

Zróźnicowanie morfometryczne zatoki szczękowej we wzorcach szkieletowych twarzoczaszki

Morphometric differentiation of the maxillary sinus in craniofacial skeletal patterns

Zbigniew Paluch¹ **A B C D F**

Robert Warnecki¹ **A C D E F**

Dominika Nowak-Polak¹ **A C D F**

Ewa Kluczevska² **A E F**

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

¹ Prywatna praktyka
Private Practice

² Katedra i Zakład Radiologii Lekarskiej i Radiodiagnostyki, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach
Chair and Department of Medical Radiology and Radiodiagnostics, Medical University of Silesia in Katowice

Streszczenie

W piśmiennictwie prezentowano badania wzajemnych relacji górnych dróg oddechowych (GDO) i struktur tkanek twardych twarzoczaszki. **Cel.** Zbadanie zerowej hipotezy, która zakładała, że wartości pomiarów zatoki szczękowej na zdjęciach LCR i PA nie mają wzajemnych zależności z wartościami wyników klas szkieletowych twarzoczaszki. **Materiał i metody.** Do badania wykorzystano zdjęcia LCR oraz PA przedstawicielei polskiej populacji. Zakwalifikowano 122 badanych ze zdjęciami w projekcji LCR i PA. Wiek badanych w całej grupie wynosił od 4,4 do 19,3 lat. Grupę podzielono

Abstract

The literature presents studies on the relationships between the upper airway (UA) and the structures of the hard tissues of the facial skeleton. **Aim.** To test the null hypothesis that there are no correlations between the measurement values of the maxillary sinus in LCRs and PA cephalometric radiographs and the values of facial skeletal classification. **Material and methods.** The LCRs and PA cephalometric radiographs of Polish subjects were extracted. There were 122 subjects with LCRs and PA cephalometric radiographs enrolled in the study. The subjects' age in the whole group

Adres do korespondencji/*Correspondence address:*

Zbigniew Paluch

e-mail: zbemalipk@gmail.



Copyright: © 2020 Polish Orthodontic Society. This is an Open Access journal, all articles are distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), allowing third parties to copy and redistribute the material in any medium or format and to remix, transform, and build upon the material, provided the original work is properly cited and states its license.

na 3 podgrupy na podstawie klasyfikacji klas szkieletowych według metody McNamary oraz na dwie podgrupy ze względu na płeć. Wyznaczono punkty cefalometryczne i wartości pól powierzchni zatok szczękowych zarówno na LCR, jak i na PA. Analizę cefalometryczną wykonano za pomocą programu Orto-Ceph-ZPaluch. Przeprowadzono wieloczynnikową analizę kowariancji, a następnie testy post hoc z korektą Tukeya. **Wyniki.** Średnie wartości pomiarów powierzchni zatoki szczękowej zarówno na zdjęciach LCR, jak i na PA miały istotne związki z wartościami wyników klasyfikacji klas szkieletowych twarzoczaszki. Średnie wartości pomiarów pól powierzchni zatok szczękowych zarówno na LCR, jak i na PA w III klasie szkieletowej istotnie się różniły od średnich wartości w klasach I oraz II. **Wnioski.** Zerowa hipoteza została odrzucona na rzecz hipotezy alternatywnej. Wartości pomiarów zatoki szczękowej na zdjęciach LCR i PA miały istotne wzajemne zależności z wartościami klas szkieletowych twarzoczaszki. Płeć oraz interakcja płci z wiekiem nie są czynnikami, które różnicują wartości pól powierzchni zatok szczękowych. (**Paluch Z, Warnecki R, Nowak-Polak D, Kluczevska E. Zróżnicowanie morfometryczne zatoki szczękowej we wzorcach szkieletowych twarzoczaszki. Forum Ortod 2020; 16 (2): 91-100.**)

Nadesłano: 01.02.2020

Przyjęto do druku: 14.05.2020

<https://doi.org/10.5114/for.2020.97336>

Słowa kluczowe: górne drogi oddechowe, wada zgryzu, zatoka szczękowa, cefalogram

Wprowadzenie

Zatoka szczękowa – jedna z czterech zatok przynosowych – jest zlokalizowana w trzonie szczęki. W badaniach prowadzonych w zakresie ortodoncji, chirurgii ortognatycznej, laryngologii poszukiwano odpowiedzi na pytania odnoszące się do obecności istotnych wzajemnych relacji określonych struktur twarzoczaszki. Te relacje badano przy zastosowaniu między innymi radiografii cefalometrycznej, ze względu na jej szeroką dostępność i powszechną używalność (1). Klasyfikacje klas szkieletowych oraz morfometri tkanek twardych twarzy analizowano na obrazach 2-D zdjęć cefalometrycznych bocznych (LCR) i tylnoprzodnych (PA) twarzoczaszki. Autorzy części tych analiz skupili się na wzajemnych relacjach np. pozycji zębów, podstaw szczękowych, podstawy czaszki. Analizy odnosiły się między innymi do wartości pomiarów: liniowych, kątowych, pól powierzchni, jak również stosunku jednego pomiaru do drugiego (2–4).

