

AGNIESZKA MACHOROWSKA-PIENIĄŻEK

Morfometryczna ocena wieku kostnego, sekwencja zmian wzrostowych kręgów szyjnych

Morphometric Assessment of the Bone Age, Sequence of Developmental Changes of the Cervical Vertebrae

Zakład Ortodoncji Katedry Stomatologii Wzrostu i Rozwoju w Zabrze Śląskiego Uniwersytetu Medycznego
w Katowicach

Streszczenie

Wprowadzenie. Jedną z metod badania dojrzałości biologicznej pacjenta jest ocena wieku kostnego na podstawie morfogenezy kręgów szyjnych.

Cel pracy. Ustalenie sekwencji pojawiania się ilościowych zmian kręgów szyjnych u dziewcząt i chłopców w zależności od wieku metrykalnego oraz opracowanie metrycznej metody obliczania wieku kostnego na podstawie pomiarów tych kręgów.

Materiał i metody. Materiałem do badań było 256 cefalogramów w projekcji bocznej oraz karty przebiegu leczenia pacjentów. Do ilościowej oceny stopnia dojrzałości kręgów szyjnych wykorzystano pomiary odległości między punktami referencyjnymi drugiego, trzeciego i czwartego kręgu szyjnego. Pomiary te posłużyły również do obliczania: wielkości oraz sumy wcięć trzonów kręgów.

Wyniki. U najmłodszych badanych wymiary poziome kręgów szyjnych są większe od wymiarów pionowych. Kolejno pojawiającymi się objawami było: wcięcie dolnego brzegu drugiego, a następnie trzeciego i czwartego kręgu oraz zrównanie wymiarów górnego brzegu z tylną wysokością kręgów trzeciego i czwartego. Cecha budowy kręgów szyjnych ujawniająca się jako ostatnia to dominacja tylnej wysokości nad długością górnego i dolnego brzegu trzeciego i czwartego kręgu.

Wnioski. Ustalono, że predystynowane do oceny wieku dojrzałości kręgów szyjnych są: przednia wysokość trzeciego (3a) i czwartego (4a) kręgu, wielkość (3D) i suma wcięć (SW) wszystkich badanych kręgów. Przeprowadzona analiza statystyczna umożliwiła wyprowadzenie wzorów do obliczenia wieku kostnego osobno dla dziewcząt i chłopców: $CVM(K) = 2,56 + (0,36 \times 3a) + (0,26 \times SW) + (0,09 \times 3D)$; $CVM(M) = 3,41 + (0,45 \times 4a) + (0,42 \times SW) + (0,08 \times 3D)$ (Dent. Med. Probl. 2011, 48, 3, 335–341).

Słowa kluczowe: cefalogram, wiek kostny, kręgi szyjne.

Abstract

Background. One of the methods to measure biological maturity of a patient is assessment of the bone age based on the morphogenesis of the cervical vertebrae.

Objectives. The purpose of the paper was to establish the sequence of quantitative changes in the cervical vertebrae of girls and boys at certain chronological age and to establish a metrical method to assess the bone age on the basis of vertebrae measurements.

Material and Methods. The research material was 256 cephalograms in lateral projection and patient treatment records. Measurements of the distance between reference points of the second, third and fourth cervical vertebra were used for quantitative assessment of their maturity. Those measurements were also used to calculate the size and concavity depth of the vertebral bodies.

Results. The conducted analyses showed that the horizontal dimensions of cervical vertebrae are greater than the vertical heights in case of the youngest children. The sequence of occurrence of manifestations was: concavity at the lower border of the second, then of the third and fourth vertebra and levelling of the upper border with the posterior height of the third and fourth vertebra. Predominance of the posterior height over the length of the upper and lower border of the third and fourth vertebra was a morphological feature that became apparent as the last one.

Conclusions. It was found out that indices that should be taken into consideration in assessment of the maturity age of the cervical vertebrae are: anterior height of the third (3a) and fourth (4a) vertebra, size vertebra (3D) and concavity depth (SW) of all examined vertebrae. Conducted statistical analysis allowed to derive a formula to calcu-

late the bone age separately for girls and boys: $CVM(K) = 2,56 + (0,36 \times 3a) + (0,26 \times SW) + (0,09 \times 3D)$; $CVM(M) = 3,41 + (0,45 \times 4a) + (0,42 \times SW) + (0,08 \times 3D)$ (*Dent. Med. Probl.* 2011, 48, 3, 335–341).

