

GDAŃSKI UNIWERSYTET MEDYCZNY
ZAKŁAD ORTODONCJI



Agnieszka Szemraj-Folmer

**Ocena długości trwania skoku wzrostowego twarzowej części czaszki
u pacjentów ze szkieletowym zgryzem otwartym**

**Assessment of the duration of the pubertal growth spurt in patients with
skeletal open bite**

Rozprawa na stopień doktora nauk medycznych

Promotor: dr hab. n. med. Anna Wojtaszek-Słomińska

Promotor pomocniczy: dr n. med. Bogna Racka-Pilszak

Gdańsk 2021

*Składam serdeczne podziękowania mojej Promotor,
Pani dr hab. n. med. Annie Wojtaszek-Słomińskiej
za wszechstronną pomoc, poświęcony czas, mobilizację do pracy naukowej,
cenne rady i wskazówki, a także cierpliwość i wyrozumiałość
podczas powstawania niniejszej pracy.*

Pracę dedykuję mojej Mamie i mężowi Łukaszowi

SPIS TREŚCI

SPIS TREŚCI.....	3
WYKAZ SKRÓTÓW.....	4
Wskazanie osiągnięcia naukowego.....	5
A. Tytuł osiągnięcia naukowego.....	5
B. Autorzy, tytuły publikacji, nazwa wydawnictwa, rok wydania.....	5
Streszczenie osiągnięcia naukowego.....	6
Summary of scientific achievement.....	8
Omówienie prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego.....	10
Piśmiennictwo.....	22

WYKAZ SKRÓTÓW

CVM	–	cervical vertebral maturation, dojrzałość kręgów szyjnych
HWM	–	hand-wrist maturation, dojrzałość kośćca dłoni i nadgarstka
CS3	–	cervical stage 3, trzecie stadium w metodzie CVM
CS4	–	cervical stage 4, czwarte stadium w metodzie CVM
C2	–	drugi kręg szyjny
C3	–	trzeci kręg szyjny
C4	–	czwarty kręg szyjny
Kąt NS/ML	–	kąt zawarty między linią <i>Nasion – Sella</i> oraz linią styczną do trzonu żuchwy
I N	–	I klasa szkieletowa normokątowa (norma szkieletowa)
III N	–	III klasa szkieletowa normokątowa
I H	–	I klasa szkieletowa wysokokątowa (ze zgryzem otwartym szkieletowym)
III H	–	III klasa szkieletowa wysokokątowa (ze zgryzem otwartym szkieletowym)

WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO

A. Tytuł osiągnięcia naukowego:

Ocena długości trwania skoku wzrostowego twarzowej części czaszki u pacjentów ze szkieletowym zgryzem otwartym.

Osiągnięcie zostało udokumentowane cyklem trzech prac, w tym dwóch oryginalnych i jednej pogładowej (przeгляд systematyczny), opublikowanych w recenzowanych czasopismach, znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR).

Sumaryczny IF wynosi: 7,046; punktacja MNiSW: 240

B. Autorzy, tytuły publikacji, nazwa wydawnictwa, rok wydania

- 1) Szemraj A, Wojtaszek-Słomińska A, Racka-Pilszak B. Is the cervical vertebral maturation (CVM) method effective enough to replace the hand-wrist maturation (HWM) method in determining skeletal maturation? – a systematic review. Eur J Radiol 2018, 102: 125-128. DOI: [10.1016/j.ejrad.2018.03.012](https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2018.03.012)
IF: 2,948; punktacja MNiSW: 30
- 2) Szemraj-Folmer A, Wojtaszek-Słomińska A, Racka-Pilszak B, Kuc-Michalska M. Assessment of the duration of the pubertal growth spurt in patients with skeletal open bite. A cross-sectional study. J Orofac Orthop 2020.
DOI: [10.1007/s00056-020-00262-2](https://doi.org/10.1007/s00056-020-00262-2)
IF: 1,286; punktacja MNiSW: 70
- 3) Szemraj-Folmer A, Wojtaszek-Słomińska A, Racka-Pilszak B, Kuc-Michalska M. Duration of the pubertal growth spurt in patients with increased craniofacial growth component in sagittal and vertical planes – retrospective and cross-sectional study. Clin Oral Investig 2021.
DOI: [10.1007/s00784-021-03799-7](https://doi.org/10.1007/s00784-021-03799-7)
IF: 2,812; punktacja MNiSW: 140

STRESZCZENIE OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO

WSTĘP

W procesie leczenia ortodontycznego młodego pacjenta określenie, czy pacjent jest przed, w trakcie lub po skoku wzrostowym, wpływa na dobór odpowiedniej metody leczenia. Ocena wrodzonego potencjału wzrostu twarzowej części czaszki pacjenta służy również do ustalenia optymalnego czasu leczenia modyfikującego wzrost, chirurgicznego i retencyjnego. Badania wskazują, że skok wzrostowy ma zmienną długość w grupach pacjentów różniących się rodzajem szkieletowej wady zgryzu. W piśmiennictwie jest niewiele danych dotyczących szczytu wzrostu pionowego u pacjentów z zaburzeniami w płaszczyźnie wertykalnej. Wiedza ta byłaby przydatna w zaplanowaniu odpowiedniego momentu rozpoczęcia i zakończenia leczenia oraz właściwej metody postępowania terapeutycznego.

CELE

Głównym celem badania było oszacowanie i porównanie średniego wieku metrykalnego przypadającego na stadium CS3 i CS4 (stadia korelujące z rozpoczęciem i zakończeniem skoku wzrostowego) oraz długości trwania skoku wzrostu twarzowej części czaszki. Ponadto rozprawa doktorska miała również na celu ocenę wieku kostnego u pacjentów, u których stwierdzono zgryz otwarty szkieletowy oraz sprawdzenie zależności między zgryzami otwartymi z różnym wrodzonym typem wzrostu twarzy a stadiami rozwojowymi, przypadającymi na skok wzrostowy.

