

## Wpływ przekroju górnych dróg oddechowych na wymiar pionowy i strzałkowy oraz oś twarzy według Rickettsa

## *Effects of the upper respiratory tract cross-section on the vertical and sagittal dimension and the facial axis according to Ricketts*

Anna Duda<sup>1</sup>**A****B****C****D****E****F**

Wojciech Stós<sup>2</sup>**E****F**

Magdalena Wiosna<sup>3</sup>**E**

**Wkład autorów:** **A** Plan badań **B** Zbieranie danych **C** Analiza statystyczna **D** Interpretacja danych **E** Redagowanie pracy **F** Wyszukiwanie piśmiennictwa

**Authors' Contribution:** **A** Study design **B** Data Collection **C** Statistical Analysis **D** Data Interpretation **E** Manuscript Preparation **F** Literature Search

<sup>1</sup> Prywatna Praktyka w Kielcach  
*Private Practice in Kielce*

<sup>2</sup> Katedra i Zakład Ortodontyki Uniwersytetu Jagiellońskiego CM w Krakowie  
*Department of Orthodontics, Jagiellonian University Collegium Medicum, Cracow*

<sup>3</sup> Radomski Szpital Specjalistyczny im Tytusa Chałubińskiego w Radomiu  
*Specialistic Hospital named Tytus Chałubiński in Radom*

### Streszczenie

Przedstawione badanie ocenia wpływ szerokości górnych dróg oddechowych na wysokości migdałka gardłowego w grupie pacjentów z prawidłowym i zaburzonym torem oddychania na podstawowe parametry morfologii części twarzowej czaszki. **Cel.** Porównanie parametrów szkieletowych określających wymiar pionowy (SNL/ML, NL/ML), strzałkowy (SNA, SNB) i typ rotacji twarzy (kąt osi twarzy wg Rickettsa) w grupie badanej i kontrolnej oraz ustalenie wartości granicznej (progu odcięcia) szerokości wg Holmberga, przy której dochodzi do odchylenia od wartości przeciętnych podstawowych parametrów morfologii twarzowej części czaszki. **Materiał i metody.** W badaniu wzięło udział 221 pacjentów leczonych w poradni ortodontycznej w Kielcach. Na podstawie wywiadu, badania klinicznego oraz subiektywnej oceny szerokości

### Abstract

This study assesses the effects of the upper respiratory tract width at the level of the adenoid in patients with a normal and abnormal breathing route on basic parameters of the morphology of the facial skeleton. **Aim.** Comparison of skeletal parameters determining vertical (SNL/ML, NL/ML, NL/ML), sagittal (SNA, SNB) dimensions and type of facial rotation (the angle of the facial axis according to Ricketts) in the study and control groups and determination of the threshold value (a cut-off point) of width according to Holmberg, at which there is a deviation from the average values of basic parameters of morphology of the facial skeleton. **Material and methods.** The study included 221 patients treated at an orthodontic clinic in Kielce. Based on the medical history taken, clinical examination and subjective

<sup>1</sup> Lek. stom. w trakcie odbywania specjalizacji z ortodontyki / DDS, postgraduate student

<sup>2</sup> Dr n. med., specjalista ortodonta / DDS, PhD, specialist in orthodontics

<sup>3</sup> Lek. stom., specjalista ortodonta / DDS, specialist in orthodontics

Dane do korespondencji/Correspondence address:

Anna Duda

Aquadent-Ortoestetyka

ul. Ks. P. Ściegiennego 81/6

25-114 Kielce

*Effects of the upper respiratory tract cross-section on the vertical and sagittal dimension...*

górnym dróg oddechowych wg Holmberga zakwalifikowano odpowiednio 112 pacjentów do grupy badanej oraz 109 pacjentów – do grupy kontrolnej. Dokonano pomiarów szerokości górnych dróg oddechowych za pomocą zmodyfikowanej metody wg Holmberga oraz pomiaru parametrów oceniających wymiar pionowy (SNL/ML, NL/ML) i strzałkowy (SNA, SNB) oraz kąt przedni osi Rickettsa za pomocą analizy teleroentgenogramów bocznych głowy.

**Wyniki.** Wszystkie porównywane parametry szkieletowe wskazały na istotne różnice statystyczne pomiędzy grupą badaną i kontrolną, Różnice te wyniosły: kąt Rickettsa 6,5°, SNL/ML 8,5°, NL/ML 9,7°, SNA 2,4°, SNB 1,4°. **Wnioski.** Szerokość górnych dróg oddechowych na wysokości migdałka gardłowego istotnie wpływa na wartość parametrów szkieletowych oceniających wymiar pionowy (SNL/ML, NL/ML) i strzałkowy (SNA, SNB) oraz typ rotacji osi twarzy. Widoczna jest korelacja pomiędzy stopniowym zmniejszaniem wymiaru dróg oddechowych wg Holmberga a wzrostem wymiaru pionowego (SNL/ML, NL/ML) i przedniego kąta osi twarzy wg Rickettsa (posteriorotacja żuchwy) oraz zmniejszaniem się wymiaru strzałkowego (SNA, SNB). **(Duda A, Stós W, Wiosna M. Wpływ przekroju górnych dróg oddechowych na wymiar pionowy i strzałkowy oraz oś twarzy według Rickettsa. Forum Ortod 2018; 14: 179-91).**

Nadesłano: 04.04.2018

Przyjęto do druku: 27.09.2018

**Słowa kluczowe:** przerost migdałka gardłowego, ustny tor oddychania, zaburzenia toru oddychania, wymiar pionowy, wymiar strzałkowy, oś twarzy Rickettsa

## Wstęp

Od czasu kiedy w 1947 roku Björk opublikował wyniki swoich badań na temat wzrostu i rozwoju części twarzowej czaszki, które uzyskał na podstawie analizy teleroentgenogramów bocznych głowy, inni naukowcy również rozpoczęli intensywne badania przy użyciu tej metody obrazowania (1). Dotyczyły one między innymi wpływu zwężenia górnych dróg oddechowych i toru oddychania na proces kształtowania struktur twarzowej części czaszki. Solow i Tallgren jako pierwsi zauważyli i opisali odmienne ułożenie głowy w stosunku do kręgosłupa szyjnego u pacjentów z prawidłowym i zmniejszonym przepływem nosowo-gardłowym. Autorzy uznali za prawidłową taką pozycję głowy, przy której wykreślone linie Sella-Nasion i linia styczna do tylnych krawędzi czterech pierwszych kręgów szyjnych przecinają się pod kątem zbliżonym do prostego (Ryc. 1, 2). Nieprawidłową pozycję głowy, związaną ze zmniejszonym przepływem nosowo-gardłowym, nazwali pozycją przeprostaną i przypisali jej kąt zdecydowanie większy od prostego (Ryc. 3, 4). Byli także autorami „teorii ściskania tkanek miękkich”, która tłumaczy zmiany morfologii

evaluation of the upper respiratory tract width according to Holmberg 112 patients were enrolled into the study group and 109 patients into the control group. The width of the upper respiratory tract was measured using the modified Holmberg method and parameters assessing the vertical (SNL/ML, NL/ML) and sagittal (SNA, SNB) dimensions, as well as the anterior angle of the Ricketts' axis were measured using the analysis of lateral teleroentgenograms of the head.

**Results.** All compared skeletal parameters indicated significant statistical differences between the study and control group. These differences were: Ricketts' angle 6.5°, SNL/ML 8.5°, NL/ML 9.7°, SNA 2.4°, SNB 1.4°. **Conclusions.** The width of the upper respiratory tract at the level of the adenoid significantly affects values of skeletal parameters evaluating the vertical (SNL/ML, NL/ML) and sagittal (SNA, SNB) dimensions and the type of rotation of the facial axis. There is a correlation between a gradual decrease in the airway dimension according to Holmberg and an increase in the vertical dimension (SNL/ML, NL/ML) and anterior angle of the Ricketts' facial axis (posterior rotation of the mandible) and a decrease in the sagittal dimension (SNA, SNB). **(Duda A, Stós W, Wiosna M. Effects of the upper respiratory tract cross-section on the vertical and sagittal dimension and the facial axis according to Ricketts. Orthod Forum 2018; 14: 178-91).**