Key words: cephalogram, bone age, cervical vertebrae.

Wiek biologiczny jest wyrazem stopnia zaawansowania we wzrastaniu oraz dojrzewaniu i stanowi przedmiot zainteresowania badaczy oraz lekarzy praktyków z różnych dyscyplin medycyny [1–8].

W pediatrii indywidualna ocena wzrastania jest wyznacznikiem rozwoju osobniczego, umożliwia wczesne wykrycie odchyłeń od normy oraz zastosowanie odpowiednich metod profilaktyki i leczenia [5]. W stomatologii znajomość indywidualnego stopnia osiągniętej dojrzałości biologicznej jest przydatna do ustalania u osób młodocianych czasu zastosowania stałych uzupełnień protetycznych, implantów oraz naprawczych i estetycznych zabiegów w chirurgii twarzowo-szczękowej [9].

Dojrzałość biologiczną ocenia się na podstawie wieku masy i wysokości ciała, mineralizacji i wyrzynania zębów, wieku, w którym wystąpiła pierwsza miesiączka, wtórne cechy płciowe, oraz wieku kostnego. Wiek masy i wysokości ciała, wyrzynania zębów, wiek pierwszej miesiączki są w dużym stopniu modyfikowane czynnikami środowiskowymi, w związku z czym stanowią niepewny miernik biologicznej dojrzałości pacjenta [10]. Najbardziej odporny na działanie czynników środowiska zewnętrznego i zdeterminowany genetycznie jest wiek mineralizacji zębów [1] oraz wiek kostny [6].

Bezpieczna dla pacjenta leczonego ortodontycznie, bo niewymagająca dodatkowej ekspozycji na promieniowanie rentgenowskie, poza tą, która wynika z diagnostycznych procedur ortodontycznych jest metoda oceny dojrzałości kostnej na podstawie morfogenezy kręgów szyjnych uwidocznionych na cefalogramach bocznych głowy.

Badania nad tym zagadnieniem podjęli Lamparski i Nanda [2] oceniając pięć kręgów szyjnych od drugiego do szóstego. Autorzy ci badali dojrzałość kręgów szyjnych na podstawie zmiany kształtu ich trzonów oraz obecności wcięcia dolnego brzgu i wyróżnili sześć stadiów dojrzałości. Metoda oceny wieku kostnego zaproponowana przez Lamparskiego i Nandę [2] ulegała licznym modyfikacjom, których istotą było ograniczenie liczby analizowanych kręgów [4, 11, 12] oraz stadiów dojrzałości [4, 13].

Większość współcześnie prezentowanych w piśmiennictwie [2, 4, 6, 7, 11, 13] sposobów oceny wieku dojrzałości kręgów szyjnych to metody opisowe umożliwiające zakwalifikowanie badanego do jednej z grup o zdefiniowanej opisem budowie kręgów szyjnych. Metody te nie rozstrzygają

jednak, czy wiek metrykalny i dojrzałość kręgów szyjnych u badanego są zgodne, czy też występuje między nimi rozbieżność. Odpowiedź na to pytanie ma istotne znaczenie w codziennej praktyce ortodontycznej, ponieważ ułatwia programowanie leczenia, tj.: ustalenie rokowania, wybór optymalnego wieku rozpoczęcia leczenia i metody terapii oraz planowanie retencji.

Celem pracy było: ustalenie sekwencji pojawiania się ilościowych zmian kręgów szyjnych u dziewcząt i chłopców w zależności od wieku metrykalnego; określenie, które z mierzonych cech budowy kręgów szyjnych u dziewcząt i chłopców mogą być wykorzystane do ustalania wieku dojrzałości kostnej; wyprowadzenie na podstawie pomiarów kręgów szyjnych wzoru do obliczania indywidualnego wieku dojrzałości kręgów szyjnych dla dziewcząt i chłopców (wiek CVM).

