

Rozprawa Doktorska

„Anatomiczne uwarunkowania
zastosowania różnych płytek do zespo­leń
wrostków kłykciowych żuchwy”

Autor: lek. dent. Bartosz Bielecki- Kowalski

Promotor: Prof. Dr hab. n. med. Marcin Kozakiewicz

Streszczenie rozprawy doktorskiej pt. „Anatomiczne uwarunkowania zastosowania różnych płytek do zespożeń wyrostków kłykciowych żuchwy”

Rozprawa doktorska została przygotowana na podstawie cyklu publikacji zaakceptowanych i opublikowanych w wysoko punktowanych czasopismach :

1 – *Clinico-anatomical classification of the processus condylaris mandibulae for traumatological purpose*

[Bielecki-Kowalski B, Kozakiewicz M. Clinico-anatomical classification of the processus condylaris mandibulae for traumatological purpose. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*. 2021;234:1-26. doi:10.1016/j.aanat.2020.15161.]

2 – *Assessment of Differences in the Dimensions of Mandible Condyle Models in Fan- versus Cone-Beam Computer Tomography Acquisition*

[Bielecki-Kowalski B, Kozakiewicz M. Assessment of Differences in the Dimensions of Mandible Condyle Models in Fan- versus Cone-Beam Computer Tomography Acquisition. *Materials*. 2021;14(6):1-11. doi:10.3390/ma14061388.]

3 – *Choice of Screws for Fixation of Mandibular Condyle Fractures Guided by Anthropometric Data*

[Bielecki-Kowalski B, Kozakiewicz M. Choice of Screws for Fixation of Mandibular Condyle Fractures Guided by Anthropometric Data. *Applied Sciences-Basel*. 2021;11:1-11. doi:10.3390/app11083371.]

Badania autora nad uwarunkowaniami anatomicznymi posłużyły również do napisania rozdziału „Anatomia wyrostka kłykciowego żuchwy i struktur otaczających” w Monografii pod redakcją Prof. dr hab. n. med. Marcina Kozakiewicza pt. „Złamania wyrostka kłykciowego żuchwy” będącą na liście podręczników obowiązujących do Państwowego Egzaminu Specjalizacyjnego w dziedzinie Chirurgii Szcękowo- Twarzowej.

[Bielecki-Kowalski, B. M. (2019). *Anatomia wyrostka kłykciowego żuchwy i struktur otaczających*. W M. Kozakiewicz, M. Kozakiewicz (Red.), *Złamania wyrostka kłykciowego żuchwy* (ss. 7–15).]

WSTĘP

Traumatologia szczękowo- twarzowa jest jedną z najdynamiczniej rozwijających się dziedzin chirurgii szczękowo-twarzowej. Przyczynia się do tego stale rosnąca liczba wypadków komunikacyjnych, jak również powiększająca się grupa społeczna starszych osób, którzy stanowią grupę podwyższonego ryzyka urazów twarzoczaszki, z uwagi na zmniejszoną sprawność psychoruchową. Spośród złamań twarzowej części czaszki złamanie żuchwy jest tym, które występuje najczęściej. Spośród nich wg. literatury 9-45% stanowią złamania wyrostka kłykciowego.

W badaniu klinicznym u pacjentów po złamaniu wyrostka kłykciowego stwierdza się często zgryz otwarty, znaczne ograniczenie ruchów żuchwy, obrzęki okolicy urazu oraz silne dolegliwości bólowe przy ruchach żuchwy.

Leczenie złamań wyrostka kłykciowego od lat stwarza wiele kontrowersji. Istnieje wiele metod, ale wszystkie z nich można zakwalifikować do jednej z dwóch grup: leczenia zachowawczego złamania wyrostka kłykciowego (CTR *ang. Conservative Treatment*) lub otwartej repozycji i osteosyntezy

stabilnej złamania (ORIF *ang. Open Reduction and internal Fixation*). Spory dotyczą zarówno wskazań do ORIF, jak również samej metody zespolenia.