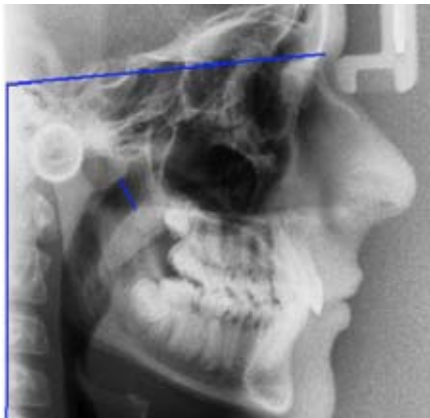
Received: 04.04.2018

Accepted: 27.09.2018

**Key words:** adenoid hypertrophy, oral breathing route, breathing route disturbances, vertical dimension, sagittal dimension, Ricketts' facial axis

## Introduction

Since 1947, when Björk published the results of his research on the growth and development of the facial skeleton, which he obtained from the analysis of lateral teleroentgenograms of the head, other scientists have also begun intensive research using this imaging method (1). It concerned, among others, the effects of upper respiratory tract narrowing and breathing route on the process of shaping the structures of the facial skeleton. Solow and Tallgren were the first ones to notice and describe a different position of the head in relation to the cervical spine in patients with normal and reduced nasopharyngeal flow. According to the authors, the position of the head where the Sella-Nasion lines and the line tangential to the posterior edges of the first four cervical vertebrae intersect at an angle close to a right angle was the correct position of the head (Fig. 1, 2). According to them, the abnormal position of the head was associated with reduced nasopharyngeal flow, and they called it the hyperextended position and it was assigned with an angle much greater than the straight one (Fig. 3, 4). They were



Rycina 1. Prawidłowa pozycja głowy i szerokość dróg oddechowych (11 mm wg Holmberga, kąt czaszkowo-kręgowy 92°, anteriorotacja żuchwy).

*Figure 1. Correct head position and width of airways (11 mm according to Holmberg, craniospinal angle 92°, anterior rotation of the mandible).*



Rycina 2. Prawidłowa szerokość górnych dróg oddechowych (15 mm wg Holmberga; kąt czaszkowo-kręgowy 100°, mezorotacja żuchwy).

*Figure 2. Correct width of the upper respiratory tract (15 mm according to Holmberg; craniospinal angle 100°, mesial rotation of the mandible).*



Rycina 3. Przeprostna pozycja głowy i retrognatyczna żuchwa u pacjenta ze zwężeniem górnych dróg oddechowych na wysokości migdałka gardłowego (4 mm wg Holmberga; 108° kąt czaszkowo-kręgowy, posteriorotacja żuchwy).

*Figure 3. Hyperextended head position and retrognathic mandible in a patient with upper respiratory tract narrowing at the level of the adenoid (4 mm according to Holmberg; craniospinal angle 108°, posterior rotation of the mandible).*



Rycina 4. Przeprostna pozycja głowy i prognatyczna żuchwa u pacjenta ze zwężeniem górnych dróg oddechowych na wysokości migdałka gardłowego (4 mm wg Holmberga; 106° kąt czaszkowo-kręgowy, anteriorotacja żuchwy).

*Figure 4. Hyperextended head position and prognathic mandible in a patient with upper respiratory tract narrowing at the level of the adenoid (4 mm according to Holmberg; craniospinal angle 106°, anterior rotation of the mandible).*

twarzowej części czaszki na skutek posteriorotacji żuchwy oraz związaną z tym dotylną pozycję szczęki i żuchwy, które mają wpływ na spłaszczenie profilu twarzy. Teoria Sollowa i Talgrena wyjaśnia ponadto, jak ustny tor oddychania wpływa na mięśnie twarzy, szyi, a nawet tułowia (2–4). Badania innych autorów również potwierdziły, że następstwem zaburzeń toru oddychania są istotne zmiany polegające na zmianie pozycji głowy (przeprostna pozycja głowy) i pozycji języka (niska, dolna pozycja języka). Prowadzą one do

also the authors of the “soft tissue compression theory”, which explains the changes in the morphology of the facial skeleton as a result of posterior rotation of the mandible and the associated posterior position of the maxilla and mandible, which contribute to the flattening of the facial profile. The theory by Sollow and Talgren also explains how the oral breathing route affects the muscles of the face, neck and even the trunk (2–4). Studies by other authors have also confirmed that disturbances of the breathing route result

*Effects of the upper respiratory tract cross-section on the vertical and sagittal dimension...*

posteriorotacji linii żuchwy, co w konsekwencji powoduje wzrost wymiaru pionowego (SNL/ML i NL/ML); wzrost przedniej i skrócenie tylnej wysokości twarzy; zmniejszenie wymiaru przednio-tylnego twarzy (spłaszczenie/retrognatyzm), a nawet zwiększenie kąta międzysiecznego na skutek kompensacji zębowo-wyrostkowej (4–9, 11). Badania w znacznym stopniu zostały potwierdzone również przez wyniki badań eksperymentalnych prowadzonych przez Harvolda na rosnących małpach z rodzaju rhesus (*Macaca mulatta*), Yamadę – na rosnących małpach (*Macaca fuscata*), czy Scarano – na szczurach. Charakterystyczne zmiany w morfologii szczęki i żuchwy zauważono u wszystkich badanych zwierząt, u których sztucznie wywołano zmianę toru oddechowego z nosowego na ustny. Ponadto w badaniu na szczurach zauważono, że osobniki poddane badaniu są znacznie mniejsze (10–13).

**Cel**

Celem badania było określenie wpływu szerokości górnych dróg oddechowych (stopnia zwężenia) na podstawowe parametry budowy części twarzowej czaszki (wymiar pionowy, wymiar strzałkowy i typ rotacji twarzy) w grupie pacjentów z zaburzonym i prawidłowym torem oddychania.

**Materiał i metody**

Pomiary zostały wykonane przy wykorzystaniu zdjęć cefalometrycznych bocznych u 221 pacjentów leczonych w poradni ortodontycznej w Kielcach. Badania RTG wykonano przy użyciu tego samego aparatu Cranex Tome firmy Soredex i skalibrowano. Kryteria włączenia do badania obejmowały pacjentów, którzy nigdy wcześniej nie byli leczeni ortodontycznie, byli ogólnie zdrowi i nie rozpoznano u nich wad wrodzonych czy zespołów wad genetycznie uwarunkowanych. Do badania zakwalifikowano pacjentów obu płci w wieku 6–25 lat z uwagi na istniejący w tym czasie wzrost oraz rozwój twarzowej części czaszki związany z wyrzynaniem zębów stałych, włącznie z zębami trzecimi trzonowymi. Po przeanalizowaniu teleroentgenogramów bocznych głowy, z uwzględnieniem wywiadu w zakresie toru oddychania, pacjentów podzielono na dwie grupy o zbliżonej liczebności. Grupę 112 pacjentów z ustnym lub mieszanym torem oddychania oraz szerokością dróg oddechowych mniejszą lub równą 6 mm według Holmberga zakwalifikowano do grupy badanej. Pozostałą grupę 109 pacjentów z nosowym torem oddychania oraz szerokością dróg oddechowych większą lub równą 7 mm według Holmberga zakwalifikowano do grupy kontrolnej. Zarówno grupę badaną, jak i kontrolną podzielono na podgrupy zależne od szerokości wg Holmberga: 1–3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm (grupa badana) oraz 7–9 mm, 10–13 mm, 14–18 mm, 19–23 mm (grupa kontrolna). Pomiarów szerokości górnych dróg oddechowych na wysokości migdałka gardłowego dokonano za pomocą

in significant changes in the position of the head (hyperextended head position) and the position of the tongue (low, bottom position of the tongue). They lead to posterior rotation of the mandible line, resulting in an increase in the vertical dimension (SNL/ML and NL/ML); an increase in the anterior facial height and shortening of the posterior facial height; a decrease in the anterior-posterior facial dimension (flattening/retrognathism), and even an increase in the interincisal angle due to dentoalveolar compensation (4–9, 1). The studies were also largely confirmed by the results of experimental studies conducted by Harvold on growing monkeys of the genus rhesus (*Macaca mulatta*), by Yamada – on growing monkeys (*Macaca fuscata*), or by Scarano – on rats. Characteristic changes in the morphology of the maxilla and mandible were observed in all studied animals, in which the breathing route was artificially changed from nasal to oral. In addition, the study on rats showed that individual animals studied were significantly smaller (10–13).

**Aim**

The aim of the study was to determine the effects of the upper respiratory tract width (a degree of narrowing) on the basic parameters of the structure of the facial skeleton (vertical dimension, sagittal dimension and facial rotation type) in a group of patients with an abnormal and normal breathing route.

