

Evaluation of morphological relations between lower craniofacial skeletal structures and dimensions of upper respiratory tract in skeletal Classes I and III

Analiza związków morfologicznych dolnego piętra struktur szkieletowych twarzoczaszki z wymiarami górnych dróg oddechowych w I i III klasie szkieletowej

Karolina Stelmańska¹, Zbigniew Paluch², Marta Twardokęs³,
Katarzyna Ura-Sabat⁴, Hanna Frelich⁵, Michał Szlęzak⁶, Maciej Misiołek⁷

¹ Praktyka prywatna, Dąbrowa Górnicza, Polska,
Dental Practice, Dąbrowa Górnicza, Poland
Head: lek. dent. K. Stelmanska

² Praktyka prywatna, Racibórz, Polska
Dental Practice, Racibórz, Poland
Head: lek. dent. Z. Paluch

³ Praktyka prywatna Brzękowie Górne, Polska
Dental Practice, Brzękowie Górne, Poland
Head: lek. dent. M. Twardokęs

⁴ Klinika Otolaryngologii, Wojewódzki Szpital Specjalistyczny im. Fryderyka Chopina, Rzeszów, Polska
Clinical Department of Otolaryngology, The F. Chopin Regional Clinical Hospital No.1 in Rzeszów, Poland
Head: dr A. Pogorzelski

⁵ Specjalistyczne Centrum Stomatologiczne, AH Frelich, Żory, Polska
Specialist Dental Centre, AH Frelich, Żory, Poland
Head: lek. stom. A.H. Frelich

⁶ Fizjosport, Gliwice, Polska
Physio Sport, Gliwice, Polska
Head: mgr M. Szlęzak

⁷ Katedra i Oddział Kliniczny Otorinolaryngologii i Onkologii Laryngologicznej, Zabrze, Polska
ENT Department in Zabrze, Medical University of Silesia, Poland
Head: prof. M. Misiołek

Abstract

Introduction. Review of the literature indicates the relationship between upper airways patency and lower jaw morphology. **Aim of the study.** To design multidimensional models to describe morphological relations of the linear and angular dimensions of hard tissues of the lower facial skeleton and the cervical spine (independent variables) with the linear dimensions of the upper respiratory tract

KEYWORDS:

airways, morphometrics, malocclusion

Streszczenie

Wstęp. Przegląd publikacji wskazuje na występowanie zależności pomiędzy górnymi drogami oddechowymi a morfologią żuchwy. **Cel pracy.** Celem pracy było stworzenie wielowymiarowych modeli, opisujących zależności morfologiczne wymiarów liniowych, kątowych tkanek twardych dolnego piętra twarzoczaszki i kręgosłupa szyjnego z wymiarami liniowymi górnych dróg oddechowych. Stworzone

HASŁA INDEKSOWE:

drogi oddechowe, morfometria, wady zgryzu

(dependent variables). The obtained models took into consideration the age, gender and the skeletal Class I and III of the evaluated individuals. **Material and method.** The patients represented two skeletal classes: I (n = 97; 42.4%) and III (n = 53; 23.1%). Prior to orthodontic treatment, lateral cephalometric radiography (LCR) was performed in all patients. The obtained cephalometric measurements were evaluated statistically. **Results.** The statistical analysis pointed to significant differences between variables of the URT and dimensions of the facial skeleton and the cervical spine. It also revealed significant differences between variables of the URT and dimensions of the facial skeleton and the cervical spine. The independent variable Co-Gn emerged as an important predictor in regression of the nasopharynx. The anteroinferior height of the face and mandibular inclination were the factors relevant for oropharynx. Variables of the cervical spine were significant predictors in laryngopharyngeal models. **Conclusions.** The results illustrating morphological interrelations between the lower face and dimensions of the URT air space may prove helpful in planning orthodontic treatment, with or without teeth extraction, as well as orthognathic surgeries.

Introduction

The pharynx stretches from the cranial basis up to the level of the sixth cervical vertebra. The laryngeal structure composed, among other, of muscles and mucosa, is dependent on the adjacent hard and soft tissues.^{1,2} The reviewed literature indicates the relation between the upper respiratory tract (URT) and the mandibular morphology.³

The degree of naso-, oro- and laryngopharyngeal patency may be associated with the performed gnathic surgery – mandible retrognathia. Altered air resistance within the UTR may have an important role in prevention of obstructive sleep apnea (OSA).^{4,5} Moreover, the authors showed a relation between OSA with the craniocervical angle, pointing also to different values of the measurement in mild, moderate and acute OSA.⁶ Depending on the type of malocclusion, the mandible's position may be anterior or posterior to the jaw and/or cranial base. Patients with prognathic position of the mandible tend to show increased dimensions of the oropharynx.⁷ Dimensions of the URT in skeletal Classes I, II and III show some

modele uwzględniały wiek, płeć oraz I i III klasę szkieletową badanych. **Material i metody.** Badani reprezentowali 2 klasy szkieletowe: I (n = 97; 42,4%) i III (n = 53; 23,1%), u wszystkich pacjentów wykonano zdjęcie cefalometryczne. Przeprowadzone pomiary poddano analizie statystycznej. **Wyniki.** Analiza statystyczna wykazała istotne zależności pomiędzy wartościami zmiennych górnych dróg oddechowych a wymiarami twarzoczaszki i kręgosłupa szyjnego. Zmienna objaśniająca Co-Gn stanowiła istotny predyktor dla modeli regresji nosowej części gardła. W przypadku ustnej części gardła, istotne okazały się przednia dolna wysokość twarzy oraz inklinacja żuchwy. Zmienne kręgosłupa szyjnego stanowiły istotny predyktor dla modeli kraniowej części gardła. **Wnioski.** Uzyskane wyniki, prezentujące wzajemne zależności morfologiczne dolnego piętra twarzowej części czaszki z wymiarami przestrzeni powietrznej górnych dróg oddechowych mogą być pomocne w planowaniu zarówno zachowawczego leczenia ortodontycznego, powiązanego lub nie z ekstrakcją zębów, jak również w chirurgii ortognatycznej.

