

XVII Konferencja Naukowo-Techniczna

TKI2024

TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII

15-18 października 2024

Analiza wzrostu żuchwy ludzkiej na podstawie trójwymiarowych badań morfometrycznych

Edyta Kawlewska¹, Wojciech Wolański¹, Klaudia Krutyło², Maria Brzoška², Ilona Łysy¹, Bożena Gzik-Zroska³, Kamil Jozsko¹, Marek Ples¹, Marek Gzik¹, Krzysztof Dowgierd⁴

¹Katedra Biomechatroniki, Politechnika Śląska

²SKN „Biokreatywni”, Politechnika Śląska

³Katedra Biomateriałów i Inżynierii Wyrobów Medycznych, Politechnika Śląska

⁴Wojewódzki Specjalistyczny Szpital Dziecięcy w Olsztynie

email: edyta.kawlewska@polsl.pl, wwolanski@polsl.pl, klaukru641@student.polsl.pl, maribrz744@student.polsl.pl, bgzikzroska@polsl.pl, kjoszko@polsl.pl, marek.ples@polsl.pl, marek.gzik@polsl.pl, krzysztof.dowgierd@gmail.com

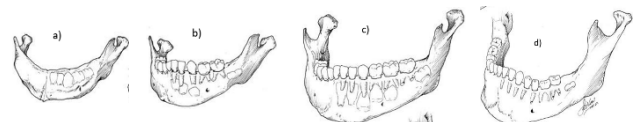
STRESZCZENIE: W pracy przeprowadzono trójwymiarowe badania morfologiczne zdrowych żuchw osób w wieku 0-20 lat, w celu analizy wzrostu kości w poszczególnych latach życia. Podjęto próbę zdefiniowania podstawowych wektorów kierunkowych wzrostu i na tej podstawie przyporządkowano modele matematyczne, które najlepiej odzwierciedlają zmiany geometryczne żuchwy, szczególnie w momentach tzw. skoków rozwojowych. Badania stanowią podstawę do dalszych analiz statystycznych, a opracowane dane mogą służyć jako odniesienie w obiektywnej, ilościowej ocenie diagnostycznej zmian geometrii żuchwy, szczególnie u pacjentów z deformacjami wynikającymi m.in. z wad genetycznych lub zmian nowotworowych.

SŁOWA KLUCZOWE: segmentacja 3D, pomiary morfometryczne, analiza statystyczna, estymacja nieliniowa, tomografia komputerowa

1. Wstęp

Żuchwa ludzka jest dynamicznie rozwijającą się oraz złożoną pod względem geometrycznym strukturą układu kostnego. **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.** **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.** Proces wzrostu odbywa się dynamicznie w pierwszych latach życia i trwa do około 16 roku życia. **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.** **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.** Złożoność tego procesu spowodowana jest asynchronicznym wyrzynaniem się zębów oraz zmianami kierunku procesu przebudowy kłykci. **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.** Wyróżnić można kilka kluczowych momentów (skoków rozwojowych), w których następują pewne ustandyzowane procesy (Rys. 1). Od narodzin do około 3 roku życia zachodzą zmiany depozytowe oraz resorpcyjne, które tworzą miejsce dla uzębienia oraz zapewniają budowę łuku zębowego. W ciągu pierwszego roku pojedyncze kości żuchwy łączą się poprzez skostnienie spojenia zębodołowego, jednakże zostawiając ślad rozdzielenia na dolnej krawędzi żuchwy. **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.** Pod wpływem większych obciążeń spowodowanych żuciem następuje rozrost grubszej kości korowej oraz zastąpienie tkanki tłuszczowej przez większe mięśnie kompleksu narządu żucia i gardła. Zawiązki zębów zajmują coraz mniejszą objętość żuchwy. Przebudowa kości najbardziej widoczna jest przy wzroście kłykci oraz gałęzi, ponieważ do trzeciego roku życia największy wzrost szerokości jest widoczny w tych miejscach [3]. **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.** W wieku 5-6 lat dwie główne części żuchwy, gałąź i tułów, są odrębnymi jednostkami anatomicznymi. Wzrost tych struktur jest niezależny, lecz równy do zmian

