

# Influence of vertical dimension on the degree of dentoalveolar compensation in patients with severe Class III malocclusion

## Wpływ wymiaru pionowego na stopień kompensacji zębowo-wyrostkowej w nasilonej wadzie klasy III

Piotr Buczko<sup>1</sup>, Iga Szarmach<sup>2</sup>, Monika Grycz<sup>1</sup>, Izabela J. Szarmach<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Zakład Ortodoncji, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku, Polska  
Department of Orthodontics, Medical University of Białystok, Poland  
Head: dr n. med. I.J. Szarmach

<sup>2</sup> NZOZ Specjalistyczna Przychodnia Stomatologiczna I.J. Szarmach sc., Białystok, Polska  
Private Specialized Dental Practice in Białystok, Poland  
Head: dr n. med. I.J. Szarmach

### Abstract

**Introduction.** The range of dentoalveolar compensation accompanying severe Class III malocclusions should be taken into consideration when planning orthodontic-surgical treatment. **Aim of the study.** To evaluate the effect of bones bases inclination on dentoalveolar compensation in patients with severe Class III malocclusions, in whom treatment plan includes SAMRE or TPD therapy. **Material and methods.** Cephalometric images in the lateral projection and 42 models with skeletal Class III. The material was divided into three groups based on the bones bases angle NLML, accepting the following criteria: less than 20.5° – group of low angle (L), in the range of 20.5°-26.5° – group of average angle (A), more than 26.5° – group of high angle (H). Measurements were made on models using an electronic caliper accurate to 0.01 mm using WALA and FA points for both dental arches (6±6, 5±5, 4±4, 3±3). In estimation of the compatibility of distribution the Shapiro-Wilk test was used. Nonparametric methods were used in statistical conclusions. The evaluation of the differences in the distribution of the quantitative variables between the three groups (L, A, H) was performed using the Kruskal-Wallis test. Post hoc Dwass-Steele-Critchlow-Fligner test and non-parametric Spearman correlation coefficient were used additionally. **Results.**

### Streszczenie

**Wstęp.** Zakres kompensacji zębowo-wyrostkowej towarzyszący operacyjnym wadom klasy III powinien być uwzględniany przy planowaniu leczenia ortodontyczno-chirurgicznego. **Cel pracy.** Ocena wpływu nachylenia podstaw kostnych na kompensację zębowo-wyrostkową u pacjentów z nasiloną wadą klasy III, u których w planie leczenia uwzględniono zabieg SARME lub TPD. **Materiał i metoda.** Zdjęcia cefalometryczne w projekcji bocznej i modele 42 pacjentów z III klasą szkieletową. Dokonano podziału na 3 grupy w oparciu na wartości kąta podstaw NLML, przyjmując następujące kryteria: poniżej 20,5° – grupa niskokątowa (L), w przedziale od 20,5° do 26,5° grupa średnia (A), powyżej 26,5° grupa wysokokątowa (H). Pomiary na modelach wykonano z zastosowaniem suwmiarki elektronicznej z dokładnością pomiaru do 0,01 mm wykorzystując punkty WALA i FA dla obu łuków zębowych (6±6, 5±5, 4±4, 3±3). Przy ocenie zgodności rozkładów wykorzystano test Shapiro-Wilka. We wnioskowaniu statystycznym stosowano metody nieparametryczne. Ocenę różnic w rozkładzie wartości zmiennych ilościowych pomiędzy 3 grupami (L, A, H) przeprowadzono za pomocą testów Kruskala-Wallisa. Uzupełnieniem były testy post hoc wg Dwass-Steele-Critchlow-Fligner i współczynnik korelacji nieparametrycznej Spearmana. **Wyniki.** Stwierdzono

### KEYWORDS:

Class III malocclusions, alveolar process width, dental arch width, cephalometry

### HASŁA INDEKSOWE:

wady klasy III, szerokość wyrostków zębodołowych, szerokość łuków zębowych, cefalometria

A statistically significant relationship between the size of the bases angle NLML and widths of the WALA alveolar processes measured at the lower canines region ( $p=0.042$ ) and upper canines area ( $p=0.019$ ) was found. A positive correlation between the bases angle and width of the alveolar process in areas: 6+6 ( $r=0.34$ ,  $p=0.028$ ), 5 + 5 ( $r=0.32$ ,  $p=0.042$ ), and 3+3 ( $r=0.45$ ,  $p=0.003$ ) was obtained. The widths of dental arches in the teeth 3-3 and 3+3 regions correlated with the vertical dimension,  $r=0.42$ ,  $p=0.006$ ;  $r=0.48$ ,  $p=0.001$ , respectively. The width between WALA and FA points at 4-4 teeth area correlated negatively with NLML angle ( $r= -0.32$ ,  $p=0.039$ ). The evaluation of severity of dental Class III malocclusion by Angle on the right side (KL IIIP) and the left side (KL IIIL) showed statistical significance in both measurements. A positive correlation between M angle and the bones bases inclination ( $r=0.35$ ,  $p=0.023$ ) was stated. **Conclusions.** Bones bases angle NLML determines a more important role in alveolar bone transverse dimension compared with the dental arches. The bones bases inclination has an influence on the dentoalveolar compensation.

## Introduction

Class III malocclusions, as defined for the first time in 1899 by Angle, result from the relationship of the first permanent upper molars to the lower molars.<sup>1</sup> Mutual structure of the jaws in Class III indicates that the mandible or the lower arch is in the forward position in relation to the upper jaw. Class III malocclusions are a collection of abnormalities that may result from excessive growth of the mandible or hypoplasia of the maxilla, or combination of those two.<sup>2</sup> Occurrence of Class III is varied and, according to the systematic review from 2012, ranges from 0% to 26%.<sup>3</sup> The highest incidence was recorded among the Chinese and the Malaysians, 15.59% and 16.59%, respectively. However, other studies have shown that the malocclusion is relatively common in Eastern Europe and Asia.<sup>4</sup> Meanwhile, in the Middle East the average occurrence of Class III malocclusion is approximately 10.2%.<sup>5</sup> In the European countries prevalence of the defect is lower (4.9%);<sup>6</sup> in Poland accounts for about 9% of all malocclusions.<sup>7</sup> Differences in the incidence of the abnormalities documented in publications, despite the use of the Angle classification that minimizes

istotny statystycznie związek pomiędzy wielkością kąta podstaw NLML a szerokością wyrostków zębodołowych WALA mierzonej na poziomie dolnych kłów ( $p=0,042$ ) i górnych kłów ( $p=0,019$ ). Zanotowano korelację dodatnią pomiędzy kątem podstaw a rozpiętością wyrostka zębodołowego na poziomie 6+6 ( $r=0,34$ ,  $p=0,028$ ), 5+5 ( $r=0,32$ ,  $p=0,042$ ) i 3+3 ( $r=0,45$ ,  $p=0,003$ ). Szerokość łuków zębowych na poziomie zębów 3-3 i 3+3 korelowała z wymiarem pionowym, odpowiednio  $r=0,42$ ,  $p=0,006$ ;  $r=0,48$ ,  $p=0,001$ . Szerokość pomiędzy punktami WALA a FA na poziomie zębów 4-4 korelowała ujemnie z kątem podstaw ( $r=-0,32$ ,  $p=0,039$ ). Ocena stopnia nasilenia wady klasy III zębowej wg Angle'a po stronie prawej (KL IIIP) i lewej (KL IIIL) wykazała istotność statystyczną w obu pomiarach. Stwierdzono korelację dodatnią pomiędzy kątem M a nachyleniem podstaw kostnych ( $r=0,35$ ,  $p=0,023$ ). **Wnioski.** Kąt podstaw NLML odgrywa większą rolę w wymiarze poprzecznym wyrostków zębodołowych w porównaniu z łukami zębowymi. Nachylenie podstaw kostnych wpływa na zakres kompensacji zębowo-wyrostkowej.

## Wprowadzenie

Wady klasy III zdefiniowane po raz pierwszy przez Angle'a w 1899 wynikają z relacji zębów trzonowych pierwszych stałych górnych w stosunku do zębów trzonowych dolnych.<sup>1</sup> Wzajemny układ szczęk w klasie III oznacza, że żuchwa lub łuk dolny przyjmuje położenie doprzednie w stosunku do szczęki. Wady klasy III stanowią zbiór nieprawidłowości, które mogą wynikać z nadmiernego wzrostu żuchwy lub niedorozwoju szczęki, bądź kombinacji wyżej wymienionych nieprawidłowości.<sup>2</sup> Występowanie wad klasy III jest zróżnicowane i według przeprowadzonego przeglądu systematycznego z 2012 roku wynosi od 0% do 26%.<sup>3</sup> Najwyższą frekwencję notuje się wśród Chińczyków i Malezyjczyków, odpowiednio 15,59% i 16,59%. Z kolei inne badania wykazały, że stosunkowo często wada występuje w Europie Wschodniej i Azji.<sup>4</sup> Natomiast na Środkowym Wschodzie średnia zapadalność na zaburzenia wady klasy III wynosi około 10,2%.<sup>5</sup> W krajach europejskich jest niższa (4,9%)<sup>6</sup>, w Polsce stanowi około 9% wszystkich wad zgryzu.<sup>7</sup> Różnice we frekwencji nieprawidłowości udokumentowane w publikacjach pomimo stosowania klasyfika-



the subjectivity, may originate from the size of research groups as well as the ethnic origin, or the stages of teeth development.<sup>4,8-10</sup>

Depending on the severity of malocclusion and the age of the patient different treatment methods are used.<sup>11</sup> In cases of severe skeletal Class III the best choice for patients is the orthognathic surgery, and the deficiency of the transverse dimension of the maxilla requires additional surgery. Dentoalveolar compensation accompanied by severe skeletal malocclusions, determines the need to consider the inclination of the teeth in relation to the alveolar processes. Therefore, before assessing the degree of the transverse maxillary deficiency, the range of compensation must be determined.<sup>12</sup>