Materiał i metody

Materiałem do badań było 256 cefalogramów w projekcji bocznej zgromadzonych w latach 1993–2006 oraz karty przebiegu leczenia pacjentów i ich modele diagnostyczne pochodzące z Katedry i Zakładu Ortodoncji ŚAM oraz praktyki ortodontycznej autora.

Pacjenci zakwalifikowani do badań spełniali następujące kryteria: znajdowali się w przedziale wiekowym od 8–18 lat; nie byli leczeni ortodontycznie przed wykonaniem cefalogramu; charakteryzowali się dobrym ogólnym stanem zdrowia; nie wykazywali zaburzeń w rozwoju psychosomatycznym; mieli I klasę Angle’a przy maksymalnej interkuspidacji łuków zębowych.

Badanych podzielono na pięć grup wieku metrykalnego (tab. 1).

Obraz trzonów kręgów szyjnych był rejestrowany na cefalogramach w projekcji bocznej. Zdjęcia rentgenowskie były wykonane w ramach procedur diagnostycznych u osób, które po badaniach klinicznych zakwalifikowano do leczenia ortodontycznego.

W czasie badania rentgenowskiego łuki zębowe pacjenta były w maksymalnym zaguzkowaniu, a jego głowa stabilizowana w cefalostacie tak, by płaszczyzna frankfurcka była równoległa do podłoża, a płaszczyzna strzałkowa do kasety aparatu. Badania wykonano z zachowaniem procedur obowiązujących w pracowniach rentgenowskich [14]. Powiększenie każdego cefalogramu określa-

Tabela 1. Charakterystyka badanych**Table 1.** Characteristic of the study group

Wiek metrykalny – WM) (Chronological age – WM)		Dziewczęta (Girls)		Chłopcy (Boys)		Ogółem liczba (Total number) n
Przedziały wieku w latach i miesiącach (Range of the ages in the years and months)	grupy wieku w latach (groups of the ages in years)	liczba (number) n	średni wiek w latach i mie- siącach (average age in the years and months)	liczba (number) n	średni wiek w latach i miesiącach (average age in the years and months)	
8–9,11	10	24	8,5	18	9,1	42
10–11,11	12	33	11,1	29	11,0	62
12–13,11	14	27	12,9	23	12,9	50
14–15,11	16	26	14,8	24	15,0	50
16–17,11	18	26	16,9	26	16,9	52
Ogółem (Total)		136		120		256

no przez porównanie miary rzeczywistej ze skalą milimetrową cefalostatu widoczną na zdjęciu rentgenowskim. Obliczony indywidualnie dla każdego z badanych wskaźnik powiększenia wykorzystano do sprowadzenia pomiarów liniowych do wielkości rzeczywistej. W badanym materiale powiększenie obrazu radiologicznego wynosiło 1,02–1,15.

Do ilościowej oceny stopnia dojrzałości kręgów szyjnych wykorzystano pomiary odległości między punktami referencyjnymi drugiego kręgu szyjnego (2CV) oraz trzonów trzeciego (3CV) i czwartego kręgu szyjnego (4CV). Pomiary wykonano z użyciem suwmiarki elektronicznej z dokładnością do 0,02 mm. Wykonano 7 pomiarów pionowych (przednie i tylne wysokości trzonów 3CV i 4CV oraz głębokości wcięć dolnego brzegu 2CV, 3CV i 4CV), jak również 4 pomiary poziome (długość dolnego i górnego brzegu trzonów 3CV i 4CV) (ryc. 1).

Pomiary liniowe kręgów szyjnych posłużyły również do obliczania: wielkości trzonów oraz sumy wcięć dolnego brzegu kręgów szyjnych. Wielkość trzonu kręgu była sumą jego czterech boków (3D, 4D), a głębokość wcięcia dolnego brzegu drugiego kręgu oraz trzonów trzeciego i czwartego kręgu stanowiła sumę wcięć (SW).

Wszystkie zmienne wykorzystane do badań zostały poddane analizie statystycznej testem normalności Shapiro-Wilka [15], którym wykazano, że mają one rozkład normalny. Dla każdego z pomiarów obliczono wartości średnie i porównano je testem Sheffego, przyjmując istotność statystyczną przy $p \leq 0,05$.