Inne badania dotyczyły wzajemnych związków górnych dróg oddechowych (GDO) i struktur tkanek twardych twarzoczaszki. Wzajemnie istotne związki GDO z różnymi zdefiniowanymi strukturami twarzoczaszki były poszukiwane zarówno w bezpośrednim sąsiedztwie anatomicznym, jak

ranged between 4.4 and 19.3 years old. The group was divided into 3 subgroups, based on skeletal class classification using the McNamara method, and into 2 subgroups, based on sex. Cephalometric landmarks and the maxillary sinus areas were determined in both LCRs and PA cephalometric radiographs. The cephalometric analysis was performed using the Orto-Ceph-ZPaluch software. A multivariate analysis of covariance was performed followed by post hoc tests with Tukey's correction. **Results.** The mean values of the measurements of the maxillary sinus area in LCRs and PA cephalometric radiographs were significantly related to the result values of facial skeletal classification. The mean values of the measurements of the maxillary sinus areas in LCRs and PA cephalometric radiographs in skeletal class III were significantly different from the mean values in class I and class II. **Conclusions.** The null hypothesis was rejected in favor of the alternative hypothesis. The measurement values of the maxillary sinus in LCRs and PA cephalometric radiographs revealed significant relationships with the result values of facial skeletal classification. The sex and the interaction of sex with age are not factors that differentiate maxillary sinus surface area values. (**Paluch Z, Warnecki R, Nowak-Polak D, Kluczevska E. Morphometric differentiation of the maxillary sinus in craniofacial skeletal patterns. Orthod Forum 2020; 16 (2): 91-100.**)

Received: 01.02.2020

Accepted: 14.05.2020

<https://doi.org/10.5114/for.2020.97336>

Key words: malocclusion, maxillary sinus, upper airway, cephalogram

Introduction

The maxillary sinus is one of the four paranasal sinuses, and it is located in the body of the maxilla. Studies on the existence of significant relationships of specific facial skeletal structures have been conducted in the fields of orthodontics, orthognathic surgery and laryngology. These relationships were investigated using cephalometric radiography due to its wide availability and common usability (1). Skeletal class classification and the morphometry of hard tissues of the facial skeleton were analyzed using 2D lateral cephalometric radiographs (LCRs) and posteroanterior (PA) cephalometric radiographs. The authors of some of these analyses focused on mutual relationships of e.g. teeth position, maxillary bases and the cranial base. The analyses were related to linear, angular and area measurements and to the ratio of one measurement to another (2-4).

Other studies investigated the relationships between the upper airway (UA) and hard tissue structures of the facial skeleton. Significant relationships between UA and various structures of the facial skeleton were investigated in the close

Morphometric differentiation of the maxillary sinus in craniofacial skeletal patterns

również w odległych, niegraniczących ze sobą obszarach (1, 5, 6). Związki GDO z określonymi strukturami twarzoczaszki były mierzone zarówno na obrazach 2-D, jak i na 3-D (7). Jednakże część badaczy w wynikach tych badań nie znalazła istotnych związków lub słabe związki GDO i wzorca szkieletu twarzoczaszki (8, 9). Pokazano natomiast istotną korelację wartości zmiennej ANB z określoną zmierzoną przestrzenią gardła (10–12). W wynikach badań dowiedziono, że wzajemne korelacje określonych struktur GDO z pomiarami tkanek twardych twarzoczaszki mogą być istotnym czynnikiem diagnostycznym w schorzeniach GDO (13).

W dostępnym piśmiennictwie brak jest odpowiedzi na pytania dotyczące istotnych zależności wartości powierzchni GDO i tkanek twardych twarzoczaszki związanych ze wzorcem klasyfikacji szkieletu twarzoczaszki.

Cel

Celem tego badania było sprawdzenie zerowej hipotezy, która zakładała, że wartości powierzchni zatok szczękowych na zdjęciach LCR i PA nie mają wzajemnych zależności z wartościami klas szkieletowych twarzoczaszki.

Materiał i metody

Badanie miało charakter retrospektywny. Do badania wykorzystano karty wywiadu, zdjęcia LCR oraz PA przedstawicieli polskiej populacji z prywatnej praktyki ortodontycznej. Wszystkie zdjęcia LCR i PA stanowiły część początkowej diagnozy, zgodnie ze wskazaniami przed leczeniem ortodontycznym. Badania wykonano jednym urządzeniem rentgenowskim firmy Vatech, Digital X-ray Imaging System, PCH-2500. Technika badania była standardowa, zgodnie z następującym protokołem: pozycja stojąca, głowa ustawiona w naturalnym położeniu, wargi w pozycji spoczynkowej w lekkim kontakcie, język ułożony na dnie jamy ustnej w pozycji spoczynkowej, badany nieprzetykający śliny, zęby w maksymalnym zwarciu. Zdjęcia LCR i PA w formie cyfrowej całej próby badawczej zapisano na serwerze w formacie jpg. Wśród kryteriów wyłączenia z badania znalazły się: historia leczenia ortodontycznego lub chirurgii ortognatycznej, wady twarzoczaszki, takie jak rozszczep wargi lub podniebienia, patologie związane z głównymi drogami oddechowymi.