An important factor in predicting the degree of the dental arch expansion is the term 'apical base' described by *Lundstrom* in 1925.<sup>13</sup> The size and shape of the bone is, to a large degree, controlled genetically. From a clinical point of view this acts as a limitation in expansion of the dental arch, and disharmony between the position of the teeth and the basal bone leads to an unstable occlusion. If the teeth are orthodontically moved beyond this area, teeth protrusion,<sup>14,13</sup> periodontal problems,<sup>15</sup> or uncertain treatment outcome<sup>16</sup> can be expected. In 1954, *Howes*<sup>17</sup> showed that the basal bone is the narrowest part of the alveolar bone, which is located 8 mm below the gingival margin. *Andrews* and *Andrews*<sup>18</sup> introduced the theory of 'six key standard occlusion' and suggested the use of a WALA point, which is identified as the most prominent point on the soft tissue ridge at the mucogingival junction.<sup>18</sup> They also used FA point, describing it as the most prominent part of the center of the clinical crown where an orthodontic bracket would be placed. The FA and WALA points were used to refer to the dental arch form and the basal bone form.<sup>19-21</sup>

Studies were published in the literature concerning the shape of the arch and the basal bone in cases of normal occlusion, Class II and Class III malocclusions.<sup>21-28</sup> *Ronay et al.*<sup>21</sup> compared the FA and WALA points obtained from 3-D models of 35 patients with Class I malocclusion. The researchers found a statistically significant correlation between the widths in the canine and molar

cji Angle'a minimalizującej subiektywność, mogą mieć źródło w wielkości grup badawczych, jak również pochodzeniu etnicznym czy w stadiach rozwoju uzębienia.<sup>4,8-10</sup>

W zależności od stopnia nasilenia wady i wieku pacjenta stosowane są różne metody leczenia.<sup>11</sup> W przypadku pacjentów z nasiloną szkieletową wadą klasy III najlepszym wyborem jest operacja ortognatyczna, a niedobór wymiaru poprzecznego szczęki wymaga dodatkowego zabiegu chirurgicznego. Kompensacja zębowo-wyrostkowa towarzyszącą poważnym wadom kostnym w szacunkach, warunkuje konieczność uwzględnienia nachylenia zębów w stosunku do wyrostków zębodołowych. Należałoby zatem przed oceną stopnia zwężenia szczęki określić zakres kompensacji wady.<sup>12</sup>

Istotnym czynnikiem w przewidywaniu stopnia poszerzenia łuku zębowego jest pojęcie „bazy apikalnej” opisanej przez *Lundströma* w 1925 roku.<sup>13</sup> Wielkość i kształt kości w dużym stopniu są kontrolowane genetycznie. Z klinicznego punktu widzenia stanowią ograniczenie w rozszerzaniu łuku zębowego, a dysharmonia pomiędzy pozycją zębów a kością podstawną prowadzi do niestabilnej okluzji. Jeżeli zęby są ortodontycznie przesuwane poza ten obszar, można się spodziewać wychylenia zębów,<sup>14,13</sup> problemów periodontologicznych<sup>15</sup> lub niestabilnego wyniku leczenia.<sup>16</sup> W 1954 r. *Howes*<sup>17</sup> wykazał, że podstawa kości jest najwęższą częścią kości wyrostka zębodołowego, znajdującą się 8 mm poniżej brzoju dziąsła. *Andrews* i *Andrews*<sup>18</sup> wprowadzili teorię „sześciu kluczy normy okluzji” i zaproponowali posługiwanie się punktem WALA, który określili jako punkt najbardziej uwydatniony na wale tkanek miękkich w miejscu połączenia dziąsłowo-śluzówkowego.<sup>18</sup> Stosowali również punkt FA, opisując go jako najbardziej wysunięty punkt na środku korony klinicznej zęba, który odpowiada miejscu umieszczenia zamka ortodontycznego. Punkty FA i WALA zostały użyte jako odniesienia do kształtu łuku zębowego i podstawy kostnej.<sup>19-21</sup>

W piśmiennictwie opublikowano badania dotyczące kształtu łuku zębowego i podstawy łuku w przypadkach okluzji normalnej, wadach klasy

regions. Thus, they confirmed that it is possible to estimate the shape of the arch at the FA point, taking into account the arch shape at the WALA point on the alveolar process. They also considered that the shapes of the arches using FA and WALA points are highly individualized. *Ball et al.*<sup>20</sup> confirmed the possibility of using WALA points as a representative in the assessment of the form of the arch base in cases of normal occlusion and Class II malocclusion.

Available literature findings indicate that in Class III dimensions of dental arches are wider, compared with Class I.<sup>22,28</sup> *Uysal et al.*<sup>28</sup> in a study conducted on plaster models with normal occlusion and Class III demonstrated that in the latter lower alveolar widths at the canine and molar areas were statistically higher. In the maxilla, reduced transverse dimension of the alveolar ridge and the intercanine and intermolar widths were observed.

Many researchers emphasize the influence of the mandibular base plane inclination on the transverse dimension of the maxillomandibular complex.<sup>29-33</sup> Little is known about the relationship between severe Class III and vertical dimensions compared with the shape of the basal bone and the dental arch. Knowledge of the dentoalveolar compensation in relation to cephalometric measurements in three sections of the vertical dimension can be helpful in orthognathic treatment planning.<sup>34-36</sup>

The aim of the study was to determine to what extent the bones bases angle (NLML) affects the position of the teeth in both dental arches in patients with severe Class III, in whom treatment plan included the surgical support in expansion of the upper jaw SAMRE or osteodistractor using TPD distractor.

## Material

Material consisted of cephalometric images taken in the lateral projection and 42 models of patients with Class III malocclusion aged 18 years 4 months, qualified for SAMRE/TPD treatment (Table 1).

Inclusion criteria:

- full dental arches,
- teeth in good condition,

II i III.<sup>21-28</sup> *Ronay i wsp.*<sup>21</sup> porównali punkty FA i punkty WALA uzyskane z modeli 3D, 35 pacjentów z wadą klasy I. Badacze odkryli korelację statystycznie istotną pomiędzy szerokościami w odcinku kłowym i trzonowcowym. Tym samym potwierdzili, że możliwe jest oszacowanie kształtu łuku na poziomie punktów FA, biorąc pod uwagę kształt łuku na poziomie punktów WALA na wyrostku zębodołowym. Uznali również, że kształty łuków z wykorzystaniem punktów FA i WALA są wysoce zindywidualizowane. Badania *Ball i wsp.*<sup>20</sup> potwierdziły możliwość wykorzystania punktów WALA jako reprezentatywnych w ocenie podstawy łuku w przypadkach okluzji normalnej i wad klasy II.

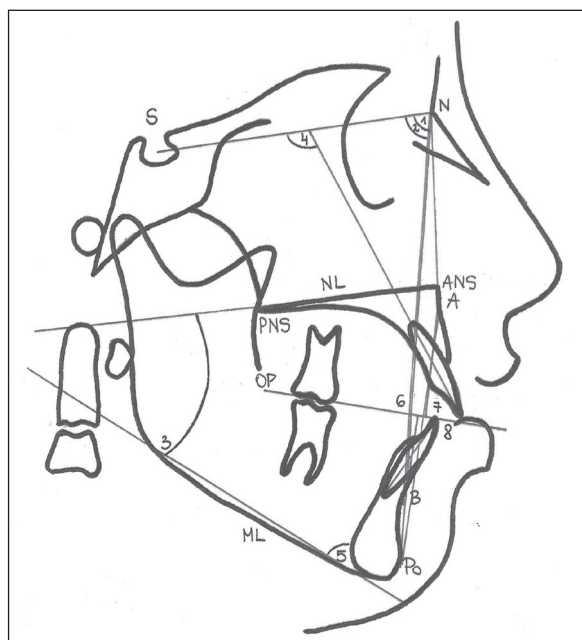
Dostępne w piśmiennictwie wyniki badań wskazują, że w wadach klasy III obserwuje się znacznie szersze wymiary łuków zębowych w porównaniu z klasą I.<sup>22,28</sup> *Uysal i wsp.*<sup>28</sup> w badaniach przeprowadzonych na modelach gipsowych z normalną okluzją i z III klasą wykazali, że w wadach klasy III szerokość wyrostka zębodołowego żuchwy na poziomie kłów i zębów trzonowych była statystycznie większa. W szczególności zaobserwowano zmniejszony wymiar poprzeczny wyrostka zębodołowego oraz szerokości międzykłowej i międzytrzonowcowej łuków zębowych.

Wielu badaczy podkreśla także wpływ nachylenia płaszczyzny podstawy żuchwy na wymiar poprzeczny kompleksu szczękowo-żuchwowego.<sup>29-33</sup> Niewiele jest doniesień pomiędzy związkiem nasilonej wady kostnej klasy III i relacji pionowych a kształtem podstawy kostnej i łukiem zębowym. Znajomość kompensacji zębowo-wyrostkowej w odniesieniu do pomiarów cefalometrycznych w trzech przedziałach wymiaru pionowego może być pomocna w planowaniu leczenia ortodontyczno-chirurgicznego.<sup>34-36</sup>

Celem pracy było znalezienie odpowiedzi, w jakim stopniu na pozycję zębów w obu łukach zębowych wpływa kąt nachylenia podstaw kostnych wyrażony kątem NLML u pacjentów z nasiloną wadą klasy III, u których w planie leczenia uwzględniono zabieg chirurgicznego wspomagania rozszerzania szczęki SARME lub osteodystrakcji z zastosowaniem dystraktora TPD.