Trudność ORIF wynika m. in. z niezwykle trudnego dostępu chirurgicznego- w wariantcie przedusznym należy docierać przez złamanie poprzez powierzchowny układ mięśniowo-powięziowy (SMAS *ang. superficial musculoaponeurotic system*), śliniankę przyuszną i mięsień żwacz, a nierzadko również torebkę stawu skroniowo-żuchwowego. Repozycję i osteosyntezę wykonuje się w polu średnicy ok. 2cm pomiędzy gałęziami nerwu twarzowego. W wariantcie zausznym trzeba dodatkowo uzyskać dostęp przez zewnętrzny kanał słuchowy.

Najpoważniejszym powikłaniem ORIF jest uszkodzenie nerwu twarzowego. Porażenie pozabiegowe występuje u 8,5-55% pacjentów niezależnie od dostępu. Należy jednak podkreślić, iż permanentne porażenie n.VII występuje zaledwie u 0,3% pacjentów. Drugim najpoważniejszym powikłaniem jest wystąpienie zewnątrzustnej przetoki ślinowej występujące z częstością 2,3%.

Metoda ta pozwala uzyskać znamienne statystycznie lepsze wyniki leczenia przemieszczonych złamań wyrostków kłykciowych, uzyskać fizjologiczne zwanie jak przed urazem oraz repozycję krążka w stawie skroniowo-żuchwowym. Pozwala to na przywrócenie prawidłowej funkcji żucia, ruchomości żuchwy oraz daje pacjentom szansę na powrót do normalnego funkcjonowania.

Jednakże warunkiem koniecznym do uzyskania pozytywnego wyniku leczenia jest spełnienie podstawowych założeń ORIF, czyli prawidłowe ustawienie odłamów oraz dostateczna ich stabilność po zespoleniu. W tym celu konieczne jest właściwe umocowanie płytek zgodne z liniami naprężeń w żuchwie (rozbieżnie w dół) oraz zastosowanie min. 3-4 śrub w górnym odłamie. Zazwyczaj spełnienie tych wymogów jest łatwe do uzyskania, gdy wyrostek jest szeroki i gruby, jednak w przypadku cienkich i długich wyrostków jest niezwykle trudne.

Celem mojej pracy jest określenie czy na podstawie pomiarów anatomicznych można podzielić wyrostki w kontekście zespolenia chirurgicznego oraz czy istnieje możliwość powiązania podziału z pomiarami anatomicznymi w taki sposób, aby chirurg w szybki sposób mógł określić z jakim typem wyrostka ma do czynienia i zawczasu przygotować odpowiednie instrumentarium.

MATERIAŁY I METODY

Na badania uzyskano zgodę komisji bioetycznej nr RNN/125/15/KE i RNN/738/12/KB.

Zbadano 500 wyrostków kłykciowych u osób rasy kaukaskiej w wieku 8-88lat spośród których 182 stanowiły kobiety a 318 mężczyźni. Do badań użyto tomografii komputerowych pacjentów leczonych w Klinice Chirurgii Szczękowo-Twarzowej Uniwersytetu Medycznego w Łodzi. Zbadano 367 wyrostków na podstawie tomografii wiązki wachlarzowatej wykonanych za pomocą urządzenia 320-MDCT volumetric scanner (Aquilion ONE, Toshiba, Otawara, Japan) i 133 na podstawie tomografii wiązki stożkowej wykonanych za pomocą urządzenia Carestream CS 9300 3D (Carestream Dental LLC, Atlanta, GA, USA). FoV badan CBCT wynosiło 17x13.5cm.

Z badań wykluczono tomografie pacjentów, u których występowały zmiany zwyrodnieniowe kości żuchwy i stawów (np. ankyloza stawu skroniowo-żuchwowego), zmiany modelujące kość żuchwy (rozrosty nowotworowe, dysplazje), tomografie u pacjentów pourazowych, u których doszło do złamania żuchwy, tomografie kontrolne po ORIF oraz tomografie u pacjentów po resekcji fragmentu żuchwy. Wykluczono ponadto tomografie złej jakości oraz zawierające liczne artefakty.

Tomografie poddano następnie segmentacji w programie Mimics Research 17.0 (Materialise Mimics). Segmentację kości wykonano przy użyciu globalnego progowania zdefiniowanego indywidualnie dla każdego z badań CBCT i FBCT. Progowanie wyznaczano za pomocą indywidualnej analizy histogramu.