**Material and methods**

Measurements were performed using lateral cephalograms from 221 patients treated at an orthodontic clinic in Kielce. X-rays were performed using the same device, Cranex Tome by Soredex, and then calibrated. Inclusion criteria for the study included patients who had never been orthodontically treated before, who were generally healthy and had not been diagnosed with congenital malformations, or genetically determined abnormalities. Patients of both sexes aged 6–25 years were qualified for the study, because this is a period of growth and development of the facial skeleton associated with eruption of permanent teeth, including third molars. After an analysis of lateral cephalograms was conducted, including a medical history regarding a breathing route, patients were divided into two groups of a similar size. A group of 112 patients with an oral or mixed breathing route and the respiratory tract width less than or equal to 6 mm according to Holmberg was enrolled into the study group. The remaining 109 patients with a nasal breathing route and the respiratory tract width greater than or equal to 7 mm according to Holmberg were enrolled into the control group. Both the study and control groups were divided into subgroups depending on the width according to the Holmberg measurement: 1–3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm (study group), and 7–9 mm, 10–13 mm, 14–18 mm, 19–23 mm (control

subiektywnej metody oceny szerokości górnych dróg oddechowych Holmberga, którą na potrzeby badania zmodyfikowano i wartości pomiarowe podano w milimetrach (14). Wszystkie pomiary zaokrąglono do wartości 0,5 mm lub 0,5°. Ponadto podzielono obie grupy ze względu na rozwój szkieletowy, który oceniono metodą Baccetti-Franchi-McNamary (15). Wyróżniono tu podgrupy, w których wyliczono średni wiek łącznie dla grupy badanej i kontrolnej: CS1 (8,9 lat); CS2 (10,7 lat); CS3 (11,4 lat); CS4 (13,6 lat) oraz CS5-6 (16,6 lat). Podgrupy CS5 i CS6 połączono w jedną CS5-6 ze względu na małą liczebność grup i brak istotnych różnic (Tab. 1).

group). The width of the upper airways at the level of the pharyngeal tonsils was measured using a subjective method of assessing the upper respiratory tract width by Holmberg, which was modified for the purpose of the study, and the measured values were reported in millimetres (14). All measurements were rounded up to the nearest 0.5 mm or 0.5°. Moreover, both groups were stratified based on the skeletal development assessed according to the Baccetti-Franchi-McNamara method (15). The following subgroups were distinguished, in which the mean age for the study and control group was calculated: CS1 (8.9 years); CS2 (10.7 years); CS4 (11.4 years); CS4 (13.6 years) and CS5-6 (16.6 years). Due to the small group size and lack of significant differences CS5 and CS6 groups were combined into one group CS5-6 (Tab. 1).

**Tabela 1. Liczba i rozkład pacjentów grupy badanej i kontrolnej w zależności od dojrzałości szkieletowej i szerokości górnych dróg oddechowych wg Holmberga.**

*Table 1. Number and distribution of patients in the study and control group depending on skeletal maturity and upper respiratory tract width according to Holmberg.*

	Holmb. 1-3 mm	Holmb. 4 mm	Holmb. 5 mm	Holmb. 6 mm	Gr. badana razem Study group Total	Holmb. 7-9 mm	Holmb. 10-13 mm	Holmb. 14-18 mm	Holmb. 19-23 mm	Gr. kontr. razem Control gr. Total
CS1 (8,9 lat) CS1 (8.9 years)	21	9	8	7	45	10	6	1	-----	17
CS2 (10,7 lat) CS2 (10.7 years)	8	11	2	11	32	8	8	4	-----	20
CS3 (11,4 lat) CS3 (11.4 years)	9	4	2	2	17	6	9	4	-----	19
CS4 (13,6 lat) CS4 (13.6 years)	3	3	1	6	13	5	7	12	4	28
CS5-6 (16,6 lat) CS5-6 (16.6 years)	1		2	2	5	1	4	12	8	25
Razem Total	42	27	15	28	112	30	34	33	12	109

Dla oceny morfologii twarzowej części czaszki wykonano pomiary podstawowych parametrów szkieletowych dotyczących wymiaru pionowego, strzałkowego i typu rotacji. Wymiar pionowy określono przy użyciu kąta SNL/ML (kąt podstawy żuchwy do podstawy czaszki) oraz kąta NL/ML (kąt podstawy żuchwy do podstawy szczęki). Wymiar strzałkowy oceniono za pomocą kąta SNA (położenie szczęki względem podstawy czaszki) i SNB (położenie żuchwy względem podstawy czaszki). Typ rotacji twarzy oceniono za pomocą kąta osi Rickettsa. Wykorzystano tu przedni (górny) kąt osi Rickettsa zawarty między prostą Basion-

In order to evaluate the morphology of the facial skeleton, basic skeletal parameters concerning vertical, sagittal dimensions and type of rotation were measured. The vertical dimension was determined using the SNL/ML angle (the angle of the mandibular base to the cranial base) and the NL/ML angle (the angle of the mandibular base to the base of the maxilla). The sagittal dimension was evaluated using the SNA angle (a position of the maxilla relative to the cranial base) and SNB angle (a position of the mandible relative to the cranial base). The facial rotation type was evaluated using the Ricketts' axis angle. It uses the anterior (upper)

*Effects of the upper respiratory tract cross-section on the vertical and sagittal dimension...*

Nasion a osią twarzy Rickettsa, która powstaje z połączenia punktu Ptm (górnio-tylny punkt na ograniczeniu dołu skrzydłowo-podniebiennego) i Gnathion (przednio-dolny punkt na spojeniu żuchwy). Przedni kąt osi Rickettsa koresponduje wprost proporcjonalnie z pionowym wymiarem twarzy. Oznacza to, że kąt przedni osi Rickettsa rośnie przy posteriorotacji żuchwy, natomiast maleje przy anteriorotacji żuchwy. Wartości tego kąta podawane są z dokładnością do 0,5° zgodnie z otrzymaną wielkością, tzn: norma  $90^\circ \pm 3,5^\circ$ . Przyjęte w badaniu średnie wartości pomiarowe, uzyskane w poszczególnych podgrupach wg Holmberga, przedstawiono w postaci zestawienia (Tab. 2).

angle of the Ricketts' axis between the Basion-Nasion straight line and the Ricketts' axis of the face, which is formed from the connection of the Ptm point (the upper-posterior point near the border of the pterygopalatine fossa) and the Gnathion point (the anterior-inferior point on the mandibular symphysis). The anterior angle of the Ricketts' axis is directly proportional to the vertical dimension of the face. This means that the anterior angle of the Ricketts' axis increases with posterior rotation of the mandible, and decreases with the anterior rotation of the mandible. The values of this angle are given with the accuracy of 0.5° according to the measured value, i.e. standard  $90^\circ \pm 3.5^\circ$ . Mean measured values adopted in the study, obtained in individual subgroups according to Holmberg, are presented in the form of a summary (Tab. 2).

**Tabela 2. Średnie wartości podstawowych parametrów morfologii twarzy (SNA, SNB, NSL/ML, NL/ML, kąt przedni osi Rickettsa) dla grupy badanej i kontrolnej w zależności od szerokości wg Holmberga (podgrupy 1-3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm w grupie badanej oraz 7-9 mm, 10-13 mm, 14-18 mm, 19-23 mm w grupie kontrolnej).**

*Table 2. Mean values of basic parameters of the facial morphology (SNA, SNB, NSL/ML, NL/ML, anterior angle of the Ricketts' axis) for the study and control groups depending on the width by Holmberg (subgroups: 1–3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm in the study group, and 7–9 mm, 10–13 mm, 14–18 mm, 19–23 mm in the control group).*

Podgrupa/Parametry Subgroup/Parameters	Kąt Rickettsa Ricketts' angle	SNL/ML	NL/ML	SNA	SNB
Holmberg 1–3 mm	97.5°	43.9°	36.3°	77.3°	75.0°
Holmberg 4 mm	94.2°	39.9°	31.6°	77.7°	76.0°
Holmberg 5 mm	93.5°	39.1°	32.0°	78.1°	76.4°
Holmberg 6 mm	94.1°	39.8°	32.3°	78.1°	75.8°
Średnia gr.badana 1-6 mm Mean study group 1–6 mm	94.8°	41.3°	33.6°	77.7°	75.6°
Holmberg 7–9 mm	90.8°	35.9°	27.3°	79.5°	75.8°
Holmberg 10–13 mm	89.0°	32.6°	24.0°	79.6°	76.1°
Holmberg 14–18 mm	88.0°	30.4°	22.1°	80.6°	78.1°
Holmberg 19–23 mm	85.5°	28.5°	20.3°	80.8°	78.4°
Średni gr.kontrolna 7-23 mm Mean control group 7–23 mm	88.3°	32.4°	23.9°	80.0°	77.0°
Różnica pomiędzy grupą badaną i kontrolną Difference between the study and control groups	6.5°	8.9°	9.7°	2.3°	1.4°
P (na podstawie testu t) P (based on the t test)	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.014

Porównano również wartości średnie poszczególnych pomiarów w grupie badanej i kontrolnej, w zależności od stopnia dojrzałości szkieletowej ocenionej metodą Baccettiego-Franchi-McNamary (Tab. 3–6).