**Fig. 1.** Selected angular and linear cephalometric measurements of craniofacial bone structures: 1 – SNA angle, 2 – SNB angle, 3 – NLML angle, 4 –  $\perp$ NS angle, 5 –  $\perp$ ML angle, 6 – WITS measurement, 7 –  $\perp$ NPo distance, 8 –  $\perp$ IAPo distance.

Wybrane pomiary cefalometryczne kątowe i liniowe struktur kostnych części twarzowej czaszki: 1 – kąt SNA, 2 – kąt SNB, 3 – kąt NLML, 4 – kąt  $\perp$ NS, 5 – kąt  $\perp$ ML, 6 – pomiar Wits, 7 – odległość  $\perp$ NPo, 8 – odległość  $\perp$ IAPo.

- molar Class III according to Angle and canine Class III,
- the presence of crossbite/narrow maxilla,
- good quality models without artifacts.

Exclusion criteria:

- missing teeth,
- prosthetic crowns, large fillings without rebuilding occlusal anatomy,
- other malformations accompanying Class III (e.g. clefts).

## Methodology

On the cephalometric images measurement points within the bone and the teeth were selected. A shortened cephalometric analysis was performed using the following points, planes and angles measurements of the selected parameters:

Angle measurements (Fig. 1):

## Material

Materiał stanowiły zdjęcia cefalometryczne w projekcji bocznej i modele 42 pacjentów z wadą klasy III w wieku 18 lat 4 miesiące, zakwalifikowanych do leczenia metodą SARME/TPD (Tab. 1).

Kryteria włączenia:

- pełne łuki zębowe,
- zęby w dobrym stanie,
- III klasa na zębach trzonowych pierwszych wg Angle'a i III kłowa,
- obecność zgryzu krzyżowego/zwężenie szczęki,
- modele dobrej jakości bez artefaktów.

Kryteria wyłączenia:

- braki zębów,
- korony protetyczne, duże wypełnienia bez odbudowy anatomicznej powierzchni żującej,
- bez towarzyszących wadzie klasy III innych wad wrodzonych (np. rozszczepy).

## Metodyka

Na zdjęciach cefalometrycznych wyznaczono wybrane punkty pomiarowe kostne i zębowe. Przeprowadzono skróconą analizę cefalometryczną wykorzystując następujące punkty, płaszczyzny i kąty pomiarowe wybranych parametrów według następującego schematu:

Pomiary kątowe (Fig. 1):

- 1) SNA – kąt zawarty pomiędzy płaszczyzną podstawy czaszki a punktem A Downsa,
- 2) SNB – kąt zawarty pomiędzy płaszczyzną podstawy czaszki a punktem B Downsa,
- 3) NLML – kąt zawarty pomiędzy płaszczyzną podniebienia a płaszczyzną żuchwy,
- 4)  $\perp$ NS – kąt zawarty pomiędzy osią długą siekacza górnego a płaszczyzną podstawy czaszki,
- 5)  $\perp$ ML – kąt zawarty pomiędzy osią długą siekacza dolnego a płaszczyzną podstawy żuchwy.

Pomiary liniowe w milimetrach:

- 6) pomiar WITS – rzut punktów A i B na płaszczyznę zgryzu OP,
- 7)  $\perp$ NPo – położenie siekacza górnego względem linii NPo,
- 8)  $\perp$ IAPo – położenie siekacza dolnego względem linii APo.

**Table 1.** Characteristics of the study groups with the age of the patients in three intervals of NLML angle (L – low, A – average, H – high)

Parameter	NLML	NLML	NLML	correlation	p-value***		
	L	A	H		L vs A	L vs H	A vs H
		median					
Age in years	18.38	17.08	18.92	0.424	0.885	0.689	0.380
Number of patients	14	7	21	–	–	–	–

\*\*\* post hoc by Dwass-Steele-Critchlow-Fligner test ( $p < 0.1$ ).

1) SNA – angle between the plane of the skull base and A Downs point,

2) SNB – angle between the plane of the skull base and B Downs point,

3) NLML – angle between the plane of the palate and the plane of the mandibular base,

4)  $\perp$  NS – the angle between the long axis of the upper incisor and the plane of the skull base,

5)  $\perp$  IML – angle between the long axis of the lower incisor and the plane of the mandibular base.

Linear measurements in millimeters:

6) WITS – A and B points projection on the occlusal plane OP,

7)  $\perp$  NPo – upper incisor position relative to the NPo line,

8)  $\perp$  APo – lower incisor position relative to the APo line.

The division into three groups was based on the NLML angle, accepting the following criteria: less than  $20.5^\circ$  – the group of low angle (L), in the range of  $20.5^\circ$ – $26.5^\circ$  – the average group (A), more than  $26.5^\circ$  – the high angle group (H) (Tab. 1).

Measurements on the models were performed using electronic caliper accurate to 0.01 mm using WALA and FA points according to Andrews and Andrews.<sup>18</sup>

1. Measurement of WALA–WALA ridge in mandibular teeth projection: 6-6, 5-5, 4-4, 3-3 and maxillary teeth projection: 6+6, 5+5, 4+4, 3+3.

WALA point is defined as the point along the WALA ridge directly beneath the FA point of each tooth. The WALA ridge is a band of soft tissue immediately superior to (in the mandible) and inferior to (in the maxilla) the mucogingival junction.

Dokonano podziału na 3 grupy w oparciu na wartości kąta podstaw NLML, przyjmując następujące kryteria: poniżej  $20,5^\circ$  – grupa niskokątowa (L), w przedziale od  $20,5^\circ$  do  $26,5^\circ$  grupa średnia (A), powyżej  $26,5^\circ$  grupa wysokokątowa (H) (Tab. 1).

Pomiary na modelach wykonano z zastosowaniem suwmiarki elektronicznej z dokładnością pomiaru do 0,01 mm wykorzystując punkty WALA i FA wg Andrews i Andrews.<sup>18</sup>

1. Pomiar brzegu WALA–WALA w rzucie zębów żuchwy: 6-6, 5-5, 4-4, 3-3 i szczęki: 6+6, 5+5, 4+4, 3+3.

2. Punkt WALA jest definiowany, jako punkt wzdłuż grzbietu WALA bezpośrednio pod lub nad punktem FA każdego zęba. Grzbiet WALA to pasmo tkanek miękkich leżące powyżej (w żuchwie) i poniżej (w szczęce) połączenia dziąsłowo-słuzówkowego.

3. Odległości punktu FA – FA dla zębów żuchwy: 6-6, 5-5, 4-4, 3-3 i szczęki: 6+6, 5+5, 4+4, 3+3. Dla wszystkich zębów z wyjątkiem zębów trzonowych, punkt FA jest definiowany, jako najbardziej wydatny na listewce centralnej korony klinicznej zęba lub jako środkowy punkt osi korony zęba. Punkt FA dla pierwszego zęba trzonowego to najbardziej wydatny punkt w bruzdzie międzyguzkowej na powierzchni policzkowej.

4. Oceniono różnicę matematyczną pomiarym punktu WALA w rzucie zębów żuchwy: 6-6, 5-5, 4-4, 3-3 i szczęki: 6+6, 5+5, 4+4, 3+3 a punktem FA dla zębów żuchwy: 6-6, 5-5, 4-4, 3-3 i szczęki: 6+6, 5+5, 4+4, 3+3.

5. Szerokość łuku dolnego na poziomie zębów trzonowych pierwszych w największym środkowo-

2. Distances between FA – FA points for mandibular teeth: 6-6, 5-5, 4-4, 3-3 and maxillary teeth: 6+6, 5+5, 4+4, 3+3. For all teeth except molars, the FA point is defined as the most prominent part of the central lobe of the clinical crown or the midpoint of the facial axis of the clinical crown. The FA point for the first molars is the most prominent point on the clinical crown in line with the mesiobuccal groove.

3. Researchers evaluated mathematical difference between the WALA point measurement for lower teeth: 6-6, 5-5, 4-4, 3-3 and upper teeth: 6+6, 5+5, 4+4, 3+3 and the FA point for lower teeth: 6-6, 5-5, 4-4, 3-3 and upper teeth: 6+6, 5+5, 4+4, 3+3.

4. The width of the arch on the lower first molars in the deepest central intercusp sulcus (ICM) was evaluated.

5. The width of the upper arch between the mesial palatal cusps of first molars (ICPB) was measured.

6. The inclination of the upper molars (M angle) by *McNamara* was defined.<sup>37</sup>

7. The size of the dental Class III in millimeters was measured from the mesial buccal cusp of the upper molar to the buccal groove between the buccal cusps of the lower first molar on the right side (KL IIIP) and the left side (KL IIIL).

## Statistical Analysis

Distribution of each quantitative variable of subjects is presented by descriptive statistics: mean and standard deviation, median, quartiles and extreme values. By using the Shapiro-Wilk test compliance of distribution included in the variables analysis normal distribution was evaluated. Because of the significant deviations of many variables from normal distribution, in the statistical inference nonparametric methods were used. The evaluation of the differences in the distribution of the quantitative variables between the three treatment groups defined by the NLML angle was performed using the Kruskal-Wallis test. Post hoc by Dwass-Steele-Critchlow-Fligner test was used as a supplement allowing for multiple comparisons of the group pairs. Correlations between the values of NLML angles and other quantitative variables

wym zagłębieniu bruzdy międzyguzkowej (ICM).

6. Szerokość łuku górnego pomiędzy szczytami guzków podniebiennych bliższych zębów trzonowych pierwszych (ICPB).

6. Nachylenie trzonowców górnych (kąt M) wg *McNamara*.<sup>37</sup>

8. Wielkość zębowej klasy III w milimetrach mierzona od guzka policzkowego bliższego zęba trzonowego górnego do bruzdy policzkowej pomiędzy guzkami policzkowymi zęba trzonowego pierwszego dolnego po stronie prawej (KL IIIP) i lewej (KL IIIL).

