rozrzut wartości ms-NL względem maksymalnej siły żucia po stronie lewej w obu grupach.

- Wpływ wielkości kąta ML-NL na siłę żucia.

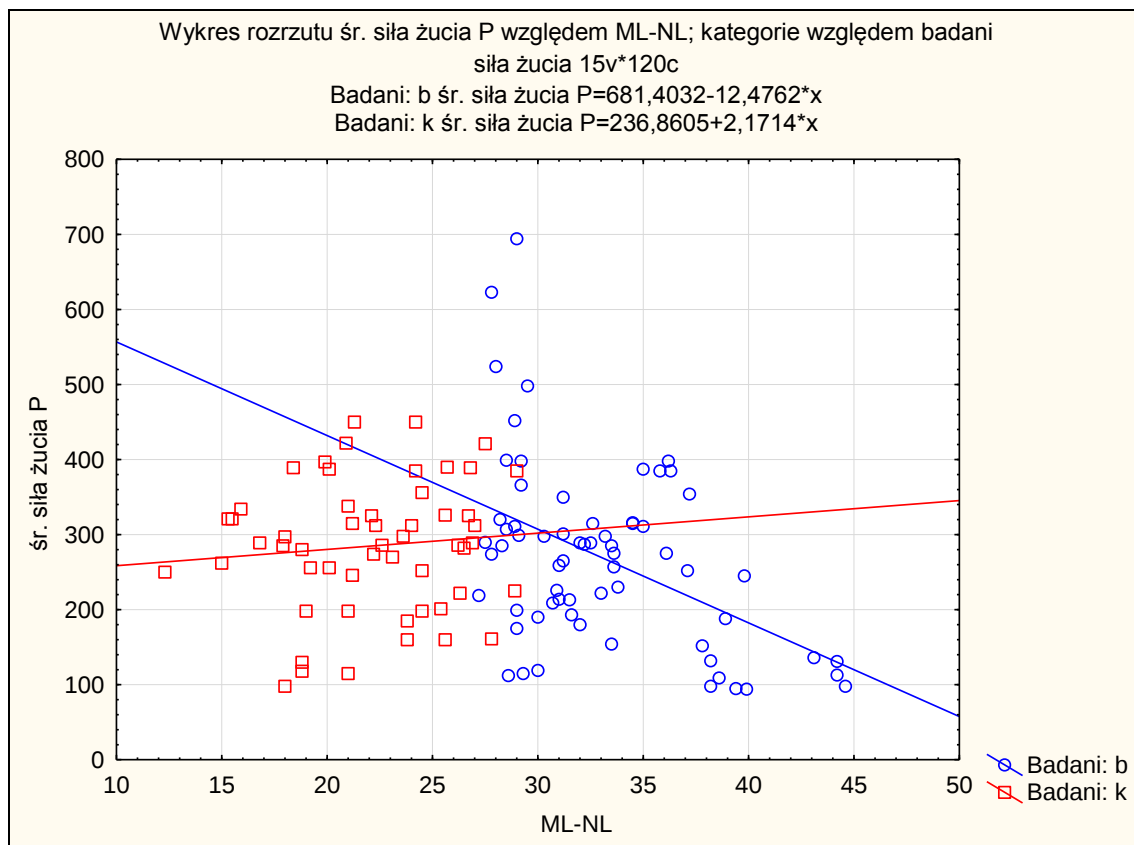
Zależność między wartością kąta ML-NL a siłą żucia wykazano po stronie lewej i prawej, zarówno dla średniej, jak i maksymalnej siły żucia w obu badanych grupach.

Poziom istotności dla testu różnic między wartością kąta ML-NL a średnią siłą żucia po stronie lewej wyniósł $p=0,01$. Obserwujemy nie tylko różnice w dynamice zmian, ale także zmianę kierunku zależności. W grupie badanej każde zwiększenie kąta ML-NL o jeden stopień wpływa na spadek siły żucia o 12,3 N, natomiast w grupie kontrolnej obserwujemy wzrost siły żucia o 3,1 N (ryc. 30).



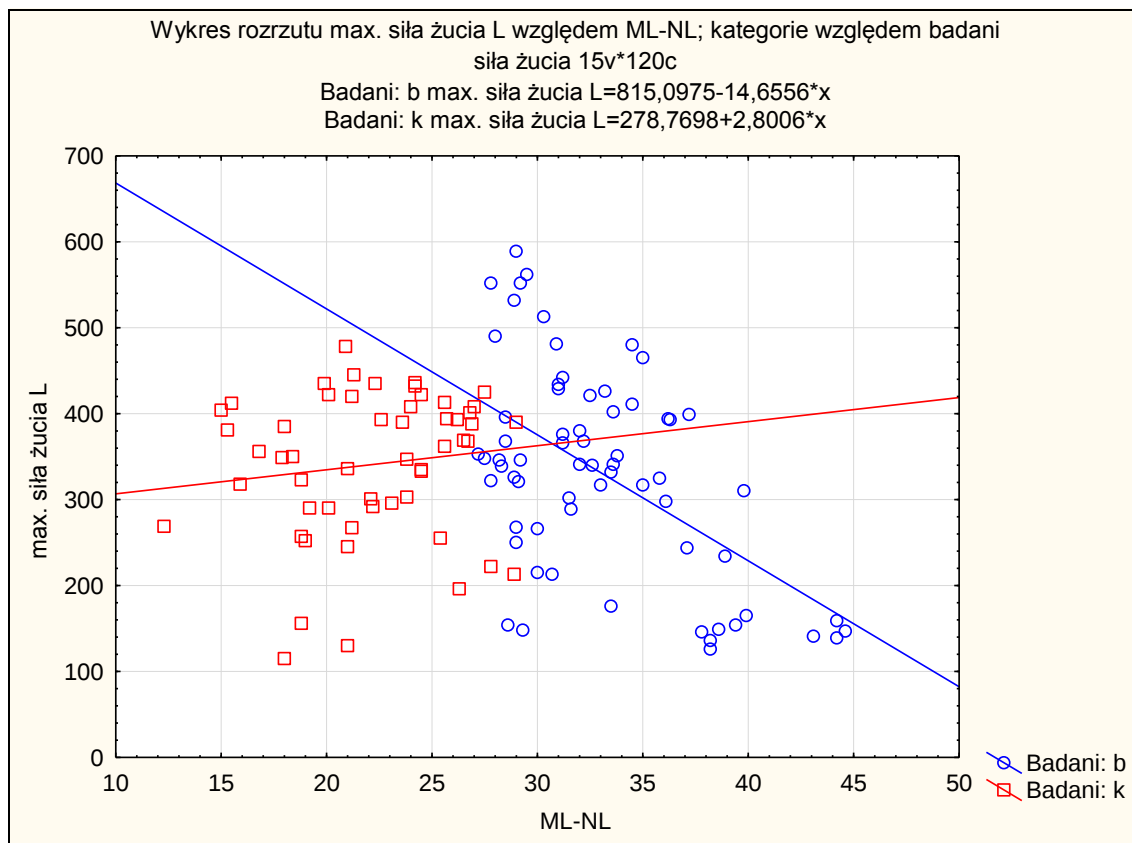
Ryc. 30. Rozrzut wartości kąta ML-NL względem średniej siły żucia po stronie lewej w obu grupach.

W przypadku korelacji między wielkością kąta ML-NL a średnią siłą żucia po stronie prawej również obserwujemy różną dynamikę zmian i zmianę kierunku zależności. W grupie badanej obserwujemy spadek średniej siły żucia po stronie prawej przeciętnie o 12,5 N, natomiast w grupie kontrolnej wzrost o 2,2 N przy każdym wzroście kąta ML-NL o jeden stopień (ryc. 31).



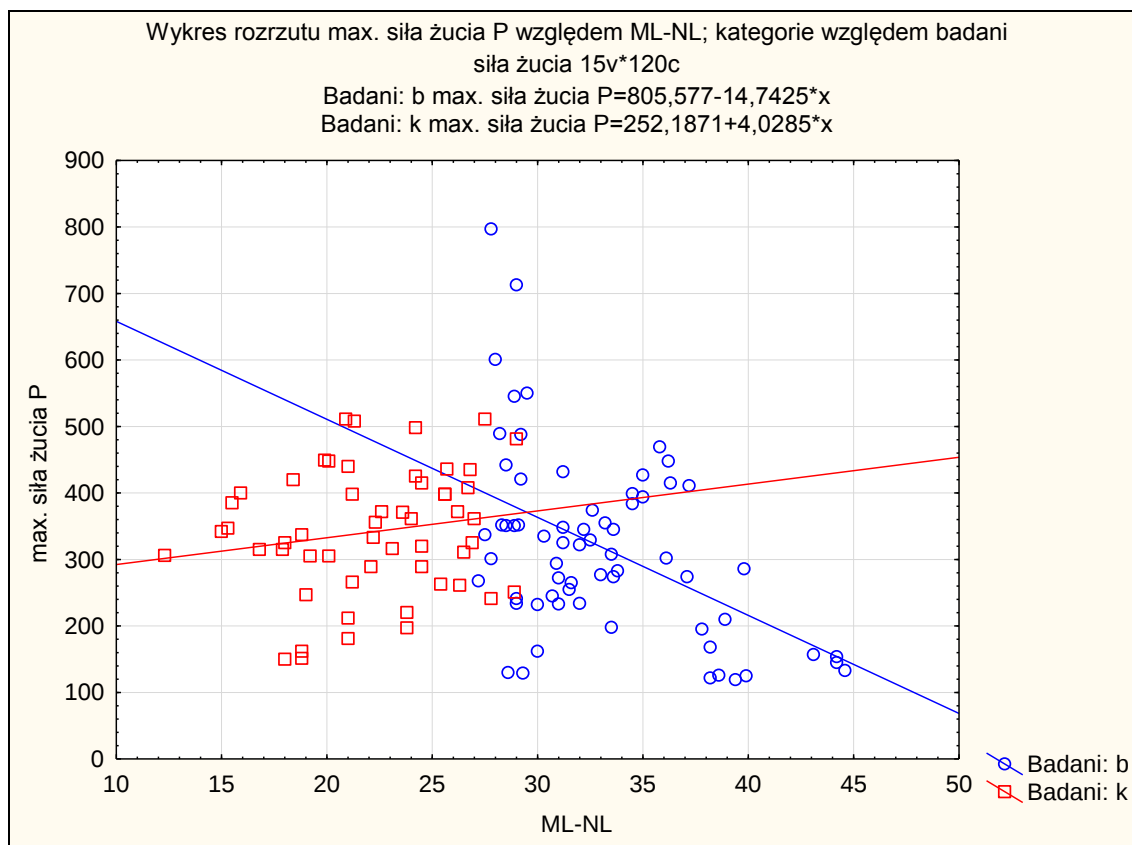
Ryc. 31. Rozrzut wartości kąta ML-NL względem średniej siły żucia po stronie prawej w obu grupach.

Analiza wpływu wartości kąta ML-NL na maksymalną siłę żucia po stronie lewej wykazała, że wzrost kąta ML-NL o jeden stopień powoduje wzrost siły żucia o 2,8 N w grupie kontrolnej i spadek o 14,7 N w grupie badanej (ryc. 32).



Ryc. 32. Rozrzut wartości kąta ML-NL względem maksymalnej siły żucia po stronie lewej w obu grupach.

Badanie zmiennych regresji wartości kąta ML-NL i maksymalnej siły żucia po stronie prawej wykazało, że wraz ze wzrostem o jeden stopień kąta ML-NL siła żucia w grupie badanej maleje o 14,7 N, natomiast w grupie kontrolnej wzrasta o 4 N (ryc. 33).

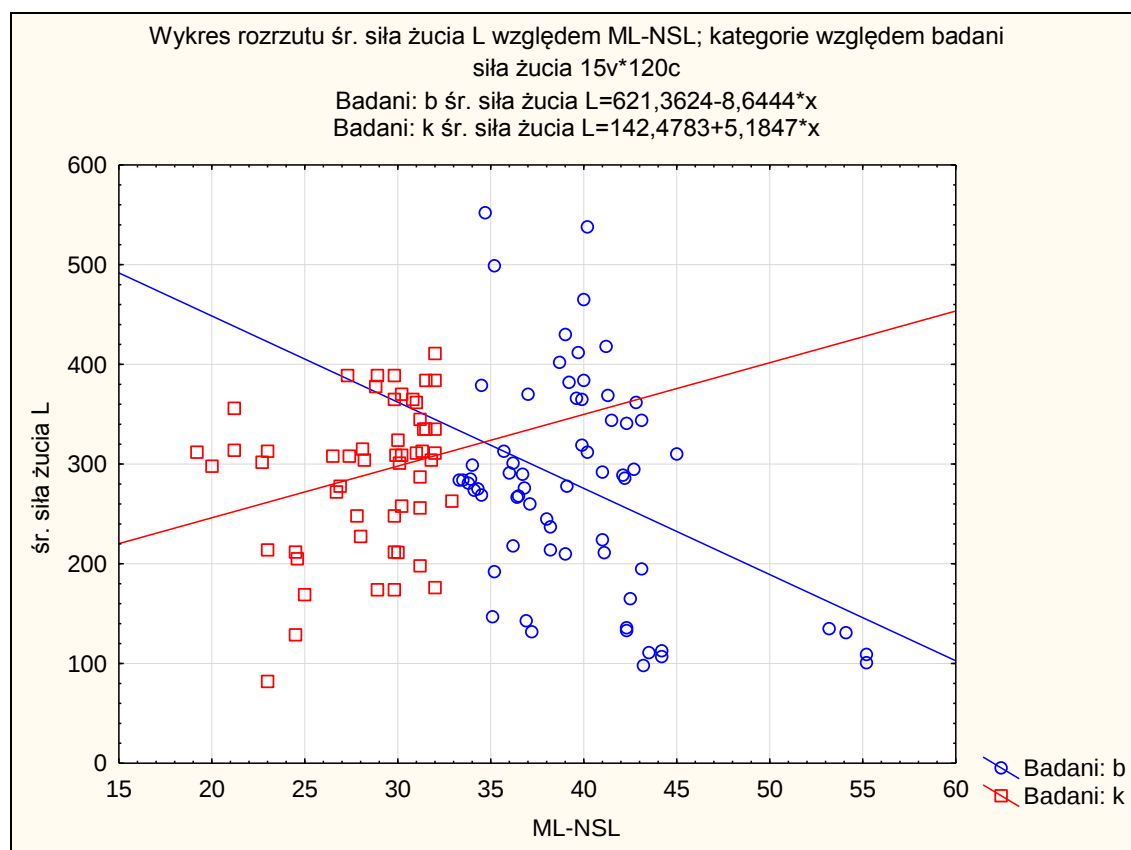


Ryc. 33. Rozrzut wartości kąta ML-NL względem maksymalnej siły żucia po stronie lewej w obu grupach.

