

Relationships between upper airway dimensions and mandibular morphology and position – a review

Związki wymiarów górnych dróg oddechowych z morfologią i położeniem żuchwy – artykuł przeglądowy

Zbigniew Paluch¹, Karolina Stelmańska², Marta Twardokęs²,
Marta Gamrot-Wrzoł²

¹ NZOZ Dentystyka Zbigniew Paluch w Raciborzu, Polska
NZOZ Dentistry Zbigniew Paluch in Raciborz, Poland
Head: dr n. med. Z. Paluch

² Katedra i Oddział Kliniczny Otolaryngologii i Onkologii Laryngologicznej w Zabrze, Wydział Lekarski z Oddziałem Lekarsko-Dentystycznym, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Polska
Chair and Clinical Ward of Otolaryngology and Laryngological Oncology, Faculty of Medicine and Dental-Medicine, Medical University of Silesia, Poland
Head: prof. dr hab. M. Misiótek

Abstract

Introduction. Reviews of the literature on morphometrics of upper airway (UA) dimensions and facial skeleton have been presented. However, there have been no study reviews on the relationship between UA morphometrics and mandibular morphometrics. **Aim of the study.** To perform a systematic review of the literature on the relationships between morphometric measurements of UAs and mandibular morphometrics. The authors searched for differences between UA dimensions in various patterns of the facial skeleton. **Material and methods.** The selected articles were divided into three groups: 1) the relationship of skeletal and/or dental Class II with UA dimensions, 2) the relationship of skeletal and/or dental Class III with UA dimensions, 3) the relationship of the measurements of the Gonial angle and mandibular length with UAs. **Discussion.** The authors indicated a tendency towards smaller UA dimensions in mandibular retrognathic subjects. Studies indicated larger dimensions of both upper and lower pharynx in the sample with skeletal Class III compared to the dimensions in skeletal Class I. **Summary.** The review of the literature confirms the relationship between mandibular morphology and position and particular UA dimensions in the studied samples. Based on the available knowledge, it would be possible to

Streszczenie

Wstęp. W dostępnym piśmiennictwie prezentowane były artykuły poglądowe podejmujące tematykę związaną z morfometrią górnych dróg oddechowych i twarzoczaszki, ale brak było przeglądu badań związków pomiędzy morfometrią górnych dróg oddechowych a morfometrią żuchwy. **Cel pracy.** Celem pracy był systematyczny przegląd piśmiennictwa, odnoszący się do związków pomiarów morfometrycznych górnych dróg oddechowych z morfometrią żuchwy. Poszukiwano różnic w wymiarach górnych dróg oddechowych, w różnych wzorcach twarzowej części czaszki. **Materiał i metody.** Wybrane artykuły podzielono na trzy grupy: 1) związek II klasy szkieletowej i/lub zębowej z wymiarami górnych dróg oddechowych. 2) związek III klasy szkieletowej i/lub zębowej z wymiarami górnych dróg oddechowych. 3) związek pomiarów: kąta Gonial i długości żuchwy z górnymi drogami oddechowymi. **Omówienie i dyskusja.** Autorzy wykazali tendencję do zmniejszonych wymiarów górnych dróg oddechowych u pacjentów z retrognatycznym położeniem żuchwy. Przeprowadzone badania wskazywały na zwiększone wymiary zarówno gardła górnego, jak i dolnego w próbie z III klasą szkieletową w porównaniu z I klasą szkieletową. **Podsumowanie.** Przegląd piśmiennictwa potwierdza w badanych próbach związek pomiędzy

KEYWORDS:

airway, mandible, pharynx

HASŁA INDEKSOWE:

drogi oddechowe, żuchwa, gardło

adjust a treatment method influencing not only the improvement in relation between the mandible and the adjacent structures, especially superior and inferior dental arches, but also considering UA dimensions in respective skeletal classes.

Introduction

Relationships between upper airway (UA) dimensions and mandibular morphology and position have been reported a number of times in the literature. Authors examining UA dimensions have used different UA divisions and various cephalometric landmarks.¹

The division of UAs into three parts (i.e. nasopharynx, oropharynx, hypopharynx) is widely used in the literature.^{2,3} The McNamara's (McN) method is also applied.⁴ The method consists in measuring upper and lower pharyngeal widths. In the case of the nasopharynx, frequent measurements are made from lines from the *Posterior Nasal Spine* (PNS) towards the *Sella* (S) and the *Basion* (B).⁵ In the oropharynx, the measurement is often made from the *Uvula* (U) to the posterior pharyngeal wall.^{6,7} In the hypopharynx the measurement of the cephalometric distance is mainly made from *Vallecula* (V) and it is also designated towards the posterior pharyngeal wall.⁶ Additionally, some of the measurements are related to the pharyngeal length and the surface area of particular parts of the UAs.⁸⁻¹⁰

A lateral cephalometric radiograph (LCR) is a widely applied method of craniofacial imaging in the sagittal plane, which allows linear, angular and surface area measurements.¹¹ Cone-beam computed tomography (CBCT) has also been applied by different authors in their study methods.¹²⁻¹⁴

Reviews of the literature on morphometrics of UAs and facial skeleton have been presented. However, there have been no reviews of the studies on the relationship between morphometrics of the UAs and the morphometrics of the mandible.

położeniem i morfologią żuchwy a określonymi wymiarami górnych dróg oddechowych. Na podstawie dostępnej wiedzy możliwa byłaby próba dostosowania metody leczenia wpływającej nie tylko na poprawę relacji żuchwy do struktur sąsiednich, szczególnie górnego i dolnego łuku zębowego, ale również uwzględniającej wymiary górnych dróg oddechowych w poszczególnych klasach szkieletowych.

Wstęp

Tematyka związków wymiarów górnych dróg oddechowych (GDO) z morfologią i położeniem żuchwy była wielokrotnie podejmowana w piśmiennictwie. Autorzy, badając wymiary GDO opierali się na różnych ich podziałach oraz różnych punktach cefalometrycznych.¹

Powszechnie stosuje się w literaturze podział GDO na trzy części: nosową, ustną oraz krtańową część gardła, używając metody McNamary.²⁻⁴ Metoda ta opiera się na pomiarach szerokości gardła górnego i dolnego. W przypadku nosowej części gardła często prowadzone są pomiary mierzone na prostych poprowadzonych od punktu *Posterior Nasal Spine* (PNS) w kierunku do *Sella* (S) oraz do *Basion* (B).⁵ W ustnej części gardła, pomiar jest często wyznaczany od punktu *Uvula* (U) w kierunku do tylnej ściany gardła.^{6,7} W krtańowej części gardła, pomiar odległości cefalometrycznej głównie rozpoczyna się od punktu *Vallecula* (V) i wyznaczany jest także w kierunku do tylnej ściany gardła.⁶ Istnieją również pomiary dotyczące długości gardła i pola powierzchni poszczególnych części GDO.⁸⁻¹⁰

Powszechnie stosowaną metodą obrazowania twarzoczaszki w płaszczyźnie strzałkowej, umożliwiającą wykonanie pomiarów liniowych, kątowych i pola powierzchni jest zdjęcie boczne cefalometryczne (lateral cephalogram radiograph – LCR).¹¹ Autorzy wykorzystywali również w swoich metodach badań stożkową tomografię komputerową (cone-beam computed tomography – CBCT).¹²⁻¹⁴

Prezentowane były tematy związane z morfometrią GDO i twarzoczaszki, ale brak było w dostępnym piśmiennictwie przeglądu badań związków pomiędzy morfometrią GDO a morfometrią żuchwy.