## Analiza statystyczna

Rozkład wartości poszczególnych zmiennych ilościowych u badanych osób przedstawiano za pomocą statystyk opisowych: średniej i odchylenia standardowego, mediany, kwartyli i wartości skrajnych. Przy użyciu testu Shapiro-Wilka oceniono zgodność rozkładów ujętych w analizie zmiennych rozkładem normalnym. Ze względu na istotne odchylenia wielu zmiennych od rozkładu normalnego, we wnioskowaniu statystycznym stosowano metody nieparametryczne. Ocenę różnic w rozkładzie wartości zmiennych ilościowych pomiędzy 3 grupami pacjentów wyodrębnionych ze względu na wartość kąta NLML przeprowadzono za pomocą testów Kruskala-Wallisa. Uzupełnieniem były testy post hoc wg Dwass-Steele-Critchlow-Fligner umożliwiające wielokrotne porównania par grup. Zależności korelacyjne pomiędzy wartościami kątów NLML a pozostałymi zmiennymi ilościowymi oceniano przy użyciu współczynników korelacji nieparametrycznej Spearmana.

Wszystkie hipotezy statystyczne weryfikowano na poziomie istotności  $p=0,05$ . Większość obliczeń została przeprowadzona wykorzystując pakiet statystyczny SPSS Statistics 20.0 firmy IBM. Do obliczenia testów Dwass-Steele-Critchlow-Fligner użyto metodologii opisaną w piśmiennictwie.<sup>38</sup>

## Wyniki

### Pomiary cefalometryczne

W badanych grupach wielkość kąta SNA w rozkładzie z uwzględnieniem wymiaru pionowego była najwyższa w grupie L przy kącie podstaw poniżej  $20,5^\circ$ , wykazując wartości nieco wyższe

were assessed using non-parametric Spearman correlation coefficient.

All statistical hypothesis was verified at  $p=0.05$  level of significance. Most of the calculations were carried out based on the statistical package SPSS Statistics 20.0 by IBM. To calculate the Dwass-Steele-Critchlow-Fligner tests the methodology described in references was used.<sup>38</sup>

## Results

### *Cephalometric measurements*

In the examined groups the value of SNA angle in distribution taking into account the vertical dimension was the highest in the L group with bases angle of less than  $20.5^\circ$ , showing the slightly higher values with NLML angle above  $26.5^\circ$  (H), and the lowest values with average bases angle (A). Results were not statistically significant. The SNB angle reached the highest value in low angle patients (median  $86.15^\circ$ ), decreased in average values of NLML angle – (median  $84.10^\circ$ ), reaching the lowest value at NLML angle above  $26.5^\circ$  (median  $81.30^\circ$ ). The results were statistically significant,  $p=0.001$  (Tab. 2). Statistical significance appeared when comparing the L group with the H group ( $p=0.001$ ). WITS measurements between groups showed statistical significance ( $p=0.036$ ), reaching the lowest values in patients with NLML angle below  $20.5^\circ$ , in the range of the average values of the bases angle WITS was 14.40 mm, in patients with high angles – 10.30 mm. Comparison of the measured WITS values in three sections of NLML angles did not show statistical significance. The inclination of the upper incisor relative to the anterior cranial plane was the highest in the L group, and the lowest in the H group ( $p=0.019$ ). Comparison of group L vs. H was statistically significant ( $p=0.018$ ). The highest dental compensation in the lower arch expressed by the lower incisor inclination to the mandibular base plane was recorded in the range of the average values of NLML angle (median  $78.20^\circ$ ) and the lowest in the L group,  $p=0.041$ . The difference between the inclination of the incisor in Group A as compared with Group H was statistically significant,  $p=0.017$ . Position of the upper incisor to the NPo line was the most distal in the group with

przy kącie NLML powyżej  $26,5^\circ$  (H), a najniższe w średnich wartościach kąta podstaw (A). Nie były to wyniki istotne statystycznie. Wartość kąta SNB osiągała najwyższe miano u pacjentów niskokątowych (mediana  $86,15^\circ$ ), zmniejszała się w średnich wartościach kąta podstaw – (mediana  $84,10^\circ$ ), osiągając wartość najniższą przy kącie podstaw powyżej  $26,5^\circ$  (mediana  $81,30^\circ$ ). Były to wyniki istotne statystycznie  $p=0,001$  (Tab. 2). Wykazano istotność statystyczną przy porównaniu grupy L z grupą H ( $p=0,001$ ) Rozkład pomiaru WITS w badanych grupach wykazał istotność statystyczną ( $p=0,036$ ), osiągając najniższy wynik u pacjentów przy kącie NLML poniżej  $20,5^\circ$ , w przedziale średnich wartości kąta podstaw wyniósł – 14,40 mm, a u pacjentów wysokich kątów – 10,30 mm. Porównanie wartości pomiaru WITS w trzech przedziałach kąta podstaw nie wykazał znamienności statystycznej. Nachylenie siekacza górnego w stosunku do płaszczyzny podstawy przedniego dołu czaszki było największe w grupie L, a najmniejsze w grupie H ( $p=0,019$ ). Porównanie grup L vs H było istotne statystycznie ( $p=0,018$ ). Największy stopień kompensacji zębowej w łuku dolnym wyrażony kątem nachylenia dolnego siekacza względem płaszczyzny podstawy żuchwy odnotowano w przedziale średnich wartości kąta podstaw (mediana  $78,20^\circ$ ), a najmniejszy w grupie L,  $p=0,041$ . Różnica pomiędzy nachyleniem siekacza w grupie A w porównaniu z grupą H była statystycznie istotna  $p=0,017$ . Położenie siekacza górnego w stosunku do linii NPo było najbardziej dotylne w grupie średnich kątów podstaw (A) i wynosiło  $-2,43$  mm (mediana), u niskokątowców odpowiednio  $-0,60$  mm, a przy kącie podstaw powyżej  $26,5^\circ$  (grupa H) osiągnęło wartość dodatnią ( $5,90$  mm),  $p=0,001$ . Porównanie trzech badanych grup wykazało istotność statystyczną pomiędzy L vs H  $p=0,02$ , A vs H  $p=0,011$ . Położenie siekacza dolnego względem linii APo w badanych grupach nie wykazało istotności statystycznej (Tab. 2).

### *Pomiar brzegu WALA –WALA*

Szerokość wyrostka zębodołowego żuchwy określana jako pomiar WALA–WALA na poziomie zębów 6-6, 5-5 i 4-4 była zbliżona u pacjentów





**Table 2.** Distribution of cephalometric variables in three intervals of NLML angle (L – low, A – medium, H – high)

Parameter	NLML L	NLML A	NLML H	p-value**	p-value***		
	median				L vs A	L vs H	A vs H
Cephalometric Variables							
SNA°	81.15	80.00	80.90	0.574	0.643	0.656	0.954
SNB°	86.15	84.10	81.30	<b>0.001</b>	0.371	<b>0.001</b>	0.121
WITS mm	-16.10	-14.40	-10.30	<b>0.036</b>	0.911	0.055	0.177
_1 NS°	110.60	108.00	107.80	<b>0.019</b>	0.160	<b>0.018</b>	0.954
Ż1ML°	84.40	78.20	83.60	<b>0.041</b>	0.199	0.999	<b>0.017</b>
_1NPo mm	-0.60	-2.43	5.90	<b>0.001</b>	0.822	<b>0.002</b>	<b>0.011</b>
Ż1APo mm	1.40	0.88	3.35	0.107	0.925	0.354	0.161

\*\*Kruskal-Wallis test ( $p < 0.05$ ), \*\*\* post hoc by Dwass-Steele-Critchlow-Fligner test ( $p < 0.1$ ).

average NLML angles (A) and reached -2.43 mm (median), in low angle patients -0.60 mm, and in group with NLML angle above  $26.5^\circ$  (Group H) achieved a positive value (5.90 mm),  $p=0.001$ . Comparison of the three groups showed statistical significance between L vs. H  $p=0.02$ , A vs. H  $p=0.011$ . The position of the lower incisor to the APo line in the studied groups showed no statistical significance (Tab. 2).

### Measurement of the WALA–WALA ridge

The width of the mandibular alveolar process is determined as a measurement of WALA–WALA at the level of the teeth 6-6, 5-5 and 4-4 and it was similar in low angle patients (L) and high angle ones (H). In the range of the average NLML angle values they were slightly lower. The differences were not statistically significant. The WALA–WALA measurement of the teeth 3-3 showed statistical significance at  $p=0.042$ , the lowest values in A group, and the highest in H group. In the upper jaw for teeth in the 6+6 region the significance of  $p=0.030$  for the width of the alveolar ridge was noted, where the lowest score was found in the A group (55.52mm) and the highest in the H group. Similar statistical significance was demonstrated for the width of teeth 3+3 area ( $p=0.019$ ).

niskokątowych (L) i wysokokątowych (H), w przedziale średnim kąta podstaw NLML wykazywała wartości nieco niższe. Różnice nie były istotne statystycznie. Pomiar WALA–WALA dla zębów 3-3 wykazał istotność statystyczną  $p=0,042$ , osiągając najniższy wynik w grupie A, a najwyższy w grupie H. W szczęcie na poziomie zębów 6+6 zanotowano istotność  $p=0,030$  dla szerokości wyrostka zębodołowego, gdzie najniższy wynik stwierdzono w grupie A (55,52 mm), a najwyższy w grupie H. Podobną istotność statystyczną wykazano dla szerokości WALA 3+3, ( $p=0,019$ ). Porównanie między grupami było istotne dla L vs H,  $p=0,037$  (Tab. 3). Stwierdzono korelację dodatnią pomiędzy WALA-WALA 6+6, 4+4, 3+3 a kątem podstaw NLML,  $r=0,34$ ,  $p=0,028$ ,  $r=0,32$ ,  $p=0,042$ ,  $r=0,45$ ,  $p=0,03$  (Tab. 6).