Dla każdego z obrazów brano pod uwagę intensywność skali szarości odpowiadające kości i tkance miękkiej poprzez określanie odpowiedniej dolnej granicy bramki (threshold) w celu wykluczenia tła obrazu.

Utworzono w ten sposób wirtualne modele żuchwy na których naniesiono następujące pomiary anatomiczne wyrostków kłykciowych:

- długość podstawy,
- długość szczytu szyjki,
- długość w połowie wysokości szyjki (3 powyższe pomiary przeprowadzano prostopadle do linii pomocniczej łączące najbardziej dotylne punkty kąta i głowy żuchwy),
- odległość pomiędzy najbardziej doprzednim punktem szczytu szyjki a najniższym punktem we wcięciu półksiężycowatym,
- wysokość szyjki,
- szerokość podstawy wyrostka,
- szerokość szczytu szyjki wyrostka,
- największa szerokość głowy żuchwy,
- szerokość kości 1mm poniżej wcięcia półksiężycowatego,
- kąt pomiędzy linią pomocniczą a najniższym punktem wcięcia półksiężycowatego,
- odległość między przyśrodkowymi ramionami kątów przeprowadzonych przez najniższe i najwyższe doprzednie punkty szyjki wyrostka kłykciowego,
- wysokość żuchwy.

Wykonano łącznie 6000 pomiarów anatomicznych oraz dla każdego wyrostka wyznaczono 2 współczynniki: współczynnik wysokości- Condyle Height Index (CHI) oraz współczynnik smukłości- Condyle Slenderness Index (CSI) wg wzorów:

$$CHI = \sqrt{\frac{Height_neck}{Length_neck_basal}} \quad CSI = \frac{14}{13} + \log_{10} \frac{Height_neck}{Length_neck_top}$$

Pomiary oraz czynniki poddano analizie statystycznej.

WYNIKI

Wzajemne stosunki pomiarów CHI oraz CSI pozwoliły podzielić grupę na smukłe oraz krępe wyrostki. Granica podziału przechodzi przez $CSI=1$. Wyrostki z $CSI<1$ to wyrostki nazwane jako krępe a $CSI>1$ wyrostki smukłe. $p<0,001$

Pomiary oraz współczynniki poddano analizie za pomocą analizy czynnikowej na podstawie której uzyskano pogrupowanie pomiarów na 3 grupy, które oznaczono: Czynn timer pionowy (Vertical_Factor), Czynn timer strzałkowy (Sagittal_Factor) i Czynn timer poziomy (Horizontal_Factor).

Czynn timer poziomy, strzałkowy, pionowy oraz CHI poddano analizie siecią neuronową w powiązaniu ze wszystkimi pomiarami anatomicznymi. Uzyskano bardzo dobre rozdzielenie grupy oraz bardzo wysoki poziom prawidłowych przewidywań typu sylwetki bocznej wyrostka (ok.92% trafności).

Powiązano następnie CSI rozdzielone na 2 typy z pomiarami anatomicznymi uzyskując silne powiązanie CSI z grubością kości podstawy wyrostka kłykciowego $p<0,001$.

Nie było różnic pomiędzy płciami ($p>0,96$).

Aby uzyskać liczbowe twarde determinanty podziału na dwa typy wyrostków kłykciowych przeprowadzono analizę dyskryminacyjną i analizę siecią neuronową. Oba typy kształtów wyrostka zachodzą na siebie. Można je rozgraniczyć ze skutecznością ponad 85%.

Ponieważ CSI jest zależny od grubości podstawy wyrostka kłykciowego, a rozpatrujemy również obustronne złamania wyrostków kłykciowych, dla których niemożliwe jest uzyskanie pomiarów wysokości szyjki i wyliczenie CSI, skategoryzowano smukłość wyrostka kłykciowego jedynie na podstawie grubości podstawy.

Separacja obu typów jest możliwa na poziomie 72% pacjentów. Do średniej grubości podstawy smukłych wyrostków dodano SD w celu określenia jak jest blisko do średniej grubości podstawy krępych wyrostków [11,5mm], następnie od średniej grubości podstawy krępych wyrostków odjęto SD w celu określenia jak blisko jest do smukłych [8,5mm].

