

Anna M. RYNIOWICZ^{1,2}, Wojciech RYNIOWICZ², Magdalena OLSZEWSKA³¹ AGH AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA, WYDZIAŁ INŻYNIERII MECHANICZNEJ I ROBOTYKI, KATEDRA KONSTRUKCJI I EKSPLOATACJI MASZYN, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków² UNIwersYTET Jagielloński, COLLEGIUM MEDICUM, WYDZIAŁ LEKARSKI, KATEDRA PROTETYKI STOMATOLOGICZNEJ, ul. Montelupich 4, 31-155 Kraków³ POLITECHNIKA KRAKOWSKA, WYDZIAŁ MECHANICZNY, LABORATORIUM METROLOGII WSPÓLRZĘDNOŚCIOWEJ, Al. Jana Pawła II nr 37, 30-864 Kraków**Ocena kształtu żuchwy na podstawie obrazowania w tomografii wolumetrycznej****Dr hab. inż. Anna M. RYNIOWICZ**

Profesor na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie oraz kierownik Pracowni Materialoznawstwa i Technologii Biomateriałów Stomatologicznych Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego. Uprawiane dziedziny: biomechanika w medycynie, biomateriały zastępujące utracone funkcje tkanek, biotribologia, bioeologia i bioinżynieria.

e-mail: anna@ryniewicz.pl**Dr n. med. Wojciech RYNIOWICZ**

Praca w Katedrze Protetyki Stomatologicznej Wydziału Lekarskiego Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego przynosi mi wiele satysfakcji zawodowej, wymaga doświadczenia oraz wiedzy. Naukowo zajmuję się modelowaniem numerycznym, biomechaniką układu stomatognatycznego z wykorzystaniem metody elementów skończonych, protetyką stałych uzupełnień zębowych.

e-mail: wojciech@ryniewicz.pl**Mgr inż. Magdalena OLSZEWSKA**

Doktorantka Laboratorium Metrologii Współrzędnościowej Politechniki Krakowskiej. Tematyka, którą porusza w swoich badaniach to: metrologia biomedyczna, zastosowanie współrzędnościowych systemów pomiarowych do oceny kształtu oraz wymiarów bioelementów, technika obrazowania wykorzystująca tomografię wiązki stożkowej.

e-mail: molszewska@mech.pk.edu.pl**Streszczenie**

Celem pracy była weryfikacja dokładności odwzorowania parametrów kształtu żuchwy z wykorzystaniem tomografii wolumetrycznej (CBCT) i pomiarami wykonanymi dla potrzeb diagnostyki klinicznej. Pomiary referencyjne przeprowadzono na współrzędnościowej maszynie pomiarowej. Preparaty poddano obrazowaniu CBCT i opracowano wirtualne modele żuchwy. Analizowano parametry: trójkąt Bonwille'a, płaszczyznę okluzyjną, oraz symetrię żuchwy względem płaszczyzny strzałkowej. Niepewność standardowa przeprowadzonych pomiarów wynosiła od 0,25mm do 1,15 mm.

Słowa kluczowe: analiza wymiarowa, CBCT, model wirtualny, parametry kształtu żuchwy.

Examination of mandible shape based on imaging in Cone Beam Computed Tomography**Abstract**

A novel dental imaging technique is Cone Beam Computed Tomography – CBCT. The aim of the project was to verify the accuracy of the projection of shape parameters of a mandible applying the CBCT and measurements taken for needs of clinical diagnostics. The study was based on cadaver specimens. The reference measurements were made on a coordinate-measuring machine. Then, the specimens were exposed to the imaging using CBCT. A verification study consisted in measuring the physical geometrical characteristics of a clinically-applied object. The measurements resulted from the study of real-world objects and also three dimensional models created on the basis of two dimensional images from CBCT (Fig. 3). A Bonwille's triangle and the occlusal plane (Figs. 4, 5) served as the geometrical parameters of the jawbone shape. Additionally, the sagittal plane, in relation to which the jawbone symmetry was estimated, was defined and specified (Figs. 7, 8). Three measurement series for the coordinate-measuring machine and five measurements for the CBCT, taken for each point, were held to specify the coordinates as well as the lengths of the sections between the characteristic points. 20 measurements of the lengths of the sides of the Bonwille's triangle were taken for the

purpose of statistical analysis and evaluation of the accuracy of measurements taken by CBCT. In all studied specimens, the asymmetric location of the points was detected, especially B and C points, which were located on the joint surface of the mandible head. Simultaneously, K and L points were located on the coronoid bones and F, G points on the passage of the mandible canal into its ramus. The coordinate-measuring machine was used for the reference measurements. The specimens were subjected to the CBCT imaging and the virtual jawbone models were prepared. The parameters that were analysed were: Bonwille's triangle, occlusal plane and the jawbone symmetry in relation to the sagittal plane. The standard uncertainty of the taken measurements fluctuated between 0,25mm and 1,15 mm.