- Wpływ zmiennej ML-NSL na siłę żucia.

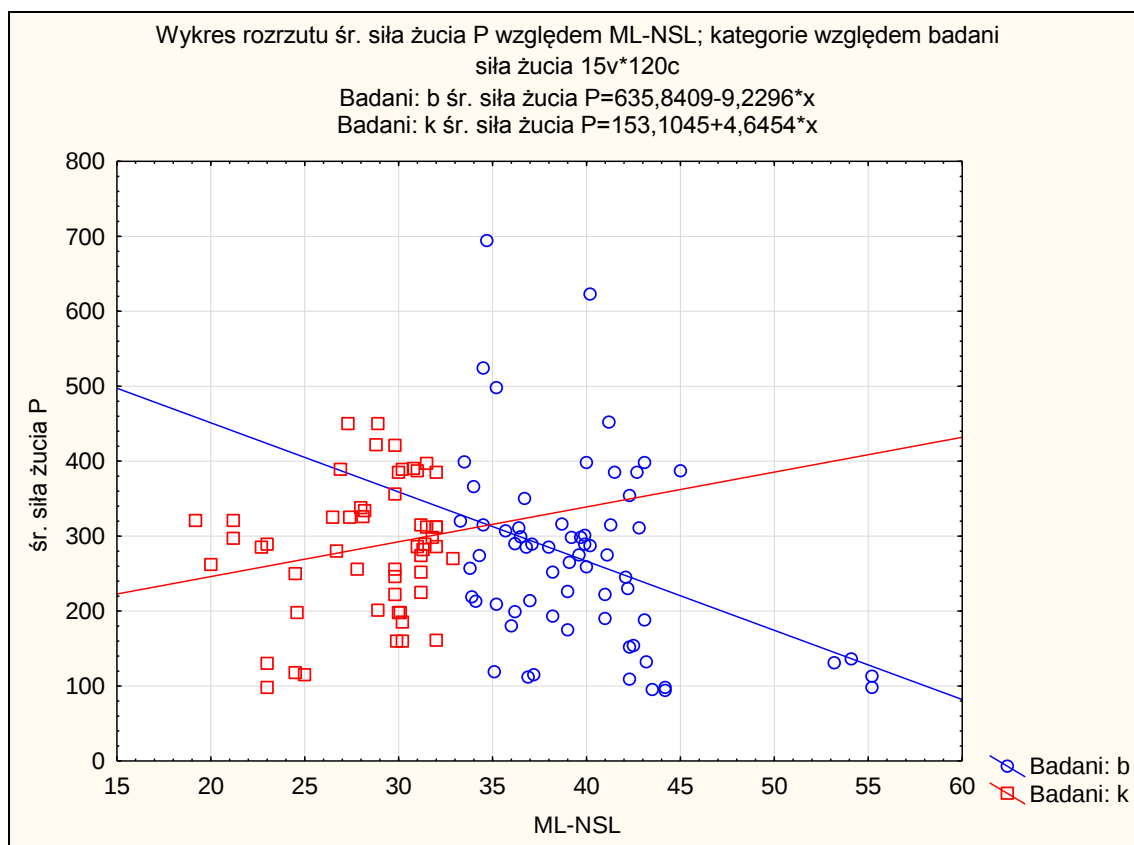
Zaobserwowano istotne statystycznie różnice w wartościach współczynników korelacji dla średniej i maksymalnej siły żucia po stronie lewej i prawej w obu badanych grupach. Obserwujemy nie tylko różnice w dynamice zmian, ale także zmianę kierunku zależności.

Ocena wartości przy współczynnikach kierunkowych prostych regresji wskazuje, że w przypadku osób w grupie kontrolnej, każde zwiększenie o jeden stopień kąta ML-NSL wpłynie na wzrost średniej siły żucia po stronie lewej o ponad 5,2 N, natomiast w przypadku grupy badanej – spadek o 8,6 N (ryc. 34).



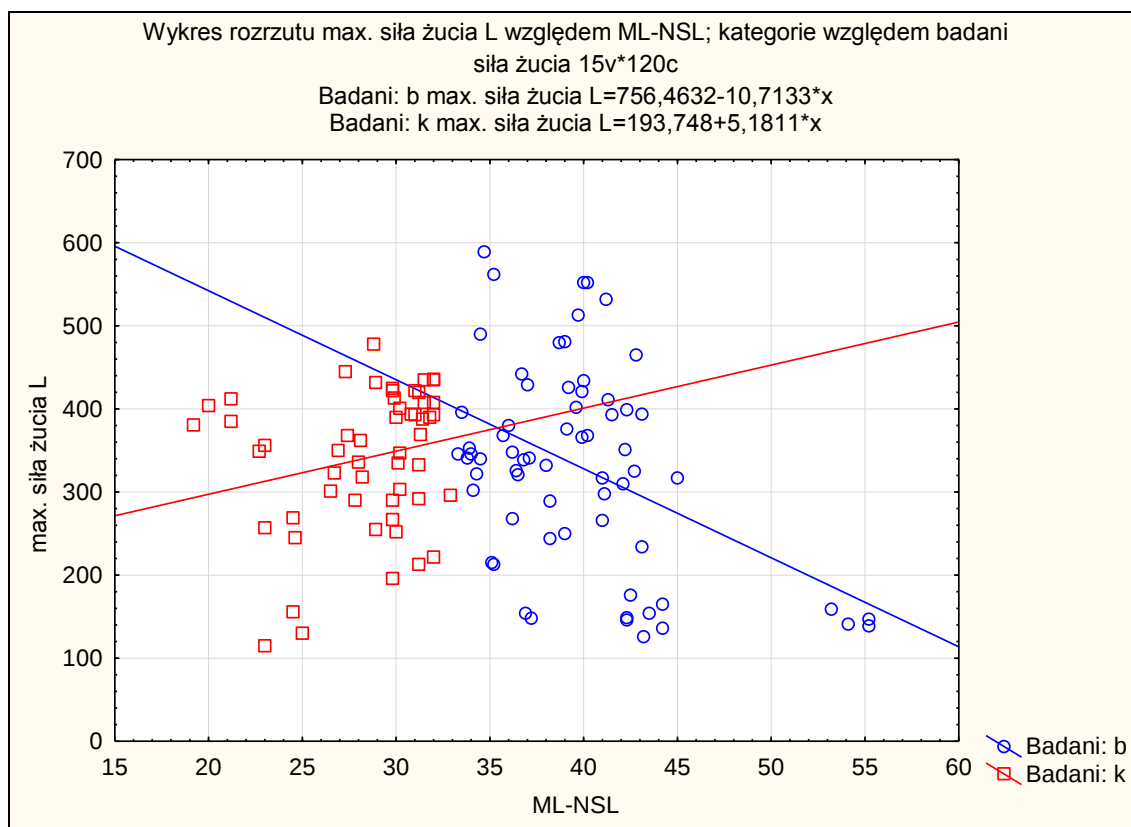
Ryc. 34. Rozrzut zmiennej ML-NSL względem średniej siły żucia po stronie lewej w obu grupach.

Badanie zmiennych regresji wartości kąta ML-NSL i średniej siły żucia po stronie prawej wykazało, że zwiększenie o jeden stopień wartości kąta ML-NSL spowoduje wzrost siły żucia o 4,6 N w grupie kontrolnej oraz spadek o 9,2 N w grupie badanej. Występują również zasadnicze różnice w wartościach wyrazów wolnych (ryc. 35).



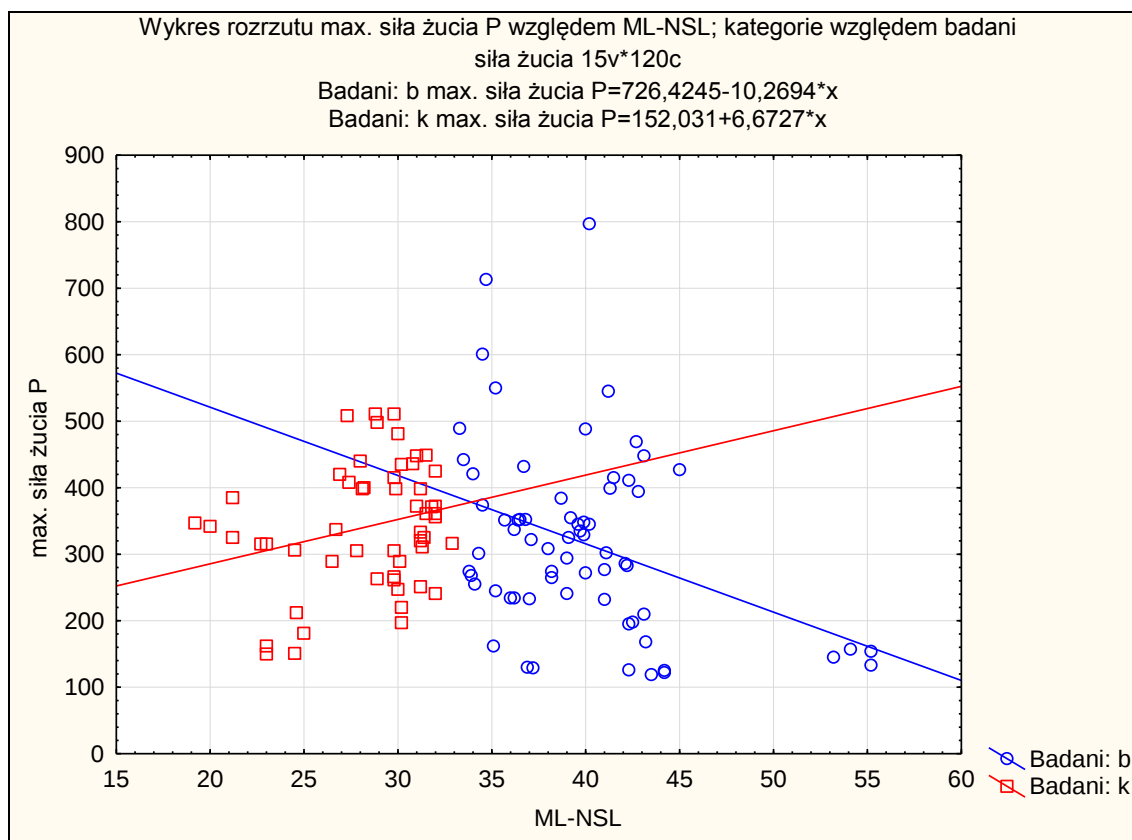
Ryc. 35. Rozrzut zmiennej ML-NSL względem średniej siły żucia po stronie prawej w obu grupach.

Analizując przecinające się proste regresji stwierdzono, że wpływ wartości kąta ML-NSL na maksymalną siłę żucia po stronie lewej w grupie badanej jest ujemny, natomiast w grupie kontrolnej dodatni. Oznacza to, że wzrost o jeden stopień kąta ML-NSL spowoduje spadek siły żucia o 10,7 N w grupie badanej i wzrost o 5,2 N w grupie kontrolnej (ryc. 36).



Ryc. 36. Rozrzut zmiennej ML-NSL względem maksymalnej siły żucia po stronie lewej w obu grupach.

Podobnie jak w poprzednich przypadkach wartość kąta ML-NSL wykazywała odmienny wpływ na maksymalną siłę żucia po stronie prawej w obu badanych grupach. Zwiększenie kąta ML-NSL o jeden stopień powoduje wzrost siły żucia o 6,7 N w grupie kontrolnej, natomiast w grupie badanej obserwujemy spadek o 10,3 N (ryc. 37).



Ryc. 37. Rozrzut zmiennej ML-NSL względem maksymalnej siły żucia po stronie prawej w obu grupach.

Wyniki analizy statystycznej zestawiono w tabeli 33.

Tab. 33. Zestawienie wyników analizy statystycznej.

	Grupa kontrolna				Grupa badana			
	Średnia siła żucia		Maksymalna siła żucia		Średnia siła żucia		Maksymalna siła żucia	
	Strona lewa	Strona prawa	Strona lewa	Strona prawa	Strona lewa	Strona prawa	Strona lewa	Strona prawa
Płeć	–	+	–	–	–	–	–	–
Wiek	–	–	–	–	+	+	+	+
Sp-Me	–	–	–	–	–	–	–	–
N-Me	+	–	+	–	–	–	–	–
SpMe:NMe	–	–	–	–	–	–	–	–
SGo:NMe	–	–	–	–	+++	+++	+++	+++
ms-NL	++	++	++	++	+++	+++	+++	+++
ML-NL	–	–	–	–	++	++	++	++
ML-NSL	–	–	–	–	+	+	+	+
NL-NSL	–	–	–	–	–	–	–	–

+ – korelacja dodatnia słaba

++ – korelacja dodatnia średnia

+++ – korelacja dodatnia silna

5. DYSKUSJA

Przyjmuje się, że wielkość, a w tym grubość i pole powierzchni mięśni oraz budowa twarzoczaszki są powiązane z siłą żucia. Van Spronsen i wsp. [1989] w swoich badaniach, przeprowadzonych przy użyciu tomografii komputerowej i rezonansu magnetycznego, wykazali istotny wpływ wymiarów mięśni na wartość siły żucia mierzonej na trzonowcach i siekaczach. Wielu badaczy, między innymi Bolt i Orchardson [1986], Ingervall i Helkimo [1978], Proffit i Fields [1983], Raadsheer i wsp. [1999], Schantz i wsp. [1983], Weijs i Hillen [1986], potwierdziło zależność między budową twarzoczaszki i rozmiarem mięśni żwaczy a siłą żucia.