środkowej części twarzy. Wzrost gałęzi następuje w maksymalnym tempie. Pionowy wzrost gałęzi odzwierciedla wzrost szczęki oraz wyrzynania się zębów. Łuki zębowe się wydłużają w tylnej części, gdzie gałąź przebudowuje się i staje częścią ciała, co w późniejszym okresie pozwala dostosować się do stałych zębów trzonowych. Skutkiem przebudowy jest również prawidłowe ustawienie trzonu żuchwy w stosunku do szczęki, zaostrenie kąta żuchwy oraz stanowi podstawę prawidłowego zgryzu. W wieku 12 lat żuchwa nabiera prostokątny wygląd. Gałąź staje się bardziej pionowa. Większość stałych zębów się wyrznęła, co zapewnia stabilną strukturę żuchwie. Otwór bródkowy przyjmuje pozycję dorosłą, czyli znajduje się pod pierwszym lub drugim stałym przedtrzonowcem. Rozpoczyna się znaczny wzrost wysokości kłykci [1]



Rys. 1. Kształt żuchwy w poszczególnych etapach rozwoju: a) noworodek, b) 3 lata, c) 6 lat, d) 12 lat. **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**

Celem pracy była analiza geometrii oraz opracowanie podstawowego modelu wzrostu żuchwy na podstawie wyników trójwymiarowej analizy morfometrycznej.

2. Materiał i metody

Grupę badaną stanowiło 55 pacjentów Wojewódzkiego Specjalistycznego Szpitala Dziecięcego w Olsztynie, w wieku od 5 miesięcy do 20 lat, u których wykonane zostało

badanie tomograficzne głowy i szyi, w celu rutynowej diagnozy różnych schorzeń. Na podstawie tomografii komputerowych wykonano pomiary antropometryczne, statystykę wielkości antropometrycznych żuchwy, a także opracowano funkcje wzrostu żuchwy u dzieci i młodzieży. Uwzględniając wcześniej opisane skoki rozwojowe grupę podzielono na 3 podgrupy wiekowe:

- A: 0-6 lat – 8 osób,
- B: 6-12 lat – 20 osób,
- C: 12-20 lat – 27 osób

W pierwszej kolejności na podstawie obrazów tomografii komputerowej (DICOM) wysegmentowano w programie Mimics v16.0 (Materialise, Belgium) trójwymiarowe modele żuchw pacjentów. Następnie na każdym modelu oznaczano 19 charakterystycznych punktów anatomicznych (Tabela 1), aby kolejno obliczyć odległości pomiędzy wybranymi punktami, definiujące podstawowe wymiary szerokościowe, długościowe i wysokościowe żuchwy (Rys. 2). Analizę przeprowadzono przy użyciu oprogramowania Statistica 13.0. Dla każdego wektora zastosowano metodę estymacji nieliniowej, aby jak najlepiej dobrać model. Wskazane zostały trzy modele statystyczne: potęgowy, cyklometryczny oraz wykładniczy (1), (2), (3).

$$y = a - \frac{a}{1 + (\frac{x}{b})^c} \quad (1)$$

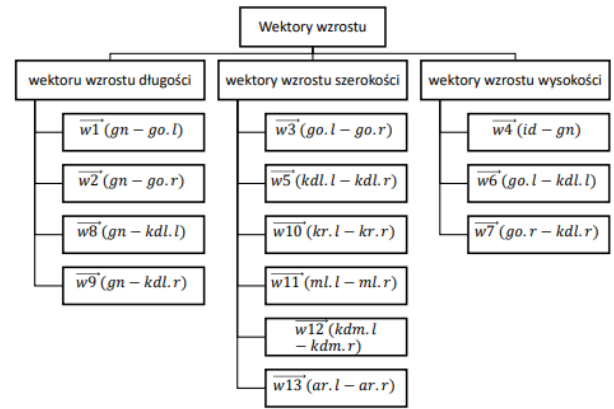
$$y = a + b \cdot \operatorname{atan}(c \cdot x) \quad (2)$$

$$y = \frac{a}{1 + b \cdot e^{c \cdot x}} \quad (3)$$

gdzie: y - wektor wzrostu,
 a, b, c - parametry modelu,
 x - wiek badanych [miesiące]