Keywords: dimensional analysis, CBCT, virtual model, mandible shape parameters.

1. Wprowadzenie

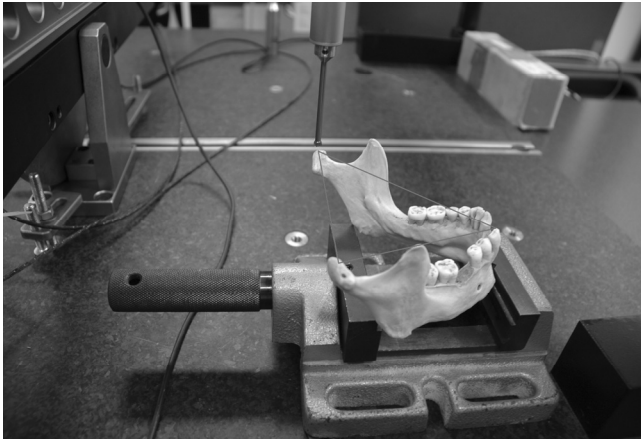
Nowoczesną techniką obrazowania w stomatologii jest tomografia wolumetryczna (Cone Beam Computed Tomography-CBCT). Różni się ona od klasycznej tomografii wielokrotnie mniejszą dawką promieniowania jonizującego i wynosi 20-80 μ Sv na jedno badanie. Można dokonywać zmian oglądanej projekcji płaszczyzny przekroju, grubości warstwy lub obrotu obiektu badań. Dodatkową zaletą w klinicznym wykorzystaniu tego obrazowania jest możliwość odwzorowania przestrzennego i wymiarowania. Odwzorowanie struktury jest wolne od zniekształceń i zobrazowane w wymiarach rzeczywistych [1-6].

Celem było opracowanie metody pomiarów kliniczno-diagnostycznych żuchwy odwzorowanej wirtualnie i zamodelowanej przestrzennie na podstawie obrazowania wiązką stożkową.

Aby zrealizować zadanie wskazano geometryczne wyznaczniki kształtu żuchwy i dokonano weryfikacji dokładności ich odwzorowania w CBCT [7-9]. Weryfikacja dokładności odwzorowania została przeprowadzona na podstawie pomiarów referencyjnych na współrzędnościowej maszynie pomiarowej (WMP).

2. Materiał i metoda

Materiałem badań było 5 preparatów kadawerskich żuchwy. Zostały one udostępnione przez Katedrę Anatomii Wydziału Lekarskiego Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Przeprowadzone badania polegały na wyznaczeniu parametrów kształtu wykorzystywanych klinicznie i wykonaniu ich pomiarów na obiektach rzeczywistych a następnie na modelach trójwymiarowych utworzonych w oparciu o dwuwymiarowe obrazy z CBCT. Dla realizacji celu przeprowadzono pomiary referencyjne preparatów na WMP, w wyniku czego wskazano wyznaczniki kształtu żuchwy, które są istotne dla klinicznych pozycji przestrzennych.

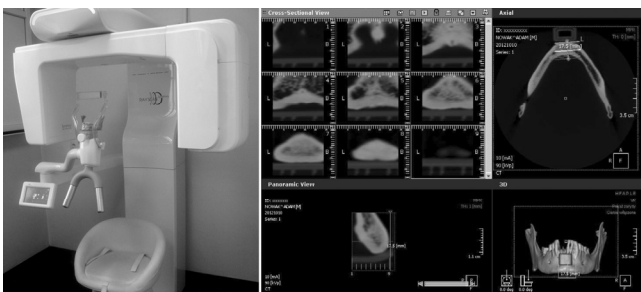


Rys. 1. Badanie żuchwy na WMP w celu wyznaczenia referencyjnych parametrów kształtu

Fig. 1. Study of the mandible on the WMP to determine the shape of the reference parameters

Maszyna pomiarowa PMM Leitz 12106 znajduje się w Laboratorium Metrologii Współrzędnościowej Politechniki Krakowskiej i współpracuje z oprogramowaniem Quindos umożliwiającym pisanie własnych procedur pomiarowych (rys. 1).