MATERIAŁ I METODY

Badanie retrospektywne, przekrojowe składało się z dwóch etapów. W pierwszej części materiał stanowiła ortodontyczna dokumentacja medyczna 145 pacjentów. Pacjentów podzielono na dwie grupy: grupę badaną – 104 pacjentów ze stwierdzonym zgryzem otwartym szkieletowym i grupę kontrolną – 41 pacjentów z prawidłowymi pomiarami relacji przednio-tylnych i pionowych. W drugim etapie materiał do badania stanowiła ortodontyczna dokumentacja medyczna 213 pacjentów, których podzielono na cztery grupy: normę szkieletową, III klasę szkieletową normokątową, III klasę szkieletową wysokokątową oraz I klasę szkieletową wysokokątową.

W obydwu etapach do oceny wieku szkieletowego zastosowano sześciostopniową metodę wg Baccetti'ego i wsp., określającą dojrzałość kręgów szyjnych. Do ustalenia pomiarów przednio-tylnych i pionowych użyto analizę Steinera w modyfikacji Kaminka. Zmienne typu ilościowego zostały scharakteryzowane za pomocą średniej arytmetycznej i odchylenia standardowego. Długość trwania skoku

wzrostu została obliczona z różnicy średnich wieku metrykalnego przypadającego na stadia CS3 i CS4.

WYNIKI

W pierwszym etapie w grupie badanej średnia arytmetyczna przypadająca na stadium CS3 wynosiła 11,12, a na stadium CS4 – 13,54. Długość skoku wzrostowego wynosiła 2,42 lata. W grupie kontrolnej średnia arytmetyczna przypadająca na stadium CS3 wynosiła 10,71, a na stadium CS4 – 11,82. Długość skoku wzrostowego wynosiła 1,11.

W drugim etapie badań najkrótszy skok wzrostowy zaobserwowano w grupie z normą szkieletową (1,07), a następnie w III klasie normokątowej (1,56). Największe różnice między stadiami CS4-CS3 wystąpiły w grupach: I klasie wysokokątowej i III klasie wysokokątowej (odpowiednio 2,27 i 2,68).

WNIOSKI

Skok wzrostowy u pacjentów ze szkieletowym zgryzem otwartym trwa dłużej niż u pacjentów z normą szkieletową. Skok wzrostowy u płci męskiej rozpoczyna się później niż u płci żeńskiej. Początek skoku wzrostowego u pacjentów z normą szkieletową i ze szkieletowym zgryzem otwartym przypada na podobny wiek chronologiczny. Natomiast zaobserwowano następującą tendencję we wzroście długości skoku wzrostowego: norma szkieletowa < III klasa normokątowa < I klasa szkieletowa wysokokątowa < III klasa szkieletowa wysokokątowa.

SUMMARY OF SCIENTIFIC ACHIEVEMENT

INTRODUCTION

During orthodontic treatment of an adolescent patient, the determination of whether this patient is before, during, or past the pubertal growth spurt will impact the choice of the most suitable therapeutic method. In practice, the assessment of the innate craniofacial growth potential will also make it possible to determine the optimal moment for surgical, retention and growth modifying treatments. Studies indicate that pubertal growth spurt varies in its duration in patients manifesting different types of occlusal skeletal defects. There are few reports in the literature on the vertical growth spurt in patients affected by vertical plane disorders. Awareness in this field would be useful in determining the right moment to initiate and conclude treatment performed with the most suitable therapeutic option.

AIMS OF THE STUDY

The main aim of the study was to assess and compare the mean chronological age related to CS3 and CS4 maturation stages, which are correlated with the onset and end of pubertal growth spurt, and the duration of craniofacial growth spurt. The doctoral thesis also examined the skeletal age in patients diagnosed with skeletal open bite and to verify the correlation between types of open bite with various congenital face growth and pubertal growth spurt developmental stages.

MATERIAL AND METHODS

Retrospective, cross-sectional study consisted of two stages. In the first one, orthodontic records of 145 patients were analyzed. The patients were divided into two groups: the study group comprised 104 patients with skeletal open bite and the control group composed of 41 patients with normal anteroposterior and vertical measurements. In the second stage, the study material consisted of medical records of 213 patients which was subsequently divided into four groups: normodivergent skeletal Class I, normodivergent skeletal Class III, high-angle Class III and high-angle skeletal Class I.

In both parts of the study, the 6-stage CVM method according to Baccetti *et al.* was used to assess the skeletal age. The sagittal and vertical skeletal relations were evaluated according to Steiner analysis with Kaminek's modification. Quantitative variables were characterized by means of the arithmetic mean and standard deviation. The duration of the pubertal growth spurt was calculated from the difference between the means of the chronological age related to CS3 and CS4.

RESULTS

In the first part of the study, the arithmetic mean related to CS3 was 11.12 in the study group, whereas in the case of CS4 it was 13.54. The duration of the pubertal growth spurt was 2.42 years. In the control group, the arithmetic mean related to CS3 was 10.71 whereas in the case of CS4 it was 11.82. The duration of the pubertal growth spurt was 1.11 years.

In the second part of the study, the shortest lasting pubertal growth spurt was observed in normodivergent Class I (1.07), followed by normodivergent Class III (1.56). Major differences between CS4-CS3 were seen between high-angle Class I and high-angle Class III (2.27 and 2.68, respectively).

CONCLUSIONS

Pubertal growth spurt in patients with skeletal open bite lasts longer than in normodivergent patients. Pubertal growth spurt in males begins later than in females. The onset of the pubertal growth spurt in patients with normal anteroposterior and vertical measurements and skeletal open bite is chronologically similar. The following tendency was observed in the duration of the pubertal growth spurt: normodivergent skeletal Class I < normodivergent skeletal Class III < high-angle skeletal Class I < high-angle skeletal Class III.