Wstęp

Gardło łączy jamę ustną z przełykiem i przebiega od podstawy czaszki do wysokości szóstego kręgu szyjnego. Struktura gardła, zbudowana między innymi z mięśni i błony śluzowej jest zależna od sąsiadujących tkanek twardych i miękkich.^{1,2} Przegląd publikacji wskazuje na występowanie zależności pomiędzy górnymi drogami oddechowymi (gdo) a morfologią żuchwy.³

Stopień drożności nosowej, ustnej i kraniowej część gardła może być związany z wykonanym zabiegiem chirurgii gnatycznej – cofnięcia żuchwy. Zmiany oporu powietrza w gdo mogą mieć istotne znaczenie w prewencji obturacyjnego bezdechu sennego (obs).^{4,5} Dodatkowo autorzy badań wykazali związek obs z kątem czaszkowo-szyjnym, ponadto wskazali oni na różnicę jego wartości w: łagodnej, umiarkowanej i ciężkiej postaci obs.⁶ W zależności od typu wady, żuchwa może przyjmować pozycje: prawidłową, doprzednią lub dotylną w stosunku do podstawy szczęki i/lub podstawy czaszki. W grupie pacjentów z prognatycznym położeniem żuchwy istnieje tendencja

differences between them. The oropharyngeal surface area in skeletal Class III was larger when compared to skeletal Class II. On the other hand, the laryngopharyngeal surface showed no differences between the classes.⁸ Studies carried out to evaluate the URT volume demonstrated that it was larger in Class III malocclusion as compared to the values in Classes I and II.⁹

Investigating the morphological relations of the mandible, the authors took into consideration its inclination towards the mandible base and the cranial base.¹⁰⁻¹² Mandibular inclination may appear important in patients with oral respiratory route. Moreover, a relation was shown between the increased anteroinferior height of the face and the posterior position of the mandible with oral respiration route.¹³ A relation was also demonstrated between the lower height of the face and the size of a tonsil. The presented studies also pointed to a relation of between the inclination of lower incisors with the URT dimensions.^{14,15}

Some studies have also been conducted demonstrating that the facial skeleton morphology itself shows no significant relation with variables representing URT.^{16,17}

Despite certain discrepancies in results obtained by different authors, the craniofacial bone structures and the URT may be accepted as a balanced system where the interrelations occur both between the adjacent and distal structures.¹⁸ Moreover, the craniofacial linear and angular dimensions, related to linear dimensions of the URT, produce multidimensional models. Single factor models seem insufficient for their oversimplified explanation.¹⁹

Aim of the study

The aim of the study was to design multidimensional models to describe morphological relations of the linear and angular dimensions of hard tissues of the lower facial skeleton and the cervical spine (independent variables) with the linear dimensions of the upper respiratory tract (dependent variables). The produced models took into consideration the age, gender and the skeletal Class I and III of the evaluated individuals.

do zwiększonych wymiarów ustnej części gardła.⁷ Wymiary gdo w I, II i III klasach szkieletowych wykazują różnice międzyklasowe. Powierzchnia ustnej części gardła w III klasie szkieletowej była większa, w porównaniu do II klasy szkieletowej. Powierzchnia krtaniowej części gardła nie wykazywała natomiast różnic między klasami.⁸ Badania nad pojemnością gdo wykazały, że w III klasie wad szkieletowych, jest ona większa porównując do pojemności I i II klasy.⁹

Autorzy badając stosunki morfologiczne żuchwy uwzględniali jej inklinacje w stosunku do podstawy szczęki oraz podstawy czaszki.¹⁰⁻¹² Inklinacja żuchwy może mieć istotne znaczenie u pacjentów z ustnym torem oddychania. Ponadto wykazano związek zwiększonej przedniej dolnej wysokości twarzy, do tylnego położenia żuchwy z ustnym torem oddychania.¹³

Wykazano związek przedniej dolnej wysokości twarzy z wielkością migdałka. Przedstawione były również badania, wskazujące na związki inklinacji siekaczy dolnych z wymiarami gdo.^{14,15}

Pojawiły się również badania pokazujące, że sama morfologia szkieletu twarzy nie ma istotnego związku ze zmiennymi reprezentującymi gdo.^{16,17}

Pomimo istniejących rozbieżności wyników prac autorów, kostne struktury twarzoczaszki i gdo można uznać za układ wzajemnie zbalansowany, a wzajemne relacje mogą dotyczyć zarówno struktur bezpośrednio sąsiadujących, jak i odległych.¹⁸ Ponadto wymiary liniowe i kątowe twarzoczaszki w odniesieniu do wymiarów liniowych gdo tworzą modele wielowymiarowe. Modele jednoczynnikowe wydają się być niewystarczające z powodu zbyt uproszczonego charakteru ich wyjaśnienia.¹⁹

Cel pracy

Celem pracy było stworzenie wielowymiarowych modeli, opisujących zależności morfologiczne wymiarów liniowych, kątowych tkanek twardych dolnego piętra twarzoczaszki i kręgosłupa szyjnego (wartości zmiennych niezależnych) z wymiarami liniowymi górnych dróg oddechowych (wartości zmiennych zależnych). Stworzone modele uwzględniały wiek, płeć oraz I i III klasę szkieletową badanych.