Następnie preparaty poddano obrazowaniu CBCT z wykorzystaniem tomografu RAY Scan Symphony, który znajduje się w Pracowni Diagnostyki Obrazowej Instytutu Stomatologii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie (rys. 2). Jest to aparat o polu obrazowania (FOV): 10x10 cm, 15x15 cm i 17x23 cm z trybem rozszerzonego pola widzenia. Dzięki możliwości zmiany pola widzenia można uzyskać badanie interesującego obszaru w ograniczonym zakresie. Istotną cechą systemu jest możliwość wyboru rozdzielczości skanowania w zależności od potrzeb wykonywanego badania: 150x150x150 μm do 380x380x380 μm . Zmiana rozdzielczości ma wpływ na dawkę promieniowania jonizującego. Badania przeprowadzono przy wielkości woksela 380x380x380 μm .



Rys. 2. Obrazowanie CBCT żuchwy

Fig. 2. CBCT imaging of the mandible

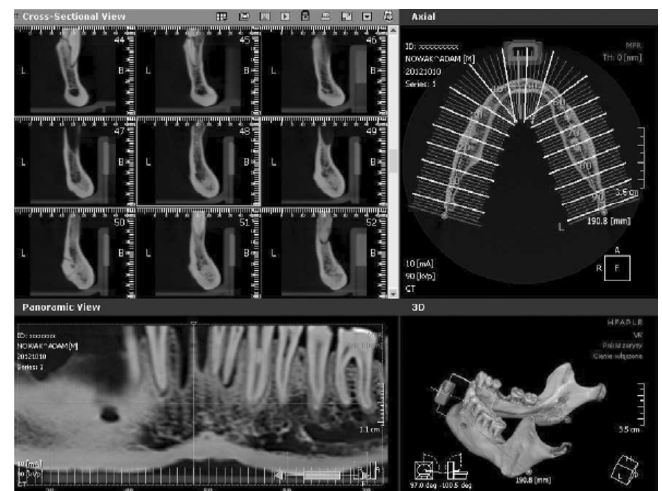
Na tej podstawie opracowano przestrzenne modele żuchwy oraz określono współrzędne punktów do analizy wymiarowej [8, 10, 11]. Dla obiektów wirtualnych wykonano pomiary tych samych parametrów, jak w przypadku obiektów rzeczywistych. Jako geometryczne wyznaczniki kształtu żuchwy przyjęto: trójkąt Bonville'a i płaszczyznę okluzyjną. Ponadto zdefiniowano i określono płaszczyznę strzałkową, względem której oceniano symetrię żuchwy. Strategia pomiarowa obejmowała określenie współrzędnych punktów charakterystycznych i na tej podstawie wyznaczenie długości odpowiednich odcinków oraz kątów identyfikujących wyznaczniki geometryczne na WMP oraz w CBCT. Wyznaczano długości boków trójkąta Bonville'a, który został utworzony przez punkt sieczny znajdujący się na styku brzegów siecznych siekaczy przyśrodkowych żuchwy i dwa punkty kłyckowe zlokalizowane na środkach głów żuchwy. Wyznaczono płaszczyznę okluzyjną określoną przez trzy punkty: przez punkt sieczny i dwa punkty zlokalizowane na szczytach policzkowych dystalnych guzków pierwszych zębów trzonowych dolnych. Sy-

metrię żuchwy oceniano na podstawie odległości charakterystycznych punktów na żuchwie względem płaszczyzny strzałkowej. Metodą współrzędnościową w przyjętym układzie odniesienia wyznaczono odległości następujących parzystych punktów zlokalizowanych na: środkach głów żuchwy (kłyckowe), na najwyższych i najbardziej skrajnych wyniosłościach wyrostków dziobastych, na przejściu trzonu żuchwy w jej gałęzie (gonion) oraz na szczytach policzkowych dystalnych guzków pierwszych zębów trzonowych dolnych.