Mean values of individual measurements in the study and control groups were also compared, depending on the degree of skeletal maturity evaluated with the Baccetti-Franchi-McNamara method (Tab. 3–6).

**Tabela 3. Porównanie średnich wartości SNL/ML w poszczególnych okresach rozwojowych (CS1, CS2, CS3, CS4, CS5-6) w grupie badanej i kontrolnej.***Table 3. Comparison of mean values of SNL/ML in particular developmental stages (CS1, CS2, CS3, CS4, CS5-6) in the study and control groups.*

SNL/ML	CS1	CS2	CS3	CS4	CS5-6	Ogółem Total
Holmberg 1-3 mm	44.9	41.5	45.1	41.0	42.0	43.9
Holmberg 4 mm	37.1	38.4	45.8		46.0	39.9
Holmberg 5 mm	38.6	38.5	39.5	34.0	43.5	39.1
Holmberg 6 mm	41.9	39.4	38.5	38.3	40.0	39.8
Grupa badana 1-6 mm / study group 1-6 mm	41.7	39.5	43.8	40.4	41.8	41.3
Holmberg 7-9 mm	36.1	35.4	31.3	41.4	39.0	35.9
Holmberg 10-13 mm	30.2	31.5	37.1	29.9	32.9	32.6
Holmberg 14-18 mm	36.0	32.0	32.5	29.4	29.7	30.4
Holmberg 19-23 mm	-----	-----	-----	28.8	28.3	28.5
Grupa kontrolna 7-23 mm Control group 7-23 mm	34.0	33.2	34.3	31.6	30.1	32.4
Ogółem / Total	39.6	37.1	38.8	34.4	32.1	36.9
Różnica między grupą badaną i kontrolną Difference between the study and control groups	7.7°	6.3°	9.5°	8.8°	11.7°	8.9°
P na podstawie testu t / P based on the t test	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000

**Tabela 4. Porównanie średnich wartości NL/ML w poszczególnych okresach rozwojowych (CS1, CS2, CS3, CS4, CS5-6) w grupie badanej i kontrolnej.***Table 4. Comparison of mean values of NL/ML in particular developmental stages (CS1, CS2, CS3, CS4, CS5-6) in the study and control groups.*

NL/ML	CS1	CS2	CS3	CS4	CS5-6	Ogółem Total
Holmberg 1-3 mm	37.7	34.9	35.6	34.7	30.0	36.3
Holmberg 4 mm	31.6	30.3	33.0		35.0	31.6
Holmberg 5 mm	31.8	34.0	31.5	26.0	34.5	32.0
Holmberg 6 mm	32.7	33.2	33.0	30.3	31.0	32.3
Grupa badana 1-6 mm / study group 1-6 mm	34.6	32.7	34.2	32.1	32.2	33.6
Holmberg 7-9 mm	27.9	25.8	24.7	31.0	30.0	27.3
Holmberg 10-13 mm	21.2	22.5	28.6	21.9	24.4	24.0
Holmberg 14-18 mm	28.0	27.3	26.3	19.4	21.1	22.1
Holmberg 19-23 mm	-----	-----	-----	22.5	19.1	20.3
Grupa kontrolna 7-23 mm Control group 7-23 mm	25.5	24.8	26.8	22.5	21.3	23.9
Ogółem / Total	32.1	29.6	30.3	25.6	23.2	28.8
Różnica między grupą badaną i kontrolną Difference between the study and control groups	9.1°	7.9°	7.4°	9.6°	10.9°	9.7°
P na podstawie testu t / P based on the t test	0.000	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000

Wartości  $P < 0,05$  wskazują na statystycznie istotne różnice między grupą kontrolną, a grupą badaną.Values of  $P < 0.05$  indicate there are statistically significant differences between the control group and the study group.

*Effects of the upper respiratory tract cross-section on the vertical and sagittal dimension...***Tabela 5. Porównanie średnich wartości SNA w poszczególnych okresach rozwojowych (CS1, CS2, CS3, CS4, CS5-6) w grupie badanej i kontrolnej.****Table 5. Comparison of mean values of SNA in particular developmental stages (CS1, CS2, CS3, CS4, CS5-6) in the study and control groups.**

SNA	CS1	CS2	CS3	CS4	CS5-6	Ogółem Total
Holmberg 1-3 mm	77.2	77.4	77.0	80.0	72.0	77.3
Holmberg 4 mm	79.7	77.6	76.0	74.3		77.7
Holmberg 5 mm	79.3	76.0	77.0	82.0	75.0	78.1
Holmberg 6 mm	77.3	78.6	75.0	79.2	78.0	78.1
Grupa badana 1-6 mm / study group 1-6 mm	78.1	77.8	76.5	78.5	75.6	77.7
Holmberg 7-9 mm	81.3	78.1	80.3	77.2	79.5	79.5
Holmberg 10-13 mm	78.2	79.4	78.3	82.6	80.1	79.6
Holmberg 14-18 mm	78.0	82.8	79.5	79.8	81.3	80.6
Holmberg 19-23 mm	-----	-----	-----	80.3	81.0	80.8
Grupa kontrolna 7-23 mm Control group 7-23 mm	80.0	79.6	79.2	80.1	81.0	80.0
Ogółem / Total	78.6	78.5	77.9	79.6	80.1	78.9
Różnica między grupą badaną i kontrolną Difference between the study and control groups	1.9°	1.8°	2.7°	1.6°	5.4°	2.3°
P na podstawie testu t / P based on the t test	0.049	0.099	0.005	0.160	0.002	0.006

Wartości  $P < 0.05$  wskazują na statystycznie istotne różnice między grupą kontrolną, a grupą badaną z wyjątkiem podgrupy CS2, CS4.  
 Values of  $P < 0.05$  indicate there are statistically significant differences between the control group and the study group, except for CS2 and CS4 subgroups.

**Tabela 6. Porównanie średnich wartości SNB w poszczególnych okresach rozwojowych w grupie badanej i kontrolnej.****Table 6. Comparison of mean values of SNB in particular developmental stages in the study and control groups.**

SNB	CS1	CS2	CS3	CS4	CS5-6	Ogółem Total
Holmberg 1-3 mm	75.5	75.4	73.3	77.7	70.0	75.0
Holmberg 4 mm	78.7	75.8	74.3	70.7		76.0
Holmberg 5 mm	76.7	73.5	77.0	82.0	75.0	76.4
Holmberg 6 mm	73.0	76.6	75.0	78.0	75.0	75.8
Grupa badana 1-6 mm / study group 1-6 mm	76.0	75.8	74.1	76.5	74.0	75.6
Holmberg 7-9 mm	76.0	75.8	78.5	72.6	74.0	75.8
Holmberg 10-13 mm	75.7	75.0	74.4	78.4	78.9	76.1
Holmberg 14-18 mm	72.0	79.8	77.8	77.7	78.5	78.1
Holmberg 19-23 mm	-----	-----	-----	78.8	78.3	78.4
Grupa kontrolna 7-23 mm Control group 7-23 mm	75.6	76.3	76.4	77.1	78.3	77.0
Ogółem / Total	75.9	76.0	75.3	76.9	77.6	76.2
Różnica między grupą badaną i kontrolną Difference between the study and control groups	0.4°	0.5°	2.3°	0.6°	3.6°	1.4°
P na podstawie testu t / P based on the t test	0.781	0.679	0.034	0.690	0.021	0.014

Wartości  $P < 0.05$  wskazują na statystycznie istotne różnice między grupą kontrolną, a grupą badaną z wyjątkiem podgrupy CS1, CS2, CS4.  
 Values of  $P < 0.05$  indicate there are statistically significant differences between the control group and the study group, except for CS1, CS2 and CS4 subgroups.



Analizę statystyczną wymienionych parametrów przeprowadzono za pomocą testu t (t-Studenta) dla prób niezależnych. Wartości  $p < 0,05$  wskazują na istotność statystyczną. Analizy dokonano w programie Statistica (StatSoft).

