



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS
TÉZISFÜZETE

MARKELLA ZSOLT

Számítógéppel támogatott műtéti biztonság

Témavezető: Dr. Schuster György PhD

BIZTONSÁGTUDOMÁNYI
DOKTORI ISKOLA

Budapest, 2024. 10. 07.

Tartalomjegyzék

1	Summary	3
2	A kutatás előzményei	4
3	Célkitűzések	6
4	Vizsgálati módszerek	7
5	Új tudományos eredmények.....	9
6	Az eredmények hasznosítási lehetősége	14
7	Irodalomjegyzék	14
8	Publikációk	25
8.1	A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények	25
8.2	További tudományos közlemények	27

1 Summary

In my doctoral thesis, I present the methods used in the software I developed to increase surgical safety when planning facial reconstruction surgery.

The results of the scientific reach are the following:

1. Through my tests and statistical results, I have shown that alternative measuring points can be used instead of cephalometric measuring points close to the skull surface, which are often damaged in accidents.
2. Based on the results of the measurements made with my CranioViewer software, I found that the 3D CBCT data set can be reinterpreted to 3D and projected onto a facial midplane, and the cephalometric analyses previously used on 2D RTG can be used.
3. Through my studies and statistical results, I have demonstrated that 3D CBCT can be used to measure anatomical formulas for cephalometric measurements that do not have all three dimensions with sufficient accuracy.
4. My tests and statistical results have shown that the midplane of the face can be produced in several ways.
5. Using the procedure developed, I demonstrated that in the case of a hemipelvic lesion, the mirror image of the intact side can be used as a template for reconstructive surgery by mirroring the intact side onto the midplane of the face.

2 A kutatás előzményei

Korábban kifejlesztettem egy két dimenziós oldalirányú teleröntgen diagnosztizáló és műtéti tervező programot. Ezzel a fogsabályozó diagnosztikai célú, kefalometriai analízist támogató számítógépes programmal az elsődleges céloom a nagyon hosszadalmas manuális munka megkönnyítése és gyorsítása volt.

Mi az a teleröntgen? Mi az a hosszadalmas munka?

Hagyományosan a koponyáról standardizált körülmények között [31], [32] (a sugárforrás film távolság 150 cm, fősugár a *porus acusticus externus* középpontján halad át) fejbeállítóban, oldalirányból készített röntgen felvételt (u.n. teleröntgen) át kellett rajzolni egy pausz papírra és azon vonalzó és szögmérő segítségével 20 – 25 alapvetően szög értéket és néhány távolságot kellett lemérni. [MZS1]

Ezen mérés és kiértékelés a kefalometriai analízis.

Az így kapott eredményeket a korábban szabályos koponyákon elvégzett mérésekből készített statisztikákkal hasonlítják össze, ezzel meghatározva a kezelés irányát. A program fejlesztésében egy következő állomást jelentett a műtéti tervező modul kifejlesztése. Ezzel a súlyos eltérések kezelésének egyszerűbb és gyorsabb megtervezése vált lehetővé. Ilyenkor a felső és/vagy az alsó állcsont műtéti úton való elmozdításával és fogsabályozó elő és utókezeléssel érik el az arckoponya és a fogazat alaki és működési helyreállítását. A fejlődési rendellenességek, illetve baleseti traumák következtében bekövetkezett arc aszimmetriák viszont az oldalirányú teleröntgen felvételek alapján nem diagnosztizálhatók. Létezik ugyan frontális teleröntgen felvétel is, de a csontok egymásra vetülése miatt azok sokkal kevésbé használhatók. Így alkalmazása meglehetősen szűk és korántsem optimális eszköz az arckoponya frontális síkú eltéréseinek diagnosztizálására. [28]

Problémát jelentett az arc aszimmetriák kezelése, mert nem volt frontális irányú információ. Azzal, hogy elérhetővé vált *Coan Been Computed Tomography* a továbbiakban rövidítve CBCT felvételek készítése, szükségessé vált egy 3D diagnosztizáló és tervező program kifejlesztése.