W badaniach własnych analizowano zależności między siłą żucia a wybranymi parametrami analizy cefalometrycznej służącymi do określenia pionowej budowy twarzoczaszki, a także czy istnieje różnica w wielkości siły żucia u osób ze zwiększoną pionową w porównaniu z osobami z prawidłową relacją podstaw szczęk i czaszki. Kryterium podziału stanowiły wartości kątów ML-NL oraz ML-NSL. Pacjenci ze zwiększonymi wartościami wyżej wymienionych kątów stanowili grupę badaną. Analizie poddano siłę żucia, zarówno średnią obliczoną na podstawie wyników uzyskanych z 5 pomiarów, jak i maksymalną po stronie prawej i lewej. Pomiary dokonywane były na zdrowych zębach pierwszych trzonowych przy rozwarciu szczęk około 6 mm.

Na wartość siły żucia ma wpływ wiele czynników: zakres rozwarcia szczęk (siła żucia jest zmniejszona przy rozwarciu), stan uzębienia (pacjenci nie używają maksymalnej siły na zębach zniszczonych), miejsce badania (wartość siły żucia jest znacznie większa na trzonowcach w porównaniu z siekaczami), leczenie ortodontyczne, a także zaangażowanie pacjenta [Fields i wsp. 1986, Helkimo i wsp. 1977, Molin 1972]. Badania Fields'a i wsp. [1986] dowiodły, iż niewielkie znaczenie na uzyskane wartości siły żucia ma fakt badań przeprowadzonych jednostronnie lub obustronnie. Innego zdania są van Der Bilt i wsp. [2008], których badania wykazały o 30% większą siłę żucia przy badaniu przeprowadzonym obustronnie w porównaniu z pomiarami jednostronnymi.

W badaniach własnych w grupie kontrolnej uzyskane wartości dla maksymalnej siły żucia wynosiły średnio $341,5 \pm 93,5$ N dla strony prawej i $340,8 \pm 84,2$ N dla strony lewej. W grupie z wysokokątową relacją podstaw szczęk i czaszki wartości były niższe

i wyniosły średnio po stronie prawej $318,1 \pm 139$ N oraz $330,5 \pm 121,7$ N po stronie lewej. Różnica nie była jednak istotna statystycznie. Podobne kryteria podziału na grupy zastosowali w swojej pracy Abu Alhaija i wsp. [2010]. Badacze stwierdzili istotną statystycznie różnicę między wartościami siły żucia w grupie kontrolnej w porównaniu z grupą ze zwiększonymi ($\geq 32^\circ$) wartościami kąta ML-NL. Należy jednak zauważyć, że normy, które przyjęto za podstawę podziału, były znacznie wyższe od zastosowanych w materiale własnym. Kolejną różnicę stanowiła grupa badana, składająca się z dorosłych pacjentów, dlatego też wartości siły żucia, uzyskane przez wspomnianych autorów, były znacząco wyższe w porównaniu z uzyskanymi w badaniu własnym. Natomiast Bakke i wsp. [2003], porównując przy użyciu ultrasonografii grubość mięśnia żwacza, wykazali statystycznie większy rozmiar mięśnia w grupie pacjentów z typem twarzy długiej. W grupie tej znaleźli się pacjenci z wartością kąta ML-FH (kąt zawarty między płaszczyzną żuchwy i płaszczyzną frankfurcką przechodzącą przez punkty porion i orbitale) powyżej 23° .

Ze względu na wpływ wielu czynników trudno jest porównywać wartości siły żucia uzyskiwane przez różnych badaczy [Koc i wsp. 2010]. W badaniach przeprowadzonych u 40 pacjentów w wieku od 7 do 12 lat Palinkas i wsp. [2010] uzyskali wartości maksymalnej siły żucia średnio na poziomie 177 ± 16 N po stronie prawej i 170 ± 14 N po stronie lewej. Są one kilkakrotnie niższe od wartości podanych przez Thongudomporn i wsp. [2009] – $654,8 \pm 205,6$ N dla strony prawej i $652,7 \pm 192,1$ N dla strony lewej. Badania te zostały przeprowadzone na 151 pacjentach w wieku 12-14 lat. Najbardziej zbliżone do badań własnych wartości siły żucia na poziomie $386,2 \pm 62,9$ N po stronie prawej i $378,3 \pm 70,6$ N po stronie lewej uzyskali Sonnesen i wsp. [2001], którzy badali 26 pacjentów w wieku 7-13 lat.

Badania własne wykazały, że płeć ma jedynie słaby ($p=0,03$) wpływ na średnią siłę żucia po stronie prawej w grupie kontrolnej. Można zatem założyć brak klinicznej zależności pomiędzy siłą żucia a płcią w badanej populacji. Również Pereira i wsp. [2007] nie ujawnili zależności między wartością siły żucia a płcią pacjentów (101 badanych w wieku 6-18 lat). Badania Linderholm i wsp. [1971], które przeprowadzono w grupie dwunastolatków, nie potwierdziły istotnej statystycznie różnicy pomiędzy wartościami siły żucia a płcią. Podobnie Sonnesen i wsp. [2001] nie stwierdzili korelacji pomiędzy tymi zmiennymi. Jednakże w licznych badaniach pacjentów dorosłych wykazano różnicę w wartościach siły żucia w zależności od płci [Bakke i wsp. 1990, Braun i wsp. 1995, Helkimo i wsp. 1977]. Badania, między innymi Brauna i wsp.

[1995] oraz Vargi i wsp. [2010] sugerowały, że do osiemnastego roku życia wartości siły żucia są podobne u obu płci. Po tym okresie uwidacznia się zwiększona siła żucia u mężczyzn. Wyniki te potwierdzają badania Tannera i wsp. [1959], w których za przyczynę wzrostu masy mięśniowej u mężczyzn uznaje się zwiększony wyrzut kortykosteroidów po okresie dojrzewania. Tuxen i wsp. [1999] różnicę w sile żucia u pacjentów dorosłych w zależności od płci upatrują w większej liczbie i grubości włókien typu II u osobników płci męskiej. Istnieją jednak doniesienia mówiące o braku zależności między płcią a wartościami siły żucia u dorosłych [Alhaija i wsp. 2010].

W grupie badanej w materiale własnym wykazano słabą istotną statystycznie zależność pomiędzy wartością siły żucia a wiekiem. Podobnej korelacji nie stwierdzono w grupie kontrolnej. Wzrost wieku pacjentów grupy badanej o jeden rok powoduje wzrost maksymalnej siły żucia po stronie lewej średnio o 19,6 N, a po stronie prawej przeciętnie o 24 N. W przypadku średniej siły żucia po stronie lewej wzrost ten wynosi 17,3 N, a po stronie prawej 20,5 N. Zwiększanie się wartości siły żucia z wiekiem wykazali w swojej pracy Usui i wsp. [2007]. Według Bakke [2006] siła żucia wzrasta z wiekiem do około dwudziestego roku życia, następnie utrzymuje się na zbliżonym poziomie do 40-50 roku życia, po czym maleje. Badania Pereira-Cenci i wsp. [2007], które przeprowadzono w grupie dzieci i młodzieży (od 6 do 18 roku życia), również dowiodły, że wartość siły żucia jest zależna od wieku. Shinogaya i wsp. [2000] oceniali wpływ wieku na siłę żucia u młodych (20-26 lat) i starszych (53-62 lat) Japończyków. Wykazali statystycznie istotnie większe wartości siły żucia u pacjentów starszych, podobne jak we wcześniejszych doniesieniach Brauna i wsp. [1995]. Związek między siłą żucia a wiekiem wykazał Sonnesen i Bakke [2005], ale tylko w przypadku płci żeńskiej. Wcześniej podobne spostrzeżenia zawarli w swojej pracy Ingervall i Minder [1997], w przeciwieństwie do badań Vargi i wsp. [2010], gdzie związek między siłą żucia a wiekiem występował jedynie w grupie chłopców. Należy podkreślić, że w większości badań istniała słaba istotnie statystyczna zależność między tymi zmiennymi, co wskazuje na relatywnie niewielki wpływ wieku na siłę żucia [Van Der Bilt i wsp. 2008].

Według Mossa i Salentijna [1969] wzrost części twarzowej głowy jest odpowiedzialny na czynność struktur twarzoczaszki i jest zależny od tkanek miękkich. Dlatego kształt twarzy dorosłego człowieka jest determinowany nie tylko przez czynniki genetyczne, ale również przez lokalne wpływy środowiskowe, wśród których praca mięśni żucia odgrywa istotną rolę [Tecco i wsp. 2011]. Z dostępnej literatury wynika, że wielu badaczy oceniało zależność między morfologią twarzoczaszki a budową i siłą

mięśni żwaczy [Castelo i wsp. 2010, Garcia-Morales i wsp. 2003, Lowe i wsp. 1983, Kiliaridis i wsp. 1993, Proffit i Fields 1983, Sondang i wsp. 2003, Ueda i wsp. 1998]. Część autorów znajdowała korelację pomiędzy siłą żucia wynikającą z podstawowej aktywności mięśni żwaczy a wymiarami i budową żuchwy – długością, wysokością gałęzi żuchwy czy kątem żuchwy [Morimitsu i wsp. 1989, Throckmorton i wsp. 1980]. Wiele badań dotyczyło siły żucia, budowy, grubości czy aktywności mięśni i ich wpływu na budowę twarzoczaszki [Ciccone de Faria Tdos i wsp. 2010, Kiliaridis i wsp. 2003, Shinkai i wsp. 2007, Tuxen i wsp. 1999]. Tylko w niektórych pracach podejmowano próbę szczegółowego wyjaśnienia zależności między siłą żucia a wynikami analizy cefalometrycznej określającymi budowę twarzoczaszki [Ingervall i wsp. 1997, Kovero i wsp. 2002, Sondang i wsp. 2003, Sonnesen i Bakke 2005, Uchida i wsp. 2011]. Należy zauważyć, że wykorzystywanie przez badaczy różnych analiz cefalometrycznych i norm stwarza dodatkowe trudności w analizowaniu i porównywaniu wyników.

W badaniach własnych stwierdzono słabą korelację dodatnią pomiędzy średnią i maksymalną siłą żucia po stronie lewej w grupie kontrolnej a przednią całkowitą wysokością twarzy N-Me. Wykazano, że z każdym wzrostem o 1 mm całkowitej przedniej wysokości twarzy (N-Me) można spodziewać się zmniejszenia przeciętnej średniej wartości siły żucia po stronie lewej o 3,7 N, a w przypadku maksymalnej siły żucia po stronie lewej – 4,1 N. W grupie kontrolnej całkowita przednia wysokość twarzy wynosiła średnio $114,9 \pm 5,6$ mm, a w grupie badanej $120,8 \pm 9,4$ mm. Sondang i wsp. [2003] badając 64 dorosłych kobiet w wieku 19-27 lat nie wykazali istotnej statystycznie zależności między wielkością N-Me a wartością siły żucia. Przy czym całkowita przednia wysokość twarzy w badanej grupie wynosiła średnio $121,4 \pm 6,6$ mm. Należy zwrócić uwagę, że pomimo różnicy metodologicznej – różnica wieku badanych, wyniki badań własnych potwierdzają doniesienia Sondang i wsp. [2003]. Zbliżone wyniki uzyskali w swojej pracy Sonnesen i Bakke [2005]. Autorzy przebadali 88 pacjentów w wieku od 7 do 13 lat i nie wykazali istotnej statystycznie zależności między wielkością N-Me a wartością siły żucia. Średnia przednia całkowita wysokość twarzy wyniosła $110 \pm 6,9$ mm, czyli mniej niż w grupie kontrolnej w badaniach własnych. Badania Uchidy i wsp. [2011], które przeprowadzono u 24 pacjentów w wieku od 17 do 41 lat (średnio $27,6 \pm 5,6$ lat), także nie potwierdziły istotnej statystycznie różnicy pomiędzy przednią całkowitą wysokością twarzy (średnio $132,4 \pm 7,4$ mm) a siłą żucia, co jest zgodne z doniesieniami Kiliaridis i wsp. [1993] oraz Koca i wsp. [2011],

przy czym pomiary dokonywane były na fotografiach twarzy pacjentów, a nie na cefalogramach bocznych głowy.

Odmienne obserwacji dokonali Van Spronsen i wsp. [1992] badając przekrój mięśni żwaczy u pacjentów z zespołem długiej twarzy i w grupie kontrolnej, która liczyła 35 pacjentów ze średnią przednią całkowitą wysokością twarzy wynoszącą $127,3 \pm 6,1$ mm. Grupę z zespołem twarzy długiej stanowiło 13 pacjentów o średniej wartości N-Me $138,6 \pm 6,9$ mm. Autorzy stwierdzili istotny statystycznie związek pomiędzy przednią całkowitą wysokością twarzy a przekrojem mięśni żwaczy, który według wielu badaczy jest ściśle powiązany z siłą żucia [Van Spronsen i wsp. 1992, Goto i wsp. 2005, Ueki i wsp. 2006]. Wykazali, że wraz ze wzrostem odcinka N-Me maleje przekrój mięśni żwaczy, a zatem również siła żucia. Należy jednak zauważyć, że w obu badanych grupach przednia całkowita wysokość twarzy była znacząco wyższa od wartości uzyskanych w badaniach własnych.