## Wyniki

Badanie wykazało istotną różnicę statystyczną pomiędzy grupą badaną i kontrolną w zakresie wszystkich porównywanych cech ( $p < 0,05$ ). W ocenie morfologii twarzy wyniki badania wskazują, że wraz ze zwiększeniem dróg oddechowych stopniowo wzrasta wymiar pionowy (NSL/ML i NL/ML) i maleje wymiar strzałkowy (SNA i SNB) oraz wzrasta kąt przedni osi Rickettsa. Przy minimalnej szerokości dróg oddechowych wg Holmberga równej 1–3 mm wartość kąta Rickettsa wynosi  $97,5^\circ$  (posteriorotacja żuchwy), a wartości pozostałych kątów wynosiły odpowiednio: NSL/ML  $43,9^\circ$ ; NL/ML  $36,3^\circ$  (pionowy typ wzrostu); SNA  $77,3^\circ$  i SNB  $75^\circ$  (profil retrognatyczny). Podczas zwiększania szerokości dróg oddechowych (podgrupy wg Holmberga 1–3 mm do 19–23 mm) zarówno wymiar pionowy, jak i kąt przedni osi Rickettsa stopniowo się zmniejszają, a wymiar strzałkowy stopniowo się zwiększa. Przy szerokości 7–9 mm wg Holmberga zarówno wymiar pionowy (NSL/ML  $35,9^\circ$ ; NL/ML  $27,3^\circ$ ) jak i kąt Rickettsa ( $90,8^\circ$ ) normalizują się, a położenie szczęki w stosunku do podstawy czaszki (SNA  $79,5^\circ$ ) zawiera się w przedziale profilu ortognatycznego, natomiast położenie żuchwy (SNB  $75,8^\circ$ ) pozostaje w granicach profilu retrognatycznego. W przedziale szerokości dróg oddechowych 10–13 mm i 14–18 mm wg Holmberga pomiary są bardzo zbliżone do wartości przeciętnych, zarówno w przypadku kąta Rickettsa ( $89^\circ/88^\circ$ ), jak i wymiaru pionowego (NSL/ML  $32,6^\circ/30,4^\circ$ ; NL/ML  $24,0^\circ/22,1^\circ$ ). Natomiast wymiar strzałkowy (SNA  $79,6^\circ/80,6^\circ$ ; SNB  $76,1^\circ/78,1^\circ$ ) zarówno w zakresie szczęki, jak i żuchwy znajdują się w granicach profilu ortognatycznego.

Szerokość dróg oddechowych 19–23 mm wg Holmberga predysponuje do autorotacji żuchwy, obniżania wymiaru pionowego (NSL/ML  $28,5^\circ$ ; NL/ML  $20,3^\circ$ ) oraz zmniejszania kąta Rickettsa ( $85,5^\circ$ ), natomiast wymiar strzałkowy wykazuje tu wartości profilu ortognatycznego (SNA  $80,8^\circ$ ; SNB  $78,4^\circ$ ). Ponadto z badania wynika, że szerokość górnych dróg oddechowych wynosząca 5–6 mm wg Holmberga jest wartością, przy której zdecydowanie zaczynają odbiegać od wartości przeciętnych parametry szkieletowe (NSL/ML  $39,1^\circ/39,8^\circ$ ; NL/ML  $32,0^\circ/32,3^\circ$ ; kąt Rickettsa  $93,5^\circ/94,1^\circ$ ; SNA  $78,1^\circ/78,1^\circ$ ; SNB  $75,8^\circ/76,4^\circ$ ). Średnia różnica między grupami wyniosła odpowiednio:  $6,5^\circ$  dla przedniego kąta osi Rickettsa;  $8,9^\circ$  – dla SNL/ML;  $9,7^\circ$  – dla NL/ML;  $2,3^\circ$  – dla SNA;  $1,4^\circ$  – dla SNB. Różnice pomiędzy okresem rozwojowym CS1 a CS5–6 w grupie badanej i kontrolnej zależne od wzrostu nie dają wyraźnej odpowiedzi co do ciągłości zmian poszczególnych parametrów szkieletowych

The statistical analysis of the above-mentioned parameters was carried out with the t test (t-Student) for independent samples. Values of  $p < 0.05$  indicate statistical significance. A statistical analysis was performed in Statistica (StatSoft).

## Results

The study showed a statistically significant difference between the study group and the control group for all the characteristics compared ( $p < 0.05$ ). In the assessment of facial morphology, the study results indicate that with the upper respiratory tract narrowing the vertical dimension (NSL/ML and NL/ML) gradually increases, the sagittal dimension (SNA and SNB) decreases, and the anterior angle of the Ricketts' axis increases. With the minimum upper respiratory width of 1–3 mm according to Holmberg, the Ricketts' angle is  $97.5^\circ$  (posterior rotation of the mandible), and the values of other angles were respectively: NSL/ML  $43.9^\circ$ ; NL/ML  $36.3^\circ$  (vertical type of growth); SNA  $77.3^\circ$  and SNB  $75^\circ$  (retrognathic profile). As the width of the airways increases (Holmberg subgroups 1–3 mm to 19–23 mm), both the vertical dimension and the front angle of the Ricketts' axis gradually decrease, and the sagittal dimension gradually increases. At the width of 7–9 mm according to Holmberg, both the vertical dimension (NSL/ML  $35.9^\circ$ ; NL/ML  $27.3^\circ$ ) and Ricketts' angle ( $90.8^\circ$ ) normalise, and the position of the maxilla in relation to the cranial base (SNA  $79.5^\circ$ ) is within the range of the orthognathic profile, while the position of the mandible (SNB  $75.8^\circ$ ) remains within the reference range for the retrognathic profile. In the respiratory tract width of 10–13 mm and 14–18 mm according to Holmberg, the measurements are very close to the mean values, both in the case of the Ricketts' angle ( $89^\circ/88^\circ$ ) and the vertical dimension (NSL/ML  $32.6^\circ/30.4^\circ$ ; NL/ML  $24.0^\circ/22.1^\circ$ ). On the other hand, the sagittal dimension (SNA  $79.6^\circ/80.6^\circ$ ; SNB  $76.1^\circ/78.1^\circ$ ) both in the maxilla and mandible is within the reference range for the orthognathic profile.

The width of airways of 19–23 mm according to Holmberg predisposes to auto-rotation of the mandible, reduction of the vertical dimension (NSL/ML  $28.5^\circ$ ; NL/ML  $20.3^\circ$ ) and reduction of the Ricketts' angle ( $85.5^\circ$ ), while the sagittal dimension shows here the values of the orthognathic profile (SNA  $80.8^\circ$ ; SNB  $78.4^\circ$ ). Moreover, the study shows that the width of the upper airways of 5–6 mm according to Holmberg is a value at which the skeletal parameters definitely start to differ from the mean values (NSL/ML  $39.1^\circ/39.8^\circ$ ; NL/ML  $32.0^\circ/32.3^\circ$ ; Ricketts' angle  $93.5^\circ/94.1^\circ$ ; SNA  $78.1^\circ/78.1^\circ$ ; SNB  $75.8^\circ/76.4^\circ$ ). The mean difference between the groups was respectively:  $6.5^\circ$  for the anterior angle of the Ricketts' axis;  $8.9^\circ$  – for SNL/ML;  $9.7^\circ$  – for NL/ML;  $2.3^\circ$  – for SNA;  $1.4^\circ$  – for SNB. Differences between the developmental stage of CS1 and CS5–6 in the study and control group depending on growth do not provide a clear answer as to the continuity of changes in individual skeletal parameters at subsequent

*Effects of the upper respiratory tract cross-section on the vertical and sagittal dimension...*

w kolejnych stadiach rozwojowych. Potwierdzają jednak średnią różnicę pomiędzy podgrupami CS1-C5-6, która wynosi 4° dla SNL/ML; 1,8° – dla NL/ML; 3,5° – dla SNA; 3,2° – dla SNB. Jeżeli chodzi o wymiar strzałkowy, to większa jest średnia różnica pomiędzy fazami CS1-CS5-6 wynikająca ze wzrostu (3,5° SNA i 3,2° SNB) niż różnica zależna od typu morfologii części twarzowej czaszki (2,3° SNA i 1,4° SNB).