W procedurze numerycznej prowadzącej do analizy geometrycznej modelu żuchwy wykorzystano oprogramowanie Xelis Dental, Solid Works i Stat 4U. W przypadku WMP przeprowadzono 3 serie pomiarowe, a w przypadku CBCT dla każdego punktu przeprowadzono serie 5 pomiarów wyznaczając ich współrzędne, a następnie długości odcinków między charakterystycznymi punktami. Dla potrzeb analizy statystycznej oraz oceny dokładności przeprowadzonych pomiarów z wykorzystaniem CBCT przeprowadzono serię 20 pomiarów długości boków trójkąta Bonville'a.

3. Wyniki badań i ich omówienie

Opracowany na podstawie badań CBCT model żuchwy przedstawiono na rysunku 3.

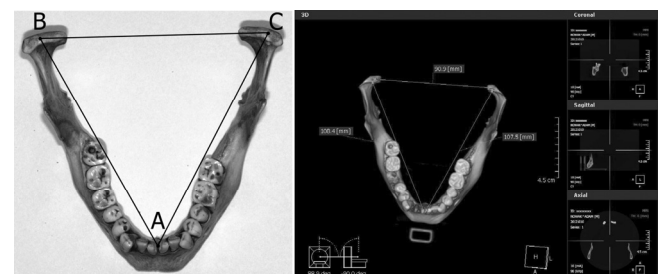


Rys. 3. Rekonstrukcja trójwymiarowa żuchwy na podstawie obrazowania CBCT z wykorzystaniem oprogramowania Xelis Dental.

Fig. 3. Three-dimensional reconstruction of the mandible on the basis of CBCT imaging using software Xelis Dental

Analizowano: trójkąt Bonville'a, płaszczyznę okluzyjną oraz płaszczyznę, względem której określano symetrię żuchwy.

Na styku brzegów siecznych siekaczy dolnych określono punkt sieczny A oraz wyznaczono dwa punkty kłyckowe B i C, zlokalizowane na powierzchniach stawowych w środkach głów żuchwy. W wyniku połączenia tych punktów utworzono trójkąt Bonville'a (rys. 4). Punkty te przyjmuje się jako stałe odniesienie w stosunku do płaszczyzn określających czynność układu stomatognatycznego (strzałkowej, horyzontalnej i czołowej).

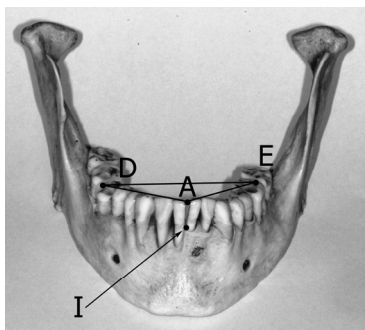


Rys. 4. Trójkąt Bonville'a w badanej żuchwie

Fig. 4. Bonville's triangle in the mandible tested

Dla celów diagnostycznych określana jest płaszczyzna okluzyjna. Została ona wyznaczona przez trzy punkty: punkt sieczny A i dwa punkty D i E na szczytach policzkowych guzków dystalnych pierwszych zębów trzonowych dolnych (rys. 5).

Symetrię wyznaczono poprzez pomiary odległości charakterystycznych punktów anatomicznych względem hipotetycznej płaszczyzny strzałkowej α dzielącej żuchwę na stronę prawą i lewą. Płaszczyznę do analizy symetrii żuchwy zdefiniowano jako prostopadłą do płaszczyzny okluzyjnej i jednocześnie poprowadzoną przez prostą łączącą punkt sieczny A i kołec bródkowy H (rys. 5 i 7).



Rys. 5. Płaszczyzna okluzyjna ϵ wyznaczona przez trzy punkty: punkt sieczny A i dwa punkty D i E na szczytach policzkowych guzków dystalnych pierwszych zębów trzonowych w badanej żuchwie

Fig. 5. Occlusal plane ϵ defined by three points: the point incisal A and two points D and E at the top of the distal buccal cusp of the first molars in the mandible tested

W przypadku trudności w identyfikacji punktu siecznego A może być wykorzystany punkt I (infradentale) położony w miejscu najbardziej wysuniętym ku przodowi na przegrodzie międzyzębołowej żuchwy.