Material and methods

Enrolled in the study were 150 patients (130 women and 99 men), undergoing orthodontic treatment at the Zbigniew Paluch Dental Clinic in Racibórz. The patients represented two skeletal classes: I (n = 97; 42.4%) and III (n = 53; 23.1%). The patients allocated into particular skeletal classes are characterized in Table I.

Prior to orthodontic treatment, lateral cephalometric radiography (LCR) was performed in all patients. The device used was: *Digital X-ray Imaging System, Vatech Dental Manufacturing Ltd, Korea*. During imaging the patient's head remained in the natural position, the tongue was unrestrained, the teeth were in habitual occlusion and the examined person did not breathe or swallow saliva. The procedures made use of *DesignCAD* software associated with Orto-ZPaluch, Racibórz, Poland. Calibration was ensured to correct magnification of the LCR distance image. The used cephalometric patterns are illustrated in Fig. 1 while the variables are specified in Table II.

The patients were divided into two groups, depending on skeletal defect classification method by McNamara (1984). The inclusion criteria comprised available LCR, history taken and medical examination performed as well as information on the chronological age and sex of the evaluated individuals. The exclusion criteria were: earlier surgical procedures within head and neck region, history of orthodontic treatment, cleft lip and palate, hereditary conditions and genetic syndromes within head and neck, not more than two teeth missing in the posterior loss, contact of opposing teeth.

The obtained cephalometric measurements were evaluated statistically. Normality of distribution of continuous variables was verified with Shapiro-Wilk test. The taken angular measurements of the facial skeleton were: A-N-Pg, A-N-B, S-N-Pg, S-N-B, CL-ML, B-N-Pg, ILi-ML, NL-ML, NSL-ML, ML-Oli, Beta angle, mandibular angle, (N-Ba)/(Pt-Gn), (Me-Go)/(Or-Po), S-Ar-Go, (a.p.max-PNS)/(a.p.man-Go), (Go-ra.)/(a.p.man-Go). The linear dimensions of the facial skeleton: Ii from A-Pg, IncI pr. (A-Pg), Pg-N, Co-Gn, ANS-Me. Angular dimensions of the cervical spine: OPTS,

Material i metody

Badanie objęło 150 pacjentów, w tym 68 kobiet i 82 mężczyzn leczonych ortodontycznie w NZOZ Dentystryka Zbigniew Paluch w Racibórz. Badani reprezentowali 2 klasy szkieletowe: I (n = 97; 42,4%) i III (n = 53; 23,1%). Charakterystyki pacjentów należących do poszczególnych klas szkieletowych przedstawiono w tabeli I.

Przed rozpoczęciem leczenia ortodontycznego u wszystkich pacjentów wykonano zdjęcie cefalometryczne (LCR). Wykorzystano do tego urządzenie: *Digital X-ray Imaging System, Vatech Dental Manufacturing Ltd, Korea*. W trakcie wykonywania zdjęcia, głowa pacjenta znajdowała się w naturalnym ustawieniu, język spoczywał w swobodnej pozycji, zęby znajdowały się w zgryzie nawykowym, osoba badana nie oddychała oraz nie przełykała śliny. Do pomiarów cefalometrycznych wykorzystano program *DesignCAD* w połączeniu z Orto-ZPaluch, Racibórz, Polska. Wykonano kalibrację dla skorygowania powiększenia obrazu odległościowego LCR. W badaniu wykorzystano punkty cefalometryczne przedstawione na rycinie 1, zmienne natomiast zestawiono w tabeli II.

Badanych podzielono na 2 grupy, według klasyfikacji wad szkieletowych, opierając się na metodzie McNamara 1984. Kryteriami włączenia do analizy były: wykonane zdjęcie LCR, wywiad i badanie lekarskie, informacja o wieku chronologicznym oraz płci badanego. Kryteriami wykluczenia z badania były: wcześniejsze ingerencje chirurgiczne w obrębie głowy i szyi, przebyte leczenie ortodontyczne, rozszczypty wargi i podniebienia, choroby dziedziczne i zespoły genetyczne w zakresie głowy i szyi, w brakach skrzydłowych nie więcej niż 2 zęby brakujące, zęby przeciwstawne w kontakcie.

Przeprowadzone pomiary cefalometryczne poddano analizie statystycznej. Normalność rozkładu zmiennych ciągłych weryfikowano za pomocą testu Shapiro – Wilka. Mierzone pomiary kątowne twarzoczaszki: A-N-Pg, A-N-B, S-N-Pg, S-N-B, CL-ML, B-N-Pg, ILi-ML, NL-ML, NSL-ML, ML-OLi, kąt Beta, kąt żuchwy, (N-Ba)/(Pt-Gn), (Me-Go)/(Or-Po), S-Ar-Go, (a.p.max-PNS)/(a.p.man-Go), (Go-ra.)/(a.p.man-Go). Wymiary