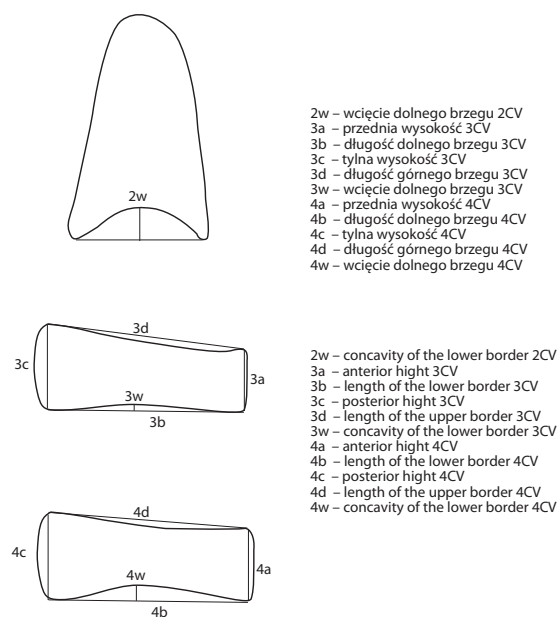
W celu oceny współzależności między badanymi cechami budowy kręgów szyjnych a wiekiem metrykalnym wykonano analizę wykresów rozrzutu, a następnie obliczono współczynnik korelacji liniowej Pearsona [15].

Do obliczenia matematycznego modelu dojrzałości kostnej (wieku CVM) zastosowano funkcję regresji wielokrotnej metodą najmniejszych kwadratów [16]. Dokonano weryfikacji powstałego modelu przez analizę reszt: testem normalności reszt, testem Durбина-Watsona, analizą reszt względem wartości przewidywanych, odległości Mahalanobisa i Cooka [16].

Wyniki

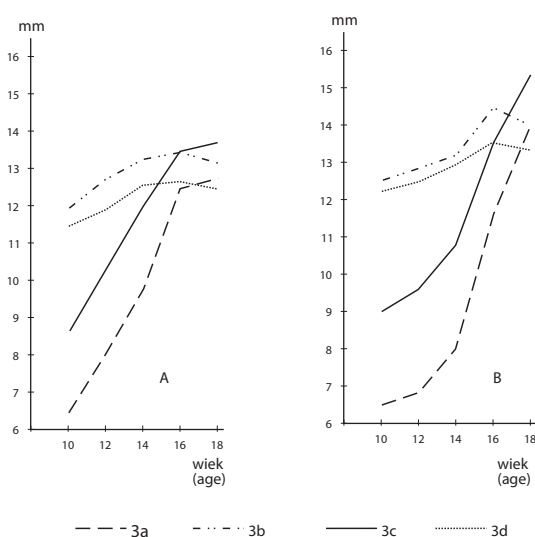
Od 10. do 14. r.ż. u dziewcząt (ryc. 2 i 3) oraz do 16. r.ż. u chłopców (ryc. 2 i 3) poziome wymiary kręgów, tj. długość górnego i dolnego brzegu 3CV i 4CV, były większe w porównaniu z wymiarami pionowymi. W całym okresie obserwacji wymiary poziome trzonów kręgów wykazywały małą dynamikę wzrostu w porównaniu z wymiarami pionowymi. Długość górnego i dolnego brzegu 3CV i 4CV u obu płci nieznacznie rosła, by w wieku 16 lat u dziewcząt i 18 lat u chłopców nieco się zmniejszyć (ryc. 2–4).

Przednia i tylna wysokość trzonów kręgów szyjnych systematycznie intensywnie wzrastała od 10. do 18. r.ż. zarówno u dziewcząt, jak i chłopców. U 14-letnich dziewcząt oraz u 16-letnich chłopców tylne wysokości 3CV i 4CV miały podobną długość do górnego brzegu trzonów tych kręgów. W wieku



Ryc. 1. Pomiary pionowe i poziome kręgów szyjnych: drugiego (2CV), trzeciego (3CV) i czwartego (4CV)