A szakirodalom eredetileg csak a két dimenziós teleröntgen felvételeken látható anatómiai képletek meghatározását írta le. A technika fejlődésével a CBCT megjelenésével egyre többen

foglalkoztak a vonatkoztatási pontok három dimenziós térben identifikálásának problémájával [88].

A jelenleg általánosan alkalmazott megoldással szemben, nevezetesen, hogy a CBCT adatállományból „volume rendering” eljárással 3D felület [88] megjelenítést készítenek és azon azonosítanak pontokat [MZS1], én más módszert választottam.

A CBCT volumen adatállományból matematikai úton konvertált - dicom formátumban tárolt - axiális CT szeleteket a képernyőn axiális, koronális és szagittális nézetben is megjeleníttem. Az azonosított anatómiai pontok koordinátáinak rögzítéséhez egy minden nézetben egyszerre látható és egyszerre mozgó szátkeresztet használok. [MZS1]

Mivel a fogszabályozásban alkalmazott kefalometriákban a hagyományosan jelölendő anatómiai képleteket klasszikus 2D röntgen képek alkalmazásával definiálták a múlt században, a pontok azonosításához lehetőség van röntgenszerű megjelenítésre is. [MZS1]

A röntgenszerű képet előállító algoritmus a nézőponttól az egymás mögötti CT szeletek egyes képpontjainak intenzitását összegzi, majd végül az átlagukat jeleníti meg. Ekkor azonban ismét szembe kerülünk a frontális teleröntgennel kapcsolatban már említett problémával, nevezetesen a csontok egymásra vetülésével. Az egymásra vetülés kiküszöbölése érdekében létrehoztam egy általam szelet röntgennek nevezett felületet. Ebben a megjelenítésben csak a felhasználó által a volumetogrammban - az általam CT szelet nézetnek nevezett felületen - az elsődleges és a másodlagos kurzor segítségével kijelölt volumenből készíti a program röntgenszerű megjelenítést. [MZS1]

A CT és CBCT felvételek grafikai megjelenítésében elterjedten használt MIP (Maximal Intensity Projection, a maximális intenzitású pontok párhuzamos vetítése) módot a volumetogram adatállományának csak a felére alkalmazva külön-külön megjeleníthető a fej jobb és bal oldala. Ez azért fontos, mert sok az úgynevezett páros anatómiai pont, ami azt jelenti, hogy a koponya jobb és bal oldalán is megtalálható ugyanaz a pont. Ezek a pontok a hagyományos 2D kiértékelések esetén nem megkülönböztetettek. A 3D kiértékelések esetén a szimmetriák ill. az aszimmetriák megállapításához és méréséhez viszont elengedhetetlen az oldalak külön-külön történő kezelése. [MZS1]

A MIP megjelenítés előnye az egyszerűsége és az ebből eredő gyorsasága, de nagy hátrány lehet a nagyobb intenzitású, hátrébb lévő pontok megjelenése. Ennek kiküszöbölésére a MIP megjelenítést továbbfejlesztve egy AdvancedMIP megjelenítést hoztam létre. Az algoritmus

lényege a következő: merőleges vetítéssel pontról pontra vizsgáljuk az egymás mögötti voxelek intenzitását, a beállítható intenzitásküszöb elérése után azt az intenzitást jelenítem meg, ami után már elkezd az intenzitás csökkenni. [MZS1]

Resnick és mtsai 2016-ban [13], Steinhuber és mtsai 2018-ben igazolták, hogy a virtuális műtéti tervezés szignifikánsan kevesebb időt jelent az orvos számára, mint a hagyományos eljárás, továbbá kevesebb költséggel jár [14]. Egy 2017-ben publikált tanulmány a virtuális műtéti tervezésről alkotott véleményeket mérte fel kérdőív segítségével. A megkérdezettek mindössze 8%-a preferálta a hagyományos tervezési eljárásokat a virtuális sebészeti tervezéssel szemben. A válaszadók 77%-a tapasztalta azt, hogy a virtuális modellezés precízebb kezelést tesz lehetővé, és 62%-uk szerint a műtét előtti tájékoztatást is megkönnyíti [14].