Aim of the study

The aim of the study was to undertake a systematic review of the literature on the relationships between morphometric measurements of UAs and mandibular morphometrics. The authors of the present study searched for the differences between UA dimensions in various patterns of the facial skeleton.

Material and methods

A systematic review of the literature was done with the use of the PubMed electronic database (National Library of Medicine NCBI). The articles that underwent analysis were published between September 1957 and January 2015, and the following key words were entered: *mandible, airway, facial patterns, malocclusion, mandibular retrognathia, mandibular prognathism, different rotation, head posture, growth pattern, prognathism, retrognathia, airway, pharynx, pharyngeal airway, upper pharyngeal airway, lower pharyngeal airway, oropharynx, nasopharynx, oropharyngeal airway, nasopharyngeal airway, pharyngeal airway passage.*

The filters available in the PubMed database were applied i.e. the articles published in English, Species – humans. The exclusion criteria related to the article included hereditary diseases, cleft lip and palate, respiratory disorders, history of surgical procedures within the area of the head and the neck, history of orthodontic treatment. The inclusion criteria were the following: the division of the study sample into skeletal Class II, Class III and/or the division of Class II and Class III malocclusions, morphometric mandibular measurements, linear and angular measurements of the UAs. There were no restrictions as regards a radiologic diagnostic method.

The selected articles were divided into three groups: 1) the relationship of skeletal and/or dental Class II with UA dimensions, 2) the relationship of skeletal and/or dental Class III with UA dimensions, 3) the relationship of the measurements of the Gonial angle and mandibular length with UAs.

Cel pracy

Celem pracy był systematyczny przegląd piśmiennictwa, odnoszący się do związków pomiarów morfometrycznych GDO z morfometrią żuchwy. Poszukiwano różnic w wymiarach GDO, w różnych wzorcach twarzowej części czaszki.

Material i metody

Dokonano systematycznego przeglądu piśmiennictwa, wykorzystując elektroniczną bazę danych PubMed (*National Library of Medicine NCBI*). Przeanalizowano artykuły opublikowane w okresie od września 1957 roku do stycznia 2015 roku, wprowadzając następujące słowa kluczowe: *mandible, airway, facial patterns, malocclusion, mandibular retrognathia, mandibular prognathism, different rotation, head posture, growth pattern, prognathism, retrognathia, airway, pharynx, pharyngeal airway, upper pharyngeal airway, lower pharyngeal airway, oropharynx, nasopharynx, oropharyngeal airway, nasopharyngeal airway, pharyngeal airway passage.*

Zastosowano filtry dostępne w bazie PubMed: artykuły opublikowane w języku angielskim, gatunek – człowiek. W trakcie selekcji zastosowano również kryteria wykluczenia artykułu: choroby dziedziczne, rozszczepy wargi i podniebienia, zaburzenia oddychania, przebyte zabiegi chirurgiczne w obrębie głowy i szyi, historia leczenia ortodontycznego. Kryteriami włączenia były: podział próby badawczej na klasy szkieletowe II, III i/lub podział wad zgryzu klasy II i III, morfometryczne pomiary żuchwy, pomiary liniowe GDO, pomiary kątowe GDO. Nie zastosowano ograniczenia, co do radiologicznej metody diagnostycznej.

Wybrane artykuły podzielono na trzy grupy: 1) związek II klasy szkieletowej i/lub zębowej z wymiarami GDO, 2) związek III klasy szkieletowej i/lub zębowej z wymiarami GDO, 3) związek pomiarów: kąta Gonial i długości żuchwy z GDO.

Table 1. Correlations between UA measurements and mandibular morphometrics. The comparison of UA measurements between subjects from Class II group and the remaining groups

Title, author, year of publication	Sample size, gender, chronological age	Division of the study sample	Correlations and the comparison of UA measurements between subjects from Class II subjects and the remaining groups	Imaging method
1. Evaluation of pharyngeal airway space amongst different skeletal patterns <i>Alves et al. 2012</i>	13 M 12 F 8-10 (9.16 ± 0.64)	Grup I $2^{\circ} \leq ANB \leq 5^{\circ}$ Grup II $ANB > 5^{\circ}$	SNB – correlation with PAS-UP**, PAS-UT*, PAS-TP*, PAS-ML* SN/Go-Gn, FMA – negative correlation with PAS-UT* In the case of linear measurements, statistically significant differences between group I and group II were observed only in PAS-UP	CBCT
2. Comparison of different craniofacial patterns with pharyngeal widths <i>Memon et al. 2012</i>	172 M 188 F 14-20	skeletal Class I $ANB = 0-4$ skeletal Class II $ANB > 4$ SN/Go-Gn hypodivergent $< 32^{\circ}$ normodivergent $33-37^{\circ}$ hyperdivergent $> 38^{\circ}$ McNamara's analysis	Upper pharyngeal width was narrower in Class I and Class II subjects with a hyperdivergent pattern as compared to subjects with normodivergent and hypodivergent patterns. Lower pharyngeal width – no differences in three vertical facial patterns.	LCR
3. Three-dimensional analysis of pharyngeal airway form in children with anteroposterior facial patterns <i>Oh et al. 2011</i>	24 M 36 F 10-13	Class I $1 \leq ANB < 4$ Class II $ANB \geq 4$ Class III $ANB < 1$	ang-OA – correlation with ANB^{**} Pog-N perpendicular** Greater ang-OA in Class II as compared to Class I and Class III	CBCT
4. Sagittal mandibular development effects on the dimensions of the awake pharyngeal airway passage <i>Jena et al. 2010</i>	14 M 17 F 15-25	SNA $79^{\circ}-83^{\circ}$ Group I $76^{\circ} \leq SNB \leq 82^{\circ}$ Group II $SNB < 76^{\circ}$ Group III $SNB > 82^{\circ}$	DOP – correlation with SNB^{***} DNP and DHP values were comparable in all three groups DOP: comparable values between Class II and Class I, a significant difference of the values between Class II and Class III	LCR
5. A cephalometric evaluation of the pharyngeal airway space in patients with mandibular retrognathia and prognathia, and normal subjects <i>Muto et al. 2008</i>	30 F 17-30 (22.3)	normal mandible $76^{\circ} \leq SNB \leq 82^{\circ}$ retrognathic mandible $SNB < 76^{\circ}$ prognathic mandible $SNB > 82^{\circ}$	The group with mandibular retrognathia presented with smaller PAS-UP and PAS-TP as compared to subjects with a normal mandible.	LCR

Table 1. cont.