W tabeli 1 zestawiono wartości średnie pomiarów długości boków trójkąta ABC obiektów rzeczywistych z wykorzystaniem WMP oraz pomiarów tych samych parametrów zrekonstruowanych żuchw na podstawie obrazowania CBCT.

Tab. 1. Zestawienie wartości średnich wyników pomiarów długości boków trójkąta Bonville'a w badanych żuchwach wykonane na WMP oraz CBCT

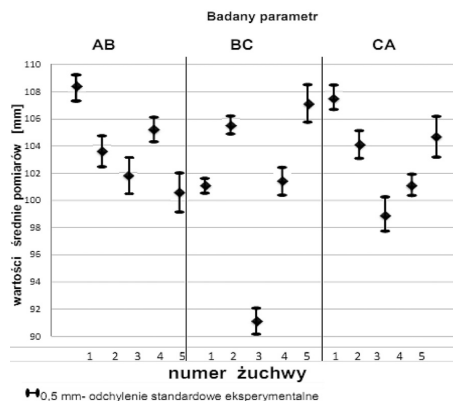
Tab. 1. Summary of the mean values of measurement results of the length of the Bonville's triangle sides in the tested mandibles made on WMP and CBCT

Nr żuchwy	Długości boków trójkąta Bonville'a [mm]					
	Pomiary na WMP			Pomiary na podstawie CBCT		
	AB	BC	CA	AB	BC	CA
1	108,95	102,65	107,45	108,4	101,1	107,5
2	104,20	106,70	104,10	103,6	105,5	104,1
3	102,50	91,85	100,20	102,8	91,1	98,9
4	106,80	100,80	101,50	105,2	101,4	101,1
5	101,80	106,10	105,20	100,6	107,1	104,7
Wartość średnia dla badanych żuchw	104,85	101,62	103,69	104,12	101,24	103,26

Dla pomiarów z wykorzystaniem CBCT wyznaczono odchylenie standardowe, którego wartości dla poszczególnych długości odcinków AB, BC i CA przedstawiono na rys. 6.

W tabeli 2 zestawiono wartości średnie wyników pomiarów długości boków trójkąta ADE, wyznaczającego płaszczyznę okluzyjną ϵ dla obiektów rzeczywistych z wykorzystaniem WMP oraz tych samych pomiarów zrekonstruowanych żuchw na podstawie obrazowania CBCT.

Na rysunku 7 przedstawiono usytuowanie charakterystycznych punktów pomiarowych na żuchwie względem płaszczyzny strzałkowej α w celu oceny symetrii strony prawej i lewej.

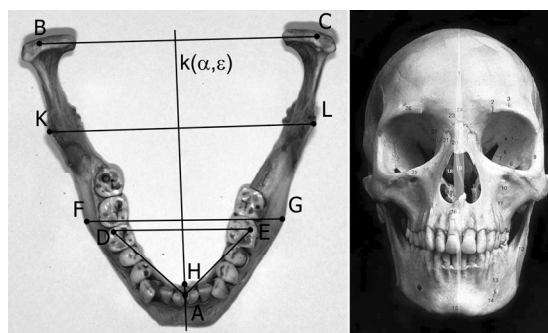


Rys. 6. Graficzna interpretacja wartości średnich oraz odchylenia standardowego wyników pomiarów parametrów trójkąta Bonville'a na podstawie CBCT
Fig. 6. Graphical interpretation of the mean values and standard deviation of measurement results of the Bonville's triangle based on CBCT

Tab. 2. Zestawienie wartości średnich wyników pomiarów długości boków trójkąta ADE wyznaczającego płaszczyznę okluzyjną ϵ w badanych żuchwach, wykonane na WMP oraz CBCT

Tab. 2. Summary of the mean values of measurement results of the length of the sides of the triangle ADE determining the occlusal plane ϵ in the mandibles tested, made on WMP and CBCT

Nr żuchwy	Płaszczyzna okluzyjna wyznaczona przez długości boków trójkąta ADE [mm]					
	Pomiary na WMP			Pomiary na podstawie CBCT		
	AD	DE	EA	AD	DE	EA
1	39,75	55,75	36,95	39,45	55,85	36,75
2	36,75	55,10	38,85	36,50	54,90	38,90
3	36,55	55,10	35,20	36,60	55,05	34,95
4	37,30	56,10	38,80	37,55	55,85	38,95
5	33,10	50,80	32,00	32,95	50,65	32,05
Wartość średnia dla badanych żuchw	36,69	54,57	36,36	36,61	54,46	36,32