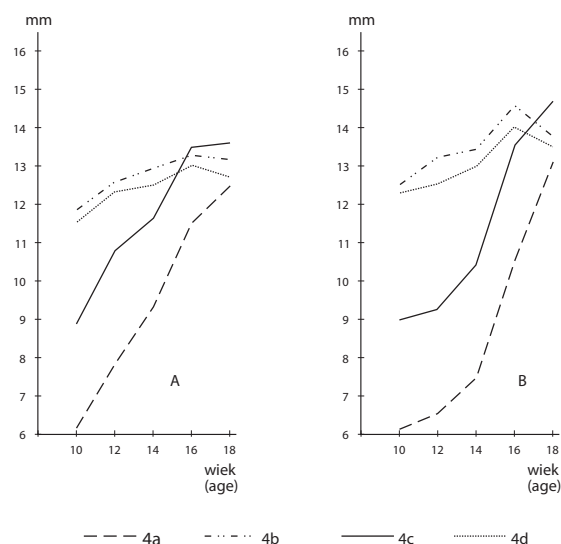
Fig. 1. The vertical and horizontal measurements cervical vertebrae of the second (2CV), third (3CV) and fourth (4CV)



Ryc. 2. Krzywe poziomu rozwoju trzonu 3CV: A – dziewczęta, B – chłopcy

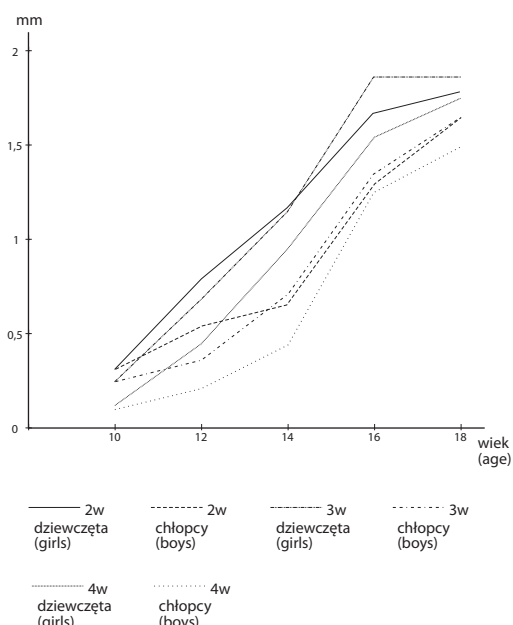
Fig. 2. A – Lines at the level of the development body 3CV: A – girls, B – boys

18 lat u obu płci przednia wysokość trzonów kręgów przyjmowała wartości zbliżone do długości ich dolnego brzegu, w całym materiale badawczym nie wykazano jednak zwiększenia przedniej wysokości trzonów trzeciego i czwartego kręgu ponad długość ich dolnego brzegu (ryc. 2–4).



Ryc. 3. Krzywe poziomu rozwoju trzonu 4CV: A – dziewczęta, B – chłopcy.

Fig. 3. A-Lines at the level of the development body 4CV: A – girls, B – boys.



Ryc. 4. Krzywe poziomu rozwoju głębokości wcięć dolnych brzegów 2CV, 3CV, 4CV u dziewcząt i chłopców

Fig. 4. Lines at the level of the development of concavity depth of the lower border 2CV, 3CV, 4CV for girls and boys

Zadaniem podjętym w tej pracy było również opracowanie wzoru do indywidualnej oceny wieku dojrzałości kręgów szyjnych (wiek CVM). Do tworzenia wzoru wybrano te cechy budowy kręgów, które wykazywały liniowy przebieg wykresów rozrzutu i najwyższy współczynnik korelacji z wiekiem metrykalnym.

Stwierdzono, że założenia te spełnia: dla dziewcząt: 3a – przednia wysokość trzonu 3CV, SW – suma wcięć dolnych brzegów 2CV, 3CV, 4CV, 3 D – wielkość 3CV (3a+3b+3c+3d); a dla chłopców: 4a – przednia wysokość trzonu 4CV, SW – suma wcięć dolnych brzegów 2CV, 3CV, 4CV, 3 D – wielkość 3CV (3a+3b+3c+3d).

U dziewcząt i chłopców uzyskano modele regresji (tab. 2 i 3), z których wyprowadzono wzory do indywidualnego obliczania dojrzałości kręgów szyjnych: wiek CVM(K) = $2,56 + (0,36 \times 3a) + (0,26 \times SW) + (0,09 \times 3D)$; wiek CVM(M) = $3,41 + (0,45 \times 4a) + (0,42 \times SW) + (0,08 \times 3D)$.