Title, author, year of publication	Sample size, gender, chronological age	Division of the study sample	Correlations and the comparison of UA measurements between subjects from Class II subjects and the remaining groups	Imaging method
6. Upper and lower pharyngeal airway in subjects with Class I and II malocclusion and different growth patterns <i>de Freitas et al. 2006</i>	8 M 12 F 11.64	SN/Go-Gn Group 1 – dental Class I with a normal growth pattern 33.09° Group 2 – dental Class I with a vertical growth pattern 42.43° Group 3 – dental Class II with a normal growth pattern 32.46° Group 4 – dental Class II with a vertical growth pattern 39.76°	Upper pharyngeal width was narrower in the groups with Class I and Class II with a vertical growth pattern as compared to the groups with Class I and Class II with a normal growth pattern. No influence of a vertical growth pattern on lower pharyngeal dimensions was observed.	LCR
7. Uvulo-glossopharyngeal dimension in different anteroposterior skeletal patterns <i>Abu Allhaja et al. 2005</i>	45 M 45 F 14-17	I ANB 1-5 II ANB >5 III ANB <1 VAL	VAL was smaller in Class II subjects as compared to Class III subjects.	LCR
8. Two-dimensional lateral cephalometric evaluation of varying types of Class II subgroups on posterior airway space in postadolescent girls: pilot study <i>Oz et al. 2012</i>	50 F 16.4 ± 2.6	Class I – Control group ANB 0-4°, overjet 2-4 mm Division according to SN/Go-Gn low-angle Class II ≤27° neutral-angle Class II 28-36° high-angle Class II ≥37° ANB >4°, overjet ≥5mm	in subjects ad1-PNS and ad2-PNS measurements were significantly smaller in the group with high-angle Class II as compared to the group with low-angle Class II and normal angle Class II and the control group.	LCR
9. Dentofacial and upper airway characteristics of mild and severe class II division 1 subjects <i>Bollhalder et al. 2012</i>	131 M 115 F 10.4 ± 1.6	mild Class II OJ <10 mm ANB <7 severe Class II OJ ≥10 mm ANB ≥7 airway distance p airway distance t	No correlation of the shortest airway distance with the values of SNB, ANB or overjet was observed. A tendency towards smaller airway dimensions was observed in retrognathic subjects.	LCR

Table 1. cont.

Title, author, year of publication	Sample size, gender, chronological age	Division of the study sample	Correlations and the comparison of UA measurements between subjects from Class II subjects and the remaining groups	Imaging method
10. A study on the pharyngeal size in the different skeletal patterns <i>Ceylan et al. 1995</i>	45 F 45 M 13-15	1. Group ANB<1° 2. Group ANB 1°≤ANB≤5° 3. Group ANB>5°	Difference in oropharyngeal measurements between group 2 and group 3 Difference in oropharyngeal measurements between group 1 and group 3 No correlations between nasopharyngeal measurements and ANB The oropharyngeal area became smaller with the increase in ANB.	LCR
11. A comparison study of upper airway among different skeletal craniofacial patterns in nonsnoring Chinese children <i>Zhong et al. 2010</i>	25M 29 F 11-16	Normodivergent facial pattern group FH-MP 23.5°-30.5° (26.6°) subgroups: Class III ANB < 0.7° Class I ANB 0.7-4.7° Class II ANB >4.7° Normal sagittal facial pattern group ANB 0.7-4.7° subgroups: FH-MP <23.5° FH-MP 23.5-30.5° FH-MP >30.5°	Normodivergent facial pattern group No significant differences in nasopharyngeal dimensions between the subgroups related to the skeletal classes The inferior part of UAs (palatopharyngeal and hypopharynx) – the smallest dimensions in the subgroup with skeletal Class II as compared to UAs in subgroups with skeletal Class I and Class III. Significant differences in measurements at the level of the uvula, low oropharynx and the hypopharynx between Class II and Class III subgroups. The superior part of UA dimensions decrease with the increase in FH-MP. No statistically significant differences in measurements of the inferior part of UAs in skeletal class subgroups.	LCR

F: female; M: male; McNamara's upper pharynx dimension: from the point at the posterior contour of the soft palate to the nearest point on the posterior pharyngeal wall; McNamara's lower pharynx dimension: from the intersection point of the posterior tongue contour with the lower contour of the mandible to the nearest point on the posterior pharyngeal wall; **PAS-UP**: minimal pharyngeal airway space between the uvula and the posterior pharyngeal wall; **PAS-UT**: minimal pharyngeal airway space between the uvula tip and the posterior pharyngeal wall; **PAS-TP**: minimal pharyngeal airway space between the back of the tongue and the posterior pharyngeal wall; **PAS-ML**: pharyngeal airway space on the mandibular line; **SN/Go-Gn**: angle formed between SN and Go-Gn; **FMA**: angle formed between FH and mandibular base plane; **ang-OA**: inclination of the midplane of the oropharyngeal airway in relation to the FH plane; **FH plane**: plane containing the porion (Po) and the orbitale (Or); **Pog-N** perpendicular- linear distance from pogonion to the nasion perpendicular; **DNP**: linear distance between Ptm and UPW; **UPW**: upper pharyngeal wall; **DOP**: linear distance between U and MPW; **MPW**: middle pharyngeal wall; **DHP**: linear distance from V to LPW; **LPW**: lower pharyngeal wall; **VAL**: distance between PNS and Eb; **ad1-PNS**: distance between ad1 and PNS; **ad2-PNS**: distance from ad2 to PNS; **distance p**: shortest distance between the soft palate and the posterior pharyngeal wall; **distance t**: shortest distance between the tongue base and the posterior pharyngeal wall; **V-LPW**: distance between V and lower pharyngeal wall; **FH-MP** – angle between the FH plane and mandibular base plane.

*Correlation is statistically significant at the 0.05 level; **Correlation is statistically significant at the 0.01 level; ***Correlation is statistically significant at the 0.001 level.

Discussion

Skeletal and/or dental Class II (Table 1)

The relationships between the dimensions of the upper pharynx, the lower pharynx and facial morphology according to the McN's method with consideration given to the vertical facial patterns

*Memon et al.*¹⁵ demonstrated a relationship of a narrower upper pharyngeal width in skeletal Class II with a hyperdivergent growth pattern as compared to the upper pharyngeal width in skeletal Class II with normodivergent and hypodivergent facial growth patterns. No differences were observed regarding the relationships between the dimensions of the lower pharyngeal width and hypodivergent, hyperdivergent or normodivergent growth patterns in skeletal Class II subjects.¹⁵

*De Freitas et al.*¹⁶ in their study on dental Class II subjects obtained similar results to *Memon et al.*¹⁵ These authors observed a correlation between a vertical growth pattern and upper pharyngeal width. However, such relationship was not found between a vertical growth pattern and lower pharyngeal width.

Both *Memon et al.*¹⁵ and *de Freitas et al.*¹⁶ characterising vertical facial growth patterns based their studies on the value of the SN/Go-Gn angle. However, these authors used different norms of the value of the SN/Go-Gn angle for their study samples, hence an accurate comparison of their results was impossible.

distance t / distance p

*Bollharder et al.*¹⁷ indicated a tendency towards smaller airway dimensions in subjects with a retrognathic mandible. However, the statistical analysis did not confirm a strong (significant) connection between the measurements of UAs and dentoskeletal parameters in the study sample.