Stworzono w ten sposób pośrednią kategorię mieszających się typów morfologicznych wyrostka kłykciowego żuchwy. Stanowią ją pacjenci z grubościami podstawy wyrostka kłykciowego w zakresie 8,5-11,5mm

W drugiej części badań skupiono się na porównaniu wyników analizy pomiarów w oparciu o typ tomografii, który posłużył do wykonania modelu.

Analizie poddano 11 pomiarów (w badaniu nie uwzględniono pomiaru Width_neck_top, który został dodany na potrzeby trzeciej części badań).

7 spośród 11 pomiarów przyjmowało istotnie wyższe wartości na modelach uzyskanych na podstawie FBCT w stosunku do CBCT ($p<0.05$).

CBCT zaniża wyniki pomiarów w stosunku do FBCT, które uważane jest na najwierniej oddającą rzeczywiste wymiary kości. Jednak w przypadku większości pomiarów różnica ta wynosi $<1\text{mm}$.

Trzecia część badań skupiła się na uzyskaniu standardowych wymiarów kości w miejscach typowych dla zespołów wyrostka kłykciowego i głowy żuchwy.

Badano szerokości podstawy i szczytu wyrostków kłykciowych żuchwy, szerokość 1 mm poniżej wcięcia półksiężycowatego oraz największą szerokość głowy żuchwy.

Zbadano, czy istnieją istotne statystycznie różnice pomiędzy poszczególnymi pomiarami a wiekiem i płcią pacjentów.

Analiza pomiarów w stosunku do wieku pacjentów przy użyciu testu analizy regresji wykazała istotną statystycznie zależność ($p < 0,05$) dla pomiarów szerokości podstawy szyjki, szerokości 1 mm poniżej wcięcia półksiężycowatego i największej szerokości głowy żuchwy ($p < 0,05$). Nie stwierdzono zależności istotnej statystycznie dla pomiarów szerokości szczytu szyjki ($p > 0,05$).

Wykazano wzrost logarytmiczny wraz z wiekiem pacjentów dla pomiarów szerokości podstawy wyrostka kłykciowego i największej szerokości głowy żuchwy oraz wzrost wykładniczy dla pomiaru szerokości 1 mm poniżej wcięcia półksiężycowatego.

Analiza przy pomocy testu Kruskala-Wallisa pomiarów szerokości podstawy wyrostka kłykciowego oraz analiza przy pomocy testu ANOVA pomiarów szerokości 1mm poniżej wcięcia półksiężycowatego w zależności od płci pacjentów nie wykazały istotnych statystycznie różnic ($p > 0,05$).

Wyniki statystycznie istotne ($p < 0,05$) uzyskano analizując przy pomocy testu ANOVA pomiary największej szerokości głowy żuchwy oraz przy pomocy testu Kruskala-Wallisa pomiary szerokości szczytu wyrostka kłykciowego w stosunku do płci pacjentów.

WNIOSKI

- Możliwy jest podział wyrostków ze względu na kształt na wyrostki smukłe i krępe.
- Przyporządkowanie do grupy można uzyskać wykonując 1 pomiar [szerokości podstawy wyrostka kłykciowego].
- Pomiar szerokości podstawy wyrostka jest możliwy do wykonania u większości pacjentów pourazowych mimo istniejącego złamania wyrostka kłykciowego
- W ten sposób z dużą oszczędnością czasu operator jest w stanie wybrać optymalny materiał zespalający jeszcze przed zabiegiem chirurgicznym.