### Pomiar punktu FA–FA

Szerokość łuków zębowych wyrażona pomiarem FA – FA dla zębów żuchwy 6-6 nie była istotna statystycznie. Dla zębów 5-5 i 4-4 najszerszy wymiar obserwowano w grupie H, a najmniejszy w grupie A odpowiednio  $p=0,035$ ,  $p=0,032$ . Porównanie szerokości między zębami przedtrzonowymi drugimi dolnymi (5-5) w grupach A vs H było istotne  $p=0,031$ . Najbardziej nasilone zwęże-

**Table 3.** Measurements of the alveolar processes widths (WALA) and the dental arches (FA) with the distribution into three sections of the NLML angle (L – low, A – medium, H – high)

Parameter	NLML L	NLML A	NLML H	p-value**	p-value***		
	median				L vs A	L vs H	A vs H
WALA							
6-6	58.10	56.27	58.11	0.450	0.502	0.945	0.489
5-5	48.80	46.71	49.85	0.224	0.295	0.978	0.227
4-4	41.66	40.95	42.45	0.107	0.457	0.602	0.091
3-3	31.91	30.62	32.86	<b>0.042</b>	0.413	0.253	0.062
6+6	56.76	55.52	57.93	<b>0.030</b>	0.988	0.057	0.115
5+5	49.77	49.70	50.70	0.280	0.952	0.284	0.622
4+4	43.96	44.35	45.93	0.113	0.926	0.199	0.206
3+3	36.87	36.83	38.80	<b>0.019</b>	0.973	<b>0.037</b>	0.102
FA							
6-6	53.53	51.94	53.31	0.309	0.736	0.759	0.261
5-5	45.73	43.38	46.31	<b>0.035</b>	0.118	0.759	<b>0.031</b>
4-4	38.38	38.58	40.45	<b>0.032</b>	0.940	0.107	0.055
3-3	29.06	27.76	31.34	<b>0.003</b>	0.457	<b>0.034</b>	<b>0.009</b>
6+6	54.26	53.73	54.81	0.420	0.997	0.538	0.522
5+5	47.21	48.62	46.66	0.649	0.643	0.994	0.689
4+4	42.19	43.28	43.59	0.420	0.801	0.446	0.785
3+3	35.84	36.50	37.24	<b>0.030</b>	0.371	<b>0.028</b>	0.605

\*\* Kruskal-Wallis test ( $p < 0.05$ ), \*\*\* post hoc by Dwass-Steel-Critchlow-Fligner test ( $p < 0.1$ ).

Comparison between groups was significant for L vs. H,  $p = 0.037$  (Tab. 3). A positive correlation between WALA–WALA in teeth 6+6, 4+4, 3+3 region and NLML angle was found,  $r = 0.34$ ,  $p = 0.028$ ,  $r = 0.32$ ,  $p = 0.042$ ,  $r = 0.45$ ,  $p = 0.03$  (Tab. 6).

### Measurement of the FA–FA

The width of dental arches expressed by the FA–FA measurement for 6-6 mandibular teeth was not statistically significant. For teeth 5-5 and 4-4 the widest dimension was observed in the H group and the lowest in the A group,  $p = 0.035$ ,  $p = 0.032$ ,

nie dla zębów 3-3 zanotowano przy średnim kącie podstaw (grupa A), a łuki zębowe były najszersze w przedziale wysokich kątów (grupa H),  $p = 0,03$ . Stwierdzono istotność między grupami L vs H,  $p = 0,034$  i A vs H,  $p = 0,009$  (Tab. 3).

Szerokość łuków zębowych pomiędzy punktami FA szczęki dla zębów 6+6, 5+5, 4+4 nie była istotna. Rozpiętość łuków na poziomie zębów 3+3 była najmniejsza w grupie L (35,84 mm), a największa w grupie H (37,24 mm),  $p = 0,030$ . W porównaniu grup L i H zanotowano istotność  $p = 0,028$  (Tab. 3). Szerokość łuków zębowych na

**Table 4.** Measurement of WALA-FA determining the mathematical difference between the measurement of WALA point in the mandibular and maxillary teeth projection with distribution into three sections of the NLML angle (L – low, A – medium, H – high)

Parameter	NLML L	NLML A	NLML H	p-value**	p-value***		
	median				L vs A	L vs H	A vs H
WALA-FA							
6-6	2.68	2.54	1.87	0.248	0.860	0.333	0.410
5-5	1.72	1.97	1.40	0.445	0.667	0.852	0.441
4-4	1.49	1.03	0.99	<b>0.022</b>	0.525	<b>0.013</b>	0.722
3-3	0.41	0.12	0.97	0.188	0.963	0.224	0.656
6+6	1.22	0.94	1.56	0.110	0.973	0.100	0.489
5+5	0.89	0.68	1.28	<b>0.043</b>	0.663	0.244	<b>0.039</b>
4+4	0.70	0.73	1.26	0.281	0.988	0.378	0.425
3+3	0.41	0.12	0.97	0.188	0.779	0.406	0.259

\*\* Kruskal-Wallis test ( $p < 0.05$ ), \*\*\* post hoc by Dwass-Steele-Critchlow-Fligner test ( $p < 0.1$ ).

respectively. A comparison of the widths between second lower premolars (5-5) in A vs. H groups was significant,  $p = 0.031$ . The most severe arch narrowing for the teeth 3-3 was reported in the average NLML angle (Group A) and the dental arches were the widest in high angle group (Group H)  $p = 0.03$ . Statistical significance was found between groups L vs. H,  $p = 0.034$  and A vs. H,  $p = 0.009$  (Tab. 3).

The widths of dental arches between FA points for upper teeth 6+6, 5+5, 4+4 were not significant. Arches widths at the 3+3 region were the lowest in the L group (35.84 mm) and largest in the H group (37.24 mm),  $p = 0.030$ . Comparison of H and L groups was found to be significant,  $p = 0.028$  (Tab. 3). The widths of dental arches at the teeth 3-3 and the 3+3 region correlated with the vertical dimension (NLML),  $r = 0.42$ ,  $p = 0.006$ ;  $r = 0.48$ ,  $p = 0.001$ , respectively (Tab. 6).

### Measurement of WALA-FA

The difference in widths between measurements carried out at the alveolar WALA and FA points in the mandible at teeth 6-6, 5-5 and 3-3 areas did not show statistical significance. At the level of te-

poziomie zębów 3-3 i 3+3 korelowała z wymiarem pionowym (NLML) odpowiednio  $r = 0,42$ ,  $p = 0,006$ ;  $r = 0,48$ ,  $p = 0,001$  (Tab. 6).

### Pomiar WALA-FA

Różnica w szerokości pomiędzy pomiarami przeprowadzonymi na poziomie wyrostków zębołowych WALA i punktów FA w żuchwie w zakresie zębów 6-6, 5-5 i 3-3 nie wykazała istotności statystycznej. Na poziomie zębów 4-4 stwierdzono korelację ujemną pomiędzy badaną zmienną a kątem podstaw ( $r = -0,32$ ,  $p = 0,039$ ). Najwyższy wynik stwierdzono w grupie L (1,49mm), a najniższy w grupie H (0,99),  $p = 0,022$ ; L vs H  $p = 0,013$  (Tab. 4 i 6).

W szczęce różnica w pomiarze WALA-FA na zębach 6+6, 4+4, 3+3 nie była istotna. Z kolei na poziomie zęba przedtrzonowego drugiego odnotowano istotną wartość  $p = 0,043$ , gdzie najmniejszą różnicę wykazano u pacjentów ze średnią wartością kąta podstaw, a największą w grupie wysokokątowej (A vs H  $p = 0,039$ ). Odnotowano korelację dodatnią pomiędzy różnicą WALA-FA na zębach 5+5 a kątem podstaw NLML ( $r = 0,34$ ,  $p = 0,028$ ) (Tab. 4 i 6).

**Table 5.** Measurement of the width of the lower arch (ICM), the upper arch (ICPB), the inclination of upper molars (M angle) and dental Class III on the right side (KL IIIP) and left side (KL IIIL) with distribution into three sections of the NLML angle (L – low, A – average H – high)

Parameter	NLML	NLML	NLML	p-value**	p-value***		
	L	A	H		L vs A	L vs H	A vs H
		median					
ICM	42.67	41.78	42.26	0.821	0.963	0.977	0.986
ICPB	40.05	39.14	40.18	0.949	0.963	0.977	0.996
KĄT M	130.00	139.00	140.00	0.077	0.292	0.074	0.996
KL IIIP	-6.73	-6.67	-2.49	<b>0.010</b>	0.860	<b>0.017</b>	0.102
KL IIIL	-4.19	-5.65	-1.23	<b>0.020</b>	0.643	0.131	<b>0.030</b>

\*\* Kruskal-Wallis test ( $p < 0.05$ ), \*\*\* post hoc by Dwass-Steele-Critchlow-Fligner test ( $p < 0.1$ ).

eth 4-4, a negative correlation was found between the tested variable and the NLML angle ( $r = -0.32$ ,  $p = 0.039$ ). The highest outcome was found in the L group (1.49 mm), and the lowest in the H group (0.99),  $p = 0.022$ ; L vs. H  $p = 0.013$  (Tab. 4 and 6).

In the maxilla the difference in the measurement of WALA-FA for the teeth 6+6, 4+4, 3+3 was not significant. However, at the level of the second premolars a significant value  $p = 0.043$  was observed, where the smallest difference was found in patients with the average values of NLML angle, and the largest in high angles group (A vs. H  $p = 0.039$ ). There was a positive correlation between the difference of WALA-FA for teeth 5+5 and the NLML angle ( $r = 0.34$ ,  $p = 0.028$ ) (Tab. 4 and 6).