## Dyskusja

Badania przeprowadzone na przestrzeni ostatnich kilkudziesięcioleci na temat wpływu zaburzeń toru oddychania na morfologię twarzowej części czaszki zdecydowanie potwierdzają bardziej retruzyjną pozycję żuchwy (zmniejszony kąt SNB) oraz wzrost wymiaru pionowego dolnego odcinka twarzy (posteriorotacja żuchwy) jako skutek przewlekłych zaburzeń drożności nosogardła w grupach badanych (5–9, 16–32). W przypadku położenia szczęki względem podstawy czaszki badania podają jednak często sprzeczne dane. Niektórzy autorzy donoszą, że wartości kąta SNA i związane z nim położenie szczęki w obrębie twarzoczaszki nie wykazują istotnej różnicy statystycznej między grupą badaną i kontrolną (16, 17, 29). Odmienne obserwacje przedstawił Gungor i wsp. na podstawie przeglądu literatury dotyczącej tego tematu, stwierdzając, że szczeka zdecydowanie przyjmuje pozycję bardziej retruzyjną (30). Te doniesienia potwierdza również badanie z 2015 roku, przeprowadzone przez Franco i wsp. na grupie 226 dzieci obojga płci, gdzie grupa badana obejmowała 113 dzieci z zaburzonym torem oddychania, natomiast w grupie kontrolnej znalazło się 113 dzieci z nosowym torem oddychania (31). Wyniki Franco i wsp. potwierdzają istotne różnice w morfologii twarzoczaszki jeżeli chodzi o wymiar pionowy i kąt SNA w grupie badanej i kontrolnej, z wyjątkiem kąta SNB ( $p = 0,056$ ). Jednak rozdzielając grupę badaną na trzy podgrupy: z izolowanym przerostem migdałka gardłowego (AG-adenoid group); z izolowanym przerostem migdałków podniebiennych (TG-tonsillar group) oraz ze współistniejącą hipertrofią migdałka gardłowego i migdałków podniebiennych (ATG-adenotonsillar group), autorzy badania wykazali, że we wszystkich podgrupach widoczne były istotne różnice statystyczne w przypadku wszystkich porównywanych parametrów szkieletowych, włącznie z kątem SNB ( $p < 0,036$ ).

Rozpatrując różnice wymiaru pionowego w grupach badanych i kontrolnych, Zucconi w grupie badanej 4–6 letnich dzieci z ustnym torem oddychania odnotował średnie wartości SNL/ML 40° i NL/ML 32°, natomiast w grupie kontrolnej z nosowym torem oddychania odnotował odpowiednio SNL/ML 35° i NL/ML 20° (19). Lessa w badaniu 6–10 letnich dzieci z ustnym torem oddychania uzyskał w przypadku pomiaru NSL/ML wartość 36,3° w grupie badanej i 33,16° w grupie kontrolnej (20). Urbaniak, badając dzieci w wieku 8–12 lat uzyskała średnią wartość NSL/ML 35,8° i NL/ML 27,6° w grupie badanej oraz NSL/ML 30,5° i NL/ML 23,4°

developmental stages. However, they confirm the average difference between subgroups of CS1–C5-6, which is 4° for SNL/ML; 1.8° – for NL/ML; 3.5° – for SNA; 3.2° – for SNB. In terms of the sagittal dimension, the average difference between CS1–C5-6 stages resulting from growth (3.5° SNA and 3.2° SNB) is greater than the difference depending on the type of morphology of the facial skeleton (2.3° SNA and 1.4° SNB).

## Discussion

Studies performed over the last few decades on the effects of disorders of a breathing route on the morphology of the facial skeleton definitely confirm a more retrusive position of the mandible (reduced SNB angle) and an increase in the vertical dimension of the lower part of the face (posterior rotation of the mandible) as a result of chronic nasopharyngeal patency disorders in the studied groups (5–9, 16–32). However, regarding the position of the maxilla relative to the cranial base, the studies often provide contradictory data. Some authors report that the SNA angle values and the associated maxillary position in the region of the facial skeleton do not show any significant statistical differences between the study and control groups (16, 17, 29). Different observations were presented by Gungor et al. on the basis of a review of literature on this subject, stating that the maxilla definitely takes a more retrusive position (30). These reports are also confirmed by a study from 2015 conducted by Franco et al. on a group of 226 children of both sexes, where the study group included 113 children with an impaired breathing route, while the control group included 113 children with a nasal breathing route (31). Results by Franco et al. confirm significant differences in the morphology of the facial skeleton in terms of the vertical dimension and the SNA angle in the study and control group, except for the SNB angle ( $p = 0.056$ ). However, when dividing the study group into three subgroups: with isolated hypertrophy of the adenoid (AG-adenoid group); with isolated hypertrophy of the palatine tonsils (TG-tonsillar group); and with coexisting hypertrophy of the adenoid and palatine tonsils (ATG-adenotonsillar group), the authors showed significant statistical differences in all subgroups for all skeletal parameters compared, including the SNB angle ( $p < 0.036$ ).

Considering the differences in the vertical dimension in the study and control groups, Zucconi recorded mean values of SNL/ML 40° and NL/ML 32° in the study group of 4–6-year-old children with an oral breathing route, while in the control group with a nasal breathing route the values were: SNL/ML 35° and NL/ML 20° (19). In the study of 6–10-year-old children with an oral breathing route Lessa observed the following values for the NSL/ML measurement: 36.3° in the study group and 33.16° in the control group (20). In the studies on children aged 8–12 years, Urbaniak obtained the mean value of NSL/ML 35.8° and NL/ML 27.6° in the study group and NSL/ML

w grupie kontrolnej (16). Ciekawe wyniki przedstawił również Agren w grupie wiekowej 4–9-latków, badając dzieci przed i po usunięciu migdałka. Okazało się, że średnia wartość NL/ML 34,3° zmniejszyła się po zabiegu o 3,1°, a NSL/ML 38,1° zmniejszyła się o 2,1° (32). Podobne badanie przeprowadził Mattar i wsp., uzyskując zbliżone wyniki (28). Z kolei Löfstrand-Tiderström, badając młodsze dzieci w wieku 4 lat, nie dostrzegł różnic istotnych statystycznie między grupą badaną i kontrolną (25). Doniesienia z literatury w zdecydowanej większości potwierdzają wpływ toru oddychania na morfologię twarzowej części czaszki (2–9, 16–33). Nadal kwestią sporną pozostaje, czy tor oddychania kształtuje morfologię twarzowej części czaszki, czy to raczej anatomia uwarunkowana genetycznie decyduje o sposobie oddychania. Harvold w badaniach eksperymentalnych na zwierzętach udowodnił, że u osobników bez zaburzeń zgryzu, o prawidłowej anatomii, które również tak jak ludzie różniły się między sobą pewnymi cechami morfologicznymi, po celowej obstrukcji górnych dróg oddechowych doszło do powstania różnego rodzaju wad zgryzu i zaburzeń szkieletowych (10, 11). W prezentowanym badaniu wykazano, że dolichofacjalne typy budowy twarzowej części czaszki zdecydowanie częściej są związane z zaburzeniami toru oddychania. Co więcej – wykazano, że morfologia ma związek ze stopniem zwężenia dróg oddechowych. Przy dostatecznej szerokości dróg oddechowych (przedział 7–9 mm do 14–18 mm) parametry szkieletowe pozostają w przedziale wartości przeciętnych, jeżeli chodzi o wymiar pionowy (NSL/ML 31,8°–36,4°; NL/ML 24°–28°) i typ rotacji twarzy (przedni kąt osi Rickettsa 88°–91,4°). W wymiarze strzałkowym szczęka również pozostaje w granicach normy (kąt SNA 79,2°–80°), natomiast zuchwa wykazuje położenie przeciętne w przedziale Holmberga 14–18 mm (SNB 77,6°) i granicznie retruzyjne (SNB 75,6°) w przedziale Holmberga 7–9 mm. W grupie z zaburzonym torem oddychania (przedziały Holmberga 1–6 mm) widoczne są zdecydowane odchylenia od wartości przeciętnych zarówno w przypadku wymiaru pionowego (NSL/ML 41,3°; NL/ML 33,6°), strzałkowego (SNA 77,7°; SNB 75,6°), jak i osi rotacji twarzy (przedni kąt osi Rickettsa 94,8°). Te obserwacje sugerują, że przy wartości mniejszej lub równej 6 mm wg Holmberga w celu poszerzenia dróg oddechowych wskazana jest ze względów ortodontycznych ingerencja laryngologiczna lub odpowiednie leczenie ortodontyczno-ortopedyczne. Dodatkowo badanie wykazało, jak kształtuje się różnica poszczególnych parametrów morfologii twarzowej części czaszki pomiędzy grupą badaną i kontrolną. Istotne jest również, że przy szerokich drogach oddechowych (19–23 mm wg Holmberga) te wartości zaczynają odbiegać od przeciętnych w przypadku wymiaru pionowego (NSL/ML 29°; NL/ML 20,7°) i osi rotacji twarzy (przedni kąt osi Rickettsa 85,5°) w stronę przeciwną niż przy wąskich drogach oddechowych. Średni wymiar strzałkowy pozostaje tu jednak w granicach normy (SNA 80,5°; SNB 78,5°). Może to również potwierdzać, że wymiar