Mindezek alapján elmondható, hogy a cone-beam CT által új lehetőségek nyíltak meg az orthognath és arcreekonstrukciós műtétek tervezésében, melyek mind a páciens, mind az orvos számára számos előnyt nyújtanak, így szerepük a jövő sebészetében meghatározó lehet. [MZS9]

3 Célkitűzések

Képkalkuló eljárások fejlesztése rekonstrukciós sebészet céljából, melyek segítségével gyorsabbá és biztonságosabbá tehetők a műtétek.

CT felvételek 3D rekonstrukcióján alapuló, valódi 3D kefalometria felállításának számítógépes támogatása a koponya és az arc aszimmetriák diagnosztizálására és kezelésének tervezésére. Célom egy egyszerűen kezelhető 3D arc-állcsont sebészeti műtéti tervező program kifejlesztése a legcélravezetőbb műtét szimulációs mód megtalálása. A fentiek olyan módon történő kifejlesztése, hogy az a későbbiekben alkalmas legyen tényleges, kézzelfogható modell (pl.: stereolitogramm stb.) elkészítésére is.

Értekezésem elkészítése előtt az alábbi hipotéziseket állítottam fel:

H1. Feltételezem, hogy a koponya felszínéhez közel lévő, ezért a balesetek során gyakran sérülő kefalometriai mérőpontok helyett, használhatók alternatív mérőpontok is.

H2. Feltételezem, hogy a 3D CBCT adatállományon 3D-re átértelmezve és arcközépsíkra vetítve is használhatók a korábban 2D RTG-en alkalmazott kefalometriai analízisek.

H3. Feltételezem, hogy a 3D CBCT-n olyan anatómiai képletek is alkalmazhatók kefalometriai mérésekhez, melyeknek nem mind a három dimenziója határozható meg kellő pontossággal.

H4. Feltételezem, hogy az arc középsíkja többféleképpen előállítható.

H5. Feltételezem, hogy féloldali sérülés esetén, az ép oldalt a középsíkra tükrözve a tükörkép felhasználható sablonként a helyreállító műtét során.

A CBCT felvételek alapján készített diagnózis kisebb sugár terhelést okoz a páciensnek mint, ha minden szükséges röntgen felvételt (frontális, laterális teleröntgen és panoráma felvétel) elvégeznének rajta. Továbbá a fejlődési rendellenesség és a traumás sérülések miatti aszimmetriák is diagnosztizálhatókká válnak. Valamint a műtét tervezése is sokkal gyorsabb lehet. A korábbi műtéttervezési technika a papír vagy a gipsz modellen elvégzendő mechanikus átalakítások utáni újra méréseket a szoftverben az arc modellben végrehajtott módosítások után a program automatikusan újra számolja. Ezzel részint időt megtakarítva, másrészt több időt hagyva a kezelést tervezőnek minden lehetséges műtéti elgondolás eredményének kipróbálására.

4 Vizsgálati módszerek

Egyrészt kiválogattak számomra 60 ép koponyáról készült felvételt korábban más célból készült felvételek közül. Másrészt etikai engedély (TUBEK 2/2008) birtokában összegyűjtöttem 30 db Angle 1 osztályba tartozó (harmonikus arcú) fiatal felnőttet és koponyájukról CBCT felvételeket készítettek. Az általam fejlesztett CranioViewer program segítségével megtörtént az anatómiai képletek azonosítása 3 orvos 3 különböző időpontban azonosította a pontokat. Az így összegyűlt adatokon végeztem vizsgálatokat.

Az adott témában készült hazai és nemzetközi irodalmat áttanulmányoztam. Konferenciákon vettem részt, mint előadó és hallgató. Folyamatosan konzultáltam a számítógépes programomat használó orvosokkal, hogy jobban használhatóvá tegyem azt.

Az egy orvos által különböző időpontokban rögzített pontok helymeghatározása bizonytalanságának statisztikai kiértékelésével vizsgáltam, hogy egy adott anatómiai képletet milyen megbízhatósággal lehet meghatározni.

A különböző orvosok által bejelölt anatómiai képletek helymeghatározási bizonytalanságával tudtam igazolni, hogy az adott anatómia képlet részint jól definiált-e másrészt alkalmas-e a továbbiakban referencia pontként történő alkalmazásra.