Boom i wsp. [2008] wykonali badanie mięśni żwaczy przy użyciu rezonansu magnetycznego u 31 pacjentów (9 mężczyzn i 22 kobiety), w wyniku czego stwierdzili istnienie związku między objętością i przekrojem mięśni żwaczy a przednią całkowitą wysokością twarzy, która w badanej grupie wyniosła średnio $123,1 \pm 10,7$ mm. Natomiast Pereira i wsp. [2007] za pomocą ultrasonografii badali grubość mięśni w rozkurczy i skurczu oraz siłę żucia u pacjentów z dolegliwościami ze strony stawu skroniowo-żuchwowego. Wskazali na obecność statystycznie istotnej zależności między przednią całkowitą wysokością twarzy a grubością w skurczu mięśnia żwacza w grupie z dolegliwościami ze strony stawu skroniowo-żuchwowego. W grupie kontrolnej nie stwierdzono takiej zależności. W obu grupach nie wykazano istotnego związku między wartością siły żucia a wielkością N-Me.

W badaniach własnych nie stwierdzono istotnej statystycznie zależności między wartością siły żucia a przednią dolną wysokością twarzy – Sp-Me. W grupie kontrolnej odcinek Sp-Me wyniósł średnio $62,7 \pm 3,9$ mm, a w grupie z wysokokątową relacją podstaw szczęk i czaszki $69,9 \pm 6,4$ mm. Różnica ta była istotna statystycznie. Uzyskane wyniki są zgodne z badaniami Ingervall i wsp. [1997] oraz Pereiry i wsp. [2007], którzy nie wykazali istotnej statystycznie zależności między wartością maksymalnej siły żucia a dolną przednią wysokością twarzy. W obydwu pracach przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych u pacjentów młodocianych. Autorzy pierwszego doniesienia uzyskali średnie wartości Sp-Me na poziomie $62,5 \pm 4,6$ mm dla chłopców oraz $61,4 \pm 4,4$ mm

dla dziewcząt. Wyniki te są bardzo zbliżone do wartości uzyskanych w grupie kontrolnej w badaniach własnych.

Van Spronsen i wsp. [1992] w swojej pracy stwierdzili istotną statystycznie korelację pomiędzy przekrojem mięśni żwaczy a przednią dolną wysokością twarzy. W swoich badaniach wyodrębnili dwie grupy pacjentów: z długą twarzą, w której średnia wartość Sp-Me wynosiła $84,9 \pm 5,9$ mm oraz kontrolną ze średnią wartością Sp-Me wynoszącą $73,5 \pm 5,6$ mm. Należy zwrócić uwagę, że wartości parametru Sp-Me w grupie kontrolnej cytowanego badania były wyższe od wartości uzyskanych w badaniu własnym w grupie pacjentów wysokokątowych.

Podobne obserwacje zawarli w swojej pracy Uchida i wsp. [2011]. Wykazali oni istotną statystycznie zależność między dolną przednią wysokością twarzy a przekrojem poprzecznym mięśnia żwacza. Autorzy jednak nie stwierdzili istotnej statystycznie korelacji między Sp-Me a wartością siły żucia, co jest zgodne z wynikami badań własnych. Bakke i Michler [1991] w swojej pracy badali przy użyciu elektromiografii napięcie mięśnia żwacza i mięśnia skroniowego podczas skurczu. Wykazali istotną statystycznie korelację pomiędzy dolną przednią wysokością twarzy a napięciem mięśnia skroniowego, przy czym wraz ze wzrostem dolnej wysokości twarzy malało jego napięcie. Takiego związku nie zaobserwowano w przypadku mięśnia żwacza.

W badaniach własnych nie wykryto, zarówno w grupie badanej, jak i kontrolnej istotnie statystycznej zależności między wartością siły żucia a stosunkiem dolnej przedniej do całkowitej przedniej wysokości twarzy – SpMe:NMe. W grupie kontrolnej stosunek ten wyniósł średnio $54,5 \pm 4,2\%$, a w grupie badanej $57,9 \pm 3\%$. Różnica okazała się istotna statystycznie. Wyniki uzyskane w badaniach własnych są zgodne z wynikami Ingervall i wsp. [1997], którzy nie wykazali wpływu SpMe:NMe na wartości siły żucia. Przedstawione przez autorów wartości badanego parametru wynosiły dla chłopców średnio $55,8 \pm 1,7\%$ oraz $56,5 \pm 2,3\%$ dla dziewcząt. Również u fińskich młodych dorosłych nie potwierdzono korelacji między SpMe:NMe a maksymalną siłą żucia [Kovero i wsp. 2002]. Odmienne obserwacje dokonali Uchida i wsp. [2011], wykazując korelację między SpMe:NMe a wartością siły żucia. Chociaż średnie wartości SpMe:NMe w tym badaniu ($56 \pm 2\%$) były zbliżone do uzyskanych w materiale własnym, to należy zwrócić uwagę, że grupę badaną stanowili pacjenci dorośli o wysokiej maksymalnej sile żucia (średnio $759 \pm 314,1$ N). Natomiast Charalampidou i wsp. [2008] badali przy użyciu USG grubość mięśnia żwacza u dzieci wieku

8,5-9,5 lat i także nie wskazali istotnej statystycznie korelacji między rozmiarem tego mięśnia a SpMe:NMe.

W piśmiennictwie stosunek SpMe:NMe często jest używany jako wyznacznik przy kwalifikowaniu pacjentów do grupy z zespołem długiej twarzy [Proffit i Fields 1983, Proffit i wsp. 1983, Van Spronsen i wsp. 1992]. W swoich badaniach Proffit i Fields [1983] nie zaobserwowali istotnie statystycznej różnicy pomiędzy siłą żucia w grupie pacjentów młodocianych z długą twarzą w porównaniu z pacjentami w grupie kontrolnej. Można zatem założyć brak zależności pomiędzy siłą żucia a stosunkiem przedniej dolnej do całkowitej wysokości twarzy. Autorzy w powyższym doniesieniu nie zawarli jednak dokładnych danych z przeprowadzonej analizy cefalometrycznej oraz wartości SpMe:NMe, powyżej której pacjenci kwalifikowani byli do grupy z długą twarzą. W innej pracy, która dotyczyła dorosłych, wykazano istotną statystycznie różnicę pomiędzy wartościami siły żucia pacjentów z długą twarzą w porównaniu z grupą kontrolną [Proffit i wsp. 1983]. Siła żucia dorosłych z długą twarzą była na poziomie wartości uzyskiwanych przez dzieci w analogicznym badaniu [Proffit i Fields 1983]. Z badań tych wynika, że z nieznanych powodów siła żucia dzieci, posiadających pionowy wzorzec wzrostu, nie wzrasta w trakcie rozwoju tak jak u dzieci z prawidłowym kierunkiem wzrostu. Podobnie Van Spronsen i wsp. [1992] posłużyli się stosunkiem SpMe:NMe do podziału badanej populacji na dwie grupy. Zwiększenie wskaźnika powyżej 59% kwalifikowało pacjenta do grupy osób z zespołem długiej twarzy. W grupie kontrolnej stosunek przedniej dolnej do całkowitej przedniej wysokości twarzy wyniósł średnio $57,7 \pm 2,3\%$, a w grupie pacjentów z długą twarzą – $61,3 \pm 3\%$. Autorzy pracy wykazali statystycznie istotną zależność między SpMe:NMe a przekrojem mięśni żwaczy. Wraz ze wzrostem SpMe:NMe malał przekrój mięśni oraz według autorów również i siła żucia. Warto jednak zauważyć, że wartości SpMe:NMe uzyskane w badaniach własnych były znacząco niższe od przedstawionych przez Van Spronsena i wsp. [1992].

Wyniki badań własnych wskazują na istotną statystyczną zależność pomiędzy wartością siły żucia a stosunkiem tylnej do całkowitej przedniej wysokości twarzy SGo:NMe w grupie pacjentów z wysokokątową relacją podstaw szczęk i czaszki. Korelacja silna, dodatnia oznacza, że wraz ze wzrostem SGo:NMe wartość siły żucia ulega zwiększeniu. Zależności takiej nie wykazano w grupie kontrolnej. W przypadku grupy badanej stosunek SGo:NMe przyjmował średnie wartości na poziomie $62 \pm 4,1\%$ i był istotnie statystycznie różny od średnich wartości uzyskanych w grupie kontrolnej

– $67,7 \pm 3,4\%$. Każde zwiększenie stosunku tylnej do całkowitej przedniej wysokości twarzy o jeden procent w grupie badanej spowoduje wzrost średniej siły żucia po stronie lewej przeciętnie o 9,9 N, a po stronie prawej o 14,2 N. Podobne zależności obserwujemy dla maksymalnych sił żucia po stronie lewej i prawej. Stwierdzono, że wzrost o jeden procent SGo:NMe spowoduje zwiększenie maksymalnej siły żucia po stronie lewej średnio o 12,5 N, a po strony prawej o 16 N.

Ingervall i wsp. [1997] wykazali istotną statystycznie zależność pomiędzy wartością maksymalnej siły żucia a SGo:NMe. Korelację tę potwierdzono jednak tylko w grupie badanych dziewcząt, a podobnie jak w przypadku grupy badanej w badaniach własnych wzrost SGo:NMe powodował zwiększenie wartości siły żucia. Wartości parametru SGo:NMe opisane przez wyżej wymienionych autorów w grupie dziewcząt (średnio $62,8 \pm 4\%$) są zbliżone do wyników uzyskanych w grupie badanej w badaniach własnych.

W badaniach młodych dorosłych Kovero i wsp. [2002] wykazali, zarówno w grupie kobiet, jak i mężczyzn istotny statystycznie związek między SGo:NMe a maksymalną siłą żucia. Jest to zgodne z badaniami Charalampidou i wsp. [2008], którzy badali przy użyciu USG grubość mięśnia żwacza u 72 dzieci w wieku 8,5-9,5 lat. Autorzy ci stwierdzili istotną statystycznie zależność pomiędzy stosunkiem tylnej do całkowitej przedniej wysokości twarzy a grubością mięśnia żwacza. Wraz ze wzrostem SGo:NMe grubość mięśnia ulegała zwiększeniu. Należy zwrócić uwagę, że średnie wartości SGo:NMe wyniosły w grupie dziewcząt $61,5 \pm 3,4\%$, a w grupie chłopców $62,6 \pm 4,5\%$. Wyniki te były zbliżone do wartości uzyskanych w grupie z wysokokątową relacją podstaw szczęk i czaszki w badaniach własnych.

W grupie badanych 129 dorosłych pacjentów Braun i wsp. [1995] określili średnie dla SGo:NMe na poziomie $68,7 \pm 5,8\%$. Jest to wynik zbliżony do wartości uzyskanych w grupie kontrolnej w badaniach własnych. Badacze ci, wykazali istotną statystycznie korelację pomiędzy SGo:NMe a maksymalną siłą żucia. Stwierdzone przez nich zależności są różne w porównaniu do uzyskanych w badaniach własnych, ponieważ w grupie kontrolnej nie wskazano na istnienie zależności między SGo:NMe i siłą żucia.

Wyniki badań własnych wykazały istotną statystycznie zależność między odległością ms-NL a wartością siły żucia. Należy podkreślić, że związek ten występował zarówno w grupie badanej jak i kontrolnej. W każdym przypadku mamy do czynienia z korelacją ujemną, co oznacza, że wraz ze wzrostem wartości ms-NL maleje

wartość siły żucia. W grupie kontrolnej uzyskano średnie wartości ms-NL na poziomie $22,5 \pm 2,5$ mm. Były one istotnie statystycznie mniejsze od wartości uzyskanych w grupie badanej – $23,7 \pm 3,2$ mm. Smyl-Golianek i wsp. [2009] badali tylną wysokość wyrostka zębodołowego szczęki u pacjentów z wadą klasy I i prawidłowymi proporcjami twarzy. Na podstawie 300 cefalogramów bocznych głowy określili wartości dla ms-NL. W uzębieniu mieszanym tylna wysokość wyrostka zębodołowego szczęki wyniosła $20 \pm 2,3$ mm, a dla uzębienia stałego $23 \pm 2,8$ mm. Trudno porównywać przytoczone wyniki z obserwacjami własnymi, ponieważ badaniem tym objęto również osoby dorosłe, podczas gdy w badaniach własnych nie dokonano podziału na pacjentów z uzębieniem mieszanym i stałym. Należy jednak zwrócić uwagę, że pomimo obecności w grupie badanej pacjentów z uzębieniem mieszanym, wartości ms-NL uzyskane w materiale własnym są wyższe od wartości uzyskanych przez Smyl-Golianek i wsp. [2009] w grupie pacjentów wyłącznie z uzębieniem stałym.

Oddalenie punktu molarnego (ms) od płaszczyzny szczęki (NL) określa nie tylko stopień pionowego rozwoju wyrostka zębodołowego szczęki, ale również zakres wyrżnięcia trzonowych zębów stałych. Nadmiernie wyrżnięte trzonowce związane są z dotylną rotacją żuchwy (kąt ML-NSL ulega zwiększeniu) i powstaniem pionowego wzorca wzrostu, który występuje u pacjentów z zespołem długiej twarzy [Björk 1969, Proffit i Fields 1983]. Jest to zgodne z wynikami badań własnych, w których wartości ms-NL u pacjentów wysokokątowych były zwiększone. Braun i wsp. [1995] oraz Sondang i wsp. [2003] wskazali również na istotną statystycznie zależność między tylną wysokością wyrostka zębodołowego szczęki a maksymalną siłą żucia. Interesujące jest, że była to korelacja dodatnia, zatem wraz ze wzrostem ms-NL rosła również siła żucia. Wyniki te zostały określone przez Brauna i wsp. jako „nieoczekiwane”. Również Kovero i wsp. [2002] oraz Ingervall i wsp. [1997] stwierdzili istotnie statystyczną, dodatnią zależność między ms-NL a siłą żucia, ale tylko w grupie pacjentów płci żeńskiej. Jednakże korelacja między zmiennymi w grupie mężczyzn, chociaż nieistotna statystycznie, była ujemna [Kovero i wsp. 2002]. Obserwacja ta jest zgodna z wynikami badań własnych. W ich interpretacji należy jednak uwzględnić pewne ograniczenia metodologiczne. Średnie dla ms-NL badanych dziewcząt w pracy Ingervalla i wsp. [1997] wynosiły $19,4 \pm 2,1$ mm. Są to wartości zdecydowanie niższe od uzyskanych w badaniach własnych, pomimo zbliżonego wieku pacjentów biorących udział w badaniu.