### Measurement of ICM, ICPB, IIIP KL, KL IIIL

The width of the lower arch (ICM) at the first molars region in the deepest part of the intercusp groove was the smallest in the A group and the highest in the L group, the results not being statistically significant. The smallest transverse intermolar dimension in the upper arch between the mesial palatal cusps of first molars (ICPB) was found in the A group, and the largest in the H group, the differences between the groups not being significant. KL IIIP was most strongly marked in the L group (-6.73 mm) and less strongly in the H group, (L vs. H  $p = 0.017$ ). KL IIIL in the A group reached

### Pomiar ICM, ICPB, KL IIIP, KL IIIL

Szerokość łuku dolnego (ICM) na poziomie zębów trzonowych pierwszych w największym środkowym zagłębieniu bruzdy międzyguzkowej w grupie A była najmniejsza, a największa w grupie L, nie były to wyniki istotne statystycznie. Najmniejszy wymiar poprzeczny międzytrzonowcowy w łuku górnym pomiędzy szczytami guzków podniebiennych bliższych zębów trzonowych pierwszych (ICPB) stwierdzono w grupie A, a największy w grupie H, różnice pomiędzy grupami były nieznaczne. KL IIIP była najsilniej zaznaczona w grupie L (-6,73mm), a najslabiej nasiloną w grupie H, (L vs H  $p = 0,017$ ). KL IIIL w grupie A osiągnęła najniższą wartość (-5,65 mm), a w grupie H najwyższą (-1,23 mm). Porównanie grup A vs H cechowała istotność  $p = 0,030$  (Tab. 5). Ocena stopnia nasilenia wady klasy III zębowej wg Angle'a przeprowadzona na modelach gipsowych po stronie prawej (KL IIIP) i lewej (KL IIIL) wykazała istotność statystyczną w obu pomiarach, odpowiednio  $r = 0,44$ ,  $p = 0,003$ ,  $r = 0,43$ ,  $p = 0,005$  (Tab.6). Kąt M – nachylenia zębów trzonowych górnych był najmniejszy w grupie L, zwiększał się w grupie A osiągając największą wartość w grupie H,  $p = 0,077$  (Tab. 5). Stwierdzono korelację dodatnią pomiędzy kątem M a nachyleniem podstaw kostnych ( $r = 0,35$ ,  $p = 0,023$ ) (Tab. 6).



**Table 6.** The correlation between the NLML angle and selected traits

Parameter	Correlation	
	R	p
WALA–WALA		
6-6	-0.02	0.879
5-5	0.08	0.622
4-4	0.20	0.211
3-3	0.28	0.074
6+6	0.34	<b>0.028</b>
5+5	0.20	0.203
4+4	0.32	<b>0.042</b>
3+3	0.45	<b>0.003</b>
FA–FA		
6-6	0.15	0.342
5-5	0.14	0.375
4-4	0.29	0.063
3-3	0.42	<b>0.006</b>
6+6	0.13	0.412
5+5	-0.11	0.482
4+4	0.20	0.211
3+3	0.48	<b>0.001</b>

Parameter	Correlation	
	R	p
WALA–FA		
6-6	-0.26	0.102
5-5	-0.11	0.471
4-4	-0.32	<b>0.039</b>
3-3	0.22	0.163
6+6	0.28	0.073
5+5	0.34	<b>0.028</b>
4+4	0.30	0.057
3+3	0.22	0.163
ICM	-0.03	0.870
ICPB	-0.04	0.816
KL IIIP	0.44	<b>0.003</b>
KL IIIL	0.43	<b>0.005</b>
Angle M	0.35	<b>0.023</b>

$p < 0.05$  Spearman nonparametric correlation.

its lowest value (-5.65 mm), and the highest in the H group (-1.23 mm). Comparison of Groups A vs. H characterized significance of  $p=0.030$  (Tab. 5). Evaluation of severity of dental Class III malocclusion by Angle carried out on plaster models on the right side (KL IIIP) and left side (KL IIIL) showed statistical significance in both measurements,  $r=0.44$ ,  $p=0.003$ ,  $r=0.43$ ,  $p=0.005$ , respectively (Tab. 6). The M Angle – inclination of the upper molars – was the smallest in the L group, increased in the A group, reaching the highest value in the H group,  $p=0.077$  (Tab. 5). A positive correlation was found between the M angle and the inclination of jaws bases ( $r=0.35$ ,  $p=0.023$ ) (Tab.6).

## Discussion

A certain degree of severity is observed in the skeletal defects arising from the incompatibility

## Dyskusja

W wadach szkieletowych obserwuje się pewien stopień nasilenia kompensacji zębowo – wyrostkowej wynikającej z niezgodności podstaw kostnych.<sup>27</sup> W ocenie dysharmonii szczęk najczęściej stosowane są punkty A i B wg Downsa lub pomiar Wits.<sup>14</sup> Należy jednak podkreślić, że pomiary nie wyznaczają rzeczywistej szerokości i ogólnej wielkości podstaw kostnych. Wzorzec wzrostowy twarzowej części czaszki wpływa na szerokość szczęki i żuchwy. Istnieją dowody podkreślające związek pomiędzy nachyleniem płaszczyzny podstawy żuchwy (MP) a pionowym wymiarem twarzy.<sup>39</sup> Pacjenci z powiększonym kątem SNMP zwykle mają wydłużony odcinek szczękowo-żuchwowy, podczas gdy przy zmniejszonym kącie SNMP dochodzi do skrócenia dolnego odcinka twarzy.<sup>14</sup> Wielu badaczy podkreśla wpływ nachy-

of bones bases.<sup>27</sup> The most commonly used measurements for estimation of bones disharmony are A and B points according to Downs or WITS measurement.<sup>14</sup> It should be noted, however, that the measurements do not determine the actual width and overall size of the bones bases. Facial growth pattern affects the width of the jaws. The relationship between the inclination of the jaws bases plane (MP) and the facial vertical dimension is evidence based.<sup>39</sup> Patients with large SNMP angle typically have increased maxillomandibular segment, while with small SNMP angle the lower segment of the face is shortened.<sup>14</sup> Many researchers emphasize the influence of the mandibular base plane inclination on the transverse dimension of the maxillomandibular complex.<sup>29-33</sup> According to *Ricketts et al.*,<sup>39</sup> narrow dental arches are observed in mandible posterorotation, and wider dental arches in anterorotation. This is consistent with research by *Wagner et al.*<sup>40</sup>

In this study, the influence of the vertical dimension on the morphology of dental arches in untreated patients with severe Class III was evaluated. All subjects have been qualified for surgical-orthodontic treatment. Bimaxillary surgery was preceded by additional surgical expansion of the maxilla with the use of a distractor or the RPE appliance with the Hyrax screw. Regarding the dentoalveolar compensation associated with skeletal defects, in the estimates it was necessary to consider the teeth inclination in relation to the alveolar process, which was assumed as one of the study's objectives. In the research, the patients were divided into three groups based on the size of the NLML angle – the low angle group (L) with less than 20.5°, the average group (A) in the range of 20.5° – 26.5°, and the high angle group (H) above 26.5°. The highest deviation from normative values measured by the SNB angle and the WITS were found in the low angle group. For the WITS measurement the dependence of the NLML angle was not strong ( $p=0.036$ ), but statistically significant. Additional tests between the pairs of groups were not significant. The difference between L and H was closest to significance ( $p=0.055$ ), but still it could not be considered. The result was an apparent contradiction – the Kruskal-Wallis test

lenia płaszczyzny podstawy żuchwy na wymiar poprzeczny kompleksu szczękowo-żuchwowe-go.<sup>29-33</sup> Według *Ricketts 'a* i wsp.<sup>39</sup> przy posteriorotacji żuchwy obserwuje się węższe łuki zębowe, a przy silnej anteriorotacji łuki szersze. Jest to zgodne z badaniami *Wagnera* i wsp.<sup>40</sup>

W prezentowanym badaniu oceniono wpływ wymiaru pionowego na morfologię łuków zębowych u nieleczonych pacjentów z poważną wadą klasy III. Wszyscy badani zakwalifikowani zostali do leczenia zespołowego chirurgiczno-ortodontycznego. Zabieg obuszczkowy poprzedzał zabieg chirurgicznego wspomaganie rozszerzenia szczęki z zastosowaniem dystraktora lub aparatu RPE ze śrubą typu Hyrax. W związku z kompensacją zębowo-wyrostkową towarzyszącą wadom szkieletowym, w szacunkach należało uwzględnić nachylenie zębów w stosunku do wyrostków zębodołowych, co przyjęto za jeden z celów pracy. W pracy dokonano podziału badanych na 3 grupy z uwzględnieniem wielkości kąta podstaw NLML – grupę niskokątową (L) poniżej 20,5°, w przedziale 20,5°-26,5° średnią (A), powyżej 26,5° wysokokątową (H). Największe odchylenie od wartości normatywnych w pomiarze SNB i Wits stwierdzono w grupie niskokątowej. W przypadku pomiaru Wits zależność od NLML nie była zbyt mocna ( $p=0,036$ ), ale jednak istotna statystycznie. Dodatkowe testy pomiędzy parami grup już istotne nie są. Różnica między L a H była najbliższa istotności ( $p=0,055$ ), ale jednak nie można było tego uznać. Powoduje to pewną pozorną sprzeczność – test Kruskala-Wallisa wskazuje, że są różnice pomiędzy grupami, a jednocześnie test Dwass-Steele nie wykazuje istotnych różnic pomiędzy żadną z par grup. Trzeba jednak pamiętać, że test Kruskala-Wallisa odnosi się do wszystkich 3 grup jednocześnie, dlatego ten istotny wynik ( $p=0,036$ ) jest skutkiem „prawie istotnej” różnicy pomiędzy grupami L a H ( $p=0,055$ ), ale także dokłada się do tego efekt mniej istotnych różnic pomiędzy innymi grupami.