Table 1. Characteristics of the test group

Skeletal class	Gender n (%)	Chronological age (years)	Skeletal age
I	Female 64 (66%)	13.8 ± 7.2 (median: 11.6; range: 4.5-42.1)	3.8 ± 1.6 (median: 4; range: 1-6)
	Male 33 (34%)	13.9 ± 8.3 (median: 10.7; range: 6.9-36.9)	3.3 ± 1.6 (median: 3; range: 1-6)
III	Female 18 (34,0%)	15.6 ± 7.6 (median: 13.2; range: 7.2-34.7)	4.3 ± 1.4 (median: 4.5; range: 2-6)
	Male 35 (66,0%)	14.9 ± 11.2 (median: 11.6; range: 4.4-62.0)	3.5 ± 1.6 (median: 3; range: 1-6)

Table 2. Results of multiple regression analysis for dependent variables of the URT

Dependent	Skeletal class I		Skeletal class III	
	Male	Female	Male	Female
PNS-S	Co-Gn*	S-Ar-Go*, Co-Gn*	Co-Gn*	S-Ar-Go*, CVTS*
p	<0.001	<0.001	<0.001	0.009
R _c	0.704	0.534	0.598	0.470
PNS-So	Co-Gn*	S-N-Pg* ILI-ML* ANS-Me*	Co-Gn*	S-N-Pg S-N-B*
p	<0.001	<0.001	<0.001	0.011
R _c	0.535	0.494	0.438	0.452
PNS-Ba	Co-Gn*	{N-Ba}{Pt-Gn1}* Co-Gn*	—	—
p	0.002	<0.001	—	—
R _c	0.258	0.349	—	—
McN-McN1	NSL-ML* ANS-Me*	CVM*	Co-Gn* A-N-B ML-Oli	B-N-Pg Co-Gn bnp
p	<0.001	<0.001	0.001	0.100
R _c	0.629	0.242	0.452	0.265
LPW	CVM* OPTS*	CVTS*	NSL-ML* Co-Gn* OPTS*	CVM bnp
p	<0.001	<0.001	<0.001	0.068
R _c	0.677	0.458	0.639	0.193

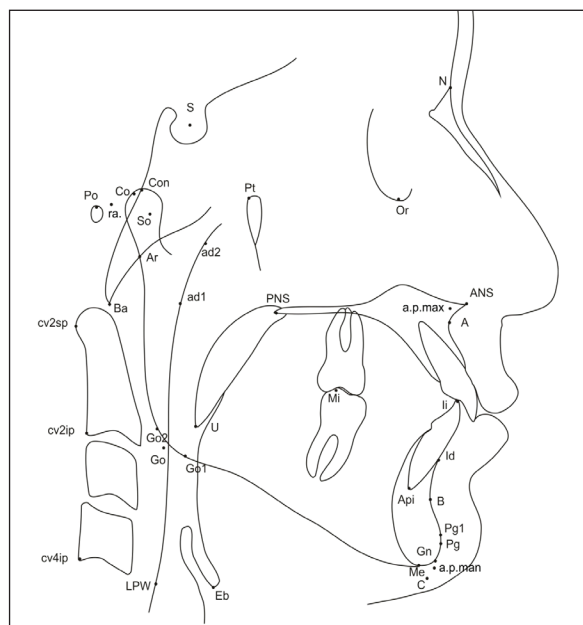


Fig. 1. Cephalometric points used in the study.
Punkty cefalometryczne zastosowane w badaniu.

CVTS. Linear dimensions of the pharynx: PNS-S, PNS-So, PNS-Ba, McNamara - McNamara1 (McN-McN1), LPW, VAL. The force and direction of relations between pairs of independent and dependent variables were established on the basis of Spearman rank correlation coefficient (R). Independent variables which showed statistically significant correlations with the linear dimensions of the pharynx, as proved by single factor analysis, were included in the backward stepwise regression models. Calculations made for each model comprised regression coefficients (B^*) and the directional parameters of regression equation (B) along with the standard error, estimation standard error and determination coefficient (R^2). The obtained data were used to draw regression equations which would then enable estimation of actual values of dependent parameters on the basis of empirical values of independent variables at the given probability, equal to determination coefficient. All the calculations made use of Statistica 10 software package (StatSoft, USA) while the statistical significance level accepted for all the tests performed was $p \leq 0.05$.

Laryngeal variables:

PNS-S: linear distance from PNS to S point

liniowe twarzoczaszki: Ii od A-Pg, Incl pr. (A-Pg), Pg-N, Co-Gn, ANS-Me. Wymiary kątowe kręgosłupa szyjnego: OPTS, CVTS. Wymiary liniowe gardła: PNS-S, PNS-So, PNS-Ba, McNamara - McNamara1 (McN-McN1), LPW, VAL. Siłę i kierunek związku pomiędzy parami zmiennych objaśniających i zależnych określano na podstawie wartości współczynnika korelacji rang Spearmana (R). Zmienne niezależne, które wykazywały statystycznie znamienne korelacje z wymiarami liniowymi gardła w analizie jednoczynnikowej, włączano do modeli wstecznej regresji krokowej. Dla każdego modelu obliczano współczynniki regresji (B^*) i parametry kierunkowe równania regresji (B) wraz z ich błędami standardowymi, błąd standardowy estymacji oraz współczynnik determinacji (R^2). W oparciu na uzyskanych w ten sposób danych, tworzone równania regresji umożliwiające obliczenie rzeczywistych wartości zmiennych zależnych na podstawie wartości empirycznych zmiennych niezależnych, przy określonym prawdopodobieństwie, równym wartości współczynnika determinacji. Wszystkie obliczenia wykonano za pomocą oprogramowania Statistica 10 (StatSoft, USA), jako poziom istotności statystycznej przyjęto wartość $p \leq 0,05$.