Do badania zakwalifikowano 122 badanych ze zdjęciami w projekcji LCR i PA. Badanych płci żeńskiej było 67, co stanowiło 54,9% liczebności próby badawczej, a badanych płci męskiej było 55, co stanowiło 45,1%. Grupę badawczą podzielono na trzy podgrupy, według metody McNamary klasyfikacji klas szkieletowych oraz na dwie podgrupy ze względu na płeć. Klasyfikacji klas szkieletowych dokonano na podstawie różnicy długości zmiennych Co–Gn i Co–A, z uwzględnieniem wieku kalendarzowego, płci i pozycji szczęki (14).

anatomical vicinity and in distant (non-adjacent) areas (1, 5, 6). The relationships between UA and specific craniofacial structures were measured using 2D and 3D images (7). However, some researchers found weak associations or no significant relationships between UA and the craniofacial skeletal pattern (8, 9). Studies demonstrated a significant correlation between ANB values and the pharyngeal space (10–12). Study results showed that correlations between specific UA structures and the measurements of craniofacial hard tissues may be an important diagnostic factor in UA diseases (13).

However, in the available literature, there are no studies on the significance of relationships between morphometry of the UA area and hard tissues of the facial skeleton associated with the facial skeletal pattern classification.

Aim

The aim of this study was to test the null hypothesis that there are no significant relationships between the values of the maxillary sinus areas in LCRs and PA cephalometric radiographs and the values of facial skeletal classification.

Material and methods

Dental history records, LCRs and PA cephalometric radiographs of Polish subjects from a private orthodontic practice were used in this retrospective study. All LCRs and PA cephalometric radiographs were taken as indicated and as part of the initial diagnosis before orthodontic treatment. Images were taken using one X-ray device (Vatech, Digital X-ray Imaging System, PCH-2500). The standard method of obtaining the images was in accordance with the following protocol: standing position, natural head position, lips in the rest position and in slight contact, the tongue in the rest position on the bottom of the oral cavity, no saliva swallowing, teeth in maximum occlusion. Digital LCRs and PA cephalometric radiographs of all study subjects were saved in the JPG file format on a server. The study exclusion criteria were as follows: history of orthodontic treatment or orthognathic surgery, craniofacial anomalies e.g. cleft lip or cleft palate, pathologies associated with the UA.

There were 122 subjects with LCRs and PA cephalometric radiographs enrolled in the study. The group consisted of 67 women – 54.9% of the total number of subjects and 55 men – 45.1%. The study group was divided into 3 subgroups, according to the skeletal classification with the McNamara method and into 2 subgroups according to sex. Skeletal class classification was based on the difference in the length of Co–Gn and Co–A variables, considering the calendar age, sex and the maxillary position (14).

The Orto-Ceph-ZPaluch (OCZP) software used for the cephalometric analysis was developed by Jerzy Piłśniak, PhD, Eng and Mateusz Paluch, BSc, Eng. All radiological images were calibrated to obtain the real dimensioning of

Do analizy cefalometrycznej wykorzystano program Orto-Ceph-ZPaluch (OCZP) autorstwa dr. n. technicznych Jerzego Piłśniaka i inż. Mateusza Palucha. Wykonano kalibrację wszystkich obrazów radiologicznych, aby uzyskać rzeczywiste wymiarowanie struktur anatomicznych i wyeliminować błędy systemowe. Punkty cefalometryczne, pola powierzchni zatok szczękowych wyznaczał jeden badacz (ZP), który również zebrał wszystkie dane. Gdy na obrazie występowały dwa zarysy danej struktury, punkt identyfikowano pośrodku tych zarysów. Użyte punkty cefalometryczne, pole powierzchni zatoki szczękowej (SMLL), definicje punktów i zmiennych na LCR zaprezentowano na rycinie 1. Na rycinie 2 przedstawiono pole powierzchni zatoki szczękowej prawej (SMRPA) i pole powierzchni zatoki szczękowej lewej (SMLPA) na zdjęciu PA.

Metodologia badań statystycznych

We wszystkich testach przyjęto poziom istotności równy 0,05. W celu zbadania postawionej hipotezy, mówiącej o braku istotnej zależności między średnimi wartościami pól powierzchni zatoki szczękowej na zdjęciach LCR i PA a wartościami klas szkieletowych twarzoczaszki, wykonano wieloczynnikową analizę kowariancji. Aby wyeliminować wpływ zmiennej wieku na badaną zależność, wprowadzono ją do analizy jako kowariant. Następnie dla czynników, dla których uzyskano wynik istotny statystycznie, wykonano testy post hoc z korektą Tukeya w celu sprawdzenia, które średnie porównywanych grup różnią się między sobą istotnie statystycznie.