Najsilniej zaznaczona kompensacja zębowa dotyczyła nachylenia i położenia siekacza dolnego w grupie A – średnich kątów. Wady klasy III niezależnie od kąta podstaw charakteryzowały zbliżone szerokości wyrostka zębodołowego na



indicated that there were differences between the groups, while the Dwass-Steele test did not show significant differences between any pair of groups. It should be remembered that the Kruskal-Wallis test was applied to all three groups at once, so this significant result ( $p=0.036$ ) was the result of an 'almost significant' difference between the L and H groups ( $p=0.055$ ), but also the effect of minor differences between other groups adds to it.

The most marked dental compensation was related to the inclination and position of the lower incisor in the A group – average angles. Class III malocclusions regardless of the bases angle were characterized by similar width of the alveolar process in the first molar and premolar regions in the mandible. Analysis of the width of the alveolar ridge in the upper jaw in the area of the first molars and premolars confirmed that described variable increased with the NLML angle. In the region of the lower canines the width was the narrowest in the A group and the widest in the H group. In the area of upper canines, the narrowest alveolar process appeared in the A group, and the widest in the L group. Statistically significant relationship was found between the size of the NLML angle and the width of the WALA alveolar process measured at the lower canines area ( $p=0.042$ ) and the upper canines region ( $p=0.019$ ). The narrowest dimension of the alveolar process WALA–WALA (6+6) was reported at average values of the NLML angle, and the widest at high values of the NLML angle ( $p=0.030$ ). A positive correlation was observed between the NLML angle and the spread of the alveolar process in the upper molars ( $r=0.34$ ,  $p=0.028$ ), first premolars ( $r=0.32$ ,  $p=0.042$ ) and canines ( $r=0.45$ ,  $p=0.003$ ). According to *Chen et al.*,<sup>41</sup> the interrelations of jaws widths remain unchanged from the 10<sup>th</sup> year of age. The differences between the widths of mandible and maxilla can already be identified in the mixed dentition.

The width of dental arches expressed by the FA–FA measurement has proven a smaller impact of the vertical dimension compared with the measurements of the alveolar processes. This is consistent with the results of *Chen et al.*<sup>41</sup> According to the researchers, the mandibular plane has a greater effect on transverse dimension of the jaws

poziomie zębów trzonowych pierwszych i przedtrzonowych w żuchwie. Analiza szerokości wyrostka zębodołowego dla szczęki w rejonie zębów trzonowych pierwszych i przedtrzonowych potwierdziła, że opisywana zmienna rosła wraz ze wzrostem kąta podstaw NLML. Na poziomie dolnych kłów szerokość była w grupie A najwęższa, a w grupie H najszersza. W rejonie górnych kłów najwyższy wyrostek występował w grupie A, a najszerszy w grupie L. Stwierdzono istotny statystycznie związek pomiędzy wielkością kąta podstaw NLML a szerokością wyrostków zębodołowych WALA mierzonej na poziomie dolnych kłów ( $p=0,042$ ) i górnych kłów ( $p=0,019$ ). Najwyższy wymiar wyrostka zębodołowego szczęki WALA–WALA 6+6 odnotowano przy średnich wartościach kąta NLML, a najszerszy przy wysokich kątach NLML ( $p=0,030$ ). Znotowano korelację dodatnią pomiędzy kątem podstaw a rozpiętością wyrostka zębodołowego na poziomie zębów trzonowych górnych ( $r=0,34$ ,  $p=0,028$ ), zębów przedtrzonowych pierwszych ( $r=0,32$ ,  $p=0,042$ ) i na poziomie kłów ( $r=0,45$ ,  $p=0,003$ ). Zdaniem *Chen i wsp.*,<sup>41</sup> wzajemne relacje szerokości szczęki i żuchwy pozostają niezmiennie od 10 roku życia. Określenie różnic pomiędzy szerokością żuchwy w stosunku do szczęki można rozpoznać już w okresie uzębienia mieszanego.

Szerokość łuków zębowych wyrażona pomiarem FA–FA, udowodniła mniejszy udział wymiaru pionowego w porównaniu do pomiarów wyrostków zębodołowych. Jest to zgodne z wynikami *Chen i wsp.*<sup>41</sup> Według badaczy, płaszczyzna podstawy żuchwy ma większy wpływ na kostny wymiar poprzeczny szczęki i żuchwy, niż na wymiar zębowy u pacjentów w okresie wzrostu. U pacjentów niskokątowych zanotowano statystycznie szersze łuki zębowe w porównaniu z wysokokątowymi. Pacjenci z III klasą szkieletową mają znacząco mniejszą szerokość międzytrzonowcową w porównaniu z grupą I klasy, a szerokość mierzona na poziomie punktów *Ag* (*antegonion*) nie różni się statystycznie w obu badanych grupach.<sup>41</sup> Przytoczone wyniki badań świadczą o nasilonej kompensacji zębowo-wyrostkowej w wadach szkieletowych klasy III. *Chen i wsp.*<sup>27</sup> wykazali, że w grupie z klasą III niedobór szerokości szczę-

than the dental dimension during growth. It has been demonstrated that low angle patients have statistically wider dental arches compared with high angle individuals. Patients with skeletal Class III have a significantly smaller intermolar width compared with those with Class I, and the width measured at points Ag (antegonion) does not differ statistically in both groups.<sup>41</sup> Results indicate a severe dental compensation in skeletal Class III. *Chen et al.*<sup>27</sup> demonstrated deficiency of maxillary bone width and intermolar width in the group with Class III, intensified in the age group from 10 to 14 years. The results are important information for patients requiring expansion of the jaw in the first treatment stage.<sup>41,42</sup>

According to *Andrews* and *Andrews*, FA points for canines, first and second premolars and first molars are located at a distance of: 0.6 mm, 0.8 mm, 1.3 mm, 2.0 mm, respectively from the WALA ridge.<sup>18</sup> In the obtained results, a reduced difference in the measurements of WALA-FA at 3-3 area with average NLML angle values (group A), can be explained by smaller lower canines inclination, while in the H group the difference was the highest. The results confirm a higher degree of compensation in Class III in patients with increased bases angle. Narrow dental arches between the lower canines in high angle patients can cause greater crowding. A negative correlation between the distance of the WALA and FA points at the lower first premolar region ( $r=-0.32$ ,  $p=0.039$ ) and a positive correlation at the upper second premolar area ( $r=0.34$ ,  $p=0.0280$ ) has been found. Increased difference in WALA-FA measurements for teeth 5+5 indicates the inclination of the second premolars in patients with high bases angle. This phenomenon may be a consequence of mesialization of molars. Shorter dental arch results in more palatal position of the erupting second premolars. In the range of average values of the NLML angle the teeth were aligned in more vertical position. This may be an indication of less severe dental compensation. The difference between the widths of mandible and maxilla in patients with skeletal Class III reaches its final value before the 10<sup>th</sup> year of age.<sup>27</sup> It should be noted that in the orthodontic treatment planning the expected width of the upper dental

ki zarówno kostnej, jak i szerokości międzytrzonowcowej, nasilał się w przedziale wiekowym od 10 do 14 roku życia. Uzyskane wyniki stanowią istotne informacje odnośnie pacjentów wymagających poszerzenia szczęki w pierwszym etapie leczenia.<sup>41,42</sup>

Według *Andrews* i *Andrews* punkty FA dla kłów, zębów przedtrzonowych pierwszych, drugich, pierwszych trzonowych znajduje się w odległości odpowiednio: 0,6 mm, 0,8 mm, 1,3 mm, 2,0 mm od grzbietu WALA.<sup>18</sup> W uzyskanych wynikach własnych zmniejszoną różnicę w pomiarach WALA-FA na poziomie 3-3 przy średniej wartości kąta podstaw NLML (grupa A), można tłumaczyć mniejszym nachyleniem dojęzykowym kłów dolnych, z kolei w grupie H różnica była największa. Wyniki potwierdzają większy stopień kompensacji wady klasy III w przypadku zwiększonego kąta podstaw. Zwężenie łuków zębowych pomiędzy dolnymi kłami u pacjentów wysokokątowych może być przyczyną większych stłoczeń. Stwierdzono korelację ujemną pomiędzy odległością punktu WALA i FA na poziomie zębów przedtrzonowych dolnych pierwszych ( $r=-0,32$ ,  $p=0,039$ ) i korelację dodatnią zębów przedtrzonowych drugich górnych ( $r=0,34$ ,  $p=0,0280$ ). Zwiększona różnica w pomiarze WALA-FA na poziomie zębów 5+5 świadczy o nachyleniu zębów przedtrzonowych drugich u pacjentów z wysokim kątem podstaw. Zjawisko to może być następstwem mezialnej wędrowki zębów trzonowych. Skrócenie łuku zębowego powoduje, że wyrzynające się zęby przedtrzonowe drugie zajmują bardziej dopodniebienne położenie. W przedziale średnich wartości kąta podstaw zęby były ustawione bardziej pionowo. Świadczy to może o mniej nasilonej kompensacji zębowej. Różnica pomiędzy szerokością szczęki a zuchwy u pacjentów ze szkieletową wadą klasy III osiąga ostateczną wartość przed 10 rokiem życia.<sup>27</sup> Należy zaznaczyć, że przy planowaniu leczenia ortodonta powinien dokonać oszacowania oczekiwanej szerokości górnego łuku zębowego w stosunku do dolnego łuku zębowego, z uwzględnieniem kompensacji.

Z przeprowadzonej analizy wynika również, że nasilone wady kostne klasy III przy powięk-





arch relative to the lower dental arch should be estimated, taking the compensation into account.