Nasopharynx

*Jena et al.*¹⁸ demonstrated a lack of differences in the nasopharyngeal dimensions between subjects with retrognathic, prognathic and normal mandibles. *Zhong et al.*¹⁹ showed a lack of differences in the nasopharyngeal dimensions between Class I, II and III subgroups. These authors confirmed the reports of *Ceylan et al.*²⁰ indicating

Omówienie i dyskusja

II klasa szkieletowa i/lub zębowa (Table 1)

Związki wymiarów gardła górnego i gardła dolnego według metody McNamary z morfologią twarzy uwzględniającą jej pionowe wzorce

*Memon i wsp.*¹⁵ wykazali związek zmniejszonej szerokości gardła górnego w II klasie szkieletowej z hyperdywergentnym wzorcem wzrostu, porównując z szerokością gardła górnego w II klasie szkieletowej z normo- i hypo- dywergentnymi wzorcami wzrostu. Nie wykazano różnic u badanych w związkach pomiędzy wymiarami szerokości gardła dolnego a wzorcami wzrostu: hypo-, hyper- i normodywergentnymi u badanych z II klasą szkieletową.¹⁵

*De Freitas i wsp.*¹⁶ badając pacjentów z II klasą zębową uzyskali podobne wyniki do *Memon i wsp.*¹⁵ Autorzy ci stwierdzili, że pionowy wzorzec wzrostu u badanych korelował z szerokością gardła górnego, pozostając bez związku z wymiarami szerokości gardła dolnego.

Zarówno *Memon i wsp.*¹⁵ jak i *de Freitas i wsp.*¹⁶ charakteryzując pionowe wzorce wzrostu twarzy opierali się na wartości kąta SN/Go-Gn. Autorzy ci stosowali jednak odmiennie normy dla próby badawczej wartości kąta SN/Go-Gn, stąd brak było możliwości dokładnych porównań tych wyników.

Odległość t / odległość p

*Bollharder i wsp.*¹⁷ wskazali na tendencję do zmniejszonych wymiarów GDO u pacjentów z retrognatycznym położeniem żuchwy. Jednak statystyczna analiza nie potwierdziła silnego (istotnego) związku między pomiarami GDO a wymiarami szkieletowo-zębowymi w próbie badawczej.

Nosowa część gardła

*Jena i wsp.*¹⁸ wykazali brak różnic w wymiarach nosowej części gardła pomiędzy badanymi z retrognatycznym, prognatycznym oraz prawidłowym położeniem żuchwy. *Zhong i wsp.*¹⁹ zaprezentowali brak różnic wymiarów nosowej części gardła pomiędzy grupami badanymi I, II a III. Autorzy ci potwierdzili doniesienia *Ceylan i wsp.*²⁰ wskazujące na brak korelacji pomiędzy

a lack of correlation between nasopharyngeal dimensions and the values of the ANB angle.

Oz et al.²¹ compared nasopharyngeal dimensions in the subgroups of the study sample. The sample was divided with consideration given to the SN/Go-Gn angle into Class I (control) subgroup, low-angle Class II subgroup, neutral-angle Class II subgroup and high-angle Class II subgroup. The authors observed smaller nasopharyngeal measurements in Class II high-angle subgroup as compared with the remaining subgroups.²¹

Oropharynx

Zhong et al.¹⁹ compared UA dimensions in a group of subjects with a normodivergent facial pattern divided into subgroups with Class I, II and III. The authors demonstrated the smallest palatopharyngeal dimensions in Class II as compared to the two remaining subgroups.

Muto et al.²² demonstrated decreased UA dimensions at the level of the uvula (PAS-UP) in subjects with a retrognathic mandible as compared to subjects with a normal and prognathic mandible. Alves et al.²³ also made the measurements of UAs at the level of the uvula, demonstrating decreased dimensions of the uvula in group II as compared to group I.

Jena et al.¹⁸ compared groups II and III and showed differences in UA dimensions at the level of the uvula between these two groups. Zhong et al.¹⁹ also demonstrated the difference in dimensions at the level of the uvula between subgroups II and III.

Muto et al.²² made the measurements of the oropharynx at the level of the tongue in a group of 30 women (age range: 17-30 years). Smaller UA dimensions were found in mandibular retrognathic subjects as compared to the groups with the normal mandible and mandibular prognathism. Alves et al.²³ in their study on patients of both genders (age range: 8-10 years), did not demonstrate differences in the measurements at the level of the tongue when comparing groups I and II.

Oz et al.²¹ considering the vertical growth pattern in the study groups, presented smaller oropharyngeal dimensions in high-angle Class II group as compared to the neutral- and low-

wymiarami nosowej części gardła a wartościami kąta ANB.

Oz i wsp.²¹ porównywali wymiary nosowej części gardła w podgrupach próby badawczej. Owi autorzy podzielili grupę z uwzględnieniem kąta SN/Go-Gn na podgrupę z klasą I (kontrolna), z klasą II niskokątową, z klasą II o neutralnym kącie oraz II klasą wysokokątową. Autorzy zaprezentowali mniejsze wymiary nosowej części gardła w podgrupie II klasy wysoko-kątowej, w porównaniu z pozostałymi podgrupami.²¹

Ustna część gardła

Zhong i wsp.¹⁹ porównywali wymiary GDO w grupie pacjentów o normodivergentnym wzorcu twarzy, podzielonej na podgrupy z I, II i III klasą. Autorzy Ci wykazali najmniejsze wymiary ustnej części gardła na poziomie podniebienia w II klasie, w porównaniu z dwoma pozostałymi podgrupami.

Muto i wsp.²² wykazali zmniejszone wymiary GDO na poziomie języczka (PAS-UP) u badanych z retrognatyczną żuchwą, porównując z badanymi o prawidłowym i prognatycznym położeniu żuchwy. Alves i wsp.²³ również dokonali pomiarów GDO na poziomie języczka, wykazując zmniejszone jego wymiary w grupie II w porównaniu z grupą I. Jena i wsp.¹⁸ porównali grupy badawcze II z III. Pokazali różnice wymiarów GDO na poziomie języczka w tych grupach. Zhong i wsp.¹⁹ również zaprezentowali różnicę wymiarów na poziomie języczka pomiędzy podgrupami II a III.

Muto i wsp.²² dokonali pomiarów ustnej części gardła na poziomie języka w grupie 30 kobiet w wieku 17-30 lat. Wykazano zmniejszone wymiary GDO u badanych retrognatycznych, porównując z grupą o normalnej pozycji żuchwy i prognatycznym położeniu żuchwy. Alves i wsp.²³ badając pacjentów obu płci w wieku 8-10 lat nie wykazali różnic pomiarów na poziomie języka, porównując grupę I i II.

Oz i wsp.²¹ uwzględniając pionowy wzorzec wzrostu w badanych grupach, zaprezentowali zmniejszone wymiary ustnej części gardła w II klasie wysokokątowej, w porównaniu z neutralną i niskokątową grupą badaną. Pomiarów dokonano

angle groups. The measurements were made in the narrowest part of the oropharynx. However, these differences were not statistically significant.