Zmienne gardła:

PNS-S: odległość liniowa od PNS do punktu S

PNS-So: odległość liniowa od PNS do So

PNS-Ba: odległość liniowa od PNS do punktu Ba

McN-McN1: najmniejsza liniowa odległość między tylnym zarysem podniebienia miękkiego a tylną ścianą gardła

LPW: odległość liniowa od punktu Eb do punktu LPW

Zmienne twarzoczaszki:

S-N-B: kąt utworzony między liniami: S-N, N-B

A-N-B: różnica między kątami S-N-A i S-N-B

S-N-A: kąt utworzony między liniami S-N, N-A

S-N-Pg: kąt utworzony między prostymi S-N, N-Pg

A-N-Pg: kąt utworzony między prostymi: A-N, N-Pg

CL-ML: kąt utworzony przez prostą CL z prostą ML

PNS-So: linear distance from PNS to So
 PNS-Ba: linear distance from PNS do Ba point
 McN-McN1: the lowest linear distance from the posterior contour of the soft palate to the posterior laryngeal wall

LPW: linear distance from Eb point to LPW point

Craniofacial variables:

S-N-B: angle between S-N and N-B lines

A-N-B: difference between S-N-A and S-N-B angles

S-N-A: angle between S-N and N-A lines

S-N-Pg: angle between S-N and N-Pg lines

A-N-Pg: angle between A-N and N-Pg lines

CL-ML: angle formed by line CL and line ML

CL (*chin line*): line between points Id and Pg1

ML (*mandibular line*): line between points Me and Go1

B-N-Pg: angle formed by lines: B-N, N-Pg

ILi-ML: angle formed by lower incisor long axis ILi and line ML

ILi: straight line passing through points Ii and Api

NL-ML: maxillary and mandibular basis angle formed by lines: NL, ML

NL: (*nasal line*), line connecting points: ANS, PNS

NSL-ML: angle formed by lines NSL and ML

NSL: (*nasion-sella line*), straight line passing through points S and N

ML-OLi: angle formed by ML line and mandibular occlusion plane (OLi)

OLi: (*occlusal line inferior*), line between points Li and Mi

Beta angle: angle formed by lines ML and C-Ar

C-Ar: line connecting points C and Ar

Mandibular angle: angle between straight line ML and line R

R: line connecting points: Ar, Go2

(N-Ba)/(Pt-Gn): angle formed between lines: N-Ba, Pt-Gn

(Me-Go)/(Or-Po): angle formed by lines: Me-Go, Or-Po

S-Ar-Go: angle between lines: S-Ar, Ar-Go

(a.p.max- PNS)/(a.p.man- Go): angle formed between lines: a.p.max- PNS, a.p.man- Go

(Go-ra.)/(a.p.man- Go): angle between lines:

CL (*chin line*): prosta wyznaczona pomiędzy punktem Id a punktem Pg1

ML (*mandibular line*): linia łącząca punkty: Me, Go1

B-N-Pg: kąt utworzony przez linie: B-N, N-Pg

ILi-ML: kąt utworzony przez oś długą siekacza dolnego ILi z prostą ML

ILi: prosta przechodząca przez punkt Ii oraz punkt Api

NL-ML: kąt podstaw szczęki i żuchwy utworzony przez proste: NL, ML

NL: (*nasal line*), linia łącząca punkty: ANS, PNS

NSL-ML: kąt utworzony przez linie: NSL, ML

NSL: (*nasion-sella line*), prosta przechodząca przez punkty: S, N

ML-OLi: kąt utworzony przez prostą ML oraz płaszczyznę zgryzu żuchwy (OLi)

OLi: (*occlusal line inferior*), prosta utworzona przez punkty: Li, Mi

Kąt Beta: kąt utworzony przez proste ML, C-Ar

C-Ar: linia łącząca punkty: C, Ar

Kąt żuchwy: kąt między prostymi: ML, linią R

R: linia powstała z połączenia punktów: Ar, Go2

(N-Ba)/(Pt-Gn): kąt utworzony pomiędzy prostymi: N-Ba, Pt-Gn

(Me-Go)/(Or-Po): kąt utworzony przez proste: Me-Go, Or-Po

S-Ar-Go: kąt między liniami: S-Ar, Ar-Go

(a.p.max- PNS)/(a.p.man- Go): kąt utworzony między prostymi: a.p.max- PNS, a.p.man- Go

(Go-ra.)/(a.p.man- Go): Kąt pomiędzy prostymi: Go-ra., a.p.man- Go; ra. (*ramus*), punkt przecięcia linii: H, R; H: linia powstała z połączenia punktów: Or, Co

Ii od A-Pg: odległość liniowa punktu Ii od linii A-Pg

Incl pr. (A-Pg): pozycja siekacza dolnego względem punktu A

Pg-N: pomiar odległości liniowej pomiędzy prostą prostopadłą do Or-Po poprowadzonej z punktu N a punktem Pg

Co-Gn: odległość liniowa od punktu Co do anatomicznego punktu Gn

ANS-Me: odległość liniowa od punktu ANS do punktu Me

Go-ra., a.p.man- Go; ra. (*ramus*), intersection point of lines: H, R; H: line connecting points: Or, Co

Li od A-Pg: linear distance between point li and line A-Pg

Incl pr. (A-Pg): position of lower incisor toward point A

Pg-N: linear measurement between line perpendicular to Or-Po, drawn between points N and Pg

Co-Gn: linear distance between point Co and the anatomical point Gn

ANS-Me: linear distance between point ANS and point Me

Cervical spine variables:

OPTS: angle formed between line cv2ip- cv2sp and a S-N

CVTS: angle formed between line cv4ip-cv2sp and a S-N

Results

The statistical analysis pointed to significant differences between variables of the URT and dimensions of the facial skeleton and the cervical spine. The independent variable Co-Gn appeared as an important predictor in regression of the nasopharynx. Anteroinferior height of the face and mandibular inclination were the factors relevant for the oropharynx. Variables of the cervical spine were significant predictors in laryngopharyngeal models. Statistically significant were models with $R^2 > 50\%$. Results of the statistical analysis are illustrated in Table II.