30,5° and NL/ML 23,4° in the control group (16). Interesting results were also presented by Agren in the age group of 4–9 year-olds when they examined children before and after tonsillectomy. The mean NL/ML value of 34.3° decreased by 3.1° and NSL/ML of 38.1° decreased by 2.1° (32). A similar study was conducted by Mattar et al. with similar results (28). On the other hand, Löfstrand-Tiderström examined younger children aged 4 years, and did not notice any statistically significant differences between the study group and the control group (25). The vast majority of literature reports confirms the effects of the breathing route on the morphology of the facial skeleton (2–9, 16–33). It is still questionable whether the breathing route shapes the morphology of the facial skeleton, or whether genetically determined anatomy determines the route of breathing. In experimental animal studies Harvold proved that individual animals without malocclusions and with normal anatomy, which also differed in morphological features, just like humans, developed various types of malocclusions and skeletal abnormalities after targeted obstruction of the upper respiratory tract (10, 11). This study showed that dolichofacial types of the facial skeleton were much more often associated with disturbances of the breathing route. Moreover, morphology has been shown to be related to the degree of narrowing of the airways. With the sufficient airway width (7–9 mm to 14–18 mm), skeletal parameters remain within the range of average values in terms of the vertical dimension (NSL/ML 31.8°–36.4°; NL/ML 24°–28°) and facial rotation type (anterior angle of the Ricketts' axis 88°–91.4°). In the sagittal dimension the maxilla also remains within the limits of the norm (SNA angle 79.2°–80°), while the mandible has an average position in the Holmberg range of 14–18 mm (SNB 77.6°) and borderline retrusive (SNB 75.6°) in the Holmberg range of 7–9 mm. In the group with an impaired breathing route (Holmberg compartments 1–6 mm) significant deviations from the average values are visible in both the vertical dimension (NSL/ML 41.3°; NL/ML 33.6°), sagittal dimension (SNA 77.7°; SNB 75.6°), as well as the rotation axis of the face (anterior angle of the Ricketts' axis 94.8°). These observations suggest that with a value less than or equal to 6 mm according to Holmberg, a laryngological intervention or appropriate orthodontic-orthopaedic treatment is advisable in order to widen the airways, for orthodontic purposes. In addition, the study showed how the difference in parameters of the morphology of the facial skeleton is between the study group and the control group. It is also important to note that with wide airways (19–23 mm according to Holmberg) these values start to deviate from the average values for the vertical dimension (NSL/ML 29°; NL/ML 20.7°) and the rotation axis of the face (anterior angle of the Ricketts' axis 85.5°) in the direction opposite to that observed for narrow airways. However, the average sagittal dimension remains within the limits of the norm (SNA 80.5°; SNB 78.5°). This may also confirm that the vertical dimension is much easier and quicker affected by the environment compared to

*Effects of the upper respiratory tract cross-section on the vertical and sagittal dimension...*

pionowy zdecydowanie łatwiej i szybciej podlega wpływom środowiskowym niż wymiar strzałkowy. Ponadto różnice pomiędzy okresem rozwojowym CS1 a CS5-6 w grupie badanej i kontrolnej zależne od wzrostu nie dają wyraźnej odpowiedzi co do ciągłości zmian poszczególnych parametrów szkieletowych w kolejnych stadiach rozwojowych. Potwierdzają jednak średnią różnicę pomiędzy podgrupami CS1–C5-6, która wynosi: 4° dla SNL/ML; 1,8° dla NL/ML; 3,5° dla SNA; 3,2° dla SNB. Jeżeli chodzi o wymiar strzałkowy, to większa jest średnia różnica pomiędzy fazami CS1–CS5-6 wynikająca ze wzrostu (3,5° SNA i 3,2° SNB) niż różnica zależna od typu morfologii części twarzowej czaszki (2,3° SNA i 1,4° SNB). Oznacza to, że w trakcie rozwoju szkieletowego dysproporcja parametrów szkieletowych pomiędzy grupą badaną i kontrolną wzrasta. Zdecydowanie większa jest średnia różnica pomiędzy grupą badaną i kontrolną wynikająca prawdopodobnie ze wzorca morfologii twarzy poddanego czynnikiem środowiskowym podczas całego okresu rozwojowego (8,9° SNL/ML i 9,7° NL/ML), niż ze wzrostu w fazach CS1–CS5-6 (4° SNL/ML, 1,8° NL/ML).

### Podsumowanie

Prezentowane badanie potwierdza silną korelację wzorca oddychania z szerokością dróg oddechowych, a co więcej – potwierdza korelację pomiędzy stopniem zwężenia dróg oddechowych a morfologią twarzowej części czaszki. Wskazuje na to stopniowy wzrost wymiaru pionowego (SNL/ML i NL/ML) oraz przedniego kąta osi Rickettsa i sukcesywne zmniejszenie wymiaru strzałkowego (SNA, SNB), proporcjonalnie do zwężenia dróg oddechowych. Szerokość dróg oddechowych 1–3 mm wg Holmberga jest krytycznym przedziałem zwężenia, przy którym dochodzi do znacznych dysproporcji w morfologii twarzoczaszki (kąt Rickettsa 97,9°; SNL/ML 43,0°; NL/ML 34,8°; SNA 76,8°; SNB 74,4°) i wymaga specjalistycznej interwencji laryngologicznej, ortopedycznej lub ortognatycznej w zależności od wieku i stopnia dojrzałości szkieletowej. Przeciętne parametry morfologii twarzy występują przy szerokości górnych dróg oddechowych na wysokości migdałka gardłowego w zakresie 6 mm do 19 mm wg Holmberga. Przy szerokości dróg oddechowych powyżej 19 mm wg Holmberga nasila się anteriorotacja żuchwy i zmniejsza wymiar pionowy oraz powiększa wymiar strzałkowy. Parametry morfologii twarzowej części czaszki zmieniają się proporcjonalnie do przekroju górnych dróg oddechowych na wysokości migdałka gardłowego. Wskazuje to na pewnego rodzaju zależność, którą możemy nazwać geometrią twarzy. Może to potwierdzać wpływ zaburzeń toru oddychania na morfologię części twarzowej czaszki, ale może również świadczyć o odmiennym typie budowy uwarunkowanym genetycznie, który nie gwarantuje właściwego przepływu nosowo-gardłowego i toru oddychania w trakcie zaistnienia niekorzystnych czynników środowiskowych. Uwarunkowana genetycznie

the sagittal dimension. In addition, differences between the developmental stage of CS1 and CS5-6 in the study and control group depending on growth do not provide a clear answer as to the continuity of changes in individual skeletal parameters at subsequent developmental stages. However, they confirm the average difference between subgroups of CS1–C5-6, which is: 4° for SNL/ML; 1.8° for NL/ML; 3.5° for SNA; 3.2° for SNB. In terms of the sagittal dimension, the average difference between CS1–CS5-6 stages resulting from growth (3.5° SNA and 3.2° SNB) is greater than the difference depending on the type of morphology of the facial skeleton (2.3° SNA and 1.4° SNB). This means that during skeletal development the imbalance of skeletal parameters between the study group and the control group increases. The average difference between the study group and the control group resulting probably from the morphology pattern of the face subject to environmental factors during the entire developmental period (8.9° SNL/ML and 9.7° NL/ML) is definitely higher than related to the growth in CS1–CS5-6 stages (4° SNL/ML, 1.8° NL/ML).