A három pont által meghatározott és a maximum öt pontra réferálható regressziós síkhoz képest megvizsgáltam az egyes érintett pontok távolságát. Statisztikai kiértékeléssel tudtam eldönteni mely pontokból és milyen megbízhatósággal lehet leképezni az arc középsíkját.

A tükrözéses rekonstrukció használhatóságát a műtét tervezési értékeinek a műtét közben mért és a műtét utáni CBCT felvételeken vissza ellenőrzött értékek összevetésével tudtam ellenőrizni.

A számítások jelentős részét le kellett programoznom, például egy 3 dimenziós térben egy pont távolságát egy síktól. Bizonyos vizsgálatokat pedig az Excel és a Matlab beépített függvényeivel tudtam elvégeztetni.

5 Új tudományos eredmények

1. tézis Vizsgálataimmal és statisztikai eredményeimmal igazoltam, hogy a koponya felszínéhez közel lévő, ezért a balesetek során gyakran sérülő kefalometriai mérőpontok helyett, használhatók alternatív mérőpontok is. [MZS1, MZS2, MZS3, MZS6, MZS11, MZS14]

A vizsgálatok és statisztikai eredmények szerint az általam feltételezett alternatív anatómiai képletek kefalometriai célra használhatóak, tehát a Nasion helyettesíthető a „Galli” ponttal, a Basion a „Dens” ponttal és a Porion jó alternatívája a „Canal” pont. [MZS1, MZS2, MZS3, MZS6, MZS11]

Megvizsgáltam, hogy mely pontok helyettesíthetik egymást a legpontosabb síkot generáló pontcsoportban, azaz a középpontok csoportjában. Az 1. táblázatból látható, hogy a távolságok átlaga és szórása a következő három pont kombinációjából adódóan a legkisebb értéket eredményezte: N-S-B, N-S-D, G-S-B és G-S-D. Ezekben a csoportokban az átlagértékek nem voltak nagyobbak 0,26 mm-nél, a szórás pedig kisebb volt 1,03 mm-nél. [MZS11]

Pontok	Nasion		„Galli”		Sella		Basion		„Dens”	
	Mean (mm)	SD (±) (mm)	Mean (mm)	SD (±) (mm)	Mean (mm)	SD (±) (mm)	Mean (mm)	SD (±) (mm)	Mean (mm)	SD (±) (mm)
N-G-S							2,50	12,84	3,20	17,08
N-G-B					-1,31	6,61			0,66	3,58
N-G-D					-1,06	5,39	-0,43	2,09		
N-B-D			0,19	0,86	0,08	1,77				
G-B-D	-0,26	1,15			0,00	1,67				
S-B-D	0,01	8,48	0,25	6,07						
N-S-B			0,19	0,72					0,04	0,85
N-S-D			0,18	0,72			-0,03	0,61		
G-S-B	-0,26	1,02							0,00	0,85
G-S-D	-0,25	1,03					-0,01	0,61		