Discussion

Relation between dependent variables of the nasopharynx and the mandibular length

While investigating skeletal Classes I and III, *El et al.*²⁰ showed positive correlation between the mandibular length and volume of the nasopharynx. Making use of LCR results, this study supported such relation indirectly. In most of the presented regression models for dependent variables representing the nasopharynx, an independent predictor turned out to be the mandibular length (Co-Gn). The present results support the findings by *Krasny et al.*²¹ who showed a statistical relation of the relative nasopharyngeal flow with

Zmienne kręgosłupa szyjnego:

OPTS: kąt utworzony między prostą cv2ip-cv2sp, a S-N

CVTS: kąt utworzony między prostą cv4ip-cv2sp, a S-N

Wyniki

Analiza statystyczna wykazała istotne zależności pomiędzy wartościami zmiennych gdo a wymiarami twarzoczaszki i kręgosłupa szyjnego. Zmienna objaśniająca Co-Gn stanowiła istotny predyktor dla modeli regresji nosowej części gardła. W przypadku ustnej części gardła, istotne okazały się przednia dolna wysokość twarzy oraz inklinacja żuchwy. Zmienne kręgosłupa szyjnego stanowiły istotny predyktor dla modeli kraniowej części gardła.

Za modele statystycznie istotne uznano te o wartości $R^2 > 50\%$. Wyniki analizy statystycznej, przedstawiono w tabeli II.

Dyskusja

Związki wymiarów zmiennych zależnych nosowej części gardła z długością żuchwy

El i wsp.²⁰ badając I i III klasę szkieletową wykazali pozytywną korelację długości żuchwy z pojemnością nosowej części gardła. W tutejszym badaniu zastosowano wyniki uzyskane z LCR, które pośrednio potwierdzają tę zależność. W większości przedstawionych modeli regresji dla zmiennych zależnych reprezentujących nosową część gardła niezależnym predyktorem okazała się długość żuchwy (Co-Gn). Tutejsze wyniki potwierdzają badania przeprowadzone przez *Krasny i wsp.*²¹ w których wykazano statystycznie istotną korelację względnego przepływu nosowej części gardła z Co-Gn. Tutejsze badania podobne są do tych prezentowanych wyników przez *Silva i wsp.*²² wykazujących związki wymiarów długości żuchwy z wymiarami nosowej części gardła.

Związki wymiarów zmiennych zależnych nosowej części gardła z kątem czaszkowo – szyjnym

W przypadku nosowej części gardła kąt CVTS stanowił niezależny predyktor w jednym modelu wielowymiarowym, w III klasie szkieletowej kobiet dla zmiennej gardłowej PNS-S. W piśmiennictwie autorzy wykazali istotny związek wymia-

Co-Gn. The present studies correspond to results demonstrated by *Silva et al.*²² where a statistical correlation was shown between the mandibular length and dimensions of the nasopharynx.

Relation between dependent variables of the nasopharynx and the craniocervical angle

In the case of the nasopharynx, the CVTS angle was an independent predictor in one multidimensional model in females with skeletal Class III, for the laryngeal variable PNS-S. The available literature points to a significant relation between the nasopharyngeal surface area and the craniocervical angle. The present study indirectly confirms the presented results.²³

Relations between dimensions of the oropharynx – dependent variable McNamara-McNamara1 with variables of the facial skeleton.

In the present study in males with skeletal Class I, the regression model designed for the upper larynx as per McNamara method, comprised ANS-Me and NSL-ML variables. Showing correlation between NSL-ML variables and McN-McN1 variable in men with skeletal Class I, this study supported the results obtained by *Memon et al.*²⁴ As opposed to *Memon et al.*,²⁴ the created regression model for the McN-McN1 variable in men with skeletal Class I, is more accurate in distinguishing between sexes and also includes an additional variable – ANS-Me. Investigating the skeletal Class I, *Zhong et al.*²⁵ demonstrated similar relations between dimensions of the pharynx at the level of the soft palate with vertical inclination patterns of the craniofacial structures. The authors made use of the FH-MP angle. Also *Tarkar et al.*²⁶ investigated the skeletal Class I, confirming relations of the upper pharynx as per McNamara with vertical craniofacial patterns. However, *Tarkar et al.*²⁶ did not divide the test group according to sex.

In the present study, the mandibular length was demonstrated as an independent predictor only in one model for the oropharynx in men with the skeletal Class III. *Silva et al.*²² presented similar results, pointing to relation between dimensions of the oropharynx and the mandibular length.

In skeletal Class III the regression models for the McN-McN1 variable showed R^2 values at the level of 30% in both sexes. The presented results

rów powierzchni nosowej części gardła z kątem czaszkowo-szyjnym. Niniejsze badania pośrednio potwierdzają prezentowane wyniki.²³

Związki wymiarów ustnej części gardła – zmiennej zależnej McNamara-McNamara1 ze zmiennymi twarzoczaszki.