Wnioski płynące z drugiej części badań

- CBCT zaniża w sposób istotny statystycznie rzeczywiste wymiary kości żuchwy- operator może przez to użyć krótszych śrub co w konsekwencji wpłynie na stabilność złamania
- Różnice są szczególnie widoczne w okolicach twarzowej części czaszki, gdzie kość jest bardzo cienka (np. okolica wcięcia półksiężycowatego)

Wnioski płynące z trzeciej części badań

- Standardowa długość śruby jaką należy zastosować w okolicy podstawy wyrostka kłykciowego- **śruba 8mm**
- Standardowa długość śruby należy zastosować 1mm poniżej wcięcia półksiężycowatego - **śruba 1,5-2mm**
- Standardowa długość śruby jaką należy zastosować w okolicy szczytu szyjki wyrostka kłykciowego- **śruba 10mm**
- Standardowa długość śrub bikortykałnych, która powinna być zastosowana **u mężczyzn wynosi 22 mm, a u kobiet 20 mm.**
- Wartości pomiarów szerokości podstawy wyrostka kłykciowego, szerokości 1 mm poniżej wcięcia półksiężycowatego oraz największej szerokości głowy żuchwy rosły wraz z wiekiem pacjentów.

Abstract of the PhD dissertation entitled. "Anatomical considerations in the use of different plates for condylar process fixation"

The PhD dissertation was prepared on the basis of a series of publications accepted and published in high-scoring journals:

1 – Clinico-anatomical classification of the processus condylaris mandibulae for traumatological purpose

[Bielecki-Kowalski B, Kozakiewicz M. Clinico-anatomical classification of the processus condylaris mandibulae for traumatological purpose. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*. 2021;234:1-26. doi:10.1016/j.aanat.2020.15161.]

2 – Assessment of Differences in the Dimensions of Mandible Condyle Models in Fan- versus Cone-Beam Computer Tomography Acquisition

[Bielecki-Kowalski B, Kozakiewicz M. Assessment of Differences in the Dimensions of Mandible Condyle Models in Fan- versus Cone-Beam Computer Tomography Acquisition. *Materials*. 2021;14(6):1-11. doi:10.3390/ma14061388.]

3 – Choice of Screws for Fixation of Mandibular Condyle Fractures Guided by Anthropometric Data

[Bielecki-Kowalski B, Kozakiewicz M. Choice of Screws for Fixation of Mandibular Condyle Fractures Guided by Anthropometric Data. *Applied Sciences-Basel*. 2021;11:1-11. doi:10.3390/app11083371.]

The author's research into anatomical conditions was also used to write the chapter "Anatomy of the mandibular condylar process and surrounding structures" in the Monograph edited by Prof. Marcin Kozakiewicz, MD, PhD, entitled "Fractures of the mandibular condylar process". The monograph, edited by Prof. Marcin Kozakiewicz, is entitled "Fractures of the mandibular condylar process" and is on the list of textbooks required for the National Specialty Examination in Maxillofacial Surgery.

[Bielecki-Kowalski, B. M. (2019). Anatomia wyrostka kłykcowego żuchwy i struktur otaczających. W M. Kozakiewicz, M. Kozakiewicz (Red.), *Złamania wyrostka kłykcowego żuchwy* (ss. 7–15).]

INTRODUCTION

Maxillofacial traumatology is one of the most dynamically developing fields of maxillofacial surgery. This is caused by the constantly increasing number of traffic accidents as well as the growing social group of elderly people, who constitute an increased risk of craniofacial trauma due to reduced psychomotor efficiency. Among the fractures of the craniofacial part of the skull, fracture of the mandible is the most common. Of these, according to the literature, 9-45% are fractures of the condylar process.

On clinical examination, patients with condylar process fractures often present with an open bite, significant restriction of mandibular movement, swelling in the area of injury, and severe pain during mandibular movement.

The treatment of condylar process fractures has been controversial for years. There are many methods but all of them can be classified in one of two groups: conservative treatment (CTR) of condylar process

fracture or open reduction and internal fixation (ORIF) of the fracture. Disputes surround both the indications for ORIF and the method of fixation.

The difficulty of ORIF lies, among others, in its difficult surgical access. In the preauricular variant, the fracture must be reached through the SMAS, parotid gland and masseter muscle, and frequently also through the temporomandibular joint capsule. The repositioning and osteosynthesis is performed in a field 2 cm in diameter between the facial nerve branches. In the retroauricular variant, it is additionally necessary to gain access through the external auditory canal.

The most serious complication of ORIF is damage to the facial nerve. Postoperative paralysis occurs in 8.5-55% of patients regardless of the access. It should be emphasized, however, that permanent paralysis of the facial nerve occurs in only 0.3% of patients. The second most serious complication is extraoral salivary fistula with a rate of 2.3%.