Jak wcześniej wspomniano, na podstawie wartości kątów ML-NSL i ML-NL dokonano podziału na grupy: kontrolną i badaną. W pierwszej grupie nie stwierdzono istotnej statystycznie zależności między wartościami kątów ML-NSL i ML-NL a siłą żucia. Taką korelację wykazano natomiast w grupie badanej – średniej mocy w przypadku kąta ML-NL oraz słabej dla kąta ML-NSL. Wraz ze wzrostem wartości wyżej wymienionych kątów wartość siły żucia ulegała zmniejszeniu. W grupie kontrolnej średnie wartości kątów ML-NSL i ML-NL wyniosły odpowiednio $28,4 \pm 3,5^\circ$ oraz $22,2 \pm 3,9^\circ$, podczas gdy w grupie badanej – $39,8 \pm 4,9^\circ$ oraz $33,1 \pm 4,5^\circ$. Różnice te były istotne statystycznie. Podobne wyniki, jak w grupie badanej, uzyskali w pracy Sondang i wsp. [2003]. Maksymalna siła żucia była istotnie statystycznie zależna od wartości kątów ML-NSL ($30,93 \pm 5,43^\circ$) i ML-NL ($23,35 \pm 5,21^\circ$). Należy zwrócić uwagę, że wartości uzyskane przez wspomnianych badaczy były niższe od uzyskanych w badaniach własnych w grupie pacjentów wysokokątowych, ale wyższe w porównaniu z grupą kontrolną. Również Sonnesen i Bakke [2005] oraz Uchida i wsp. [2011] stwierdzili istotną statystycznie, ujemną zależność między wartością kątów ML-NSL i ML-NL a maksymalną siłą żucia. Doniesienia Kovero i wsp. [2002] wskazują na istotną statystycznie korelację u mężczyzn między maksymalną siłą żucia a wartością kąta ML-NSL oraz u kobiet – między maksymalną siłą żucia a wartością kąta ML-NL. Ueda i wsp. [1998] w grupie 30 badanych pacjentów w wieku 15-28 lat wskazali na istotną statystycznie korelację między wartościami kątów ML-NSL i ML-NL a napięciem mięśnia żwacza, które mierzono przy użyciu elektromiografii (EMG). Średnie wartości uzyskane we wspomnianym badaniu wyniosły $35,4 \pm 9,2^\circ$ dla kąta ML-NSL oraz $26,0 \pm 7,8^\circ$ dla kąta ML-NL. Wzrostowi wielkości wyżej wymienionych kątów towarzyszył spadek siły żucia. Do podobnych wniosków doszli Tecco i wsp. [2011], którzy również wykazali istotną statystycznie zależność między napięciem żwaczy a wartością kąta ML-NSL.

Pereira i wsp. [2007] w swojej pracy badali maksymalną siłę żucia u pacjentów z objawami dysfunkcji stawu skroniowo-żuchwowego oraz w grupie kontrolnej. Na tej podstawie określili negatywną, istotną statystycznie korelację między maksymalną siłą żucia a wielkością kąta ML-NSL w grupie kontrolnej. Podobnej zależności nie stwierdzono w grupie pacjentów z dysfunkcją stawu skroniowo-żuchwowego. W badaniach Andersena i Sonnesena [2012] dotyczących 95 pacjentów dorosłych autorzy wykazali istotną statystycznie zależność między maksymalną siłą żucia a wielkością kąta ML-NSL. Nie stwierdzono jednak takiej korelacji w przypadku kąta ML-NL. Już wcześniej

Braun i wsp. [1995] zauważyli istotną statystycznie korelację między maksymalną siłą żucia a wielkością kąta ML-NL o średniej wartości $22,1 \pm 5,9^\circ$. Wyniki te nie są zgodne z wynikami badań własnych, które nie wskazują na taką korelację w grupie kontrolnej. Natomiast zgodne z wynikami badań własnych są wyniki uzyskane przez Usui i wsp. [2007]. Wykazali oni istotną statystycznie zależność między wartością kąta ML-NL a maksymalną siłą żucia. Autorzy podzielili badanych pacjentów na 5 grup w zależności od wieku, a uzyskane średnie wartości kąta ML-NL wahały się od $28,1 \pm 5,8$ mm do $30,5 \pm 5,5$ mm. Zatem były to wartości zbliżone do uzyskanych u osób wysokokątowych w badaniach własnych.

Interesujący jest wynik testu różnic współczynników korelacji grupy badanej i kontrolnej. W grupie badanej wzrost wartości kątów ML-NSL i ML-NL powoduje spadek siły żucia, a więc odwrotnie niż w przypadku grupy kontrolnej.

W literaturze przyjmuje się, że istnieje związek pomiędzy budową struktur organizmu a jego czynnością. Nie ma jednak zgodności, czy to genetycznie uwarunkowana budowa morfologiczna twarzoczaszki kształtuje siłę mięśni, czy może mięśnie, a za tym i ich czynność, wpływają na kształt kości [Van Spronsen i wsp. 1992, Ingervall i Helkimo 1978]. Badania na zwierzętach wykazały ponad wszelką wątpliwość, że jakakolwiek ingerencja w prawidłowy rozwój mięśni ma wpływ na nieprawidłowe tworzenie struktur kostnych twarzoczaszki [Atchley i wsp. 1984, Hall i Herring 1990, Herring i Lakars 1981]. Zmniejszona siła mięśni u pacjentów z długą twarzą podkreśla związek pomiędzy budową twarzoczaszki a czynnością [Proffit i wsp. 1983, Van Spronsen i wsp. 1992]. Jak do tej pory nie udało się określić, czy to zmniejszona siła żucia przyczynia się do powstania pionowego wzorca wzrostu, czy może obniżona jej wartość jest wynikiem takiego kierunku wzrostu. Proffit i Fields [1983], Sassouni [1969] oraz Schendel i wsp. [1976] za przyczynę powstania zespołu długiej twarzy, czy ogólnie mówiąc pionowego kierunku wzrostu, uważają niepoohamowane wyrzynanie trzonowców oraz związany z tym pionowy przerost wyrostka zębodołowego szczęki. Mając na uwadze ten fakt, można przyjąć, że wartość siły żucia, która w wynikach badań własnych jest silnie powiązana z odległością ms-NL, wpływa na pionowy rozwój twarzoczaszki. Założenie to jest zgodne z doniesieniami Kiliaridis i wsp. [2003] twierdzących, że zwiększony wzrost szczęki na szerokość postępuje na skutek nasilonej apozycji kości w szwach jako wynik większej pracy mięśni podczas żucia. Również dystrofia mięśniowa Duchenne'a może być przykładem, jak zanik mięśni i zmniejszona siła żucia wpływają na budowę

twarzoczaszki. Pacjenci dotknięci tą genetycznie uwarunkowaną chorobą charakteryzują się znacznie zwiększonymi wartościami kątów ML-NSL, ML-NL, zwiększoną przednią wysokością twarzy oraz zmniejszoną tylną wysokością twarzy [Ueki i wsp. 2007]. Wynika to również z wcześniejszych badań przeprowadzonych przez Ingervall i Bitsanis [1987]. Badali oni długotrwały efekt ćwiczeń mięśni żucia u 13 dzieci z długą twarzą. Wynik eksperymentu był jednoznaczny, uzyskano istotne statystycznie zwiększenie siły żucia oraz tylnej wysokości twarzy, a także zmniejszenie przedniej całkowitej wysokości twarzy. Należy podkreślić, że trening spowodował również doprzednią rotację żuchwy, czyli zmniejszenie kąta MSL-NL.

6. WNIOSKI

- 1) U przeważającej większości ogółu badanych nie stwierdzono wpływu płci na siłę żucia. Stwierdzono natomiast wpływ wieku na zwiększenie siły żucia u osób z wysokokątową relacją podstaw szczęk i czaszki, podczas gdy nie wykazano takiego wpływu na siłę żucia u osób z prawidłową relacją podstaw szczęk i czaszki.
- 2) Tylina wysokość wyrostka zębodołowego (ms-NL) wykazuje największy wpływ na siłę żucia spośród wybranych parametrów analizy cefalometrycznej określających pionową budowę twarzoczaszki zarówno u osób ze zwiększoną, jak i prawidłową relacją podstaw szczęk i czaszki, przy czym wraz ze wzrostem wartości ms-NL siła żucia ulega zmniejszeniu.
- 3) W grupie osób z wysokokątową relacją podstaw szczęk i czaszki wykazano dodatnią zależność między siłą żucia a stosunkiem tylnej do przedniej wysokości twarzy (SGo:NMe) oraz kątami ML-NL i ML-NSL. Wraz ze zwiększeniem tych kątów i zmniejszeniem SGo:NMe następuje zmniejszenie siły żucia. Takich zależności nie wykazano w grupie osób z prawidłowymi wartościami kątów ML- i ML-NSL.
- 4) Siła żucia nie jest zależna od przedniej dolnej wysokości twarzy (Sp-Me), stosunku dolnej przedniej do całkowitej przedniej wysokości twarzy (SpMe:NMe) oraz kąta NL-NSL zarówno u osób ze zwiększoną, jak i prawidłową relacją podstaw szczęk i czaszki.
- 5) Nie wykazano wpływu przedniej wysokości twarzy (N-Me) na siłę żucia u osób z wysoką relacją podstaw szczęk i czaszki. U osób z prawidłową relacją podstaw szczęk i czaszki wzrost przedniej wysokości twarzy wpływa na zmniejszenie średniej i maksymalnej siły żucia po stronie lewej.
- 6) Przeciętne wartości średniej i maksymalnej siły żucia są niższe u osób z wysoką relacją podstaw szczęk i czaszki niż u osób z prawidłową relacją podstaw szczęk i czaszki, jednak różnice te nie są istotne statystycznie.

7. STRESZCZENIE

Przyjmuje się, że wielkość, w tym grubość i pole powierzchni mięśni są powiązane z siłą żucia. Z dostępnej literatury tematu wynika, że podejmowano próby określenia wpływu siły żucia na budowę twarzoczaszki. Oceniano również korelację między siłą żucia a takimi czynnikami jak płeć czy wiek. Wielu badaczy, potwierdziło zależność między budową twarzoczaszki a siłą żucia. Jednak tylko w nielicznych pracach opisano wyniki badań, których celem było wyjaśnienie korelacji siły żucia z parametrami analizy cefalometrycznej określającymi budowę twarzoczaszki. Dodatkowo, wyniki tych badań są niejednoznaczne.

Celem pracy własnej była ocena zależności między płcią i wiekiem a siłą żucia, a także ocena korelacji wybranych parametrów określających pionową budowę twarzoczaszki z siłą żucia. Porównano również siłę żucia u osób ze zwiększoną pionową relacją podstaw szczęk i czaszki z siłą żucia u osób z prawidłową relacją podstaw szczęk i czaszki.

Materiał do badań stanowiło 120 pacjentów Kliniki i Katedry Ortopedii Szczękowej Uniwersytetu Medycznego w Lublinie. Pacjenci w wieku od 7 do 17 lat zgłosili się celem diagnozy i ewentualnego leczenia ortodontycznego. W badaniu uczestniczyło 60 chłopców i 60 dziewcząt, a przeciętny wiek wyniósł $12,2 \pm 1,7$ lat. Połowa badanej populacji nie przekroczyła 12 roku życia. Wśród badanych wyodrębniono dwie grupy. Podstawą podziału były wartości kątów ML-NL i ML-NSL według norm analizy Segnera i Hasunda. Grupę badaną (wartości kątów ML-NL powyżej 27° i ML-NSL powyżej 33°) stanowiło 66 osób (55% ogółu badanych) w wieku od 7 do 17 lat. Grupę kontrolną (wartości kątów ML-NL $20,0^\circ \pm 7,0^\circ$ i ML-NSL $28,0^\circ \pm 5,0^\circ$) stanowiło 54 osób (45% ogółu badanych) w wieku od 7 do 16 lat. Do badania siły żucia użyto cyfrowego siłomierza wyskalowanego w niutonach. Zakres pracy przyrządu wynosił 1-2000 N. Pomiar wykonywany był na wysokości pierwszych stałych trzonowców. Pacjentowi polecono nagryzanie przygotowanego rejestratora z maksymalną siłą. Siłomierz w trybie pracy "peak" zapisuje i wyświetla najwyższą zarejestrowaną wartość. Pomiar powtarzany był pięciokrotnie w odstępach 2-minutowych zarówno dla strony prawej, jak i lewej. W badaniach uwzględniono najwyższą zarejestrowaną wartość (maksymalna siła żucia) oraz średnią wartość ze wszystkich pomiarów (średnia siła żucia). Wyniki wyrażono w niutonach (N). Każdemu pacjentowi

wykonano zdjęcia cefalometryczne boczne głowy. Rentgenogramy zostały poddane analizie cefalometrycznej. W tym celu posłużono się programem komputerowym firmy Ortobajt, gdzie naniesiono na ekran monitora wymagane punkty cefalometryczne. Następnie poprzez odczytanie zaznaczonych punktów program przeprowadził analizę cefalometryczną. Dokonano również odręcznego zaznaczenia niektórych punktów pomiarowych na kalce ołówkiem o grubości 0,3 mm. Do oceny relacji pionowych wykorzystano następujące pomiary analizy cefalometrycznej: ML-NSL, ML-NL, NL-NSL, N-Me, Sp-Me, SGo:NMe, SpMe:NMe, ms-NL. Pomiarów N-Me, Sp-Me, SpMe:NMe oraz ms-NL dokonano ręcznie na obrysie zdjęcia cefalometrycznego głowy.

Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej, co pozwoliło na sformułowanie następujących wniosków:

- 1) U przeważającej większości ogółu badanych nie stwierdzono wpływu płci na siłę żucia. Stwierdzono natomiast wpływ wieku na zwiększenie siły żucia u osób z wysokokątową relacją podstaw szczęk i czaszki, podczas gdy nie wykazano takiego wpływu na siłę żucia u osób z prawidłową relacją podstaw szczęk i czaszki.
- 2) Tylina wysokość wyrostka zębodołowego (ms-NL) wykazuje największy wpływ na siłę żucia spośród wybranych parametrów określających pionową budowę twarzoczaszki zarówno u osób ze zwiększoną, jak i prawidłową relacją podstaw szczęk i czaszki, przy czym wraz ze wzrostem wartości ms-NL siła żucia ulega zmniejszeniu.
- 3) W grupie osób z wysokokątową relacją podstaw szczęk i czaszki wykazano dodatnią zależność między siłą żucia a stosunkiem tylnej do przedniej wysokości twarzy (SGo:NMe) oraz kątami ML-NL i ML-NSL. Wraz ze zwiększeniem tych kątów i zmniejszeniem SGo:NMe następuje zmniejszenie siły żucia. Takich zależności nie wykazano w grupie osób z prawidłowymi wartościami kątów ML-NL i ML-NSL.
- 4) Siła żucia nie jest zależna od przedniej dolnej wysokości twarzy (Sp-Me), stosunku dolnej przedniej do całkowitej przedniej wysokości twarzy (SpMe:NMe) oraz kąta NL-NSL zarówno u osób ze zwiększoną, jak i prawidłową relacją podstaw szczęk i czaszki.

- 5) Nie wykazano wpływu przedniej wysokości twarzy (N-Me) na siłę żucia u osób z wysoką relacją podstaw szczęk i czaszki. U osób z prawidłową relacją podstaw szczęk i czaszki wzrost przedniej wysokości twarzy wpływa na zmniejszenie średniej i maksymalnej siły żucia po stronie lewej.
- 6) Przeciętne wartości średniej i maksymalnej siły żucia są niższe u osób z wysoką relacją podstaw szczęk i czaszki niż u osób z prawidłową relacją podstaw szczęk i czaszki, jednak różnice te nie są istotne statystycznie.

8. SUMMARY

It is assumed that the size, including thickness and surface area of muscles are associated with bite force. The available literature confirms that attempts to determine the effect of bite forces on the craniofacial structure have been made. The correlation between the bite force and factors such as gender or age has been also determined. Many authors have confirmed the relationship between craniofacial structure and the bite force. However, only a few studies have described the results of research the aim of which was to clarify the correlation between bite forces of and the outcome of cephalometric analysis defining the craniofacial structure. In addition, the results of these studies are ambiguous.

The aim of the work was to assess the relationship between gender and age, and bite force, and to assess the correlation of selected parameters determining the vertical craniofacial structure with bite force. The bite force in patients with elevated vertical relation of bases of jaws and skull was also compared with bite force in subjects with normal relation of bases of jaw and skull.

The material for the study consisted of 120 patients of the Chair and the Department of Maxillofacial Orthopedics, Medical University of Lublin. Patients aged between 7 to 17 years were referred to diagnosis and possible orthodontic treatment. The study included 60 boys and 60 girls, and the average age was 12.2 ± 1.7 years. Half of the study population did not exceed 12 years of age. Two groups were distinguished among the respondents. The basis for the division were the angles ML-NL and ML-NSL by the standards of Segner and Hasund analysis. The study group (the ML-NL angles above 27° and ML-NSL above 33°) consisted of 66 patients (55% of all respondents) aged from 7 to 17 years. The control group (the ML-NL angle $20.0^\circ \pm 7.0^\circ$ and ML-NSL $28.0^\circ \pm 5.0^\circ$) consisted of 54 patients (45% of all respondents) aged from 7 to 16 years. For testing bite forces a digital dynamometer graduated in Newtons was used. The working range of the instrument was 1-2000 N. The measurement was carried out at the height of the first permanent molars. The patients were instructed to bite the prepared recording device with maximum force. The dynamometer in the operating mode "peak" stored and displayed the highest recorded value. The measurement was repeated five times at 2-min intervals for both the right and left side. The study took into account the highest recorded value (maximum

bite force) and the average of all measurements (average bite force). Results were expressed in Newtons (N). There were performed lateral cephalometric images of the head of each patient. Rentgenograms were subjected to cephalometric analysis. For this purpose, a computer program by Ortobajt company was used where the required cephalometric points were marked onto the display screen. Then, by reading the marked points, the program conducted cephalometric analysis. There was also manually marked selection of some measuring points on tracing paper with a pencil with a thickness of 0.3 mm. To assess the vertical relationships the following cephalometric analysis measurements were used: ML-NSL, ML-NL, NL-NSL, N-Me, Sp-Me, SGo:NMe, SpMe:NMe, ms-NL. Measurements of N-Me, Sp-Me, SpMe:NMe and ms-NL were made manually on the contour of the cephalometric image of head.

The results were subjected to statistical analysis, which allowed for the following conclusions:

- 1) In the vast majority of respondents, there was no effect of gender on the bite force. However, the effect of age was found to increase the bite forces in patients with high-angle relation of bases of jaws and skull, while there was no such effect on the bite force in subjects with normal relation of bases of jaws and skull.
- 2) The posterior height of the alveolar process (ms-NL) has the greatest influence on bite force from the selected parameters determining the vertical craniofacial structure of both patients with abnormal and normal relation of bases of jaws and skull, but with the increase in the value of ms-NL, bite force is reduced.
- 3) The group with high-angle relation of bases of jaws and skull showed a positive relationship between the bite force and the ratio of the posterior to the anterior height of face (SGo:NMe) and angles ML-NL and ML-NSL. With the increase of these angles and reduced SGo:NMe, a reduction in chewing forces takes place. These dependencies are not shown in patients with normal angles ML-NL and ML-NSL.
- 4) Bite force is not dependent on the anterior lower height of face (Sp-Me), the ratio of the anterior lower to the anterior total height of face (SpMe:NMe), and NL-NSL angle both in patients with abnormal and normal relation of bases of jaws and skull.

- 5) There was no effect of the length of the anterior height of face (N-Me) on the bite force in patients with high-angle relation of bases of jaws and skull. In people with normal relation of bases of jaws and skull, the increase in the anterior height of face level decreases the average and maximum bite force on the left side.
- 6) The average mean and maximum bite force values are lower in people with high-angle relation of bases of jaws and skull than in subjects with normal relation of bases of jaws and skull, but the differences were not statistically significant.

9. PIŚMIENNICTWO

- 1) Abu Alhaija ES, Al Zo'ubi IA, Al Rousan ME, Hammad MM. Maximum occlusal bite forces in Jordanian individuals with different dentofacial vertical skeletal patterns. *Eur J Orthod.* 2010;32(1):71-77.
- 2) Ackerman J, Proffit WR. Soft tissue limitations in orthodontics: Treatment planning guidelines. *Angle Orthod.* 1997;67(5):327-336.
- 3) Adamiak E. Występowanie wad zgryzu u dzieci wiejskich w wieku przedszkolnym w zależności od niektórych czynników osobowych. *Czas Stomatol.* 1981;34(5):551-555.
- 4) Ahlgren J. Masticatory movements in man. W: Anderson DJ, Matthews B, editors. *Mastication*. Bristol, John Wright & Sons LTD, 1976.
- 5) Andersen MK, Sonnesen L. Risk factors for low molar bite force in adult orthodontic patients. *Eur J Orthod.* 2012 Jan 30. [Epub ahead of print].
- 6) Anderson DM. *Dorland's illustrated medical dictionary*. Ed. 28, Philadelphia, WB Saunders, 1994.
- 7) Andrews LF. The six keys to normal occlusion. *Am J Orthod.* 1972;62(3):296-309
- 8) Angle EH. Classification of malocclusion. *Dental Cosmos.* 1899;41:248-264.
- 9) Ash MM, Ramfjord S. *Occlusion*. Ed. 4, Philadelphia, WB. Saunders, 1995.
- 10) Atchley WR, Herring SW, Riska B, Plummer AA. Effects of the muscular dysgenesis gene on developmental stability in the mouse mandible. *J Craniofac Genet Dev Biol.* 1984;4(3):179-189.
- 11) Bakke M. Bite force and occlusion. *Semin Orthod.* 2006;12:120-126.
- 12) Bakke M, Holm B, Jensen BL, Michler L, Möller E. Unilateral, isometric bite force in 8-68-year-old women and men related to occlusal factors. *Scand J Dent Res.* 1990; 98(2):149-158.
- 13) Bates JF, Stafford GD, Harrison A. Masticatory function – a review of the literature. 1. The form of the masticatory cycle. *J Oral Rehabil.* 1975;2:281-301.
- 14) Biedziak B, Kurzawski M, Pospieszyńska M. Częstość występowania wad zgryzu u dzieci przedszkolnych w Poznaniu. *Pozn Stomat.* 1998;25,177-184.

- 15) Björk A. Prediction of mandibular growth rotation. *Am J Orthod.* 1969;55(6):585-599.
- 16) Bolt KJ, Orchardson R. Relationship between mouth-opening force and facial skeletal dimensions in human females. *Arch Oral Biol.* 1986;31(12):789-793.
- 17) Boom HP, van Spronsen PH, van Ginkel FC, van Schijndel RA, Castelijns JA, Tuinzing DB. A comparison of human jaw muscle cross-sectional area and volume in long- and short-face subjects, using MRI. *Arch Oral Biol.* 2008;53(3):273-281.
- 18) Brunel G, El Haddioui AE, Bravetti P, Zouaoui A, Gaudy J-F. General organization of the human intra-masseteric aponeuroses: changes with aging. *Surg Radiol Anat.* 2003;25:270–283.
- 19) Braun S, Bantleon HP, Hnat WP, Freudenthaler JW, Marcotte MR, Johnson BE. A study of bite force, part 1: Relationship to various physical characteristics. *Angle Orthod.* 1995;65(5):367-372.
- 20) Braun S, Hnat WP, Freudenthaler JW, Marcotte MR, Hönigle K, Johnson BE. A study of maximum bite force during growth and development. *Angle Orthod.* 1996;66(4):261-264.
- 21) Bullock J, Boyle J, Wang MB. *Fizjologia*. Wrocław, Elsevier Urban & Partner, 2004.
- 22) Cangialosi TJ. Skeletal morphologic features of anterior open bite. *Am J Orthod.* 1984;85:28-36.
- 23) Castelo PM, Gavião MB, Pereira LJ, Bonjardim LR. Maximal bite force, facial morphology and sucking habits in young children with functional posterior crossbite. *J Appl Oral Sci.* 2010;18(2):143-148.
- 24) Charalampidou M, Kjellberg H, Georgiakaki I, Kiliaridis S. Masseter muscle thickness and mechanical advantage in relation to vertical craniofacial morphology in children. *Acta Odontol Scand.* 2008;66(1):23-30.
- 25) Ciccone de Faria Tdos S, Hallak Regalo SC, Thomazinho A, Vitti M, de Felício CM. Masticatory muscle activity in children with a skeletal or dento-alveolar open bite. *Eur J Orthod.* 2010;32(4):453-458.
- 26) Clark JR, Evans RD. Functional occlusion: I. A review. *J Orthod.* 2001;28(1):76-81.
- 27) De Bont LG, Boering G, Havinga P, Liem RS. Spatial arrangement of collagen fibrils in the articular cartilage of the mandibular condyle: a light microscopic

- and scanning electron microscopic study. *J Oral Maxillofac Surg.* 1984;42(5):306-313.
- 28) De Bont LG, Liem RS, Boering G. Ultrastructure of the articular cartilage of the mandibular condyle: aging and degeneration. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1985;60(6):631-641.
- 29) Dellow PG, Lund JP. Evidence for central timing of rhythmical mastication. *J Physiol.* 1971;215:1-13.
- 30) DuBrul EL. Sicher's oral anatomy. Ed. 7, St Louis, Mosby, 1980.
- 31) Fields HW, Proffit WR, Case JC, Vig KW. Variables affecting measurements of vertical occlusal force. *J Dent Res.* 1986;65(2):135-138.
- 32) Fields H, Proffit WR, Nixon WL, Phillips C, Stanek E. Facial pattern differences in long-faced children and adults. *Am J Orthod.* 1984;85:217-223.
- 33) García-Morales P, Buschang PH, Throckmorton GS, English JD. Maximum bite force, muscle efficiency and mechanical advantage in children with vertical growth patterns. *Eur J Orthod.* 2003;25(3):265-272.
- 34) Gaudy JF, Zouaoui A, Bravetti P, Charrier J, Guettaf A. Functional organization of human masseter muscle. *Surg Radiol Anat.* 2000;22:181-190.
- 35) Gibbs CH, Messerman T, Reswick JB, Derda HJ. Functional movements of the mandible. *J Prosthet Dent.* 1971;26(6):604-620.
- 36) Golusik K, Sarul M, Rzeszut Ł, Sieja A, Matthews-Brzozowska T. Zaburzenia zgryzowo-zębowe populacji średniowiecznej i współczesnej Dolnego Śląska. *Dent Med Probl.* 2005;42:465-471.
- 37) Gorzałek J. Biomechanika stawu skroniowo-żuchwowego (ssż) w aspekcie terapii manualnej. *Medycyna Manualna* 2009;8:1-4.
- 38) Goto TK, Yahagi M, Nakamura Y, Tokumori K, Langenbach GE, Yoshiura K. In vivo cross-sectional area of human jaw muscles varies with section location and jaw position. *J Dent Res.* 2005;84(6):570-575.
- 39) Greń J. Modele i zadania statystyki matematycznej. Warszawa, PWN, 1972.
- 40) Grosfeldowa O. Fizjologia narządu żucia. Wyd. 1, Warszawa, Wyd. Lek PZWL, 1981.
- 41) Grzybowska-Subtelna J, Pisulska-Otremba A. Częstość występowania wad zgryzu u dzieci i młodzieży województwa opolskiego. *Czas Stomatol.* 2001;54(1):51-56.