Analiza statystyczna została wykonana w programie JASP

Na 45 przypadkowo wybranych zdjęciach LCR i PA powtórnie wykreślono zarysy zatoki szczękowej oraz wyznaczono punkty przez badacza (RW), aby zmierzyć, czy jakkolwiek intra-examiner błąd wynikał z wyboru punktu, procedury wykreślenia, pomiaru błędu. T-test dla powtórzonych pomiarów wykonano i żadnych istotnych różnic nie stwierdzono.

Wyniki

Przeprowadzona analiza wykazała, że wartość klasy szkieletowej i wiek są czynnikami istotnie różnicującymi zmienne niezależne SMLL, SMLPA i SMRPA, co daje podstawę do odrzucenia zerowej hipotezy mówiącej o tym, że wartości pól powierzchni zatoki szczękowych nie mają wzajemnych zależności z klasami szkieletowymi twarzoczaszki.

Wyniki analiz post hoc wskazują, że średnie wartości powierzchni zarówno SMLL, SMLPA jak i SMRPA w klasie szkieletowej III są istotnie większe od średnich wartości powierzchni w klasach szkieletowych I i II. Uzyskane w tym badaniu wyniki dotyczące związków wartości klas szkieletowych ze średnimi powierzchniami zatoki szczękowej na

anatomical structures as well as to eliminate system errors. Cephalometric landmarks and the maxillary sinus areas were determined by one researcher (ZP) who also collected all the data. When two outlines of a given structure were visualized on a radiograph, the landmark was identified in the middle of these outlines. The cephalometric landmarks, the maxillary sinus area (SMLL), definitions of landmarks and variables on the LCRs are presented in Figure 1. Figure 2 shows the area of the right maxillary sinus (SMRPA) and the area of the left maxillary sinus (SMLPA) in PA cephalometric radiographs.

Statistical analysis

A significance level of 0.05 was used in all tests. A multivariate analysis of covariance was performed in order to examine the hypothesis that there was no significant relationship between the mean values of the maxillary sinus surface areas in LCRs and PA cephalometric radiographs, and skeletal classes of the facial skeleton. To eliminate the impact of the age variable on the studied relationship, age was introduced as a covariate into the analysis. Then, for factors for which a statistically significant result was obtained, post hoc tests with Tukey's correction were performed to check which means of compared groups differ statistically significantly.

Statistical analysis was performed using JASP software

The outlines of the maxillary sinus were drawn again on 45 randomly selected LCRs and PA cephalometric radiographs, and the landmarks were determined by the same researcher (RW) to retrace and remeasure whether any intra-examiner errors resulted from the selection of a landmark, the procedure of drawing or the error measurement. The t-test for repeated measurements was performed, and no significant differences were found.

Results

The analysis showed that the skeletal class value and age are factors significantly differentiating independent variables SMLL, SMLPA and SMRPA, and therefore, the null hypothesis that the values of the maxillary sinus surface areas did not have mutual relationships with the skeletal classes of the facial skeleton could be rejected.

The results of post hoc analyses show that the mean surface values of SMLL, SMLPA and SMRPA in case of skeletal class III are significantly higher than the mean surface values in skeletal classes I and II. The results obtained in this study regarding the relationship between skeletal class values and mean maxillary sinus surfaces in LCR cephalometric radiographs confirm the results obtained in PA cephalometric radiographs. Tables 1-7 contain the results of analyses performed. The unit applied in all tables is a millimeter. Figure 3 shows the results in a graph.



Rycina 1. Punkty cefalometryczne i zmienna SMLL na LCR. N - Nasion najbardziej doprzędni punkt na szwie czołowo-nosowym w płaszczyźnie pośrodkowej; Or - Orbitale najniższy punkt na dolnym brzegu oczodołu; ANS - Anterior nasal spine szczyt kolca nosowego przedniego w płaszczyźnie pośrodkowej; A - Subspinale najgłębszy punkt na przednim ograniczeniu wyrostka zębodołowego szczęki poniżej kolca nosowego przedniego w płaszczyźnie pośrodkowej; Id - infradentale najbardziej doprzędni i górny punkt na wyrostku zębodołowym żuchwy; Po - Porion (punkt anatomiczny) najwyższy punkt otworu słuchowego zewnętrznego; Co - Condylion najbardziej tylny-górny punkt wyrostka kłykciowego żuchwy; Pt - Pterygomaxillary fissure najbardziej tylny-górny punkt na zarysie szczeliny skrzydłowo-podniebiennej; Go1 - Gonion1 najbardziej dotylny i najniższy punkt trzonu żuchwy w okolicy kąta żuchwy; Me - Menton najniższy punkt na spojeniu żuchwy w płaszczyźnie pośrodkowej; Gn1 - Gnathion1 (konstrukcyjny) konstrukcyjny punkt utworzony na przecięciu płaszczyzny żuchwy (Me-Go1) i płaszczyzny twarzowej (N-Pg1) w płaszczyźnie pośrodkowej; Gn - Gnathion (anatomiczny) konstrukcyjny punkt na przecięciu osi twarzowej (Pt-Gn1) z ograniczeniem przednim spojenia żuchwy w płaszczyźnie pośrodkowej; Pg1 - Pogonion1 najbardziej doprzędni i dogórny punkt na przedniej powierzchni spojenia żuchwy w płaszczyźnie pośrodkowej; SMLL - powierzchnia zatoki szczękowej na LCR.