This method provides statistically significantly better results in the treatment of displaced condylar process fractures, obtaining physiological occlusion as before the injury and repositioning the disc in the temporomandibular joint. It allows restoring the normal masticatory function and mobility of the mandible and gives patients a chance to return to normal functioning.

However, a fundamental condition for a positive treatment result is the fulfillment of the basic principles of ORIF, i.e. correct positioning of the fragments and their sufficient stability after fixation. For this purpose, it is necessary to properly fix the plates according to the stress lines in the mandible (diverging downwards) and to use at least 3-4 screws in the upper fracture. These requirements are usually easy to achieve when the condyle is wide and thick, but are extremely difficult to achieve when the condyle is thin and long. The aim of this study is to determine if the condyles can be divided based on anatomical measurements in the context of surgical fixation and if it is possible to relate the division to the anatomical measurements in such a way that the surgeon can quickly determine the type of condyle he is dealing with and prepare the appropriate instrumentation in advance.

MATERIALS AND METHODS

Bioethics committee approval No. RNN/125/15/KE and RNN/738/12/KB were obtained for the study.

A total of 500 condylar processes were studied in Caucasian subjects aged 8-88 years, of which 182 were women and 318 men. CT scans of patients treated at the Department of Maxillofacial Surgery of the Medical University of Lodz were used for the study. A total of 367 condyles were examined with fan-beam tomography taken with a 320-MDCT volumetric scanner (Aquilion ONE, Toshiba, Otawara, Japan) and 133 with cone-beam tomography taken with a Carestream CS 9300 3D scanner (Carestream Dental LLC, Atlanta, GA, USA). The FoV of the CBCT studies was 17x13.5cm. CT scans of patients with degenerative changes of the mandibular and articular bones (e.g. ankylosis of the temporomandibular joint), changes that model the mandibular bone (tumor growths, dysplasias), scans of trauma patients with mandibular fractures, follow-up scans after ORIF, and scans of patients after mandibular fragment resection were excluded from the study. We also excluded poor-quality tomographic images and those containing numerous artifacts.

The tomographs were then segmented in Mimics Research 17.0 software (Materialise Mimics). Bone segmentation was performed using global thresholding defined individually for each CBCT and FBCT scan. Thresholding was determined using individual histogram analysis. For each image, the grayscale

intensity corresponding to bone and soft tissue was taken into account by determining the corresponding lower gate limit (threshold) to exclude the image background.

Virtual models of the mandible were created on which the following anatomical measurements of the condylar processes were applied:

- length of the base of the condylar process
- length of the top of condylar process neck
- length at half height of the condylar process neck (the 3 measurements above were taken perpendicularly to the auxiliary line connecting the most proximal points of the angle and head of the mandible)
- distance between the most anterior point of the condyle top and the lowest point of the sigmoid notch
- the height of the neck of the condylar process
- width of the base of the condylar process
- width of the top of the neck of the condylar process
- greatest width of mandibular head
- width of bone 1 mm below the semilunar notch
- angle between auxiliary line and lowest point of crescent indentation
- Distance between the medial arms of the angles through the lowest and highest anterior points of the cervical process of the condyle
- height of the mandible

A total of 6,000 anatomical measurements were performed and two indexes were determined for each condyle: the Condyle Height Index (CHI) and the Condyle Slenderness Index (CSI) according to the following formulae:

$$CHI = \sqrt{\frac{Height_neck}{Length_neck_basal}} \quad CSI = \frac{14}{13} + \log_{10} \frac{Height_neck}{Length_neck_top}$$

Measurements and coefficients were statistically analyzed.

RESULTS

The interrelation of CHI and CSI measurements allowed us to divide the group into slender and vertebral appendages. The dividing line is CSI=1. Appendices with CSI<1 are called squat and CSI>1 are called slender. $p<0.001$

The measurements and coefficients were analyzed using factor analysis which resulted in grouping the measurements into 3 groups which were labeled: Vertical_Factor, Sagittal_Factor and Horizontal_Factor.