- 42) Guyton AC. Textbook of medical physiology. Ed. 8, Philadelphia, WB Saunders, 1991.
- 43) Hall BK, Herring SW. Paralysis and growth of the musculoskeletal system in the embryonic chick. *J Morphol.* 1990;206(1):45-56.
- 44) Helkimo E, Carlsson GE, Helkimo M. Bite force and state of dentition. *Acta Odontol Scand.* 1977;35(6):297-303.
- 45) Hering K, Ruf S, Pancherz H. Orthodontic treatment of openbite and deepbite high-angle malocclusions. *Angle Orthod.* 1999;69(5):470-477.
- 46) Herring SW, Lakars TC. Craniofacial development in the absence of muscle contraction. *J Craniofac Genet Dev Biol.* 1982;1(4):341-357.
- 47) Heylings DJ, Nielsen IL, McNeill C. Lateral pterygoid muscle and the temporomandibular disc. *J Orofac Pain* 1995;9(1):9-16.
- 48) Horio T, Kawamura Y. Effects of texture of food on chewing patterns in the human subject. *J Oral Rehabil.* 1989;16:177-183.
- 49) Humphrey T. Development of oral and facial motor mechanisms in human fetuses and their relation to craniofacial growth. *J Dent Res.* 1971;50:1428-1441.
- 50) Huxley AF, Niedergerke R. Structural changes in muscle during contraction; interference microscopy of living muscle fibres. *Nature* 1954;173(4412):971-973.
- 51) Ingervall B, Helkimo E. Masticatory muscle force and facial morphology in man. *Arch Oral Biol.* 1978;23(3):203-206.
- 52) Ingervall B, Minder C. Correlation between maximum bite force and facial morphology in children. *Angle Orthod.* 1997;67(6):415-422.
- 53) Jańczuk Z. Praktyczna periodontologia kliniczna. Wyd. 1, Warszawa, Wyd. Kwintesencja, 2004.
- 54) Jenkins GN. The physiology and biochemistry of the mouth. Ed.4, Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1974.
- 55) Karlsson S, Carlsson GE. Characteristics of mandibular masticatory movement in young and elderly dentate subjects. *J Dent Res.* 1990;69:473-476.
- 56) Kawala B, Babijczuk T, Czeakańska A. Występowanie dysfunkcji, parafunkcji i wad narządu żucia u dzieci w wieku przedszkolnym. *Dent Med Probl.* 2003;40(2):319-325.

- 57) Kawala B, Szumielewicz M, Kozanecka A. Czy ortodonci są jeszcze potrzebni? Epidemiologia wad zgryzowo-zębowych u dzieci i młodzieży w Polsce w ostatnich 15 latach. *Dent Med Probl.* 2009;46(3):273-278.
- 58) Kiliaridis S, Georgiakaki I, Katsaros C. Masseter muscle thickness and maxillary dental arch width. *Eur J Orthod.* 2003;25(3):259-263.
- 59) Kiliaridis S, Kjellberg H, Wenneberg B, Engström C. The relationship between maximal bite force, bite force endurance, and facial morphology during growth. A cross-sectional study. *Acta Odontol Scand.* 1993;51(5):323-331.
- 60) King EE, Minz B, Unna KR. The effect of the brain stem reticular formation on the linguomandibular reflex. *J Comp Neurol.* 1955;102:565-596.
- 61) Kleinrok M. Zaburzenia czynnościowe układu ruchowego narządu żucia. Wyd. 4, Warszawa, Wyd. Sanmedia, 1992.
- 62) Koc D, Dogan A, Bek B. Bite force and influential factors on bite force measurements: a literature review. *Eur J Dent.* 2010;4(2):223-232.
- 63) Koolstra JH. Dynamics of the human masticatory system. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine* 2002;13(4):366-376.
- 64) Kovero O, Hurmerinta K, Zepa I, Huggare J, Nissinen M, Könönen M. Maximal bite force and its associations with spinal posture and craniofacial morphology in young adults. *Acta Odontol Scand.* 2002;60(6):365-369.
- 65) Kraszewski J. Choroby stawu skroniowo-żuchwowego. Wyd. 2, Warszawa, PZWL, 1985.
- 66) Linderholm H, Lindqvist B, Ringqvist M, Wennström A. Isometric bite force in children and its relation to body build and general muscle force. *Acta Odontol Scand.* 1971;29(5):563-568.
- 67) Lowe AA, Takada K, Taylor LM. Muscle activity during function and its correlation with craniofacial morphology in a sample of subjects with Class II, Division 1 malocclusions. *Am J Orthod.* 1983;84(3):204-211.
- 68) Lucas PW, Ow RKK, Ritchie GM, Chew CL, Keng SB. Relationship between jaw movement and food breakdown in human mastication. *J Dent Res.* 1986;65:400-404.
- 69) Lund JP. Mastication and its control by the brain stem. *Crit Rev Oral Biol Med.* 1991; 2(1):33-64.
- 70) Łasiński W. Anatomia głowy dla stomatologów. Wyd. 5, Warszawa, PZWL, 1985.

- 71) Mahan PE, Wilkinson TM, Gibbs CH, Mauderli A, Brannon LS. Superior and inferior bellies of the lateral pterygoid muscle EMG activity at basic jaw positions. *J Prosthet Dent.* 1983;50(5):710-718.
- 72) Majewski SW. Gnatofizjologia stomatologiczna. Normy okluzji i funkcje układu stomatognatycznego. Wyd. 1, Warszawa, PZWL, 2009.
- 73) Majewski S, Majewski P. Okluzja jako kluczowy problem w implantologii dentystycznej. *Implanoprotetyka* 2009;10(4):4-10.
- 74) Majewski S, Wieczorek A, Loster A. Analiza ruchów podczas żucia w warunkach normy fizjologicznej. *Protet Stomatol.* 2009;59(6):389-393.
- 75) Mao J, Stein RB, Osborn JW. The size and distribution of fiber types in jaw muscles: a review. *J Craniomandib Disord.* 1992;6(3):192-201.
- 76) McNamara JA Jr: The independent functions of the two heads of the lateral pterygoid muscle. *Am J Anat.* 1973;138(2):197-205.
- 77) Miller T, Orzeszyna S. Elementy statystyki medycznej. Warszawa, PZWL, 1978.
- 78) Mohl ND. Neuromuscular mechanisms in mandibular function. *Dent Clin North Am.* 1978;22:63-71.
- 79) Molin C. Vertical isometric muscle forces of the mandible. A comparative study of subjects with and without manifest mandibular pain dysfunction syndrome. *Acta Odontol Scand.* 1972;30(4):485-499.
- 80) Morimitsu T, Nokubi T, Nagashima T, Yoshida M, Ikebe K, Okuno Y. Relationship between orofaciocranial morphologic factors and electromyographic activities of the masticatory muscles. *Nihon Ago Kansetsu Gakkai Zasshi* 1989;1(1):162-171.
- 81) Moss ML, Salentijn L. The primary role of functional matrices in facial growth. *Am J Orthod.* 1969;55(6):566-577.
- 82) Nagao M. The effects of aging on mastication. *Nutr Rev.* 1992;50:434-437.
- 83) Nanci A, Bosshardt DD. Structure of periodontal tissues in health and disease. *Periodontol* 2000 2006;40:11-28.
- 84) Nanda SK. Patterns of vertical growth in the face. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1988;93:101-106.
- 85) Neill DJ. The influence of diet on chewing patterns. *Proc Eur Prosthet Assoc.* 1981;96:784-787.

- 86) Neill DJ, Howell PGT. Computerized kinesiography in the study of mastication in dentate subjects. *J Prosthet Dent.* 1986;55:629-638.
- 87) Ng CS, Wong WK, Hagg U. Orthodontic treatment of anterior open bite. *Int J Paediatr Dent.* 2008;18(2):78-83.
- 88) Nishigawa K, Nakano M, Bando E, Clark GT. Effect of altered occlusal guidance on lateral border movement of the mandible. *J Prosthet Dent.* 1992;68(6):965-969.
- 89) Okeson JP. Leczenie dysfunkcji narządu żucia i zaburzeń zwarcia. Lublin, Wyd. Czelej, 2005.
- 90) Oktaba W. Elementy statystyki matematycznej i metodyka doświadczalnictwa. Warszawa, PWN, 1966.
- 91) Orlik-Grzybowska A. Podstawy ortodoncji. Warszawa, PZWL, 1976.
- 92) Palinkas M, Nassar MS, Cecílio FA, Siéssere S, Semprini M, Machado-de-Sousa JP, Hallak JE, Regalo SC. Age and gender influence on maximal bite force and masticatory muscles thickness. *Arch Oral Biol.* 2010;55(10):797-802.
- 93) Panek H. Propozycja holistycznej koncepcji układu stomatognatycznego. *Protet Stomatol.* 2002;4:191-194.
- 94) Pereira LJ, Gavião MB, Bonjardim LR, Castelo PM, van der Bilt A. Muscle thickness, bite force, and craniofacial dimensions in adolescents with signs and symptoms of temporomandibular dysfunction. *Eur J Orthod.* 2007;29(1):72-78.
- 95) Pereira LJ, Pastore MG, Bonjardim LR, Castelo PM, Gavião MB. Molar bite force and its correlation with signs of temporomandibular dysfunction in mixed and permanent dentition. *J Oral Rehabil.* 2007;34(10):759-766.
- 96) Pereira-Cenci T, Pereira LJ, Cenci MS, Bonachela WC, Del Bel Cury AA. Maximal bite force and its association with temporomandibular disorders. *Braz Dent J.* 2007;18(1):65-68.
- 97) Pinkert R. Anatomical structure of the temporomandibular joint and the movement of its tissues during mouth opening. *Stomatol DDR* 1980;30(10):744-750.
- 98) Pond LH, Barghi N, Barnwell GM. Occlusion and chewing side preference. *J Prosthet Dent.* 1986;55(4):498-500.

- 99) Proffit WR, Fields HW. Occlusal forces in normal- and long-face children. *J Dent Res.* 1983;62(5):571-574.
- 100) Proffit WR, Fields HW Jr, Moray LJ. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment need in the United States: estimates from the NHANES – III survey. *Int J Adult Orthod Orthogn Surg.* 1998;13:97-106.
- 101) Proffit WR, Fields HW, Nixon WL. Occlusal forces in normal- and long-face adults. *J Dent Res.* 1983;62(5):566-570.
- 102) Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. *Ortodoncja współczesna.* Wyd. 4, Wrocław, Elsevier, 2009.
- 103) Raadsheer MC, van Eijden TM, van Ginkel FC, Prah Andersen B. Contribution of jaw muscle size and craniofacial morphology to human bite force magnitude. *J Dent Res.* 1999;78(1):31-42.
- 104) Raftowicz-Wójcik K, Matthews-Brzozowska T. Wady zgryzu u dzieci w wieku przedszkolnym z/bez wad wymowy. *Czas Stomatol.* 2006;59(5):361-367.
- 105) Robinson PD. Articular cartilage of the temporomandibular joint: can it regenerate? *Ann R Coll Surg Engl.* 1993;75(4):231-236.
- 106) Schantz P, Randall-Fox E, Hutchison W, Tydén A, Astrand PO. Muscle fibre type distribution, muscle cross-sectional area and maximal voluntary strength in humans. *Acta Physiol Scand.* 1983;117(2):219-226.
- 107) Schendel SA, Eisenfeld J, Bell WH, Epker BN, Mischelevich DJ. The long-face syndrome: vertical maxillary excess. *Am J Orthod.* 1976;70:398-408.
- 108) Segner D, Hasund A. *Indywidualna kefalometria.* Warszawa, Med Tour Press International, 1996.
- 109) Shinkai RS, Lazzari FL, Canabarro SA, Gomes M, Grossi ML, Hirakata LM, Mota EG. Maximum occlusal force and medial mandibular flexure in relation to vertical facial pattern: a cross-sectional study. *Head Face Med.* 2007;2:3-18.
- 110) Soboleva U, Laurina L, Slaidina A. The masticatory system – an overview. *Stomatologija* 2005;7:77-80.
- 111) Sondang P, Kumagai H, Tanaka E, Ozaki H, Nikawa H, Tanne K, Hamada T. Correlation between maximum bite force and craniofacial morphology of young adults in Indonesia. *J Oral Rehabil.* 2003;30(11):1109-1117.
- 112) Sonnesen L, Bakke M. Molar bite force in relation to occlusion, craniofacial dimensions, and head posture in pre-orthodontic children. *Eur J Orthod.* 2005;27(1):58-63.

- 113) Sonnesen L, Bakke M, Solow B. Bite force in pre-orthodontic children with unilateral crossbite. *Eur J Orthod.* 2001;23(6):741-749.
- 114) Smyl-Golianek M. Wady zgryzu i metody leczenia ortodontycznego pacjentów dorosłych w Zakładzie Ortopedii Szczękowej Uniwersytetu Medycznego w Lublinie w latach 1995-2009. Nieopublikowana rozprawa doktorska, Lublin, 2011.
- 115) Smyl-Golianek M, Leszcz M, Dunin-Wilczyńska I. Wysokość wyrostka żębodołowego u pacjentów bez zaburzeń pionowych. *Forum Ortodont.* 2009;5(1):5-10.
- 116) Stanisław A. Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny. Tom 1. Statystyki podstawowe. Kraków, Statsoft Polska, 2006.
- 117) Stanisław A. Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny. Tom 2. Modele liniowe i nieliniowe. Kraków, Statsoft Polska, 2007.
- 118) Subtelny JD, Sakuda M. Open-bite, diagnosis and treatment. *Am J Orthod.* 1964;50:337-358.
- 119) Suszczewicz A, Lisiecka K. Stan zgryzu populacji 12- i 18-latków w Polsce w 1995 roku. *Przegl Stomat Wiek Rozw.* 2001;3/4:20-23.
- 120) Taibah SM, Feteih RM. Cephalometric features of anterior open bite. *World J Orthod.* 2007;8(2):145-152.
- 121) Tanaka TT. TMJ microanatomy: an anatomical approach to current controversies: a teaching videotape. Chula Vista, CA, Clinical Research Foundation, 1992.
- 122) Tanner JM, Healy MJ, Whitehouse RH, Edgson AC. The relation of body build to the excretion of 17-ketosteroids and 17-ketogenic steroids in healthy young men. *J Endocrinol.* 1959;19:87-101.
- 123) Tecco S, Crincoli V, Di Bisceglie B, Caputi S, Festa F. Relation between facial morphology on lateral skull radiographs and sEMG activity of head, neck, and trunk muscles in Caucasian adult females. *J Electromyogr Kinesiol.* 2011;21(2):298-310.
- 124) Thexton AJ. Mastication and swallowing: an overview. *Br Dent J.* 1992;173:197-206.