Omówienie

Z przeprowadzonej morfometrii kręgów szyjnych wynika, że przednia wysokość trzonu trzeciego i czwartego kręgu szyjnego u obu płci przez cały okres obserwacji, tj. od 10. do 18. r.ż. nie osiągała większych wymiarów niż wysokość tylna. Najmniejsze różnice w wysokości przedniej i tylnej występowały w najstarszej grupie – u osiemnastolatków. Podobne wyniki pionowych wymiarów trzonów kręgów szyjnych u dziewcząt i chłopców od 8. do 15. r.ż. przedstawiła Helsing [17]. Ocena proporcji tylnej do przedniej wysokości trzonów kręgów szyjnych zaprezentowana przez Franchi et al. [4] i wykorzystywana przez badaczy do opisu zmian kształtu trzonów kręgów szyjnych nie potwierdza wyników Helsing [17] oraz badań własnych. W pracy Franchi et al. wskaźnik tylnej wysokości trzonu kręgu do wysokości przedniej w wieku 8 lat wynosił 1,35 i systematycznie malał, by u czternastolatków przyjąć wartość 0,99, co wskazuje na nieco większą wysokość przednią trzeciego i czwartego kręgu w porównaniu z wysokością tylną. Badania Franchi et al. [4] są dłu-

gofalowe i znakomicie spełniają kryterium wiarygodności, lecz pomiary cytowanych badaczy są wykonane u 18 chłopców i 12 dziewcząt w nieco innych punktach referencyjnych niż w pracy własnej oraz przedstawione łącznie dla obu płci. Taki sposób przeprowadzenia i prezentacji pomiarów mógł spowodować, że wyniki badań Franchi et al. są odmienne od uzyskanych w pracy własnej.

Wymiary poziome, tj. długość dolnego brzegu kręgu drugiego oraz górnego i dolnego brzegu trzonu trzeciego i czwartego kręgu szyjnego, zwiększały się nieznacznie do 16. r.ż., a potem najczęściej ulegały nieistotnemu zmniejszeniu. Remes et al. [18] stwierdzają, że poziomy wzrost trzonów kręgów szyjnych trwa do 10. r.ż. Lamparski i Nanda [2] podają że wtórne ośrodki wzrostu w trzonach kręgów szyjnych nie uczestniczą we wzroście poziomym tych struktur, który odbywa się głównie w wyniku śródchrzęstnej osyfikacji oraz w procesie odokostnowej apozycji.

Wykazano, że u dziewcząt i chłopców w wieku 10, 12, 14 i 16 lat przednia i tylna wysokość trzonu trzeciego i czwartego kręgu szyjnego są mniejsze od wymiarów poziomych, tj. długości górnego i dolnego brzegu trzonu tych kręgów. Analogiczne wyniki pomiarów kręgów u dzieci w wieku 8, 11, 15 lat uzyskała Helsing [17] i stwierdziła, że dopiero u dorosłych kobiet i mężczyzn, których średni wiek odpowiednio wynosił 30 i 27 lat wymiary pionowe i poziome kręgów szyjnych osiągały podobną wielkość. Istotna jest obserwacja własna zgodna z badaniami Remes et al. [18] wskazująca na kontynuowanie pionowego wzrostu przedniej i tylnej wysokości trzeciego i czwartego kręgu szyjnego od 10. do 18. r.ż. Wyniki pionowych i poziomych pomiarów trzonów kręgów szyjnych potwierdzają wzrostową zmianę ich kształtu od trapezu, przez poziomy prostokąt, następnie kwadrat do pionowego prostokąta [2, 4, 11, 13].