Hypopharynx

Zhong et al.¹⁹ in subjects aged 11-16 years with a normodivergent facial pattern, demonstrated reduced hypopharyngeal airway dimensions in subgroup II as compared to I and III subgroups.

Jena et al.¹⁸ did not find differences in V-LPW measurements comparing subjects with prognathic, retrognathic and normal mandibles. The age range of the study group was 15-25 years.

VAL

Abu Allhaija et al.²⁴ measured vertical airway length demonstrating its reduced dimensions in skeletal Class II as compared to skeletal Class III.

ang-OA

Oh et al.²⁵ measured the inclination of the oropharyngeal airway to the FH plane. The authors indicated a greater ang-OA value in Class II as compared to groups with Class I and Class III.

Skeletal and/or dental Class III (Table 2)

Upper and lower pharyngeal dimensions with the use of the McN's method

Dobrowolska-Zarzycka et al.²⁶ indicated larger dimensions of both upper and lower pharynx in the sample with skeletal Class III as compared to the dimensions in skeletal Class I. Takemoto et al.²⁷ presented wider lower pharyngeal widths in the group of prognathic girls compared to the group with normal occlusion. However, no differences were demonstrated in the upper pharyngeal width. The age range of the study groups was different between the above-mentioned authors. Takemoto et al.²⁷ examined a female group with prognathism (mean age 7.9±0.9 years) and a female group with normal occlusion (mean age 8.4±1.5 years), whereas Dobrowolska-Zarzycka et al. examined subjects aged 14-36 years (mean age 21.4 years).²⁶

Oropharynx and nasopharynx

Ceylan et al.²⁰ in the study on the measurements

w największej części ustnej części gardła. Różnice te nie były jednak statystycznie znaczące.

Krtaniowa część gardła

Zhong i wsp.¹⁹ u badanych w wieku 11-16 lat z normodwergentnym wzorcem twarzy wykazali zmniejszone wymiary krtaniowej części gardła w II podgrupie, porównując z podgrupami I i III.

Jena i wsp.¹⁸ nie wykazali różnic pomiarów V-LPW, porównując badanych z prognatycznym, retrognatycznym oraz prawidłowym położeniem żuchwy. Przedział wiekowy grupy badanej wynosił 15-25 lat.

VAL

Abu Allhaija i wsp.²⁴ dokonali pomiaru długości gardła, wykazując jego zmniejszone wymiary w II klasie szkieletowej, w porównaniu do III klasy szkieletowej.

ang-OA

Oh i wsp.²⁵ zbadali nachylenie ustnej części gardła do płaszczyzny FH. Autorzy wskazali na zwiększoną wartość kąta ang-OA w II klasie, porównując z grupami I i III klasy.

III klasa szkieletowa i/lub zębowa (Table 2)

Wymiary gardła górnego i gardła dolnego według metody McNamary

Przeprowadzone badanie przez Dobrowolska-Zarzycka i wsp.²⁶ wskazało na zwiększone wymiary zarówno gardła górnego, jak i dolnego w próbie z III klasą szkieletową, w porównaniu z wymiarami gardła z I klasą szkieletową. Takemoto i wsp.²⁷ zaprezentowali zwiększony wymiar szerokości gardła dolnego w grupie dziewcząt z prognatyzmem w porównaniu z badanymi w grupie o prawidłowej okluzji, natomiast nie wykazano różnic w szerokości gardła górnego. Przedział wiekowy grup badanych różnił się u wyżej wspomnianych autorów. Takemoto i wsp.²⁷ badali grupę płci żeńskiej z prognatyzmem, których wiek wynosił średnio 7,9 ±0,9 lat oraz grupę płci żeńskiej z prawidłową okluzją o średniej wieku 8,4 ±1,5 lat, Dobrowolska-Zarzycka i wsp.²⁶ z kolei badali osoby w wieku od 14 do 36 lat. (21,4)

Table 2. Correlations between UA measurements and mandibular morphometrics. The comparison of UA measurements between a group of subjects with Class III and the remaining subgroups

Title, author, year of publication	Sample size, gender, chronological age	Division of the study sample	Correlations and the comparison of UA measurements between Class III patients and the remaining groups	Imaging method
1. Evaluation of upper airways depth among patients with skeletal Class I and III <i>Dobrowolska-Zarzycka et al. 2012</i>	17 M 33 F 14-36	Study group SNB 83.6 (median 83.65; SD ± 4.7) ANB -3.5 (median -2.95; SD ± 2.3) Wits -8.6 (median -8.6; ± 3.9) Control group SNB 80.5 (median 80.45; SD ± 3.9) ANB 2.0 (median 2.0; SD ± 1.2) Wits -0.4 (median -0.2 ± 1.5) McNamara's analysis	Upper and lower pharyngeal widths according to the McN's method were larger in skeletal Class III subjects as compared to subjects with dental Class I. Upper*** and lower** pharyngeal dimensions increased with the increase in the SNB angle. With the increase in negative values of ANB, the depth of the nasopharynx increased.*** With the increase in Wits appraisal the depth of the nasopharynx decreased.***	LCR
2. Three-dimensional analysis of pharyngeal airway form in children with anteroposterior facial patterns <i>Oh et al. 2011</i>	24 M 36 F 10-13 (11.79)	Class I $1 \leq \text{ANB} < 4$ Class II $\text{ANB} \geq 4$ Class III $\text{ANB} < 1$	The values of the OA angle were smaller in Class III subjects as compared to the Class I and II subjects.	CBCT
3. Pharyngeal airway in children with prognathism and normal occlusion <i>Takemoto et al. 2011</i>	25 F 7.9 \pm 0.9	Prognathism was defined as at least three incisors with negative overjet. McNamara's analysis	Lower pharyngeal widths were larger in a female group with mandibular prognathism as compared to the female group with normal occlusion. No differences were observed in upper pharyngeal widths between female groups with mandibular prognathism and with normal occlusion.	LCR
4. Sagittal mandibular development effects on the dimensions of the awake pharyngeal airway passage <i>Jena et al. 2010</i>	13 M 10 F 15-25	Group I $76^\circ \leq \text{SNB} \leq 82^\circ$ Group II $\text{SNB} < 76^\circ$ Group III $\text{SNB} > 82^\circ$ SNA $79-83^\circ$	DOP was increased in the group with prognathic mandibles as compared to the groups with retrognathic and normal mandibles. DNP and DHP values were comparable in all three groups.	LCR

Table 1. cont.