Wprowadzenie

Wzrost człowieka jest zjawiskiem anatomicznym polegającym na przyroście wymiarów ciała. Szczególnym przedmiotem zainteresowania ortodontów i ortopedów szczękowych jest wzrost twarzoczaszki. Proces ten od chwili narodzin trwa co najmniej przez następne dwie dekady i odbywa się w trzech kierunkach nierównomiernie. W wymiarze poprzecznym trwa najkrócej. Następnie obserwuje się nieco dłuższy wzrost w płaszczyźnie sagitalnej. Natomiast pionowy wzrost struktur twarzoczaszki może trwać nawet do wieku dorosłego [1,2].

Wrodzony wzorzec wzrostu jest pojęciem bardziej złożonym i odnosi się do zmian proporcji przestrzennych w określonym czasie. Zazwyczaj wzorzec (model) wzrostu charakteryzuje się przewidywalnością [1]. Wiedza na temat rozwoju dojrzewającego człowieka jest szeroko poznana. Są stworzone wykresy naniesione na siatki centylowe, opisujące prawidłowe przyrosty wymiarów ciała w jednostce czasu [3]. Jednak zegar biologiczny każdego człowieka, zależny od czynników genetycznych i środowiskowych, jest ustawiony inaczej, co bywa przyczyną licznych odchyłeń we wzroście [4,5]. Te rozbieżności są szczególnie widoczne podczas okresu dojrzewania.

W tym czasie obserwuje się zróżnicowanie osobnicze, dlatego wszelkie odstępstwa od normy fizjologicznej należy rozważać indywidualnie [2]. Płeć żeńska dojrzewa szybciej o około dwa lata od płci męskiej [6]. Etapy dojrzewania u chłopców są trudniejsze do wyodrębnienia niż u dziewcząt, ponieważ są mniej charakterystyczne [7]. Istotne w procesie dojrzewania są również inne komponenty, m.in. zmiany hormonalne, środowiskowe, genetyka, klimat oraz sposoby odżywiania [8]. Te wszystkie czynniki wpływają na niedoskonałość wieku metrykalnego jako wyznacznika procesu dojrzewania. Liczne badania potwierdzają niską korelację między wiekiem metrykalnym a wzrostem pokwitaniowym [9,10,11]. Ważniejszy jest wiek szkieletowy, czyli wskaźnik poziomu rozwoju tkanki kostnej, będący odzwierciedleniem wieku biologicznego danego pacjenta [12].

Do oceny wieku szkieletowego służy wiele metod. W ortodoncji najbardziej przystępną jest metoda oceny dojrzałości kręgów szyjnych – cervical vertebral maturation (CVM), bowiem analiza ta jest wykonana na zdjęciu telerentgenowskim,

które jest rutynowo zlecane w czasie diagnozowania pacjentów z wadami zgryzu [13,14]. Wg autorów tej metody do najbardziej intensywnego wzrostu kości, w szczególności żuchwy, dochodzi między stadiami CS3 i CS4 [15,16]. Korelują one z początkiem i zakończeniem skoku wzrostowego, czyli zazwyczaj kilkumiesięcznego etapu w okresie dojrzewania, w którym przyrost rozmiarów tkanki kostnej jest najszybszy [17,18].

W procesie leczenia ortodontycznego młodego pacjenta określenie, czy pacjent jest przed, w trakcie lub po skoku wzrostowym, wpływa na dobór odpowiedniej metody leczenia [19,20]. Ta ocena wrodzonego potencjału wzrostu twarzowej części czaszki pacjenta służy również do ustalenia optymalnego czasu leczenia modyfikującego wzrost i retencyjnego. Jest niezbędna także przy wyznaczaniu terminów zabiegów chirurgiczno-ortognatycznych, żeby mogły się odbyć po zakończeniu rozwoju szczęki i żuchwy. Przede wszystkim umożliwia zaplanowanie leczenia czynnościowego w ten sposób, aby potencjał wzrostu twarzowej części czaszki był całkowicie wykorzystany [21].

Badania wskazują, że skok wzrostowy ma zmienną długość w grupach pacjentów różniących się rodzajem szkieletowej wady zgryzu [22,23,24]. W piśmiennictwie jest niewiele danych dotyczących szczytu wzrostu pionowego u pacjentów z zaburzeniami w płaszczyźnie wertykalnej [25]. Wiedza ta byłaby przydatna w ustaleniu właściwego momentu rozpoczęcia i zakończenia leczenia oraz retencji, dlatego podjęto badania w tej tematyce.

Głównym celem badania było oszacowanie i porównanie średniego wieku metrykalnego przypadającego na stadium CS3 i CS4 oraz długości trwania skoku wzrostu twarzowej części czaszki. Ponadto rozprawa doktorska miała również na celu ocenę wieku kostnego u pacjentów, u których stwierdzono zgryz otwarty szkieletowy oraz sprawdzenie zależności między zgryzami otwartymi z różnym wrodzonym typem wzrostu twarzy a stadiami rozwojowymi, przypadającymi na skok wzrostowy.

Projekt badawczy uzyskał zgodę Niezależnej Komisji Bioetycznej do Spraw Badań Naukowych przy Gdańskim Uniwersytecie Medycznym (NKBBN/43/2017).

Czy metoda CVM może zastąpić metodę HWM w wyznaczaniu dojrzałości szkieletowej? – przegląd piśmiennictwa (Publikacja 1)

Jedną z metod, przyjętą przez badaczy jako "złoty standard", jest określenie wieku kostnego na podstawie rozwoju kośćca dłoni i nadgarstka – hand-wrist maturation (HWM) [26]. Klasyfikacja ta wiąże się jednak z dodatkowym napromieniowaniem pacjenta. Problem ten wyeliminowała wprowadzona w 1972 roku metoda oceny dojrzałości kręgów szyjnych na bocznym zdjęciu telerentgenowskim, które jest rutynowo wykonywane przy planowaniu leczenia ortodontycznego [27].