The horizontal, sagittal, vertical, and CHI factors were analyzed with a neural network in conjunction with all anatomical measurements. Very good separation of the group and a very high level of correct predictions of the lateral process silhouette type were obtained (about 92% accuracy).

We then associated CSI separated into 2 types with anatomical measurements obtaining a strong association of CSI with condylar process base bone thickness $p < 0.001$.

There were no differences between genders ($p > 0.96$).

Discriminant analysis and neural network analysis were performed to obtain numerical hard determinants of the division into two types of condylar processes. The two types of condylar process shapes overlap. They can be separated with an efficiency of more than 85%.

Because CSI is dependent on condylar process base thickness, and we also consider bilateral condylar process fractures for which it is not possible to obtain cervical height measurements and calculate CSI, we categorized condylar process slenderness based on base thickness only.

Separation of the two types is possible at the 72% patient level. SD was added to the mean base thickness of the slender processes to determine how close it was to the mean base thickness of the squat processes [11.5mm], then SD was subtracted from the mean base thickness of the squat processes to determine how close it was to the slender [8.5mm].

This created an intermediate category of mixed morphologic types of the mandibular condylar process. This represents patients with condylar process base thicknesses in the range of 8.5-11.5mm

The second part of the study focused on comparing the results of the measurement analysis based on the type of tomography used to create the model.

11 measurements were analyzed (the Width_neck_top measurement, which was added for the third part of the study, was not included in this part of the study).

7 of the 11 measurements had significantly higher values on models derived from FBCT compared to CBCT ($p < 0.05$).

CBCT underestimates measurements relative to FBCT, which is considered to be the most accurate representation of actual bone dimensions. However, the difference is $< 1\text{mm}$ for most measurements.

The third part of the study focused on obtaining standard bone dimensions at locations typical for condylar process and mandibular head fixation.

The widths of the base and top of the mandibular condylar processes, the width 1 mm below the semilunar notch, and the greatest width of the mandibular head were examined.

Whether there were statistically significant differences between the measurements and the age and sex of the patients was investigated.

Analysis of the measurements in relation to the age of the patients using the regression analysis test showed a statistically significant relationship ($p < 0.05$) for the measurements of the width of the base of the neck, the width 1 mm below the semilunar notch, and the greatest width of the mandibular head ($p < 0.05$). There was no statistically significant relationship for measurements of cervical top width ($p > 0.05$).

There was a logarithmic increase with patient age for the measurements of the width of the base of the condylar process and the greatest width of the mandibular head, and an exponential increase for the measurement of the width 1 mm below the semilunar notch.

Analysis by the Kruskal-Wallis test of the measurements of the width of the base of the condylar process and analysis by the ANOVA test of the measurements of the width 1mm below the semilunar notch according to the sex of the patients showed no statistically significant differences ($p>0.05$).

Statistically significant results ($p<0.05$) were obtained by analyzing with the ANOVA test the measurements of the greatest width of the mandibular head and with the Kruskal-Wallis test the measurements of the width of the top of the condylar process in relation to the sex of the patients.

CONCLUSIONS

- It is possible to divide the condylar processes by shape into slender and squat processes.
- Assignment to a group can be obtained by taking one measurement [of the width of the base of the condylar process].
- Measurement of the width of the base of the condylar process is possible in most post-traumatic patients in spite of an existing fracture of the condylar process.
- In this way, the operator is able to select the optimal fixation material before surgery with great time savings.

Conclusions from the second part of the study

- CBCT statistically significantly underestimates the actual size of the mandibular bone - the operator can therefore use shorter screws, which in turn affects the stability of the fracture
- Differences are especially visible in the facial region of the skull, where the bone is very thin (e.g. the region of the semilunar notch)

Conclusions from the third part of the study

- Standard screw length to be used around the base of the condylar process - **8mm screw**
- Standard screw length to be used 1mm below the semilunar notch - **1.5-2mm screw**
- Standard screw length to be used in the region of the cervical neck of the condylar process- **10mm screw**
- The standard length of bicuspid screws that should be used **in men is 22mm and in women it is 20mm.**
- The values of the measurements of the width of the base of the condylar process, the width of 1 mm below the semilunar notch, and the greatest width of the mandibular head increased with the age of the patients.