Figure 1. Cephalometric landmarks and the SMLL variable on the lateral cephalometric radiograph. N - Nasion - the most anterior point on the frontonasal suture in the median plane; Or - Orbitale - the most inferior point on the inferior margin of the orbit; ANS - Anterior nasal spine - the tip of the median sharp bony process of the maxilla; A - Subspinale - the most posterior midline point on the premaxilla between the anterior nasal spine and the prosthion; Id - infradentale - the most anterior and superior point on the alveolar process of the mandible; Po - Porion (anatomical landmark) - the most superior point of the outline of the external auditory meatus; Co - Condylion - the most posterior and superior point on the condyle of the mandible; Pt - Pterygomaxillary fissure - the most posterior and superior point at the outline of the pterygopalatine fissure; Go1 - Gonion1 - the most posterior and inferior point on the angle of the mandible; Me - Menton - the most inferior point on the mandibular symphysis in the median plane; Gn1 - Gnathion1 - construction point at the intersection of the mandibular baseline (Me-Go1) and the nasion-pogonion line (N-Pg1) in the median plane; Gn - Gnathion - point located perpendicular on the mandibular symphysis midway between pogonion and menton; Pg1 - Pogonion1 - the most anterior and superior point of the mandibular symphysis in the median plane; SMLL - maxillary sinus area.

zdjęciach LCR potwierdzają wyniki uzyskane na zdjęciach PA. Tabele 1–7 zawierają wyniki przeprowadzonych analiz, zastosowana w nich jednostka to milimetr. Rycina 3. przedstawia wyniki na wykresie.

Płeć oraz interakcja płci z wiekiem nie są czynnikami, które różnicują wartości pól powierzchni zatok szczękowych. Średnie wartości powierzchni SMLL, SMLPA jak i SMRPA nie różnią się istotnie między klasami szkieletowymi I i II.

Dyskusja

W badaniu poszukiwano zależności pomiędzy wynikami morfometrii związanych z polami powierzchni zatok szczękowych zdefiniowanych na obrazach radiologicznych, mierzonych zarówno na LCR, jak i na PA, a cechami klas szkieletowych. U badanych klasyfikację klas szkieletowych określono według metody McNamara, związanej z różnicą długości żuchwy i środkowego piętra twarzy. Ta metoda została użyta, ponieważ uwzględnia w klasyfikacji zarówno płeć, jak i wiek badanych (14). Z kolei inne powszechne metody klasyfikacji klas szkieletowych, na przykład oparte na zmiennej kąta ANB czy pomiarze metrycznym WITS, nie analizują ani płci, ani wieku badanych. Te aspekty zróżnicowania płciowego oraz wieku, połączone ze związkami szkieletowymi szczęki, zaprezentowali Urssi i wsp. (15). Ponadto Gu i wsp. pokazali u badanych związki płci i wieku z pomiarami GDO (16).

W naszym badaniu brak było istotnych różnic wartości średniej w wynikach przeprowadzonej analizy kowariancji pomiędzy płcią męską a żeńską. Podobne wyniki braku istotnych różnic w wymiarach zatoki szczękowej pomiędzy grupami płci zaprezentowali Endo i wsp. (17).

W prezentowanych wynikach badań pole powierzchni zatoki szczękowej było istotnie większe w III klasie szkieletowej od pól powierzchni w pozostałych klasach zarówno na zdjęciach LCR, jak i PA. Z kolei Said i wsp. na badaniach związków między powierzchnią zatoki czołowej a zdefiniowanymi klasami wad zgryzu pokazali, że średnie wartości pól powierzchni w klasie III, wyłączając klasę III edge to edge, są istotnie większe od średnich wartości w klasie I. W przeciwieństwie do naszych wyników Said i wsp. zaprezentowali brak istotnych różnic średnich wartości pól powierzchni między klasami II i III. Także ci autorzy, w przeciwieństwie do naszych wyników, pokazali znaczące różnice między klasami I i II (18).

Istotne różnice wymiarów pól powierzchni zatoki szczękowej w badanych grupach pokazali także Ryu i wsp. Jednakże ich badani byli podzieleni na grupy w zależności od różnych pionowych pomiarów cefalometrycznych. Pomimo innych czynników grupujących jest to potwierdzenie zróżnicowania morfometrii pól powierzchni zatok szczękowych na obrazach radiologicznych w płaszczyźnie strzałkowej w różnych grupach badawczych (19).

Sex and the interaction of sex with age are not factors differentiating maxillary sinus surface area values. The mean surface values of SMLL, SMLPA and SMRPA do not differ significantly between skeletal classes I and II.