Title, author, year of publication	Sample size, gender, chronological age	Division of the study sample	Correlations and the comparison of UA measurements between Class III patients and the remaining groups	Imaging method
5. Oropharyngeal airway in children with Class III malocclusion evaluated by cone-beam computed tomography <i>Iwasaki et al. 2009</i>	12 M 8 F	Class I malocclusion OJ 2-4 mm	The depth of the nasopharyngeal airway – no differences were observed between groups with Class I malocclusion and Class III malocclusion.	CBCT
	8.4 ± 1	Class III malocclusion negative OJ, (measured in a transverse plane through Gonion)	The depth of the oropharyngeal airway increased in Class III malocclusion as compared to Class I malocclusion	
6. A cephalometric evaluation of the pharyngeal airway space in patients with mandibular retrognathia and prognathia, and normal subjects <i>Muto et al. 2008</i>	38 F 18-32 (21.7)	normal mandible 76° ≤ SNB ≤ 82° retrognathic mandible SNB < 76° prognathic mandible SNB > 82°	The largest PAS dimension was observed in the group with mandibular prognathism as compared to the groups with mandibular retrognathism and normal mandibles.	LCR
7. Uvulo-glosso-pharyngeal dimensions in different anteroposterior skeletal patterns <i>Abu Allhaja et al. 2005</i>	45 M 45 F 14-17	I ANB 1-5° II ANB > 5° III ANB < 1°	VAL measurement was smaller in the group with Class II as compared to the measurement in the group with Class III. IAS decreased with the increase in the value of ANB.	
8. A study on the pharyngeal size in different skeletal patterns <i>Ceylan et al. 1995</i>	45 M 45 F 13-15	1. Group ANB < 1° 2. Group ANB 1° ≤ ANB ≤ 5° 3. Group ANB > 5°	Oropharyngeal area measurements were differentiated between Group 1 and Group 3. Oropharyngeal area measurement correlated with the values of the ANB angle. The larger the ANB angle, the smaller the oropharyngeal area was. Nasopharyngeal airway area measurements did not correlate with the values of the ANB angle.	LCR
9. A comparison study of upper airway among different skeletal craniofacial patterns in nonsnoring Chinese children <i>Zhong et al. 2010</i>	25 M 29 F 11-16	Normodivergent facial pattern group FH-MP 23.5° - 30.5° (26.6°) subgroups: Class III ANB < 0.7° Class I ANB 0.7 - 4.7° Class II ANB > 4.7°	No significant differences in nasopharyngeal airway dimensions among subgroups. Lower pharyngeal airway dimensions (at the level of the palate and the hypopharynx) were larger in Class III as compared to Class I and II dimensions. The most significant differences in measurements were observed at the level of TB-TPPW (lower oropharynx) between subjects in subgroups I and III. Differences in UA dimensions were observed between subjects in Class II and III subgroups at the level of the uvula, lower oropharynx and the hypopharynx.	

PAS: pharyngeal airway space; IAS: inferior pharyngeal airway space; TB-TPPW: distance from TB to TPPW; TB: point of intersection of the base of the tongue and extension of the B-Go line; TPPW: point of intersection of the posterior pharyngeal wall and extension of the B-Go line.

*Correlation is statistically significant at the 0.05 level; **Correlation is statistically significant at the 0.01 level; ***Correlation is statistically significant at the 0.001 level.

of oropharyngeal and nasopharyngeal area confirmed that there was no correlation between the nasopharyngeal area measurements and the ANB angle. The oropharyngeal area measurements became significantly smaller with the increase in the ANB angle.²⁰

*Iwasaki et al.*²⁸ compared linear dimensions of the depth of the oropharynx and the nasopharynx in subjects with Class I and Class III malocclusion. On the other hand, *Jena et al.*¹⁸ investigated oropharyngeal and nasopharyngeal dimensions in subjects with normal and prognathic mandibles. Both *Iwasaki et al.*²⁸ and *Jena et al.*¹⁸ demonstrated that there were no differences in the dimensions of the nasopharynx between the study groups. However, *Iwasaki et al.*²⁸ presented larger dimensions of the oropharynx in a group with Class III malocclusion as compared to Class I malocclusion. *Jena et al.*¹⁸ also demonstrated larger dimensions of the oropharynx, however in subjects with a prognathic mandible as compared to subjects with a normal mandible. *Muto et al.*²² confirmed the results of *Jena et al.*¹⁸ with regard to the dimensions of the oropharynx. The authors indicated a larger UA dimension at the level of the uvula in a group of subjects with prognathism as compared to UA dimensions in subjects with normal mandible.²²

In their study sample with a normodivergent facial pattern, *Zhong et al.*¹⁹ did not find statistically significant differences in nasopharyngeal dimensions in subjects in subgroups I, II and III. However, oropharyngeal dimensions were the largest in subgroup III, smaller in subgroup I and the smallest in subgroup II.¹⁹

Hypopharynx

*Zhong et al.*¹⁹ demonstrated decreasing hypopharyngeal dimensions in the study subgroups. The largest hypopharyngeal dimensions were in subgroup III, smaller in subgroup I and the smallest in subgroup II. Statistically significant differences were observed in subjects between subgroups II and III.

The results of *Jena et al.*¹⁸ concerning hypopharyngeal measurements at the level of the epiglottis were comparable among the three groups of subjects.

Ustna i nosowa część gardła

Badania pomiarów pola powierzchni ustnej i nosowej części gardła przeprowadzone przez *Ceylan i wsp.*²⁰ wskazały na brak korelacji pomiarów pola powierzchni nosowej części gardła z wymiarami kąta ANB. Pomiarzy pola powierzchni ustnej części gardła istotnie zmniejszyły się wraz ze wzrostem wartości kąta ANB.²⁰

*Iwasaki i wsp.*²⁸ porównali wymiary liniowe głębokości ustnej i nosowej części gardła u badanych z I i III klasą wad zębowych. Z kolei *Jena i wsp.*¹⁸ zbadali wymiary ustnej i nosowej części gardła u pacjentów z normalną pozycją żuchwy oraz żuchwą prognatyczną. Zarówno *Iwasaki i wsp.*²⁸, jak i *Jena i wsp.*¹⁸ wykazali brak różnic wymiarów nosowej części gardła pomiędzy badanymi grupami. *Iwasaki i wsp.*²⁸ zaprezentowali natomiast większe wymiary ustnej części gardła w grupie z III klasą wad zębowych w porównaniu z I klasą wad zębowych. *Jena i wsp.*¹⁸ również pokazali większe wymiary ustnej części gardła, ale u pacjentów z prognatyczną żuchwą, porównując z grupą o normalnej pozycji żuchwy. *Muto i wsp.*²² potwierdzili wyniki *Jena i wsp.*¹⁸ odnoszące się do wymiarów ustnej części gardła. Wskazali większy wymiar GDO na poziomie Uvula w grupie pacjentów z prognatyzmem w porównaniu z wymiarami GDO z prawidłowym położeniem żuchwy.²²

W próbie badawczej o wzorcu twarzy normodwergentnym, *Zhong i wsp.*¹⁹ nie wykazali statystycznie znaczących różnic wymiarów nosowej części gardła pomiędzy badanymi w podgrupach I, II i III. Wymiary ustnej części gardła były natomiast największe w III podgrupie, mniejsze w I i najmniejsze w II podgrupie.¹⁹

Krtaniowa część gardła

*Zhong i wsp.*¹⁹ wykazali zmniejszające się wymiary krtaniowej części gardła w badanych podgrupach. Największe wymiary występowały u badanych w III podgrupie, mniejsze w I, a najmniejsze w II podgrupie. Statystycznie znaczące różnice były u badanych między II a III podgrupą.