Stadia CVM (cervical vertebral maturation) były kilkakrotnie przekształcane i unowocześniane. W ortodoncji najbardziej aktualną, powszechnie stosowaną metodą określenia wieku szkieletowego jest klasyfikacja CVM wg Baccetti'ego, Franchi'ego i McNamary z 2005 r. Badacze wdrożyli modyfikację oceny wieku kostnego na podstawie rozwoju kręgów szyjnych, ulepszając ją na potrzeby diagnostyki ortodontycznej. Autorzy odnieśli zmiany zachodzące w trzonach kręgów szyjnych do dynamiki wzrostu żuchwy w okresie dojrzewania. Zostały przedstawione badania potwierdzające występowanie najbardziej intensywnego wzrostu długości żuchwy między stadiami CS3 i CS4 [15]. Zdaniem autorów nie ma różnic pomiędzy określeniem wieku szkieletowego metodą CVM a metodą dłoni i nadgarstka [28].

Celem pracy była ocena przydatności metody CVM oraz zweryfikowanie założenia, iż zmodyfikowana metoda CVM przez Baccetti'ego i wsp. może zastąpić metodę oceny dojrzałości szkieletowej opartej na rentgenogramie dłoni i nadgarstka na podstawie przeglądu piśmiennictwa z lat 2006-2016.

W ramach badań skorzystano z bazy PubMed, używając słów kluczowych: CVM Hand Wrist (21 wyników), CVM method (725 wyników), Baccetti method (159 wyników).

W pierwszym etapie selekcji otrzymano 905 prac. Odrzucono artykuły powtarzające się przy wprowadzeniu poszczególnych słów kluczowych. Ze zbioru 521 prac wyłączono artykuły dotyczące pacjentów leczonych wcześniej ortodontycznie, z chorobami ogólnoustrojowymi, z rozszczepami podniebienia i innymi deformacjami szkieletu. Następnie dokonano analizy streszczeń, która wyselekcjonowała 48 prac. Po zapoznaniu się z treścią artykułów z materiału badanego odrzucono przeglądy piśmiennictwa, komentarze, artykuły poruszające inne kwestie. Nie zastosowano

żadnych metod zaślepienia – zarówno autor, jak i czasopismo były jawne dla badacza. Ostatecznie do przeglądu zakwalifikowano 10 prac.

We wszystkich artykułach na zdjęciach telerengenowskich wiek kostny oceniano metodą CVM wg Baccetti'ego i wsp. Natomiast metody określenia dojrzałości szkieletowej kośćca dłoni i nadgarstka były różne.

Mimo że autorzy posługiwali się różnymi testami statystycznymi, wszystkie prace prezentowały wysoki poziom korelacji między badanymi metodami. W ośmiu artykułach naukowcy przyznali, iż klasyfikacja CVM może zastąpić metodę HWM. W dwóch publikacjach badacze sugerowali raczej, aby metodę CVM, chociaż cechuje się przydatnością i kompatybilnością, traktować jako dodatkową [29,30]. Najniższy współczynnik korelacji wyniósł 0,616 [30], a najwyższy 0,937 [31]. W pracach, w których wyniki były przedstawione z podziałem na płeć, udowodniono, że wyższy poziom korelacji występuje u kobiet [32,33,34].

Jedynie w trzech pracach wspomniano o wykorzystaniu randomizacji i zaślepienia w przeprowadzonych badaniach [34,35,36]. W dwóch artykułach z trzech pojawiła się tylko informacja, że zastosowano kryteria kodowania [35,36]. Brakowało szczegółowego opisu przyjętych założeń. Tylko w jednej pracy rzetelnie opisano całą procedurę randomizacji [34]. Posłużono się losową selekcją zdjęć telerengenowskich, które zostały ocenione przez trzech niezależnych badaczy.

Podobny przegląd piśmiennictwa zaprezentował Santiago i wsp. [37]. Autorzy wyselekcjonowali więcej publikacji, ponieważ uwzględnili wszystkie metody CVM. Uważają oni, że niektóre artykuły, uzasadniające wysoką korelację klasyfikacji CVM z HWM, opierają się na niewystarczających metodach statystycznych. Tylko 6 prac na 23 odnalezionych przez badaczy, spełniających warunki, uznano za publikacje od umiarkowanej do wysokiej jakości metodologicznej. Opisane badania nie mogły zostać wykorzystane do wykonania metaanalizy, bowiem użyto w nich różnych metod oceny dojrzałości szkieletowej. Autorzy zwrócili również uwagę na brak konkretnych kryteriów randomizacji.

Poważnym zarzutem do metody HWM, którego nie można pominąć w świetle współczesnej ochrony radiologicznej, jest dodatkowa ekspozycja na promieniowanie rentgenowskie [9,38,39]. Istotną wadą tej analizy jest brak zmian, sygnalizujących rozpoczęcie skoku wzrostowego. Istnieją wyłącznie stadia, mówiące o szczycie oraz zakończeniu skoku [40].

Ocena wieku szkieletowego metodą CVM jest wykonywana na zdjęciu telerentgenowskim, rutynowo stosowanym w praktyce ortodontycznej, co czyni ją łatwą w zastosowaniu. Określenie cech jedynie kręgów C2, C3 i C4 jest możliwe nawet, gdy pacjent posiada ochronny kołnierz zabezpieczający tarczycę [34]. Zatem dawka promieniowania rentgenowskiego jest ograniczona do minimum.

Wnioski

1. Metoda CVM wykazuje wysoki poziom korelacji z metodą HWM.
2. Ze względu na małą ilość prac o tej tematyce, istnieje potrzeba przeprowadzenia dalszych badań z zachowaniem zabiegów metodologicznych, np. randomizacji.