Rys. 7. Usytuowanie charakterystycznych punktów pomiarowych na żuchwie względem płaszczyzny strzałkowej α w celu oceny symetrii strony prawej i lewej

Fig. 7. The location of specific points on the mandible in the sagittal plane α to evaluate the symmetry of the right and left side

Dodatkowo do oceny symetrii kształtu żuchwy przyjęto następujące punkty:

- K, L – zlokalizowane na najwyższych i najbardziej skrajnych punktach wyrostków dziobiastych,
- F, G – punkty (gonion) zlokalizowane na przejściu trzonu żuchwy w jej gałęzie, najbardziej ku tyłowi i dołowi na kątach żuchwy (w zasadzie punkty przecięcia stycznych do dolnego brzegu trzonu żuchwy po obu stronach ze stycznymi do tylnych krawędzi gałęzi żuchwy tej samej strony).

Dla każdego punktu charakterystycznego wyznaczano jego rzut na płaszczyznę α .



Rys. 8. Ocena symetrii żuchwy względem płaszczyzny α w CBCT
Fig. 8. Mandibular symmetry rating relative to the plane α in CBCT

W tabeli 3 zestawiono wartości średnie wyników pomiarów odległości charakterystycznych punktów anatomicznych na żuchwach względem płaszczyzny strzałkowej α , wykonane na WMP oraz w CBCT (rys. 7 i 8).

Tab. 3a. Zestawienie wartości średnich wyników pomiarów odległości charakterystycznych punktów anatomicznych na żuchwie względem płaszczyzny strzałkowej α
Tab. 3a. Summary of the mean values of measurement results of the distance of anatomical landmarks on the mandible relative to the sagittal plane α

Nr żuchwy	Odległość charakterystycznych punktów anatomicznych od płaszczyzny α [mm] - Pomiary na WMP							
	Strona prawa				Strona lewa			
	D	F	K	B	E	G	L	C
1	28,25	34,05	44,35	49,45	26,15	36,55	49,15	53,05
2	25,50	43,90	50,35	52,00	27,50	38,90	44,20	48,00
3	27,50	43,90	48,10	46,20	26,30	42,50	39,80	40,90
4	25,90	37,20	49,00	49,00	29,10	39,50	47,10	48,10
5	23,50	43,00	52,00	49,90	24,50	39,00	53,00	53,10
Wartość średnia dla badanych żuchw	26,13	40,41	48,76	49,31	26,71	39,29	46,65	48,63

Tab. 3b. Zestawienie wartości średnich wyników pomiarów odległości charakterystycznych punktów anatomicznych na żuchwie względem płaszczyzny strzałkowej α
Tab. 3b. Summary of the mean values of measurement results of the distance of anatomical landmarks on the mandible relative to the sagittal plane α

Nr żuchwy	Odległość charakterystycznych punktów anatomicznych od płaszczyzny α [mm] - Pomiary na podstawie CBCT							
	Strona prawa				Strona lewa			
	D	F	K	B	E	G	L	C
1	28,30	34,15	44,45	49,35	26,05	36,65	49,00	53,00
2	25,45	43,75	50,25	52,05	27,60	38,85	44,25	47,95
3	27,60	43,85	48,15	46,15	26,25	42,45	39,75	40,85
4	25,95	37,15	48,95	48,85	28,95	39,40	47,00	48,00
5	23,65	42,95	52,05	49,75	24,55	38,90	53,10	53,15
Wartość średnia dla badanych żuchw	26,19	40,37	48,77	49,23	26,68	39,25	46,62	48,59

We wszystkich badanych preparatach stwierdzono niesymetryczne położenie punktów charakterystycznych: B i C usytuowanych na powierzchniach stawowych głów żuchwy, K i L zlokalizowanych na wyrostkach dziobiastych oraz punktów F i G na przejściu trzonu żuchwy w jej gałęzie. Niepewność standardowa przeprowadzonych pomiarów wynosiła od 0,25mm do 1,15 mm. W przeprowadzonych badaniach kształtu żuchwy stwierdzono różnice długości mierzonych odcinków pomiarowych wynikające z procedury pomiarów referencyjnych realizowanych z zastosowaniem WMP oraz pomiarów z rekonstrukcji 3D na podstawie CBCT. Różnice te osiągały wartości do 0,8 mm. Wynikają one przede wszystkim z niedokładności ustalenia charakterystycznych

punktów pomiarowych w obiektach wirtualnych z CBCT. W badaniach celowo nie stosowano znaczenia charakterystycznych punktów, ponieważ badania te mają przełożenie na warunki kliniczne, gdzie procedura taka jest niemożliwa. Stwierzone różnice umożliwiają ocenę odwzorowania kształtu, a równocześnie w aspekcie klinicznym zabezpieczają procedury terapeutyczne - lecznicze.