Wyniki pomiarów *Jena i wsp.*¹⁸ w krtaniowej części gardła, na poziomie nagłośni były porównywalne w I, II i III grupach badawczych.

Table 3. Correlations between Gonial angle, mandibular length and UA dimensions

Title, author, year of publication	Gender	Age range	Division of the study sample	Correlations between Gonial angle, mandibular length and UA dimensions	Diagnostic method
1. Relationships between variations of mandibular morphology and variation of nasopharyngeal airway size in monozygotic twins <i>Dunn et al. 1973</i>	Group I 16 twin pairs 10 M 6 F	7-12 years	Group I – twins with intrapair difference in UA dimensions <1.5 mm	Increase in Gonial angle with the decrease in nasopharyngeal airway dimensions. Mandibular length measurement was statistically non-significant (NS) in relation to the nasopharyngeal airway dimensions.	LCR PA
	Group II 17 twin pairs 9 M 8 F		Group II – twins with intrapair difference in UA dimensions ≥ 1.5 mm		
2. Relationship of the functional oropharynx to craniofacial morphology <i>Trenouth et al. 1999</i>	31 M 39 F	10-13 years	SNB $<76.69^\circ$ SD 3.67 ANB $<2.54^\circ$ SD 3.30	Correlation between OPA and the mandibular length** Non-significant correlation between OPA value and Gonial angle.	LCR
3. Relationship between the pharyngeal airway space and craniofacial morphology, taking into account head posture <i>Muto et al. 2005</i>	30 M 30 F	25-30 years	SNB $80.5^\circ \pm 3.5$ ANB $2.9^\circ \pm 2.1$ Dental Class I	PAS-UP** and PAS-TP* measurements correlated with Go-Gn. No correlations were observed between PAS-UP, PAS-TP and Gonial angle.	LCR

Gonial angle: angle formed by Articulare, Gonion, and Menton; **OPA:** minimal sagittal linear distance between the base of the tongue and the posterior pharyngeal wall; **Gon-Men:** mandibular length measured from Gonion to Menton; **Go-Gn:** distance from Gonion to Gnathion.

*Correlation is statistically significant at the 0.05 level; **Correlation is statistically significant at the 0.01 level; ***Correlation is statistically significant at the 0.001 level.

VAL

*Abu Allhaija et al.*²⁴ in the study of vertical airway length, indicated larger pharyngeal dimensions in a group with skeletal Class III as compared to a group with skeletal Class II. However, no differences were observed in VAL measurements between groups with skeletal Class I and III.

ang-OA

*Oh et al.*²⁵ compared the value of the OA angle in a group with Class III with the values of the OA angle in groups with Class I and Class II, reporting that the values of this angle were the smallest in subjects with Class III.

VAL

Badania długości gardła przez *Abu Allhaija* i wsp.²⁴ wskazały na zwiększone jego wymiary w grupie z III klasą szkieletową w porównaniu z grupą z II klasą szkieletową. Brak było natomiast różnic w pomiarach VAL między grupami z I i III klasą szkieletową.

ang-OA

Oh i wsp.²⁵ porównali wartość kąta OA w grupie z III klasą z wartościami kąta OA w grupach z I i II klasą. Autorzy podali, że wartości tego kąta były najmniejsze u badanych w III klasie.

Gonial angle (Table 3)

Dunn et al.²⁹ indicated that with the increase in the Gonial value the UA dimension is decreased in the nasopharyngeal area in subjects. Trenouth et al.³⁰ observed a non-significant correlation between Gonial angle and OPA measurements in their subjects.

Muto et al.³¹ confirmed the result of non-significant correlation between Gonial angle and OPA measurements. The researchers measured the dimensions from the back of the tongue to the posterior pharyngeal wall. OPA values in correlation with Gonial angle measurements were insignificant in age ranges of 10-13 years and 25-30 years.

Mandibular length (Table 3)

Dunn et al.²⁹ did not demonstrate a correlation between Gon-Men value and UA dimensions of the nasopharynx. Trenouth et al.³⁰ showed correlations between Gon-Men results and OPA measurements.

Muto et al.³¹ also investigated correlations between the measurements of Go-Gn and UA dimensions and demonstrated correlations between mandibular length measurements with both PAS-TP and PAS-UP values.

Summary

The review of the literature confirms the relationship between mandibular morphology and position and particular UA dimensions in the studied samples. The information on the identified UA dimensions and their correlations with cephalometric measurements of the mandible may be used in diagnostic procedures prior to both orthodontic treatment and orthognathic surgery. Based on the available knowledge, it would be possible to adjust a treatment method influencing not only the improvement in relation between the mandible and the adjacent structures, especially superior and inferior dental arches, but also considering UA dimensions in respective skeletal classes. Further research to confirm the already obtained results in larger study samples seems significant with consideration given to both genders, wider chronological and skeletal age

Kąt Gonial (Tabela 3)

Dunn i wsp.²⁹ wskazali, że u badanych przy wzroście wartości kąta Gonial zmniejsza się wymiar GDO w nosowej części gardła.

Trenouth i wsp.³⁰ zaprezentowali u badanych nieistotną korelację kąta Gonial do pomiarów wartości OPA.

Muto i wsp.³¹ potwierdzili wynik nieistotnej korelacji kąta Gonial do pomiarów wartości OPA. Badacze wykonali pomiary od tylnej granicy języka do tylnej ściany gardła. Wartości OPA w korelacji do pomiarów kąta Gonial były nieistotne w przedziałach wiekowych: 10-13 lat oraz 25-30 lat.

Długość żuchwy (Tabela 3)

Dunn i wsp.²⁹ nie wykazali korelacji wartości Gon-Men do pomiarów GDO w nosowej części gardła. Trenouth i wsp.³⁰ pokazali korelacje wyników Gon-Men do pomiarów wartości OPA.

Muto i wsp.³¹ zbadali również korelacje pomiarów Go-Gn z wartościami pomiarów GDO. Autorzy ci zaprezentowali korelacje pomiarów długości żuchwy z wartościami zarówno PAS-TP, jak i z PAS-UP.

Podsumowanie

Przegląd piśmiennictwa potwierdza w badanych próbach związek pomiędzy położeniem i morfologią żuchwy a określonymi wymiarami GDO. Dane dotyczące wyznaczanych wymiarów GDO i ich korelacji z pomiarami cefalometrycznymi żuchwy mogą być wykorzystywane w diagnostyce zarówno przed leczeniem ortodontycznym, jak i przed zabiegami z zakresu chirurgii ortognatycznej. Na podstawie dostępnej wiedzy możliwa byłaby próba dostosowania metody leczenia wpływającej nie tylko na poprawę relacji żuchwy do struktur sąsiednich, szczególnie górnego i dolnego łuku zębowego, ale również uwzględniającej wymiary GDO w poszczególnych klasach szkieletowych. Istotnymi wydają się dalsze badania w kierunku potwierdzenia już istniejących wyników na większych próbach badawczych, uwzględniających obie płci, większe zakresy przedziałów wieku chronologicznego, jak i szkieletowego. Usystematyzowanie tej wie-

ranges. Systematising this knowledge may also be useful in the planning of methodology related to additional research in this field.

dzy może także pomóc w planowaniu metodologii dodatkowych badań naukowych w tej tematyce.