Ocena długości trwania skoku wzrostowego twarzowej części czaszki u pacjentów ze szkieletowym zgryzem otwartym (Publikacja 2)

Zwiększenie objętości twarzowej części czaszki postępuje w trzech wymiarach. Najbardziej intensywnie i zarazem najdłużej przebiega w płaszczyźnie wertykalnej, co sprawia, iż leczenie wad pionowych, w tym zgryzów otwartych, bywa trudne i może trwać latami [1].

Celem pracy była ocena wieku kostnego u pacjentów, u których stwierdzono zgryz otwarty szkieletowy, a także oszacowanie i porównanie średniego wieku metrykalnego przypadającego na stadium CS3 i CS4 oraz długości trwania skoku wzrostu twarzowej części czaszki.

Materiał do badań stanowiła ortodontyczna dokumentacja medyczna 145 pacjentów. Pacjentów podzielono na dwie grupy: grupę badaną – 104 pacjentów ze stwierdzonym zgryzem otwartym szkieletowym (kąąt NS/ML>39 stopni wg analizy Steinera) i grupę kontrolną – 41 pacjentów z prawidłowymi pomiarami relacji przednio-tylnych i pionowych. Badani spełniali kryteria doboru: wiek od 7 do 18 roku życia, dokumentacja medyczna dobrej jakości, brak wcześniejszego leczenia ortodontycznego, brak zespołów genetycznych. Do oceny wieku szkieletowego zastosowano sześciostopniową metodę wg Baccetti'ego i wsp. [15], określającą dojrzałość kręgów szyjnych.

Zmienne typu ilościowego zostały scharakteryzowane za pomocą średniej arytmetycznej i odchylenia standardowego. Długość trwania skoku wzrostu została obliczona z różnicy średnich wieku metrykalnego przypadającego na stadia CS3 i CS4. Istotność różnic pomiędzy dwiema grupami została obliczona za pomocą testu t-studenta i testu U Manna-Whitney'a. W obliczeniach za poziom istotności przyjęto $p < 0,05$.

W grupie badanej średnia arytmetyczna przypadająca na stadium CS3 wynosiła 11,12 lat, a na stadium CS4 – 13,54 lat. Podgrupy te różniły się istotnie statystycznie ($p=0,001$). Długość skoku wzrostowego wynosiła 2,42 lata. W grupie kontrolnej średnia arytmetyczna przypadająca na stadium CS3 to 10,71 lat, a na stadium CS4 – 11,82 lat. Również te podgrupy różniły się istotnie statystycznie ($p=0,014$), a długość skoku wzrostowego wynosiła 1,11 lat.

W dostępnej literaturze jest niewiele publikacji na temat długości skoku

wzrostowego u pacjentów z zaburzeniami w płaszczyźnie wertykalnej [25,41]. Celebri i wsp. [41] zbadali szczyt skoku wzrostowego u pacjentów z zaburzeniami w płaszczyźnie sagitalnej i wertykalnej. Pacjenci byli podzieleni na dwanaście grup: osobno płeć żeńska i męska z I, II i III klasą szkieletową oraz pacjenci normo-, nisko- i wysokokątowci. Między poszczególnymi wzorcami wzrostu nie było istotnych statystycznie różnic. Być może rozbieżności między badaniami wynikały z niższych liczebności grup. Grupa pacjentów wysokokątowych składała się tylko z 35 osób.

W badaniach własnych długość skoku wzrostowego u pacjentów ze szkieletowym zgryzem otwartym jest ponad dwukrotnie większa niż u pacjentów z prawidłowymi pomiarami relacji przednio-tylnych i pionowych. Można zatem przypuszczać, że wzrost twarzowej części czaszki w płaszczyźnie wertykalnej jest zwiększony, ponieważ skok pokwitaniowy trwa dłużej. Do podobnych obserwacji doszli naukowcy zajmujący się III klasą szkieletową. W badaniach tych długość skoku wzrostowego w grupach kontrolnych (norma szkieletowa) wynosiła 9,72-11 miesięcy, natomiast u pacjentów z III klasą 14,52-17 miesięcy. Autorzy przyznali, iż zwiększony wzrost żuchwy może wynikać z dłuższego skoku wzrostowego [22,23,42].

Kolejna interesująca obserwacja, która wynika ze wszystkich powyższych badań, to zbliżona średnia arytmetyczna wieku przypadającego na początek skoku wzrostowego w grupach kontrolnych i badanych, co oznacza, że pacjenci z normą szkieletową i III klasą rozpoczynają najbardziej intensywny wzrost w zbliżonym wieku metrykalnym. Do podobnych wniosków dochodzimy, analizując dane w tej pracy. Średnie arytmetyczne przypadające na stadium CS3 w obydwu grupach nie różniły się istotnie statystycznie.

Zarówno w grupie kontrolnej, jak i badanej średnia wieku przypadającego na stadium CS3 była niższa o 0,5-1,5 roku u płci żeńskiej w porównaniu do płci męskiej, co jest spójne z innymi badaniami [43].

Obszerna literatura dotycząca wczesnego leczenia zgryzu otwartego obejmuje wiele różnych podejść terapeutycznych [44]. Wiedza o dłuższym skoku wzrostowym pacjenta ze zgryzem szkieletowym otwartym w porównaniu z pacjentem z prawidłowymi relacjami przednio-tylnymi i pionowymi może pomóc w doborze odpowiedniej metody terapeutycznej. Informuje także o możliwości dłuższego działania ortopedycznego nakierunkowanego na pozytywną zmianę pionowego wzorca wzrostu pacjenta w okresie intensywnych przemian kostnych [45].