Discussion

The study analyzed the relationships between morphometric results associated with the maxillary sinus area, defined and measured in both LCRs and PA cephalometric radiographs, and the features of skeletal classes. Skeletal class classification was determined in the subjects according to the McNamara method related to a difference in the mandibular length and the midface. This method was applied because it takes into consideration both sex and age of subjects (14). On the other hand, other common methods of skeletal class classification e.g. based on the ANB angle variable or the WITS measurement do not analyze neither sex nor age of subjects. These aspects of sex and age differentiation combined with skeletal relationships of the maxilla were presented by Urssi et al. (15). In addition, Gu et al. demonstrated the relationship of sex and age with UA measurements (16).

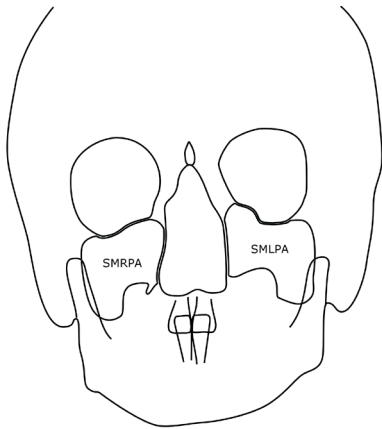
In this study, no significant differences in the mean value were observed in the results of the analysis of covariance between female and male subgroups. Similar results related to the lack of significant differences in the maxillary sinus dimensions between sexes were presented by Endo et al. (17).

The results obtained in this study show that the maxillary sinus surface area was significantly larger in the skeletal class III than the surface areas in other classes in both LCRs and PA cephalometric radiographs. On the other hand, Said et al. in studies of relationships between the frontal sinus surface area and defined classes of malocclusion showed that the mean surface area values in class III, excluding class III edge to edge, are significantly higher than the mean values in class I. Contrary to our results, Said et al. presented no significant differences in the mean values of surface areas between classes II and III. Contrary to our results, these authors also showed significant differences between classes I and II (18).

Significant differences in the dimensions of the maxillary sinus surface areas in study groups were also shown by Ryu et al. However, their subjects were divided into groups depending on different vertical cephalometric measurements. Despite other grouping factors, this confirms the diversity of morphometry of the maxillary sinus surface areas on radiographic images in the sagittal plane within various study groups (19).

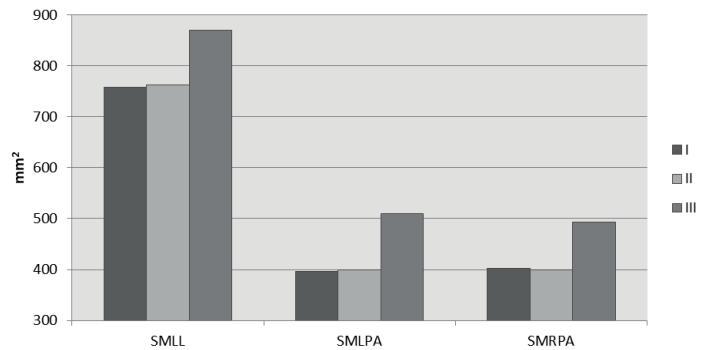
In 1992, Oktay et al. using orthopantomographs in the frontal plane sections demonstrated that the measurements of maxillary sinuses showed no significant correlations with malocclusions. Also Endo et al. (2010) presented the results

Morphometric differentiation of the maxillary sinus in craniofacial skeletal patterns



Rycina 2. Zmienne SMRPA (powierzchnia prawej zatoki szczękowej na PA) i SMLPA (powierzchnia lewej zatoki szczękowej na PA) na PA.

Figure 2. Variables on the posteroanterior cephalometric radiograph: SMRPA (area of the right maxillary sinus) and SMLPA (area of the left maxillary sinus).



Rycina 3. Średnie wartości pomiarów powierzchni zatoki szczękowej na rtg w sklasyfikowanych klasach szkieletowych twarzoczaszki.

Figure 3. Mean values of the measurements of the maxillary sinus area on radiographs in facial skeletal class.

Tabela 1. Statystyka opisowa

Table 1. Descriptive statistics

	SMLL	SMLPA	SMRPA	Wiek / Age
Średnia / Mean	775.524	413.058	413.424	10.960
SD	155.415	117.254	117.943	3.055
Minimum	412.600	183.900	197.400	4.400
Maximum	1270.900	816.400	819.800	19.300

Tabela 2. Analiza kowariancji dla zmiennej SMLL

Table 2. Analysis of covariance for the SMLL variable

	Suma kwadratów / Sum of squares	df	Średni kwadrat / Mean square	F	p	η^2
Klasa szkieletowa / Skeletal class	290779.722	2	145389.861	11.502	< .001	0.096
Płeć / Sex	3427.766	1	3427.766	0.271	0.604	0.001
Wiek / Age	1.225e +6	1	1.225e +6	96.897	< .001	0.406
Klasa szkieletowa * Płeć / Skeletal class * Sex	41794.480	2	20897.240	1.653	0.196	0.014
Reszty / Residuals	1.454e +6	115	12640.390			