- 125) Thilander B, Pena L, Infante C, Parada SS, De Mayorga C: Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment need in children and adolescents in Bogota, Colombia. An epidemiological study related to different stages of dental development. *Eur J Orthod.* 2001;23:153-167.
- 126) Thongudomporn U, Chongsuvivatwong V, Geater AF. The effect of maximum bite force on alveolar bone morphology. *Orthod Craniofac Res.* 2009;12(1):1-8.
- 127) Throckmorton GS, Finn RA, Bell WH. Biomechanics of differences in lower facial height. *Am J Orthod.* 1980;77(4):410-420.
- 128) Traczyk ZT, Trzebski A. Fizjologia człowieka z elementami fizjologii stosowanej i klinicznej. Wyd. 3, Warszawa, PZWL, 2007.
- 129) Tsang WM, Cheung LK, Samman N. Cephalometric characteristics of anterior open bite in a southern Chinese population. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;113(2):165-172.
- 130) Tuxen A, Bakke M, Pinholt EM. Comparative data from young men and women on masseter muscle fibres, function and facial morphology. *Arch Oral Biol.* 1999;44(6):509-518.
- 131) Türp JC, Greene CS, Strub JR. Dental occlusion: a critical reflection on past, present and future concepts. *J Oral Rehabil.* 2008;35(6):446-453.
- 132) Uchida Y, Motoyoshi M, Shigeeda T, Shinohara A, Igarashi Y, Sakaguchi M, Shimizu N. Relationship between masseter muscle size and maxillary morphology. *Eur J Orthod.* 2011;33(6):654-659.
- 133) Ueda HM, Ishizuka Y, Miyamoto K, Morimoto N, Tanne K. Relationship between masticatory muscle activity and vertical craniofacial morphology. *Angle Orthod.* 1998;68(3):233-238.
- 134) Ueki K, Nakagawa K, Yamamoto E. Bite force and maxillofacial morphology in patients with Duchenne-type muscular dystrophy. *J Oral Maxillofac Surg.* 2007;65(1):34-39.
- 135) Ueki K, Takazakura D, Marukawa K, Shimada M, Nakagawa K, Yamamoto E. Relationship between the morphologies of the masseter muscle and the ramus and occlusal force in patients with mandibular prognathism. *J Oral Maxillofac Surg.* 2006;64(10):1480-1486.

- 136) Usui T, Uematsu S, Kanegae H, Morimoto T, Kurihara S. Change in maximum occlusal force in association with maxillofacial growth. *Orthod Craniofac Res.* 2007;10(4):226-234.
- 137) van der Bilt A, Tekamp A, van der Glas H, Abbink J. Bite force and electromyography during maximum unilateral and bilateral clenching. *Eur J Oral Sci.* 2008;116(3):217-222.
- 138) van Spronsen PH, Weijs WA, Valk J, Pahl-Andersen B, van Ginkel FC. Comparison of jaw-muscle bite-force cross-sections obtained by means of magnetic resonance imaging and high-resolution CT scanning. *J Dent Res.* 1989;68(12):1765-1770.
- 139) van Spronsen PH, Weijs WA, Valk J, Pahl-Andersen B, van Ginkel FC. A comparison of jaw muscle cross-sections of long-face and normal adults. *J Dent Res.* 1992;71(6):1279-1285.
- 140) Varga S, Spalj S, Lapter Varga M, Anic Milosevic S, Mestrovic S, Slaj M. Maximum voluntary molar bite force in subjects with normal occlusion. *Eur J Orthod.* 2011;33(4):427-433.
- 141) Watała C. Biostatystyka. Bielsko-Biała, α – medica Press, 2002.
- 142) Weijs WA, Hillen B. Correlations between the cross-sectional area of the jaw muscles and craniofacial size and shape. *Am J Phys Anthropol.* 1986;70(4):423-431.
- 143) Wilkinson TM. The relationship between the disc and the lateral pterygoid muscle in the human temporomandibular joint. *J Prosthet Dent.* 1988;60(6):715-724.
- 144) Wink CS, St Onge M, Zimny ML. Neural elements in the human temporomandibular articular disc. *J Oral Maxillofac Surg.* 1992;50:334-337.
- 145) Woelfel JB, Scheid, RC. Dental anatomy: its relevance to dentistry. Ed. 6, Philadelphia, Lippincott Williams and Wilkins, 2002.
- 146) Zadurska M, Piekarczyk B, Marczyńska M, Kochanek A, Maszewska M, Rasała A, Zakrzewska M. Badania epidemiologiczne wad zgryzu i zaburzeń funkcji układu mięśniowo-stawowego u dzieci w wieku przedszkolnym. *Przegl Stomatol Wieku Rozw.* 2001;2(34):11-21.
- 147) Ziemiańska-Maczek J. Częstość występowania wad zgryzu u dzieci jedena-stoletnich z terenów wiejskich powiatu nowotarskiego województwa małopolskiego. *Implantoprotetyka*, 2007;8(3):40-42.

10. SPIS TABEL

Tabela 1.	Normy parametrów wg analizy Segnera i Hasunda.....	33
Tabela 2.	Charakterystyka badanych parametrów z podziałem na grupy.	34
Tabela 3.	Zależność między siłą żucia a płcią w grupie kontrolnej.	36
Tabela 4.	Zależność między siłą żucia a wiekiem w grupie kontrolnej.	37
Tabela 5.	Zależność między siłą żucia a dolną przednią wysokością twarzy (Sp-Me) w grupie kontrolnej.	38
Tabela 6.	Zależność między siłą żucia a przednią całkowitą wysokością twarzy (N-Me) w grupie kontrolnej.	39
Tabela 7.	Zależność między siłą żucia a stosunkiem dolnej przedniej do całkowitej przedniej wysokości – SpMe:NMe w grupie kontrolnej.	42
Tabela 8.	Zależność między siłą żucia a stosowaniem tylnej do przedniej wysokości twarzy – SGo:NMe w grupie kontrolnej.....	43
Tabela 9.	Zależność między siłą żucia a odległością ms-NL w grupie kontrolnej.....	44
Tabela 10.	Zależność między siłą żucia a wielkością kątem ML-NL w grupie kontrolnej.	47
Tabela 11.	Zależność między siłą żucia a wielkością kąta ML-NSL w grupie kontrolnej.	48
Tabela 12.	Zależność między siłą żucia a wielkością kąta NL-NSL w grupie kontrolnej.	49
Tabela 13.	Wpływ zmiennych na średnią siłę żucia po stronie lewej w grupie kontrolnej.	50
Tabela 14.	Wpływ zmiennych na średnią siłę żucia po stronie prawej w grupie kontrolnej.	51
Tabela 15.	Wpływ zmiennych na maksymalną siłę żucia po stronie lewej w grupie kontrolnej.	52
Tabela 16.	Wpływ zmiennych na maksymalną siłę żucia po stronie prawej w grupie kontrolnej.	53

Tabela 17. Zależność między siłą żucia a płcią w grupie badanej.	54
Tabela 18. Zależność między siłą żucia a wiekiem w grupie badanej.	55
Tabela 19. Zależność między siłą żucia a dolną przednią wysokością twarzy (Sp-Me) w grupie badanej.	58
Tabela 20. Zależność między siłą żucia a przednią całkowitą wysokością twarzy (N-Me) w grupie badanej.	59
Tabela 21. Zależność między siłą żucia a stosunkiem dolnej przedniej do całkowitej przedniej wysokości twarzy – SpMe:NMe w grupie badanej.	60
Tabela 22. Zależność między siłą żucia a stosunkiem tylnej do przedniej wysokości twarzy – SGo:NMe w grupie badanej.	61
Tabela 23. Zależność między siłą żucia a odległością ms-NL w grupie badanej.	64
Tabela 24. Zależność między siłą żucia a wielkością kąta ML-NL w grupie badanej.	67
Tabela 25. Zależność między siłą żucia wielkością kąta ML-NSL w grupie badanej.	70
Tabela 26. Zależność między siłą żucia a wielkością kąta NL-NSL w grupie badanej.	73
Tabela 27. Wpływ zmiennych na średnią siłę żucia po stronie lewej w grupie badanej.	74
Tabela 28. Wpływ zmiennych na średnią siłę żucia po stronie prawej w grupie badanej.	75
Tabela 29. Wpływ zmiennych na maksymalną siłę żucia po stronie lewej w grupie badanej.	76
Tabela 30. Wpływ zmiennych na maksymalną siłę żucia po stronie prawej w grupie badanej.	77
Tabela 31. Porównanie wartości siły żucia między grupą badaną i kontrolną.	78
Tabela 32. Porównanie wartości poszczególnych parametrów pomiedzy grupą badaną i kontrolną.	79
Tabela 33. Zestawienie wyników analizy statystycznej.	92

11. SPIS RYCIN

Rycina 1. Siłomierz Imada typ ZPS-LM-2000N.	27
Rycina 2. Punkty pomiarowe.	28
Rycina 3. Linie referencyjne.	29
Rycina 4. Kąt nachylenia żuchwy do płaszczyzny przedniego dołu czaszki.	29
Rycina 5. Kąt nachylenia żuchwy do płaszczyzny podstawy szczęki.	30
Rycina 6. Kąt nachylenia szczęki do przedniego dołu czaszki.	30
Rycina 7. Odległość między punktami N i Me wyrażona w mm.	31
Rycina 8. Odległość między punktami Sp i Me wyrażona w mm.	31
Rycina 9. Stosunek tylnej do przedniej wysokości twarzy wyrażony w procentach. ..	32
Rycina 10. Stosunek dolnej przedniej do całkowitej przedniej wysokości twarzy wyrażony w procentach.	32
Rycina 11. Odległość guzka policzkowego przyśrodkowego pierwszego trzonowca górnego do płaszczyzny podstawy szczęki określająca tylną wysokość wyrostka zębodołowego szczęki.	33
Rycina 12. Wpływ zmiennej N-Me na średnią siłę żucia po stronie lewej w grupie kontrolnej.	40
Rycina 13. Wykres rozrzutu maksymalnej siły żucia po stronie lewej względem N-Me w grupie kontrolnej.	41
Rycina 14. Rozrzut średniej siły żucia po stronie lewej i prawej względem odległości ms-NL w grupie kontrolnej.	45
Rycina 15. Wpływ odległości ms-NL na maksymalną siłę żucia po stronie lewej i prawej w grupie kontrolnej.	46
Rycina 16. Wpływ wieku na średnią siłę żucia po stronie lewej i prawej w grupie badanej.	56
Rycina 17. Wpływ wieku na maksymalną siłę żucia po stronie lewej i prawej w grupie badanej.	57

Rycina 18. Rozrzut średniej siły żucia po stronie lewej i prawej względem SGo:NMe w grupie badanej.	62
Rycina 19. Rozrzut maksymalnej siły żucia strony lewej i prawej względem SGo:NMe w grupie badanej.	63
Rycina 20. Rozrzut średniej siły żucia względem ms-NL w grupie badanej.....	65
Rycina 21. Wykres rozrzutu maksymalnej siły żucia po stronie lewej i prawej względem ms-NL w grupie badanej.	66
Rycina 22. Rozrzut średniej siły żucia po stronie lewej i prawej względem wielkości kąta ML-NL w grupie badanej.	68
Rycina 23. Rozrzut maksymalnej siły żucia strony lewej i prawej względem wielkości kąta ML-NL w grupie badanej.	69
Rycina 24. Wpływ zmiennej ML-NSL na średnią siłę żucia po stronie lewej i prawej w grupie badanej.	71
Rycina 25. Wpływ zmiennej ML-NSL na maksymalną siłę żucia po stronie lewej i prawej w grupie badanej.	72
Rycina 26. Rozrzut stosunku tylnej do przedniej wysokości twarzy SGo:NMe względem średniej siły żucia po stronie prawej w obu grupach.	80
Rycina 27. Rozrzut stosunku tylnej do przedniej wysokości twarzy SGo:NMe względem maksymalnej siły żucia po stronie lewej w obu grupach.	81
Rycina 28. Rozrzut wartości ms-NL względem średniej siły żucia po stronie prawej w obu grupach.	82
Rycina 29. Rozrzut wartości ms-NL względem maksymalnej siły żucia po stronie lewej w obu grupach.	83
Rycina 30. Rozrzut wartości kąta ML-NL względem średniej siły żucia po stronie lewej w obu grupach.	84
Rycina 31. Rozrzut wartości kąta ML-NL względem średniej siły żucia po stronie prawej w obu grupach.	85
Rycina 32. Rozrzut wartości kąta ML-NL względem maksymalnej siły żucia po stronie lewej w obu grupach.	86

Rycina 33. Rozrzut wartości kąta ML-NL względem maksymalnej siły żucia po stronie lewej w obu grupach.	87
Rycina 34. Rozrzut zmiennej ML-NSL względem średniej siły żucia po stronie lewej w obu grupach.	88
Rycina 35. Rozrzut zmiennej ML-NSL względem średniej siły żucia po stronie prawej w obu grupach.	89
Rycina 36. Rozrzut zmiennej ML-NSL względem maksymalnej siły żucia po stronie lewej w obu grupach.	90
Rycina 37. Rozrzut zmiennej ML-NSL względem maksymalnej siły żucia po stronie prawej w obu grupach.	91