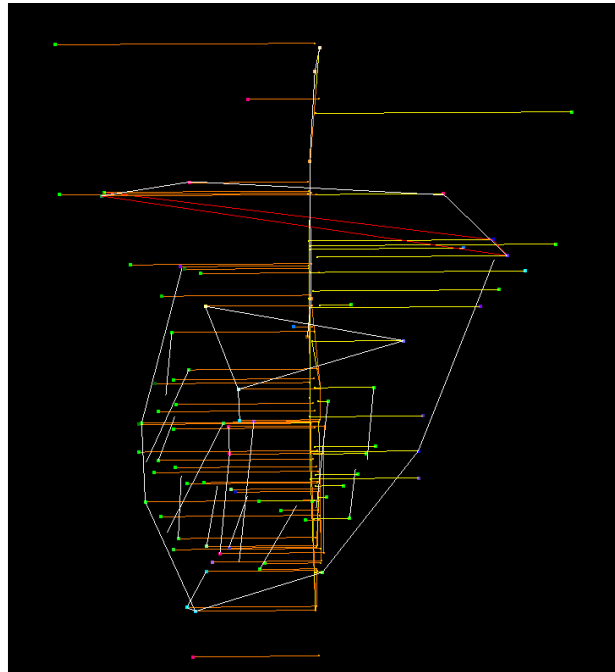
1. táblázat

Középvonali pontok távolsága a másik három pont által meghatározott síktól

2. tézis Az általam elkészített CranioViewer programmal végzett mérések eredményei alapján megállapítottam, hogy a 3D CBCT adatállományon 3D-re átértelmezve és arcközépsíkra vetítve is használhatók a korábban 2D RTG-en alkalmazott kefalometriai analízisek. [MZS1, MZS2, MZS3, MZS15, MZS16]

Az általam fejlesztett számítógépes program képes a CBCT adatállományon azonosított anatómiai képletek segítségével a koponya drótvázás megjelenítésére (1. ábra) és a koponya térbeli pozíciójának rögzítése után a 2D kefalometriák elkészítésére, sőt a páros pontok (azok a kefalometria mérőpontok, amelyek a koponya mindkét oldalán megtalálhatók) esetén a bal és a jobb oldalra az oldalaknak megfelelően, külön-külön kefalometriát készíteni és a

szögértékeket megadni (2. ábra). A program jelenleg a Hasund kefalometria pontsorozatát dolgozza fel és adja meg a mért szög- és távolság-értékeket. [MZS1, MZS2, MZS3]



1. ábra

A koponya térbeli drótvázis ábrája, a mérőpontok a középsíkba vetítésével

```

2D Hasund kefalometria

Az arcközép síkot meghatározó pontok:
Nasion, Galli, Sella, Basion, Dens,

```

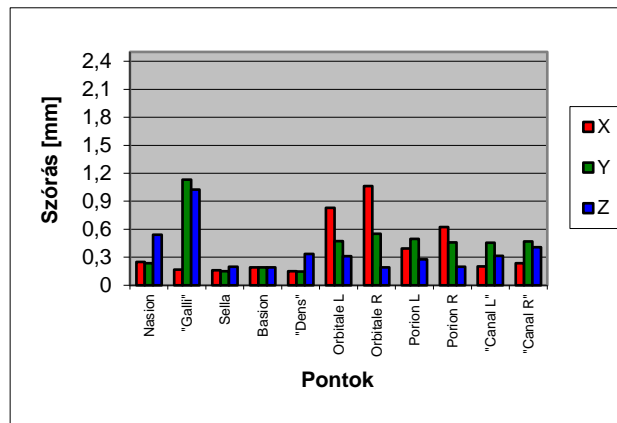
	Jobb	Bal
SNA:	81.5	
SNB:	70.2	
ANB:	11.3	
SNP _g :	69.4	
NSBa:	132.4	
Gn-tgo-ár:	94.2	73.4
N szög:	20.6	18.5
H szög:		23.5
ML-NSL:	97.5	136.6
NL-NSL:	15.6	6.8
ML-NL:	82.0	129.8
N-Sp' (mm):		49.2
Sp'-Gn (mm):		57.1
N-Sp'/Sp'-Gn:		86.1
T-1:	124.5	113.0
1-NA (szög):	25.3	29.8
T-NB (szög):	18.9	25.9
1-NA (mm):	2.6	4.5
T-NB (mm):	6.3	6.3
Pg-NB:		1.4
T-NP _g :	6.3	6.3
NasoLab:		40.1
Tweed:	83.3	97.4

2. ábra

2D Hasund kefalometria értékei jobb és baloldalra külön számítva

3. tézis Vizsgálataimmal és statisztikai eredményeimmal igazoltam, hogy a 3D CBCT-n olyan anatómiai képletek is alkalmazhatók kefalometriai mérésekhez, melyeknek nem

mind a három dimenziója határozható meg kellő pontossággal. [MZS1, MZS2, MZS3, MZS6, MZS10, MZS11, MZS14]