Tabela 3. Testy post hoc – SMLL

Table 3. Post hoc comparisons – SMLL

Klasa szkieletowa / Skeletal class	Średnia różnica / Mean difference	SE	t	p_{tukey}
I-II	-4.505	22.353	-0.202	0.978
I-III	-140.775	34.004	-4.140	< .001
II-III	-136.271	33.824	-4.029	< .001

Tabela 4. Analiza kowariancji dla zmiennej SMLPA

Table 4. Analysis of covariance for the SMLPA variable

	Suma kwadratów / Sum of squares	df	Średni kwadrat / Mean square	F	p	η^2
Klasa szkieletowa <i>Skeletal class</i>	211023.418	2	105511.709	10.421	<.001	0.124
Płeć <i>Sex</i>	8740.368	1	8740.368	0.863	0.355	0.005
Wiek <i>Age</i>	314786.795	1	314786.795	31.089	<.001	0.185
Klasa szkieletowa * Płeć <i>Skeletal class * Sex</i>	5675.586	2	2837.793	0.280	0.756	0.003
Reszty <i>Residuals</i>	1.164e +6	115	10125.187			

Tabela 5. Testy post hoc – SMLPA

Table 5. Post hoc comparisons – SMLPA

Klasa szkieletowa <i>Skeletal class</i>	Średnia różnica <i>Mean difference</i>	SE	t	P_{tukey}
I-II	-0.832	20.006	-0.042	0.999
I-III	-123.585	30.433	-4.061	<.001
II-III	-122.753	30.273	-4.055	<.001

Tabela 6. Analiza kowariancji dla zmiennej SMRPA

Table 6. Analysis of covariance for the SMRPA variable

	Suma kwadratów / Sum of squares	df	Średni kwadrat / Mean square	F	p	η^2
Klasa szkieletowa <i>Skeletal class</i>	144370.486	2	72185.243	6.340	0.002	0.084
Płeć <i>Sex</i>	9062.458	1	9062.458	0.796	0.374	0.005
Wiek <i>Age</i>	246412.263	1	246412.263	21.642	<.001	0.143
Klasa szkieletowa * Płeć <i>Skeletal class * Sex</i>	9199.176	2	4599.588	0.404	0.669	0.005
Reszty <i>Residuals</i>	1.309e +6	115	11386.057			

Tabela 7. Testy post hoc – SMRPA

Table 7. Post hoc comparisons – SMRPA

Post hoc comparisons - Klasa szkieletowa / <i>Skeletal class</i>				
Klasa szkieletowa <i>Skeletal class</i>	Średnia różnica <i>Mean difference</i>	SE	t	P_{tukey}
I-II	4.049	21.215	0.191	0.980
I-III	-96.649	32.273	-2.995	0.009
II-III	-100.698	32.102	-3.137	0.006

Morphometric differentiation of the maxillary sinus in craniofacial skeletal patterns

Oktay i wsp. (1992) wykazali, że na zdjęciach ortopantomograficznych (orthopantomographs) w przekrojach w płaszczyźnie czołowej pomiary zatok szczękowych mierzonych nie miały istotnych korelacji z wadami zgryzu. Również Endo i wsp. (2010) zaprezentowali wyniki, w których brak było istotnych korelacji pomiędzy pomiarami zatoki szczękowej na cefalogramach bocznych a badanymi mężczyznami i kobietami podzielonymi na podgrupy związanymi z trzema klasami szkieletowymi uzyskanymi według metody związanej ze zmienną kąta ANB. Były to odmienne wyniki od przedstawionych w tym badaniu, gdzie pomiary zatok szczękowych uzyskanych na zdjęciach PA, a więc także w przekrojach w płaszczyźnie czołowej, miały istotne związki z wadami klas szkieletowych twarzoczaszki. Te odmienne wyniki uzyskane przez Oktay i wsp. można wytłumaczyć innymi technikami materiału badawczego zdjęć radiologicznych, choć będącymi w tych samych przekrojach płaszczyzn czołowych. Inny podział wad zgryzu puli badawczej był również u Oktay i wsp. (17, 20).

Zgodnie z naszymi wynikami odrzucamy zerową hipotezę. W prezentowanym badaniu wystąpiły istotne zależności pomiędzy średnimi wartościami pól powierzchni zatok szczękowych a wynikami klasyfikacji wad szkieletu twarzoczaszki zarówno na radiologicznych obrazach LCR, jak i na PA. Te wyniki sugerują, że wzorce szkieletu twarzoczaszki mogą mieć wzajemne istotne związki z wymiarami zatok szczękowych. W tym badaniu grupy badawcze były podzielone według strzałkowych wad zgryzu. Dalsze prospektywne badania mogłyby być wykonane z pulą badawczą sklasyfikowaną według pionowych wad zgryzu twarzoczaszki.

Wnioski

Pomiędzy klasami szkieletowymi twarzoczaszki a wartościami pól powierzchni zatok szczękowych występują istotne zależności zarówno na LCR, jak i na PA.