4. Wnioski

Przeprowadzona weryfikacja odwzorowania parametrów kształtu żuchwy potwierdza możliwość wykorzystania modeli wirtualnych z CBCT jako najbardziej preferowanych w diagnostyce stomatologicznej, a szczególnie w protetyce, implantoprotetyce, chirurgii i ortodoncji.

Wykazano, że szczególną zaletą takich modeli jest możliwość przestrzennej analizy wymiarowej i morfologiczno czynnościowej realizowanej w tym samym układzie odniesienia dla struktur kostnych i zębów, w korelacji z punktami antropometrycznymi oraz charakterystycznymi punktami dla żuchwy.

Metoda pozwala na wyznaczenie charakterystycznych parametrów kształtu żuchwy na podstawie jednej procedury diagnostycznej i obejmuje wizualizację obiektu w wymiarach rzeczywistych i dokonanie pomiarów z niepewnością standardową od 0,25mm do 1,15mm. Numeryczne modele wirtualne można aplikować do analiz wytrzymałościowych MES, szczególnie do symulacji oceniających kontakt tkanka-konstrukcja terapeutyczna oraz wykonać na etapie komputerowego projektowania uzupełnień w technologii ich wykonawstwa w systemach CAD CAM.

5. Literatura

- [1] Różyło-Kalinowska I.; Standardy Europejskiej Akademii Radiologii Stomatologicznej i Szczękowo-Twarzowej dotyczące obrazowania wolumetrycznego (CBCT). *Magazyn Stomatologiczny*, 6, 2009, 12-16.
- [2] Różyło-Kalinowska I., Różyło T.K. : Tomografia wolumetryczna w praktyce stomatologicznej. Wydanie Czelej 2011.
- [3] Loubele M., Bogaerst R., Van Dijk E., Pauwels R., Vanheusden S., Suetens P., Marchal G., Sanderink G., Ja-cobs R.: Comparison between effective radiator dose of CBCT and MSCT scanners for dentomaxillofacial applications. *Eur. J. Radiol.*, 71, 2009, 461-168.
- [4] Lucow M., Deyhle H., Beckmann F., Dagassan-Berndt D., Müller B.: Tilting the jaw to improve the image quality or to reduce the dose in cone-beam computed tomography. *European Journal of Radiology*, Volume 80, Issue 3, 2011, 389-393.
- [5] Ludlow J., Davies-Ludlow L.E., Brookes S.L., Howerton W.B.: Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, New Tom 3G and i-CAT. *Dentomaxillofac. Radiol.*, 35, 2006, 219-226.
- [6] Pytel S., Dawood A., Pitt Ford T., Whaites E.: The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int. Endod. J.*, 40, 2007, 818-830.
- [7] Ludlow J.B., Laster W., See M., Bailey L.J., Hershey H.G.: Accuracy of measurements of mandibular anatomy in cone beam computed tomography image. *Oral. Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.*, 103, 2007, 534-542.
- [8] Majewski S.W.: Gnatofizjologia stomatologiczna. Normy okluzji i funkcje układu stomatognatycznego. Wyd. Lekarskie PZWL, Warszawa 2007.
- [9] Matthew SY Chia, Farhad B Naini, Daljit S Gill: The Aetiology, Diagnosis and Management of Mandibular Asymmetry. *Ortho Update*, 1,2008; 44-52.
- [10] Ryniewicz A.M.: Identification, Modelling and Biomechanics of Human Joints. AGH University of Science and Technology Press Krakow 2011.
- [11] Scarfe W.C., Farman A.G., Sukovic P.: Clinical Applications of Cone - Beam Computed Tomography in Dental Practice. *J. Can. Dent. Assoc.*, 72, 2006, 75-80.