Wnioski

1. Skok wzrostowy u pacjentów ze szkieletowym zgryzem otwartym trwa dłużej niż u pacjentów z normą szkieletową.
2. Początek skoku wzrostowego u pacjentów z normą szkieletową i ze szkieletowym zgryzem otwartym przypada na podobny wiek chronologiczny.
3. Skok wzrostowy u płci męskiej rozpoczyna się później niż u płci żeńskiej.
4. Wiedza o dłuższym skoku wzrostowym pacjenta ze zgryzem szkieletowym otwartym w porównaniu z pacjentem z prawidłowymi relacjami przednio-tylnymi i pionowymi może pomóc w doborze odpowiedniej metody terapeutycznej oraz informuje o możliwości dłuższego, a zatem bardziej skutecznego, działania ortopedycznego nakierowanego na pozytywną zmianę pionowego wzorca wzrostu pacjenta w okresie intensywnych przemian szkieletowych.

Długość trwania skoku wzrostowego u pacjentów z nasiloną komponentą wzrostu twarzoczaszki w płaszczyźnie sagittalnej i pionowej – badanie retrospektywne przekrojowe (Publikacja 3)

Skok wzrostowy jest okresem w życiu człowieka, w którym dochodzi do wielu, intensywnych zmian w organizmie. Odroczenie terapii leczniczej w tym przedziale czasowym może wiązać się z bezpowrotnym utraceniem potencjału wzrostowego [1]. Z tego powodu tak ważna przy diagnozowaniu pacjentów z wadami zgryzu wydaje się ocena wieku szkieletowego [46,47].

Badania wskazują, że skok wzrostowy ma zmienną długość w grupach różniących się rodzajem szkieletowej wady zgryzu. Najczęściej obserwuje się prawdopodobną zależność: skok wzrostowy trwa krócej w II klasie szkieletowej, a dłużej w III w stosunku do pacjentów z normą szkieletową [22,23,24]. Badań nad skokiem pokwitaniowym u pacjentów z zaburzeniami w płaszczyźnie pionowej jest wciąż niewiele [25,41]. Ze względu na pionowy wzrost twarzoczaszki, który trwa dłużej niż poprzeczny i sagitalny, było interesującym sprawdzenie, czy nasilona pionowa komponenta wzrostu ma również odzwierciedlenie w długości skoku wzrostowego.

Celem pracy była ocena wieku szkieletowego, przypadającego na początek i koniec skoku pokwitaniowego oraz oszacowanie długości tego skoku w czterech grupach:

1. I klasa szkieletowa normokątowa (norma szkieletowa) (I N)
2. III klasa szkieletowa normokątowa (III N)
3. III klasa szkieletowa wysokokątowa (ze zgryzem otwartym szkieletowym) (III H)
4. I klasa szkieletowa wysokokątowa (ze zgryzem otwartym szkieletowym) (I H)

Najważniejszym wspólnym kryterium doboru było stadium CS3 (korelujące z początkiem skoku wzrostowego) lub CS4 (wskazujące na koniec skoku pokwitaniowego) wg sześciostopniowej metody CVM wg Baccetti'ego i wsp. [15]. Pozostałe kryteria włączenia to wiek (7-18 rok życia) oraz rentgenogramy dobrej jakości. Wcześniejsze leczenie ortodontyczne, rozszcypy oraz zespoły genetyczne wyłączyły pacjentów z badania. Do oceny relacji szkieletowych zastosowano analizę Steinera z poprawką Kaminka.

Średnie arytmetyczne w różnych grupach przypadające na stadium CS3 i CS4 zostały porównane za pomocą ANOVA oraz testów post-hoc Tukey'a. Długość trwania skoku wzrostu została obliczona z różnicy średnich wieku metrykalnego przypadającego na stadia CS3 i CS4. Następnie porównano długość skoku wzrostowego między grupami za pomocą modelu liniowego z interakcjami zmiennych. Dla wszystkich testów jako graniczny poziom istotności przyjęto $p < 0,05$.

Do badania zakwalifikowano 213 zdjęć cefalometrycznych – w tym 129 należących do płci żeńskiej, a 84 do męskiej. Najniższa średnia przypadająca na stadium CS3 wystąpiła w grupach III H i I N (10,72 i 10,74), a na stadium CS4 również w grupie I N (11,81). Najpóźniej skok wzrostowy rozpoczynał się w grupie III N (11,94), a kończył się w I H (13,76).

Najkrótszy skok wzrostowy wystąpił w grupie I N (1,07), następnie o 6 miesięcy dłuższy w III N (1,56). Większe różnice między średnimi arytmetycznymi CS4-CS3 pojawiły się w grupach I H i III H (odpowiednio 2,27 i 2,68). Obie grupy z pacjentami wysokokątowymi (I H i III H) różniły się istotnie statystycznie od normy szkieletowej (I N). W pozostałych zestawieniach grup nie zaobserwowano różnic istotnych statystycznie.

W literaturze jest dostępnych wiele publikacji dotyczących skoku wzrostowego u pacjentów z zaburzoną poziomą komponentą wzrostu. Zdecydowana większość prac potwierdza dłuższy skok wzrostowy u pacjentów z III klasą szkieletową [22,23,42]. Różnica między pacjentami z normą szkieletową a trzecioklasowymi wynosi od 4,8 do 5,9 miesięcy, co jest spójne z badaniami własnymi (6 miesięcy).

Prac naukowych na temat długości skoku wzrostowego u pacjentów wysokokątowych jest nadal niewiele. Najbardziej zbliżone badanie porównuje I i II klasę szkieletową również u pacjentów ze zgryzem otwartym szkieletowym [48]. Grupa pacjentów z wysokim kątem jest mniej liczna (83 osoby) w porównaniu z niniejszą pracą (105 osoby), ale wyniki są zbliżone – potwierdzają także dłuższy skok wzrostowy u pacjentów ze zgryzem szkieletowym otwartym.