Tabela 2. Model regresji dla dziewcząt

Table 2. Regression model for girls

Podsumowanie regresji zmiennej zależnej: wiek R = 0,89912433; R ² = 0,80844254 Skoryg. R ² = 0,80353082 F (3,117) = 164,59; p < 0,0000; błąd std. estymacji: 1,1815 (Summary regression of dependent variable: age R = 0,89912433; R ² = 0,80844254 Corr. R ² = 0,80353082; F(3,117) = 164,59; p<0,0000; Err. Stand. Estimation: 1,1815)						
	BETA	błąd st. BETA (error st BETA)	B	błąd st. B (error st B)	t (117)	poziom p (level p)
W. wolny (Free word)			2,562345	1,241696	1,021621	0,032111
3a	0,241645	0,117561	0,360123	0,118553	2,055482	0,042058
2w+3w+4w SW	0,344641	0,085820	0,260921	0,110759	4,015855	0,000105
Wielkość 3D (Size 3D)	0,362034	0,090244	0,092221	0,040880	4,011725	0,000107

Tabela 3. Model regresji dla chłopców**Table 3.** Regression model for boys

	Podsumowanie regresji zmiennej zależnej: wiek $R = 0,89956823$; $R^2 = 0,80922299$ Skoryg. $R^2 = 0,80460742$; $F(3,124) = 175,32$; $p < 0,0000$; błąd std. estymacji: 1,4532 (Summary regression of dependent variable: age $R = 0,89956823$ $R^2 = 0,80922299$ Corr. $R^2 = 0,80460742$; $F(3, 124) = 175,32$; $p < 0,0000$; Err. Stand. Estimation: 1,4532)				
	błąd st. BETA (error st BETA)	B	błąd st. B (error st B)	t (124)	poziom p (level p)
W. wolny (Free word)		3,410231	1,254933	2,589055	0,010774
4a	0,102914	0,452111	0,100655	4,107148	0,000072
w2+w3+w4 SW	0,073315	0,424040	0,118529	3,408778	0,000881
Wielkość C3 (Size 3D)	0,097732	0,081102	0,039789	2,769609	0,006475

Inną wzrostową transformacją jest pojawienie się i powiększanie wcięcia na dolnym brzegu drugiego oraz trzonów trzeciego do szóstego kręgu szyjnego. Wielu autorów [2, 7, 11, 13, 19] podaje, że obecność wcięcia jest bardzo dobrym wskaźnikiem osobniczej dojrzałości biologicznej. W najmłodszej grupie u dzieci dziesięcioletnich odnotowano obecność wcięcia na dolnym brzegu drugiego kręgu szyjnego oraz w obrębie trzonów kręgu trzeciego i czwartego. Zbliżone do tych wyników są pomiary Franchi et al. [4], którzy u dzieci w wieku 10 lat stwierdzili wcięcie dolnego brzegu drugiego, trzeciego i czwartego kręgu szyjnego. Sekwencja pojawiania się wcięć najwcześniej na dolnym brzegu drugiego, następnie trzeciego i kolejno czwartego kręgu szyjnego potwierdza znaczenie tej cechy w ocenie wieku biologicznego.

Wielkość trzonów kręgów szyjnych została opisana sumą wymiarów przedniej i tylnej wysokości oraz długości górnego i dolnego brzegu trzonu kręgu. W dostępnym piśmiennictwie spec-

jalistycznym nie znaleziono prac oceniających przydatność tego parametru do ustalania dojrzałości kostnej kręgów szyjnych. Wyniki własne wskazują, że wielkość trzonów trzeciego i czwartego kręgu szyjnego zwiększa się od 10. do 18. r.ż.

W pracy podjęto próbę metrycznej oceny wieku dojrzałości kręgów szyjnych z wykorzystaniem statystycznego modelu regresji wielokrotnej [15, 16]. Metodę oceny wieku dojrzałości kręgów szyjnych opartą na modelu regresji wielokrotnej podał Mito et al. [12] dla populacji japońskich dziewcząt. Sposób pomiarów kręgów szyjnych zaprezentowany przez tych badaczy różnił się od pomiarów zastosowanych w pracy własnej. Należy podkreślić, że Mito et al. [12] wykazali dużą korelację wieku kostnego kręgów szyjnych obliczonego metodą własną z wiekiem kostnym nadgarstka ($r = 0,869$).

W świetle danych z piśmiennictwa i wyników badań własnych zasadne jest wykorzystywanie w praktyce klinicznej i badawczej opracowanego dla populacji polskiej wzoru do obliczania wieku dojrzałości kręgów szyjnych CVM.