References

1. Haskell JA, Haskell BS, Spoon ME, Feng C: The relationship of vertical skeletofacial morphology to oropharyngeal airway shape using cone beam computed tomography: Possible implications for airway restriction. *Angle Orthod* 2014; 84: 548-554.
2. Lee J, Park K, Kim S, Park Y, Kim S: Correlation between skeletal changes by maxillary protraction and upper airway dimensions. *Angle Orthod* 2011; 81: 426-432.
3. Aydemir H, Memikoğlu U, Karasu H: Pharyngeal airway space, hyoid bone position and head posture after orthognathic surgery in Class III patients. *Angle Orthod* 2012; 82: 993-1000.
4. Martin O, Muelas L, Viñasa MJ: Nasopharyngeal cephalometric study of ideal occlusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 130: 436.e1-9.
5. Paluch Z, Wojtyna J, Misiótek M: The influence of nasopharyngeal patency on the morphology of nasomaxillary complex. *Acta Odontol Scand* 2013; 71: 1599-1605.
6. Gu M, McGrath CP, Wong RW, Hägg U, Yang Y: Cephalometric norms for the upper airway of 12-year-old Chinese children. *Head Face Med* 2014; 13: 10-38.
7. Muto T, Takeda S, Kanazawa M, Yamazaki A, Fujiwara Y, Mizoguchi I: The effect of head posture on the pharyngeal airway space (PAS). *Int J Oral Maxillofac Surg* 2002; 31: 579-583.
8. Chiang CC, Jeffres MN, Miller A, Hatcher DC: Three-dimensional airway evaluation in 387 subjects from one university orthodontic clinic using cone beam computed tomography. *Angle Orthod* 2012; 82: 985-992.
9. Ucar FI, Uysal T: Orofacial airway dimensions in subjects with Class I malocclusion and different growth patterns. *Angle Orthod* 2011; 81: 460-468.
10. Kaur S, Rai S, Kaur M: Comparison of reliability of lateral cephalogram and computed tomography for assessment of airway space. *Niger J Clin Pract* 2014; 17: 629-636.
11. Ritschel R, Bechtold TE, Berneburg M: Effect of cephalograms on decisions for early orthodontic treatment. *Angle Orthod* 2013; 83: 1059-1065.
12. Kim YJ, Hong JS, Hwang YI, Parkb YH: Three-dimensional analysis of pharyngeal airway in pre-adolescent children with different anteroposterior skeletal patterns. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010; 137: 306.e1-306.e11; discussion 306-307.
13. Hong JS, Oh KM, Kim BR, Kim YJ, Parkb YH: Three-dimensional analysis of pharyngeal airway volume in adults with anterior position of the mandible. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011; 140: 161-169.
14. Kima MA, Kima BR, Choib JY, Younb JK, Kimc YJ, Parkd YH: Three-dimensional changes of the hyoid bone and airway volumes related to its relationship with horizontal anatomic planes after bimaxillary surgery in skeletal Class III patients. *Angle Orthod* 2013; 83: 623-629.
15. Memon S, Fida M, Shaikh A: Comparison of different craniofacial patterns with pharyngeal widths. *J Coll Physicians Surg Pak* 2012; 22: 302-306.
16. de Freitas MR, Alcazar NM, Janson G, de Freitas KM, Henriques JF: Upper and lower pharyngeal airways in subjects with Class I and II malocclusions and different growth patterns. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 130: 742-745.
17. Bollhalder J, Hänggi MP, Schätzle M, Markic G, Roos M, Peltomäki TA: Dentofacial and upper airway characteristics of mild and severe class II division 1 subjects. *Eur J Orthod* 2013; 35: 447-453.
18. Jena AK, Singh SP, Utreja AK: Sagittal mandibular development effects on the dimensions of the awake pharyngeal airway passage. *Angle Orthod* 2010; 80: 1061-1067.
19. Zhong Z, Tang Z, Gao X, Zeng XL: A comparison study of upper airway among different skeletal craniofacial patterns in nonsnoring Chinese children. *Angle Orthod* 2010; 80: 267-274.
20. Ceylan I, Oktay H: A study on the pharyngeal size in different skeletal patterns. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995; 108: 69-75.

21. Oz U, Orhan K, Rubenduz M: Two-dimensional lateral cephalometric evaluation of varying types of Class II subgroups on posterior airway space in postadolescent girls: a pilot study. *J Orofac Orthop* 2013; 74: 18-27.
22. Muto T, Yamazaki A, Takeda S: A cephalometric evaluation of the pharyngeal airway space in patients with mandibular retrognathia and prognathia, and normal subjects. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2008; 37: 228-231.
23. Alves M Jr, Franzotti ES, Baratieri C, Nunes LK, Nojima LI, Ruellas AC: Evaluation of pharyngeal airway space amongst different skeletal patterns. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2012; 41: 814-819.
24. Abu Allhaija ES, Al-Khateeb SN: Uvulo-glossopharyngeal dimensions in different anteroposterior skeletal patterns.. *Angle Orthod* 2005; 75: 1012-1018.
25. Oh KM, Hong JS, Kim YJ, Cevidane LS, Park YH: Three-dimensional analysis of pharyngeal airway form in children with anteroposterior facial patterns. *Angle Orthod* 2011; 81: 1075-1082.
26. Dobrowolska-Zarzycka M, Dunin-Wilczyńska I, Mitura I, Dąbala M: Evaluation of upper airways depth among patients with skeletal Class I and III. *Folia Morphol (Warsz)* 2013; 72: 155-160.
27. Takemoto Y, Saitoh I, Iwasaki T, Inada E, Yamada C, Iwase Y, et al.: Pharyngeal airway in children with prognathism and normal occlusion. *Angle Orthod* 2011; 81: 75-80.
28. Iwasaki T, Hayasaki H, Takemoto Y, Kanomi R, Yamasaki Y: Oropharyngeal airway in children with Class III malocclusion evaluated by cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009; 136: 318.e1-9:discussion 318-319.
29. Dunn GF, Green LJ, Cunat JJ: Relationships between variation of mandibular and variation of nasopharyngeal airway size in monozygotic twins. *Angle Orthod* 1973; 43: 129-135.
30. Trenouth MJ, Timms DJ: Relationship of the functional oropharynx to craniofacial morphology. *Angle Orthod* 1999; 69: 419-423.
31. Muto T, Yamazaki A, Takeda S, Kawakami J, Tsuji Y, Shibata T, et al.: Relationship between the pharyngeal airway space and craniofacial morphology, taking into account head posture. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2006; 35: 132-136.

Address: 41-800 Zabrze, ul. C. Skłodowskiej 10

Tel.: +4832 2717420

k.stelmanska@gmail.com

Received: 5th November 2015

Accepted: 24th December 2015