Analiza statystyczna potwierdziła wcześniejsze rozpoczęcie skoku wzrostowego u płci żeńskiej w porównaniu do płci męskiej. U dziewcząt stadium CS3 występowało od pół roku do dwóch lat wcześniej w zależności od relacji szkieletowych.

Warto wziąć pod uwagę, że pacjent z wadą wysokokątową w okresie dojrzewania może rosnąć dłużej niż normokątowy rówieśnik. W powyższym badaniu najstarsi pacjenci ze zgryzem szkieletowym otwartym osiągnęli prawie 17,5 r.ż.

Obserwacje te są zgodne z badaniami Behrents'a [2].

Wnioski

1. Skok wzrostowy u pacjentów wysokokątowych trwa istotnie statystycznie dłużej niż u pacjentów z normą szkieletową.

2. Skok wzrostowy u płci męskiej rozpoczyna się od pół roku do nawet dwóch lat później niż u płci żeńskiej w zależności od wady.

3. Zaobserwowano następującą tendencję we wzroście długości skoku wzrostowego: norma szkieletowa < III klasa normokątowa < I klasa szkieletowa wysokokątowa < III klasa szkieletowa wysokokątowa. Tendencja ta jest tylko istotna statystycznie w przypadku pacjentów wysokokątowych w porównaniu do normy szkieletowej.

Podsumowanie

Wyniki prac, wchodzących w skład rozprawy doktorskiej, potwierdzają, iż skok wzrostowy u pacjentów ze szkieletowym zgryzem otwartym trwa dłużej niż u pacjentów z prawidłowymi relacjami przednio-tylnymi i pionowymi. Interesująca z perspektywy planowania leczenia ortodontycznego wydaje się zależność, że pacjenci z nasiloną komponentą wzrostu pionowego prawdopodobnie rosną dłużej niż pacjenci z wzmożoną poziomą komponentą wzrostu, a co ważniejsze – najdłuższy skok wzrostowy przypuszczalnie można zaobserwować u pacjentów z nasilonym wzrostem zarówno pionowym, jak i poziomym. Wiedza o zróżnicowanej długości skoku pokwitaniowego w różnych typach wad szkieletowych może być istotna dla celów diagnostycznych i terapeutycznych. Skok wzrostowy jest okresem, w którym dochodzi do intensywnej przemiany kostnych, a zatem niewykorzystanie możliwości dłuższego działania ortopedycznego wiąże się z bezpowrotnym utraceniem potencjału leczniczego.

PIŚMIENNICTWO

1. Proffit WR, Fields H, Larson B, Sarver D. Contemporary orthodontics. Mosby. St. Louis 2013.
2. Behrents RG. A Treatise on the Continuum of Growth in the Ageing Craniofacial Skeleton. Center for Human Growth and Development, University of Michigan. Ann Arbor 1984.
3. WHO Multicentre Growth Reference Study Group. WHO Child Growth Standards based on length/height, weight and age. *Acta Paediatr Suppl* 2006, 450: 76-85.
4. Manlove AE, Romeo G, Venugopalan SR. Craniofacial growth: current theories and influence on management. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2020, 32: 167-175.
5. Weinberg SM, Cornell R, Leslie EJ. Craniofacial genetics: where have we been and where are we going? *PLoS Genet* 2018, 14: e1007438.
6. Falkner F, Tanner JM. Human growth, vol 2. Plenum Publishing. New York 1986.
7. Anderson DL, Thompson G, Popovich F. Interrelation of dental maturity, skeletal maturity, height and weight from age 4 to 14 years. *Growth* 1975, 39: 453-462.
8. Haiter-Neto F, Kurita LM, Menezes AV, Casanova MS. Skeletal age assessment: A comparison of 3 methods. *Am J Orthod Dentofac* 2006, 130: 435.e15-435.e20.
9. Fishman LS. Chronological versus skeletal age, an evaluation of craniofacial growth. *Angle Orthod* 1979, 49: 181-189.
10. Alkhal HA, Wong RW, Rabie AB. Correlation between chronological age, cervical vertebral maturation and Fishman's skeletal maturity indicators in Southern Chinese. *Angle Orthod* 2008, 78: 591-596.
11. Safavi SM, Beikahi H, Hassanizadeh R, Younessian F, Baghban AA. Correlation between cervical vertebral maturation and chronological age in a group of Iranian females. *Dent Res J* 2015, 12: 443-448.
12. Krailassiri S, Anuwongnukroh N, Dechkunakorn S. Relationship between dental calcification stages and skeletal maturity indicators in Thai individuals. *Angle Orthod* 2002, 72: 155-166.
13. Chen LL, Xu TM, Jiang HJ, Zhang XZ, Lindet JX. Quantitative cervical vertebral maturation assessment in adolescents with normal occlusion: a mixed longitudinal study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008, 134: 720.e1-720.e7.
14. Kim IH, Mupparapu M. Dental radiographic guidelines: a review. *Quintessence Int* 2009, 9: 389-398.

15. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr. The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. *Seminars in orthodontics* 2005, 11: 119-129.
16. Melsen B, Melsen F. The postnatal development of the palatomaxillary region studied on human autopsy material. *Am J Orthod Dentofac* 1982, 82: 329-342.
17. Franchi L, Baccetti T, McNamara J Jr. Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height. *Am J Orthod Dentofac* 2000, 118: 335-340.
18. Singer J. Physiologic timing of orthodontic treatment. *Angle Orthod* 1980, 50: 322-333.
19. Baccetti T, Franchi L, Toth LR, McNamara JA Jr. Treatment timing for twin block therapy. *Am J Orthod Dentofac* 2000, 118: 159-170.
20. Reyes BC, Baccetti T, McNamara JA Jr. An estimate of craniofacial growth in Class III malocclusion. *Angle Orthod* 2006, 76: 577-584.
21. Moore R, Moyer BA, Dubois LM. Skeletal maturation and craniofacial growth. *Am J Orthod Dentofac* 1990, 98: 33-40.
22. Jeelani W, Fida M, Shaikh A. The duration of pubertal growth peak among three skeletal classes. *Dental Press J Orthod* 2016, 21: 67-74.
23. Kuc-Michalska M, Baccetti T. Duration of the pubertal peak in skeletal Class I and Class III subjects. *Angle Orthod* 2010, 80: 54-57.
24. Salazar-Lazo R, Arriola-Guillén LE, Flores-Mir C. Duration of the peak of adolescent growth spurt in Class I and II malocclusion subjects using a cervical vertebrae maturation analysis. *Acta Odontol Latinoam* 2014, 27: 96-101.
25. Çelebi F, Celikdelen M, Biçakçi AA. Peak timing of the pubertal growth spurt according to the sagittal and vertical skeletal patterns. *Sch J Dent Sci* 2017, 4: 129-133.
26. Bian Z, Guo Y, Lyu X, Yang Z, Cheung JPY. Relationship between hand and wrist bone age assessment methods. *Medicine (Baltimore)* 2020, 99: e22392.
27. Lamparski DG. Skeletal Age Assessment Utilizing Cervical Vertebrae [Master's Thesis]. Department of Orthodontics, The University of Pittsburgh. Pittsburgh 1972.
28. Baccetti T, Franchi L, McNamara J Jr. An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod* 2002, 72: 316-323.
29. Moscatiello VAM, Lederman H, Moscatiello RA, Faltin Júnior K, Moscatiello RM. Cervical vertebral maturation and the correlation between the skeletal age of the hand-wrist as orthodontic treatment indicators. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial* 2008, 13: 92-100.

30. Warmeling D, Rodrigues KM, Zastrow MD, Thiesen G. Comparative study of two skeletal maturation evaluation indexes. *Rev Odonto Cienc* 2010, 25: 188-193.
31. Durka-Zajac M, Marcinkowska A, Mituś-Kenig M. Bone age assessment using cephalometric photographs. *Pol J Radiol* 2013, 78: 19-25.
32. Al Khal HA, Wong RWK, Rabie ABM. Elimination of hand–wrist radiographs for maturity assessment in children needing orthodontic therapy. *Skeletal Radiol* 2008, 37: 195-200.
33. Grippaudo C, Garcovich D, Volpe G, Lajolo C. Comparative evaluation between cervical vertebral morphology and hand-wrist morphology for skeletal maturation assessment. *Minerva Stomatol* 2006, 55: 271-280.
34. Lai EH, Liu JP, Chang JZ, Tsai SJ, Yao CC, Chen MH, Chen YJ, Lin CP. Radiographic assessment of skeletal maturation stages for orthodontic patients: hand-wrist bones or cervical vertebrae? *J Formos Med Assoc* 2008, 107: 316-325.
35. Pichai S, Rajesh M, Reddy N, Adusumilli G, Reddy J, Joshi B. A comparison of hand wrist bone analysis with two different cervical vertebral analysis in measuring skeletal maturation. *J Int Oral Health* 2014, 6: 36-41.
36. Flores-Mir C, Burgess CA, Champney M, Jensen RJ, Pitchere MR, Major PW. Correlation of skeletal maturation stages determined by cervical vertebrae and hand-wrist evaluations. *Angle Orthod* 2006, 76: 1-5.
37. Santiago RC, de Miranda Costa LF, Vitral RW, Fraga MR, Bolognese AM, Maia LC. Cervical vertebral maturation as a biologic indicator of skeletal maturity. *Angle Orthod* 2012, 82: 1123-1131.
38. Hassel B, Farman A. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995, 107: 58-66.
39. San Roman P, Palma JC, Oteo D, Nevado E. Skeletal maturation determined by cervical vertebrae development. *Eur J Orthod* 2002, 24: 303-311.
40. Mellion ZJ. *The Pattern of Facial Skeletal Growth and its Relationship to Various Common Indices of Maturation [Thesis]*. St. Louis University. St. Louis 2007.
41. Perinetti G, Rosso L, Riatti R, Contardo L. *Sagittal and Vertical Craniofacial Growth Pattern and Timing of Circumpubertal Skeletal Maturation: A Multiple Regression Study*. BioMed Research International 2016.
42. García-Drago AG, Arriola-Guillén LE. Duration of the peak of growth in Class I and III subjects using the Baccetti's cervical vertebrae maturation analysis on lateral cephalometric radiographs. *Oral Health Dent Manag* 2014, 13: 963-966.

43. Hosni S, Burnside G, Watkinson S, Harrison JE. Comparison of statural height growth velocity at different cervical vertebral maturation stages. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2018, 154: 545-553.
44. Feres MF, Abreu LG, Insabralde NM, Almeida MR, Flores-Mir C. Effectiveness of the open bite treatment in growing children and adolescents. A systematic review. *Eur J Orthod* 2016, 38: 237-250.
45. Ballabriga A. Morphological and physiological changes during growth: an update. *Eur J Clin Nutr* 2000, 54: S1-S6.
46. Suda N, Ishii-Suzuki M, Hirose K, Hiyama S, Suzuki S, Kuroda T. Effective treatment plan for maxillary protraction: is the bone age useful to determine the treatment plan? *Am J Orthod Dentofac* 2000, 118: 55-62.
47. Wong RW, Alkhal HA, Rabie AB. Use of cervical vertebral maturation to determine skeletal age. *Am J Orthod Dentofac* 2009, 136: 484.e1-6.
48. Ghaleb H, Akl R, Khoury ES, Ghoubril J. Estimation and Comparison of the Duration of the Pubertal Peak in Skeletal Class II and Class I Subjects Using the Cervical Vertebrae Maturation Index Method. *J Contemp Dent Pract* 2019, 20: 1095-1101.