W prezentowanym badaniu w I klasie szkieletowej mężczyzn w skład modelu regresji utworzonego dla gardła górnego według metody McNamary wchodziły zmienne ANS-Me oraz NSL-ML. Wyniki *Memon i wsp.*²⁴ zostały potwierdzone niniejszym badaniem, wykazującym korelację zmiennych NSL-ML ze zmienną McN-McN1 w I klasie szkieletowej mężczyzn. Utworzony model regresji dla zmiennej McN-McN1 w I klasie szkieletowej mężczyzn, w odróżnieniu od badań *Memon i wsp.*²⁴ jest bardziej szczegółowy, ponieważ uwzględnia podział na płeć, ponadto zawiera dodatkowo zmienną ANS-Me. *Zhong i wsp.*²⁵ badając I klasę szkieletową wykazali związek wymiarów gardła na poziomie podniebienia miękkiego z pionowymi wzorcami inklinacji struktur twarzoczaszki. Autorzy zastosowali kąt FH-MP. *Tarkar i wsp.*²⁶ zbadali również I klasę szkieletową, potwierdzając także związek gardła górnego według McNamary z pionowym wzorcem twarzy. Jednakże brak było podziału puli badawczej ze względu na płeć w badaniach *Tarkar i wsp.*²⁶

W tutejszym badaniu długość żuchwy stanowiła niezależny predyktor tylko w jednym modelu dla ustnej części gardła w III klasie szkieletowej mężczyzn. W badaniach *Silva i wsp.*²² prezentowane są także podobne wyniki, wskazujące na związek wymiarów ustnej części gardła z długością żuchwy.

W III klasie szkieletowej u obojga płci modele regresji dla zmiennej McN-McN1, wykazywały się wartością R^2 na poziomie 30%. Przedstawione wyniki badań można porównać do badań *Mislik i wsp.*,²⁷ którzy wykazali słabą korelację wybranych zmiennych cefalometrycznych z wymiarami gdo na wysokości podniebienia miękkiego.

Związki wymiarów kraniowej części gardła – zmiennej zależnej lower pharyngeal wall z kątem czaszkowo-szyjnym

W I i III klasie szkieletowej mężczyzn kąt OPTS stanowił niezależny predyktor w modelach

may be compared to those by *Mislik et al.*²⁷ who showed poor correlation of selected cephalometric variables with the URT dimensions at the level of soft palate.

Relations of dimensions of the laryngopharynx – dependent variable of the lower pharyngeal wall with the craniocervical angle

In skeletal Class I and III in men, the OPTS angle was an independent predictor in regression models for the LPW variable while the determination coefficient of the models exceeded 60%. The relations described confirm the results obtained by *Gu et al.*²⁸ The authors demonstrated statistically significant correlation of the V-LPW variable with the craniocervical angle.

Relation of the laryngopharyngeal dimensions – dependent variable of the lower pharyngeal wall with the craniofacial variable

The single factor analysis of skeletal Classes I, II and III showed no correlation of the LPW variable with variables describing sagittal diameters of the facial skeleton. *Jena et al.*²⁹ demonstrated that the URT dimensions at the epiglottal level are independent of sagittal development of the mandible, as proved by the recent results.

Conclusions

Men with skeletal Class I and III showed strong interrelation between the URT dimension (PNS-S) and the mandibular length (Co-Gn),

Men with skeletal Class I showed statistical interrelation between PNS-So and the mandibular length (Co-Gn),

In skeletal Class III in the male group there was statistically strong interrelation between the URT dimension (LPW) and the shape of the face (NSL-ML) and the mandibular length (Co-Gn),

Men with skeletal Class I showed strong interrelation between the McN-McN1 variable, shape of the face (NSL-ML) and anteroinferior height of the face (ANS-Me).

The results illustrating morphological interrelations between the lower face and dimensions of the URT air space may prove helpful in designing conservative orthodontic treatment, with or without teeth extraction, as well as orthognathic surgeries.

regresji dla zmiennej LPW, a współczynnik dopasowania modeli przekraczał 60%. Opisywane zależności potwierdzają wyniki otrzymane przez *Gu i wsp.*²⁸ Owi autorzy pokazali statystycznie istotne korelacje zmiennej V-LPW z kątem czaszkowo-szyjnym.

Związki wymiarów kraniowej części gardła – zmiennej zależnej lower pharyngeal wall ze zmiennymi twarzoczaszki

Analiza jednoczynnikowa w I, II, III klasie szkieletowej nie wykazała korelacji zmiennej LPW ze zmiennymi opisującymi strzałkowe wymiary twarzoczaszki. *Jena i wsp.*²⁹ wykazali niezależności wymiarów gdo na poziomie nagłośni od strzałkowego rozwoju żuchwy, co potwierdza niniejsze wyniki.

Wnioski

W I i III klasie szkieletowej mężczyzn wystąpiła wzajemnie wysoka zależność pomiędzy wymiarem gdo (PNS-S) a długością żuchwy (Co-Gn).

W I klasie szkieletowej mężczyzn wystąpiła istotna wzajemna zależność pomiędzy zmienną PNS-So a długością żuchwy (Co-Gn).

W III klasie szkieletowej w grupie męskiej wystąpiła istotna wzajemna wysoka zależność pomiędzy wymiarem gdo (LPW) a kształtem twarzy (NSL-ML), jak i długością żuchwy (Co-Gn).