The results show that severe skeletal Class III with enlarged NLML angle is characterized by a decreased dental class by Angle on both sides. This is due to the vertical direction of mandibular growth when the severity of the malocclusion translates into increased lower facial height.<sup>39</sup> With decreasing bases angle the intensification of dental Angle class in both the L and A groups was observed. Therefore, this confirms the impact of the vertical dimension on the morphology of Class III malocclusions.

### Conclusions

1. The NLML angle plays a greater role in alveolar processes widths compared to the dental arches.
2. The difference in the WALA-FA measurements at the upper and lower canines, and upper premolar areas indicates the influence of inclination of the jaws bases on the teeth position in the dental arch.
3. The NLML angle has an influence on the severity of dental Class III.

szonym kącie podstaw, charakteryzuje zmniejszenie obustronnie zębowej klasy wg Angle'a. Ma to związek z pionowym kierunkiem wzrostu żuchwy, kiedy stopień nasilenia wady przekłada się na zwiększeniu dolnej wysokości twarzy.<sup>39</sup> Przy malejącym kącie podstaw obserwowano nasilenie zębowej klasy Angle'a zarówno w grupie L, jak i A. Potwierdza się zatem wpływ wymiaru pionowego na morfologię wad klasy III.

### Wnioski

1. Kąt podstaw NLML odgrywa większą rolę w wymiarze poprzecznym wyrostków zębodołowych w porównaniu z lukami zębowymi.
2. Różnica w pomiarze WALA-FA na poziomie kłów górnych i dolnych oraz zębów przedtrzonowych górnych, świadczy o wpływie inklinacji podstaw kostnych szczęki i żuchwy na pozycję zębów w łuku zębowym.
3. Kąt podstaw NLML wpływa na wielkość wady zębowej klasy III.

### References

1. *Angle EH*: Classification of malocclusion. *Dent Cosmos* 1899; 41: 248-264.
2. *Graber T, Vanarsdall R, Vig K*: Orthodontics Current Principles and Techniques. St. Louis: Mosby; 2005.
3. *Hardy DK, Cubas YP, Orellana ME*: Prevalence of Angle class III malocclusion: a systematic review and meta-analysis. *Open J Epidemiol* 2012; 2: 75-82.
4. *Josefsson E, Bjerklin K, Lindsten R*: Malocclusion frequency in Swedish and immigrant adolescents-influence of origin on orthodontic treatment need. *Eur J Orthod* 2007; 29: 79-87.
5. *El-Mangoury NH, Mostafa YA*: Epidemiologic panorama of dental occlusion. *Angle Orthod* 1990; 60: 207-214.
6. *Sidlauskas A, Lopatiene K*: The prevalence of among 7-15-year-old Lithuanian children. *Medicina (Kaunas)* 2009; 45: 147-152.
7. *Maciejak M, Maciejak D, Stopa Z, Wanyura H*: Morfologia części twarzowej czaszki u pacjentów z wadami szkieletowymi III klasy. *J Stomatol* 2011; 64: 851-864.
8. *Silva RG, Kang DS*: Prevalence of malocclusion among Latino adolescents. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001; 119: 313-315.
9. *Mugonzibwa EA, Eskeli R, Kuijpers-Jagtman AM, Laine-Alava MT, van't Hof MA*: Occlusal characteristics during different emergence stages of the permanent dentition in Tanzanian Bantu and Finnish children. *Eur J Orthod* 2004; 26: 251-260.
10. *Tod MA, Taverne AA*: Prevalence of malocclusion traits in an Australian adult population. *Aust Orthod J* 1997; 15: 16-22.

11. *Ngan P, Moon W*: Evolution of class III treatment in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015; 148: 22-36.
12. *Keeling SD, Dolce C, Van Sickels JE, Bays RA, Clark GM, Rugh JD*: A comparative study of skeletal and dental stability between rigid and wire fixation for mandibular advancement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000; 117: 638-649.
13. *Lundström AF*: Malocclusion of the teeth regarded as a problem in connection with the apical base. *Int J Orthod Oral Surg Radiogr* 1925; 9: 591-602, 724-731, 793-812, 9339-40, 1022-1042, 1109-1033.
14. *Proffit WR, Fields HW*. Contemporary orthodontics. 3rd ed. St Louis: Mosby; 2000. p. 240-93.
15. *Betts NJ, Vanarsdall RL, Barber HD, Higgins-Barber K, Fonseca RJ*: Diagnosis and treatment of transverse maxillary deficiency. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg* 1995; 10: 75-96.
16. *Strang RHW*: The fallacy of denture expansion as a treatment procedure. *Angle Orthod* 1949; 19: 12-22.
17. *Howes JH*: A polygon portrayal of coronal and basal arch dimensions in the horizontal plane. *Am J Orthod* 1954; 40: 811-831.
18. *Andrews LF, Andrews WA*: The six elements of orofacial harmony. *Andrews J* 2000; 1: 13-22.
19. *Kim KY, Bayome M, Kim KT, Han SH, Kim Y, Baek SH*: Three-dimensional evaluation of the relationship between dental and basal arch forms in normal occlusion. *Korean J Orthod* 2011; 41: 289-296.
20. *Ball RL, Miner RM, Will LA, Arai K*: Comparison of dental and apical base arch forms in Class II Division 1 and Class I malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010; 138: 41-50.
21. *Ronay V, Miner RM, Will LA, Arai K*: Mandibular arch form: the relationship between dental and basal anatomy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 134: 430-438.
22. *Braun S, Hnat WP, Fender DE, Legan HL*: The form of the human dental arch. *Angle Orthod* 1998; 68: 29-36.
23. *Uysal T, Memili B, Usumez S, Sari Z*: Dental and alveolar arch widths in normal occlusion, class II division 1 and class II division 2. See comment in PubMed Commons below *Angle Orthod* 2005; 75: 941-947.
24. *Slaj M, Spalj S, Pavlin D, Illes D*: Dental arch-forms in dentoalveolar Class I, II and III. *Angle Orthod* 2010; 80: 919-924.
25. *Zou W, Jiang J, Xu T, Wu J*: Relationship between mandibular dental and basal bone arch forms for severe skeletal Class III patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015; 147: 37-44.
26. *Kuntz TR, Staley RN, Bigelow HF, Kremenak CR, Kohout FJ, Jakobsen JR*: Arch widths in adults with Class I crowded and Class III malocclusions compared with normal occlusions. *Angle Orthod* 2008; 78: 597-603.
27. *Chen F, Terada K, Yang L, Saito I*: Dental arch widths and mandibular-maxillary base widths in Class III malocclusions from ages 10 to 14. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 133: 65-69.
28. *Uysal T, Usumez S, Memili B, Sari Z*: Dental and alveolar arch widths in normal occlusion and Class III malocclusion. *Angle Orthod*; 2005; 75: 809-813.
29. *Christie TE*: Cephalometric patterns of adults with normal occlusion. *Angle Orthod* 1977; 47: 128-135.
30. *Weijts WA, Hillen B*: Correlation between the cross-sectional area of the jaw muscles and craniofacial size and shape. *Am J Phys Anthropol* 1986; 70: 423-431.
31. *van Sprosen PH, Weijts WA, Valk J, Prahl-Andersen B, van Ginkel FC*: Relationships between jaw muscle cross-sections and craniofacial morphology in normal adults, studied with magnetic resonance imaging. *Eur J Orthod* 1991; 13: 351-361.
32. *Kiliaridis S*: Masticatory muscle influence on craniofacial growth. *Acta Odontol Scand* 1995; 53: 196-202.
33. *Tsunori M, Mashita M, Kasai K*: Relationship between facial types and tooth and bone characteristics of the mandible obtained by CT scanning. *Angle Orthod* 1998; 68: 557-562.
34. *Athanasiou AE, Droschl H, Bosch C*: Data and patterns of transverse dentofacial structure of 6- to 15-year-old children: a posteroanterior cephalometric study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992; 101: 465-471.
35. *Snodell SF, Nanda RS, Currier GF*: A longitudinal cephalometric study of transverse and vertical craniofacial growth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993; 104: 471-483.
36. *Cortella S, Shofer FS, Ghafari J*: Transverse development of the jaws: norms for the posteroanterior cephalometric analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997; 112: 519-522.
37. *McNamara JA Jr, Baccetti T, Franchi L, Herberger TA*: Rapid Maxillary Expansion Followed by Fixed Appliances: A Long-term Evaluation of



- Changes in Arch Dimensions. *Angle Orthod* 2003; 73: 344-353.
38. *Hollander M, Wolfe DA*: Nonparametric Statistical Methods. New York: John Wiley & Sons, 1999. p. 240-249.
39. *Ricketts RM, Roth RH, Chaconas SJ, Schulhof RJ, Engel GA*: Orthodontic Diagnosis and Planning. Denver: Rocky Mountain/Orthodontics; 1982.
40. *Wagner DM, Chun-CH*: Transverse growth of the maxilla and mandible in untreated girls with low, average, and high MP-SN angles: A longitudinal study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005; 128: 716-723.
41. *Chen F, Terada K, Wu L, Saito I*: Dental arch widths and mandibular-maxillary base width in Class III malocclusions with low, average and high MP-SN angles. *Angle Orthod* 2007; 77: 36-41.
42. *McNamara JA. Jr, Brudon WL*: Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. Michigan: Needham Press Inc; 2001.
43. *Westwood, PV, McNamara JA Jr, Baccetti T, Franchi L, Sarver DM*: Long-term effects of early Class III treatment with rapid maxillary expansion and facial mask therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; 123: 306-320.

Address: 15-274 Białystok, ul. Waszyngtona 15a  
Tel.: +4885 7450964  
e-mail: orthod@umb.edu.p

Received: 25<sup>th</sup> September 2015  
Accepted: 28<sup>th</sup> November 2015