### Summary

This study confirms a strong correlation between the breathing route and the width of the airways and, what is more, confirms a correlation between the degree of the airway narrowing and the morphology of the facial skeleton. This is indicated by a gradual increase in the vertical dimension (SNL/ML and NL/ML) and anterior angle of the Ricketts' axis and a gradual decrease in the sagittal dimension (SNA, SNB) in proportion to the narrowing of the airways. The airway width of 1–3 mm according to Holmberg is a critical compartment of narrowing, at which significant disproportions in the morphology of the facial skeleton occur (the Ricketts' angle 97.9°; SNL/ML 43.0°; NL/ML 34.8°; SNA 76.8°; SNB 74.4°) and it requires a specialist laryngological, orthopaedic or orthognathic intervention depending on the age and skeletal maturity. Average parameters of facial morphology are present at the upper respiratory tract width at the level of the pharyngeal tonsil in the range of 6 mm to 19 mm, according to Holmberg. According to Holmberg, if the airway width exceeds 19 mm, anterior rotation of the mandible increases, and the vertical dimension is reduced, whereas the sagittal dimension is increased. Parameters of morphology of the facial skeleton change proportionally to the cross-section of the upper respiratory tract at the level of the pharyngeal tonsil. This indicates a kind of dependence that can be called facial geometry. This may confirm the effects of disorders of the breathing route on the morphology of the facial skeleton, but it may also indicate a different type of a structure that is genetically conditioned, which does not guarantee proper nasopharyngeal flow and a breathing route when adverse environmental factors are present. The genetically conditioned structure of the facial skeleton is subject to obvious effects of phenotypic factors, and it is

budowa twarzowej części czaszki podlega bowiem oczywistym wpływom działania czynników fenotypowych, co determinuje zmienność modyfikacyjną, zwana również fluktuacyjną. Stanowi ona wszelkiego rodzaju zmiany zachodzące w organizmie podczas całego życia, które są wynikiem działania różnych czynników środowiska i nie są przekazywane potomstwu. Organizm reaguje tak na zmiany dzięki zdolności przystosowawczej (adaptacyjnej) organizmów żywych. Istnieją jednak granice uwarunkowane przez genotyp, w jakich fenotyp może być modyfikowany przez czynniki zewnętrzne. Jest to tzw. norma reakcji (plastyczność genotypu) (34–36).

determined by modification variability, also called fluctuation variability. It involves all kinds of changes in the body throughout the whole life, which are the result of various environmental factors and are not passed on to the offspring. The organism reacts to such changes thanks to the adaptability of living organisms. However, there are limits determined by the genotype in which the phenotype can be modified by external factors. This is the so-called a reaction norm (genotypic plasticity) (34–36).

## Piśmiennictwo / References

- Björk A. The face in profile. An Anthropological X-ray Investigation on Swedish Children and Conscripts. *Svensk Tandlaksre -Tidskrift Lund* 1947; 40: 180.
- Solow B, Tallgren A. Dentoalveolar morphology in relation to craniocervical posture. *Angle Orthod* 1977; 7: 157-64.
- Solow B, Kreiborg S. Soft-tissue stretching: A possible control factor in craniofacial morphogenesis. *Scand J Dent Res* 1977; 85: 505-7.
- Solow B, Tallgren A. Head posture and craniofacial morphology. *Am J Phys Anthropol* 1976; 44: 417-35.
- Linder-Aronson S, Linder-Aronson S. Adenoids-Their effect on mode of breathing and nasal air flow and their relationship to characteristics of the facial skeleton and dentition. *Acta Otolaryngol Supl* 1970; 256: 1-132.
- Linder-Aronson S, Henricson CO. Radiocephalometric analysis of anteroposterior nasopharyngeal dimensions in 6-to 12-year-old mouth breathers compared with nose breathers. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* 1973; 35: 19-29.
- Linder-Aronson S. Respiratory function in relation to facial morphology and the dentition. *Br J Orthod* 1979; 6: 59-71.
- Holmberg H, Linder-Aronson S. Cephalometric radiographs as a means of evaluating the capacity of the nasal and nasopharyngeal airway. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1979; 76: 479-90.
- McNamara JA Jr. Influence of respiratory pattern on craniofacial growth. *Angle Orthod* 1981; 51: 269-300.
- Harvold EP, Tomer BS, Vargervik K, Chierici G. Primate experiments on oral respiration. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1981; 79: 359-72.
- Harvold EP, Chierici G, Vargervik K. Experiments on the development of dental malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1972; 61: 38-44.
- Yamada T, Tanne K, Miyamoto K, Yamauchi K. Influences of nasal respiratory obstruction on craniofacial growth in young *Macaca fuscata* monkeys. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997; 111: 38-43.
- Scarano E, Ottaviani F, Di Girolamo S, Galli A, Deli R, Paludetti G. Relationship between chronic nasal obstruction and craniofacial growth : an experimental model. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 1998; 45: 125-31.
- Duda A, Stós W. Porównanie szerokości górnych dróg oddechowych na wysokości migdałka gardłowego u pacjentów z prawidłowym i zaburzonym torem oddychania. *Forum Ortod* 2018; 14: 106-18.
- Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr. An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod* 2002; 72: 316-23.
- Urbaniak A. Wpływ zwężenia dróg oddechowych na budowę twarzowej części czaszki oraz występowanie wad zgryzu u pacjentów kwalifikowanych do leczenia ortodontycznego. Praca doktorska. UM Gdańsk 2013.
- Harari D, Redlich M, Miri S, Hamud T, Gross M. The effect if mouth breathing versus nasal breathing on dentofacial and craniofacial development in orthodontic patients. *Laryngoscope* 2010; 120: 2089-93.
- Ricketts RM. Respiratory obstruction syndrome. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1968; 54: 494-507.
- Zucconi M, Caprioglio A, Calori G, Ferini-Strambi L, Oldani A, Castronovo C, Smirne S. Craniofacial modifications in children with habitual snoring and obstructive sleep apnoea: A case-control study. *Eur Respir J* 1999; 13: 411-7.
- Lessa FC, Enoki C, Feres MF, Valera FC, Lima WT, Matsumoto MA. Breathing mode influence on craniofacial development. *Braz J Otorhinolaryngol* 2005; 71: 156-60.
- Peltomäki T. The effect of mode of breathing on craniofacial growth- Revisited. *Eur J Orthod* 2007; 29: 426-9.
- Suoki BQ, Primenta GB, Suoki MQ, Franco LP, Becker HMG, Pinto JA. Prevalence of malocclusion among mouth breathing children: Do expectations meet reality? *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2009; 73: 767-73.

*Effects of the upper respiratory tract cross-section on the vertical and sagittal dimension...*

23. Suoki BQ, Lopes PB, Pereira TB, Franco LP, Becker HMG, Oliveira DD. Mouth breathing children and cephalometric pattern. Does the stage of dental development matter? *Int J Pediatr Otorinolaryngol* 2012a; 76: 837-41.
24. Suoki MQ, Suoki BQ, Franco LP, Becer HMG, Araujo E.A. Reliability of subjective, linear, ratio and area cephalometric measurements in assessing adenoid hypertrophy among different age groups. *Angle Orthod* 2012; 82: 1001-7.
25. Löfstrand-Tiderström B, Hultcrantz E. Development of craniofacial and dental arch morphology in relation to sleep disordered breathing from 4 to 12 years. Effects of adenotonsillar surgery. *Int J Pediatric Otorhinolaryngol* 2010; 74: 137-43.
26. Pirilä-Parkkinen K, Löppönen H, Nieminen P, Tolonen U, Pirttiniemi P. Cephalometric evaluation of children with nocturnal sleep-disordered breathing. *Eur J Orthod* 2010; 32: 662-71.
27. Pirilä-Parkkinen K, Löppönen H, Nieminen P, Tolonen U, Paakko E, Pirttiniemi P. Validity of upper airway assessment in children: a clinical, cephalometric and MRI study. *Angle Orthod* 2011; 81: 433-9.
28. Mattar SEM, Valera FCP, Faria G, Matsumoto MAN, Anselmo-Lima WT. Changes in facial morphology after adenotonsillectomy in mouth-breathing children. *Int J Pediatr Dent* 2011; 21: 389-96.
29. Kołciuk L, Kołciuk A, Dylewski Ł, Zadurska M. Wpływ morfologii twarzowej części czaszki i stanu zgryzu na wymiar górnych dróg oddechowych – przegląd piśmiennictwa. *Forum Ortod* 2017; 13:178-89.
30. Gungor AY, Turkkahraman H. Effects of airway problems on maxillary growth: a review. *Eur J Dent* 2009; 3: 250-4.
31. Franco LP, Souki BQ, Cheib PL, Abrão M, Pereira TB, Becker HM, Pinto JA. Are distinct etiologies of upper airway obstruction in mouth-breathing children associated with different cephalometric patterns? *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2015; 79: 223-8.
32. Agren K, Nordlander B, Linder-Aronson S, Zettergren-Wijk L, Svanborg E. Children with nocturnal upper airway obstruction: postoperative orthodontic and respiratory improvement. *Acta Otolaryngol* 1998; 118: 581-7.
33. EL. H, Palomo JM. Airway volume for different dentofacial skeletal patterns. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011; 139: e511-21.
34. Scoot A Kelly, Tamim M Panhuis, Andrew M Stoehr. Phenotypic Plasticity: Molecular Mechanisms and Adaptive Significance. *Compr Physiol* 2012; 2: 1417-39.
35. Clint EK, Sober E, Garland T Jr, Rhodes JS. Male superiority in spatial navigation: adaptation or side effect. *Q Rev Biol* 2012; 87: 289-313.
36. Marciniak M. Imprinting genomowy u ssaków: najnowsze doniesienia. *Post Biol Kom* 2008; 35: 243-52.