W I klasie szkieletowej mężczyzn wystąpiła wzajemna wysoka zależność pomiędzy zmienną McN-McN1 a kształtem twarzy (NSL-ML) i przednią dolną wysokością twarzy (ANS-Me).

Uzyskane wyniki, prezentujące wzajemne zależności morfologiczne dolnego piętra twarzowej części czaszki z wymiarami przestrzeni powietrznej gdo mogą być pomocne w planowaniu zarówno zachowawczego leczenia ortodontycznego, powiązanego lub nie z ekstrakcją zębów, jak również w chirurgii ortognatycznej.

References

1. *Paluch Z, Wojtyna J, Misiołek M*: The influence of nasopharyngeal patency on the morphology of nasomaxillary complex. *Acta Odontol Scand* 2013; 71: 1599-1605.
2. *Glupker L, Kula K, Parks E, Babler W, Stewart K, Ghoneima A*: Three-dimensional computed tomography analysis of airway volume changes between open and closed jaw positions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015; 147: 426-34.
3. *Kim JH, Guillemainault C*: The nasomaxillary complex, the mandible, and sleep-disordered breathing. *Sleep Breath* 2011; 15: 185-193.
4. *Cho HW, Kim IK, Cho HY, Seo JH, Lee DH, Park SH*: Retrospective study of changes in pharyngeal airway space and position of hyoid bone after mandibular setback surgery by cephalometric analysis. *Maxillofac Plast Reconstr Surg* 2015; 37: 38.
5. *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.
6. *Hou HM, Hagg U, Sam K, Rabie AB, Wong RW, Lam B, Ip M*: Dentofacial Characteristics of Chinese Obstructive Sleep Apnea Patients in Relation to Obesity and Severity. *Angle Orthod* 2006; 76: 962-969.
7. *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.
8. *Claudino LV, Mattos CT, Ruellas AC, Sant'Anna EF*: Pharyngeal airway characterization in adolescents related to facial skeletal pattern: A preliminary study *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013; 143: 799-809.
9. *Castro-Silva L, Monnazzi MS, Spin-Neto R, Moraes M, Miranda S, Real Gabrielli MF, et al.*: Cone-beam evaluation of pharyngeal airway space in class I, II, and III patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radio* 2015; 120: 679-683.
10. *Xiao D, Gao H, Ren Y*: Craniofacial morphological characteristics of Chinese adults with normal occlusion and different skeletal divergence. *Eur J Orthod* 2011; 33: 198-120.
11. *Lee YJ, Park JT, Cha JY*: Perioral soft tissue evaluation of skeletal Class II Division 1: A lateral cephalometric study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015; 148: 405-413.
12. *de Freitas MR, Alcazar NM, Janson G, 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.
13. *Muñoz I, Orta P*: Comparison of cephalometric patterns in mouth breathing and nose breathing children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2014; 78: 1167-1172.
14. *Kerr WJ*: The nasopharynx, face height, and overbite. *Angle Orthod* 1985; 55: 31-36.
15. *Trotman CA, McNamara JA Jr, Dibbets JM, van der Weele LT*: Association of lip posture and the dimensions of the tonsils and sagittal airway with facial morphology. *Angle Orthod* 1997; 67: 425-432.
16. *Indriksone I, Jakobsone G*: The influence of craniofacial morphology on the upper airway dimensions. *Angle Orthod* 2015; 85: 874-880.
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. *Enlow DH, Hans MG*: Essentials of facial growth. 2nd ed. Ann Arbor: Needham Press, Inc. 2008.
19. *Brunetto DP, Velasco L, Koerich L, Araujo MT*: Prediction of 3-dimensional pharyngeal airway changes after orthognathic surgery: a preliminary study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014; 146: 299-309.
20. *El H, Palomo JM*: An airway study of different maxillary and mandibular sagittal positions. *Eur J Orthod*. 2013; 35: 262-270.
21. *Krasny M, Wysocki J, Zadurska M, Skarżyński PH*: Relative nasopharyngeal patency index as possible objective indication for adenoidectomy in children with orthodontic problems. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2011; 75: 250-255.
22. *Silva NN, Lacerda RH, Silva AW, Ramos TB*: Assessment of upper airways measurements in patients with mandibular skeletal Class II malocclusion. *Dental Press J Orthod* 2015; 20: 86-93.
23. *Ansar J, Maheshwari S, Verma SK, Singh RK, Agarwal DK, Bhattacharya P*: Soft tissue airway dimensions and craniocervical posture in subjects with different growth patterns. *Angle Orthod* 2015; 85: 604-610.

24. *Memon S, Fida M, Shaikh A*: Comparison of different craniofacial patterns with pharyngeal widths. *J Coll Physicians Surg Pak* 2012; 22: 302-306.
25. *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.
26. *Tarkar JS, Parshar S, Gupta G, Bhardwaj P, Maurya RK, Singh A, et al.*: An evaluation of upper and lower pharyngeal airway width, tongue posture and hyoid bone position in subjects with different growth patterns. *J Clin Diagn Res* 2016; 10: 79-83.
27. *Mislik B, Hänggi MP, Signorelli L, Peltomäki TA, Patcas R*: Pharyngeal airway dimensions: a cephalometric, growth-study – based analysis of physiological variations in children aged 6-17. *Eur J Orthod* 2014; 36: 331-339.
28. *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.
29. *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.

Address: 35-055 Rzeszów, ul. Szopena 2
Tel./Fax: +4817 8666361
e-mail: zbemalikp@gmail.com

Received: 21nd December 2016
Accepted: 7th January 2017