Piśmiennictwo

- [1] WOLAŃSKI N.: Rozwój biologiczny człowieka. PWN, Warszawa 1983, 29–55, 103–115.
- [2] LAMPARSKI D., NANDA S.K.: Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae. In: Treatment Timing: Orthodontics in Four Dimensions. Eds.: McNamara J., Kelly K., Ann. Arbor, Michigan 2001, 171–184.
- [3] HUNTER W. S., POPOVICH F., BAUMRID S., JORGENSEN G.: Skeletal age and peak mandibular growth velocity at puberty. In: Treatment Timing: Orthodontics in Four Dimensions. Eds.: McNamara J., Kelly K., Ann. Arbor, Michigan 2001, 185–198.
- [4] FRANCHI L., BACCETTI T.: The use of maturational indices for the identification of optimal treatment timing in dentofacial ortopedics. In: Treatment Timing: Orthodontics in Four Dimensions. Eds.: McNamara J., Kelly K., Ann. Arbor, Michigan 2001, 151–170.
- [5] KOPCZYŃSKA-SIKORSKA J.: Atlas radiologiczny rozwoju kości dłoni i nadgarstka. PZWL, Warszawa 1969, 9–12.
- [6] FISHMAN L.S.: Chronological versus skeletal age, an evaluation of craniofacial growth. Angle Orthod. 1979, 49, 181–189.
- [7] SAN ROMAN P., PALMA J.C., OTEO M.D., NEVADO E.: Skeletal maturation determined by cervical vertebrae development. Eur. J. Orthod. 2002, 24, 303–311.
- [8] O'REILLY M., YANNIELLO G.J.: Mandibular growth changes and maturation of cervical vertebrae. Angle Orthod. 1988, 58, 179–184.

- [9] PROFIT W.R., FIELDS H.W.: *Ortodoncja współczesna*. Mosby Inc. 2000, 679–713.
- [10] WOLAŃSKI N.: *Metody kontroli i normy rozwoju dzieci i młodzieży*. PZWL, Warszawa 1975, 173–195, 374–378.
- [11] HASSEL B., FARMAN A.G.: Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* 1995, 107, 58–66.
- [12] MITO T., SATO K., MITANI H.: Cervical vertebral bone in girls. *Am. J. Orthod. Dentofacial. Orthop.* 2002, 122, 380–384.
- [13] BACCETTI T., FRANCHI L., MCNAMARA J.: An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for assessment of mandibular growth. *Angle Orthod.* 2002, 72, 316–323.
- [14] VITEPORN S., ATHANASIOU A.E.: Anatomy, radiographic anatomy and cephalometric landmarks of craniofacial skeleton, soft tissue profile, dentition, pharynx and cervical vertebrae.: Chapter 2. *Orthodontic Cephalometry*. Athanasiou AE. 21-61. Mosby-Wolfe, 1995, 21–61.
- [15] STANISZ A.: *Przystępny kurs statystyki w oparciu o program STATISTICA PL na przykładach z medycyny*. Tom I. Stat Soft 1998, 206–220.
- [16] STANISZ A.: *Przystępny kurs statystyki w oparciu o program STATISTICA PL na przykładach z medycyny*. Tom II Stat Soft 2000, 13–128.
- [17] HELSING E.: Cervical vertebral dimensions in 8-11- and 15-year-old children. *Acta Odontol. Scand.* 1991, 49, 207–213.
- [18] REMES V.M., HEINÄNEN M.T., KINNUNEN J.S.: Reference values for radiological evaluation of cervical vertebral body shape and spinal canal. *Pediatr. Radiol.* 2000, 30, 90–195.
- [19] GARCIA-FERNANDEZ P., TORRE H., FLOES M.: The cervical vertebrae as maturational indicators. *JCO on CD-ROM*, 1998, 4, 221–225.

Adres do korespondencji:

Agnieszka Machorowska-Pieniążek
plac Traugutta 2
41-800 Zabrze
tel./faks: 32 271 38 19
e-mail: agamach@onet.pl

Praca wpłynęła do Redakcji: 21.06.2011 r.

Po recenzji: 6.07.2011 r.

Zaakceptowano do druku: 3.08.2011 r.

Received: 21.06.2011

Revised: 6.07.2011

Accepted: 3.08.2011