Tabela 1. Punkty anatomiczne żuchwy (dla parzystych punktów wprowadzono oznaczenia **l** – lewa i **r** – prawa)

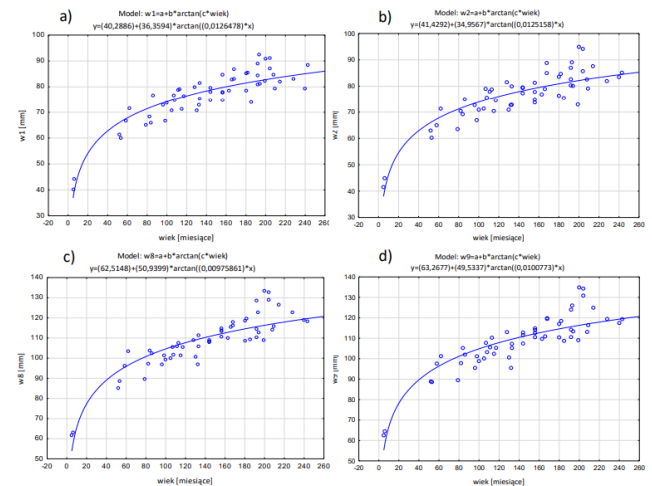
SYMBOL	NAZWA	RYSUNKI
id	infradentale	
gn	gnathion	
ml.l ml.r	mentale	
ml-d.l ml-d.r	mentale bottom	
ml-u.l ml-u.r	mentale top	
go.l go.r	gonion	
kr.l kr.r	koronion	
kdm.l kdm.r	kondylin mediale	
kdl.l kdl.r	kondylin laterale	
ar.l ar.r	articulare	
ba	basion	



Rys. 2. Wybrane wektory kierunkowe wzrostu żuchwy

3. Wyniki

Najlepsze dopasowanie parametrów uzyskano dla modelu cyklometrycznego. Szczególnie wysoką korelację stwierdzono dla wymiarów długościowych (Rys. 3).



Rys. 3. Przykładowe wyniki dla modelu cyklometrycznego, dla wymiarów długościowych: a) gn-go.l, b) gn-go.r, c) gn-kdl.l, d) gn-kdl.r

4. Podsumowanie

Oszacowanie jak najlepszej funkcji opisującej rozrost żuchwy jest ważnym diagnostycznym aspektem w chirurgii twarzowo-szczękowej. Przedstawione modele wzrostu żuchwy mogą stanowić podstawę do określania prawidłowości rozwoju żuchwy.

Literatura

- [1] Hilger, K. B., Larsen, R., & Wrobel, M. C. (2003). Growth modeling of human mandibles using non-Euclidean metrics. *Medical image analysis*, 7(4), 425–433. [https://doi.org/10.1016/s1361-8415\(03\)00034-3](https://doi.org/10.1016/s1361-8415(03)00034-3)
- [2] Klop, C., MAGIC Amsterdam. A three-dimensional statistical shape model of the growing mandible. *Sci Rep* 11, 18843 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98421-x>
- [3] Lipowicz A., Kawlewska E., Larysz D., Kostyra P., Graja K., Jozsko K., Gzik-Zroska B. and Wolański W. (2023) Evaluation of mandibular geometry in healthy children aged 0–1 year – a pilot study. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, Vol.25 (Issue 3), pp. 93-102. <https://doi.org/10.37190/abb-02312-2023-03>
- [4] Malinowski A.: Ontogeneza żuchwy ludzkiej, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, 2003
- [5] Smartt Jr J. M., Low D. W., Bartlett S. P., *The pediatric mandible: I. A primer on growth and development*, CME PLASTIC AND RECONSTRUCTIVE SURGERY, 2005