Wielkości pól powierzchni zatok szczękowych, zarówno na zdjęciach LCR, jak i na zdjęciach PA były istotnie większe w klasach szkieletowych III od wielkości pól powierzchni zatoki szczękowej w klasach szkieletowych I i II.

showing no significant correlations between maxillary sinus measurements on lateral cephalograms and study men and women divided into subgroups associated with three skeletal classes obtained according to the method associated with the ANB angle variable. The results were different from results of this work in which the measurements of maxillary sinuses showed significant relationships with craniofacial anomalies in PA cephalometric radiographs and in the frontal plane section. Different results obtained by Oktay et al. can be explained by different techniques adopted in the study despite the same frontal plane sections. A different classification of malocclusions of the study sample was also found in Oktay et al. (17, 20).

The null hypothesis has been rejected based on our study results. Significant relationships were observed between the mean values of the maxillary sinus surface areas and the results of the classification of craniofacial anomalies in both LCRs and PA cephalometric radiographs. These results suggest that the craniofacial skeletal patterns may have significant mutual relationships with the maxillary sinus dimensions. In this study, groups were divided according to the sagittal malocclusions. Further prospective studies are required with the study sample classified according to vertical malocclusions.

Conclusions

Significant relationships were observed between facial skeletal classes and the values of maxillary sinus surface area in both LCRs and PA cephalometric radiographs.

The values of maxillary sinus surface areas in both LCRs and PA cephalometric radiographs were significantly higher in skeletal class III than the maxillary sinus areas in class I and class II.

Piśmiennictwo / References

1. Paluch Z, Wojtyna J, Misiólek M. The influence of nasopharyngeal patency on the morphology of nasomaxillary complex. *Acta Odontol Scand* 2013; 71: 1599-605.
2. Dunn GF, Green LJ, Cunat JJ. Relationships between variation of mandibular morphology and variation of nasopharyngeal airway size in monozygotnic twins. *Angle Orthod* 1973; 43: 129-35.
3. Ishikawa H, Nakamura S, Iwasaki H, Kitazawa S, Tsukada H, Sato Y. Dentoalveolar compensation related to variations in sagittal jaw relationships. *Angle Orthod* 1999; 69: 534-8.
4. Ucar FI, Uysal T. Orofacial airway dimensions in subjects with Class I malocclusion and different growth patterns. *Angle Orthod* 2011; 81: 460-8.
5. Ansar J, Maheshwari S, Verma SK, Singh RK, Agarwal DK, Bhat-tacharya P. Soft tissue airway dimensions and craniocervical posture in subjects with different growth patterns. *Angle Orthod* 2015; 85: 604-10
6. ChenY, Hong L, Wang CL, Zhang SJ, Cao C, Wei F, Lv T, Zhang F, Liu DX. Effect of large incisor retraction on upper airway morphology in adult bimaxillary protrusion patients. *Angle Orthod* 2012; 82: 964-70.

7. El H, Palomo JM. Airway volume for different dentofacial skeletal patterns. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011; 139: e511-21.
8. 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: 447-53.
9. Di Carlo G, Polimeni A, Melsen B, Cattaneo PM. The relationship between upper airways and craniofacial morphology studied in 3D. A CBCT study. *Orthod Craniofac Res* 2015; 18: 1-11.
10. Abu Allhaija ES, Al-Khateeb SN. Uvulo-glosso-pharyngeal dimensions in different anteroposterior skeletal patterns. *Angle Orthod* 2005; 75: 1012-8.
11. Alves M Jr, Franzotti ES, Baratieri C, Nunes LK, Nojima LI, Ruelas AC. Evaluation of pharyngeal airway space amongst different skeletal patterns. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2012; 41: 814-9.
12. Indriksone I, Jakobsone G. The influence of craniofacial morphology on the upper airway dimensions. *Angle Orthod* 2015; 85: 874-80.
13. Haskell JA, Haskell BS, Spoon ME, Feng C. The relationship of vertical skeletofacial morphology to oropharyngeal airway shape using cone beam computed tomography: Possible implications for airway restriction. *Angle Orthod* 2014; 84: 548-54.
14. McNamara JA Jr. A method of cephalometric evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1984; 86: 449-69.
15. Ursi WJ, Trotman C, McNamara JA Jr, Behrents RG. Sexual dimorphism in normal craniofacial growth. *Angle Orthod* 1993; 63: 47-56.
16. 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; 10: 38.
17. Endo T, Abe R, Kuroki H, Kojima K, Oka K, Shimooka S. Cephalometric evaluation of maxillary sinus sizes in different malocclusion classes. *Odontology* 2010; 98: 65-72.
18. Said OT, Rossouw PE, Fishman LS, Feng C. Relationship between anterior occlusion and frontal sinus size. *Angle Orthod* 2017; 87: 752-8.
19. Ryu J, Choi SH, Cha JY, Lee KJ, Hwang CJ. Retrospective study of maxillary sinus dimensions and pneumatization in adult patients with an anterior open bite. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2016; 150: 796-801.
20. Oktay H. The study of the maxillary sinus areas in different orthodontic malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992; 102: 143-5.