3. ábra

A pontok meghatározásának bizonytalansága

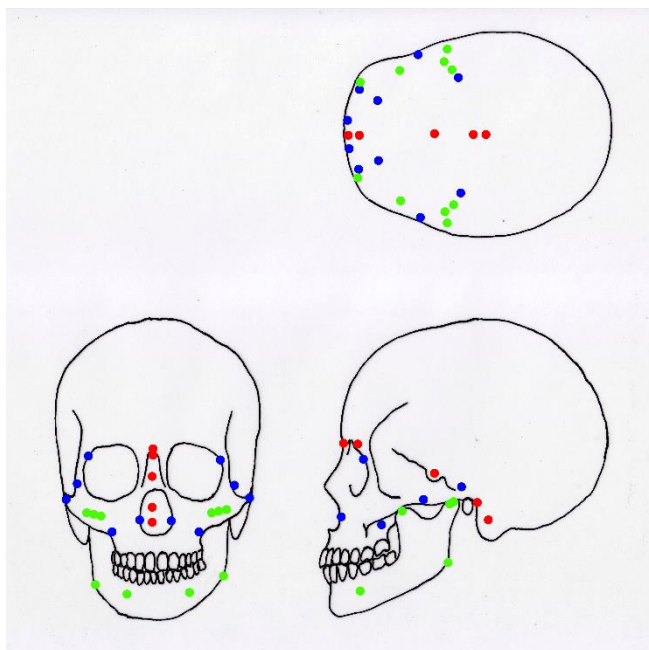
A 3. ábrán az y és z irányban kiugróan magas eltérést hozó „Galli” pont anatómiaiailag nagyon változatos formája miatt kifejezetten csak az x irányú adatát használjuk fel. [MZS1, MZS2, MZS3, MZS6, MZS10] Az „Orbitale” pont a szemüreg csontos bemeneti peremének legmélyebb pontja. Itt az x irányú eltérés abból adódik, hogy nagyon lapos a szemüreg bemenet íve és nehezen határozható meg a legmélyebb pont az x tengely mentén. [MZS1, MZS2, MZS3, MZS10]

4. tézis Vizsgálataimmal és statisztikai eredményeimmel igazoltam, hogy az arc középsíkja többféleképpen előállítható. [MZS1, MZS2, MZS3, MZS5, MZS6, MZS11, MZS14]

Vizsgálatomban az arc középsíkját a következő módokon hoztam létre:

1. Az arc középsíkjában lévő páratlan pontokra (Nasion, Galli, Sella, Basion, Dens) fektetett regressziós síkot tekintettem az arc középsíkjának.
2. A közép arc páros pontjainak felező pontjaira fektetett regressziós síkot tekintettem az arc középsíkjának.
3. Az álkapocs páros pontjainak felező pontjaira fektetett regressziós síkot tekintettem az arc középsíkjának.

A felhasznált pontok elhelyezkedése a 4. ábrán láthatók.



4. ábra.

A regressziós síkokat alkotó pontok elhelyezkedése. Kék pont - A közép arc párosított pontjai, Zöld pont - Az állkapocs párosított pontjai, Piros pont - A középsíkban lévő pontok.

Regressziós sík az a sík melytől a definiáló pontok távolságának négyzetösszege minimális. [MZS5, MZS11]

Mint ismeretes egy síkot három pont határoz meg. Az arcközép síkot a középvonali öt pontból három pont kiválasztásával lehet meghatározni. Az öt pontból hármat tízféle variációban lehet kiválasztani. A másik megoldás, ha az öt pont regressziós síkját fogadjuk el az arcközépsíknak és megvizsgáljuk az öt érintett pont távolságát a regressziós síktól. A vizsgálatok után a koponya első részéről csereszabatos a Nasion és a „Galli”, a középső részről feltétlenül kell a Sella pont, míg az alsó-hátsó részről a Basion és a „Dens” pont szintén csereszabatosnak bizonyult. [MZS1, MZS2, MZS3, MZS6, MZS11]

5. tézis A kidolgozott eljárást felhasználva igazoltam, hogy féloldali sérülés esetén, az ép oldalt a középsíkra tükrözve a tükörkép felhasználható sablonként a helyreállító műtét során. [MZS4, MZS7, MZS8, MZS9]

Túl vagyunk az első sikeres műtéten. A CBCT felvétel és a kinyomtatott modell tanulmányozása után meg tudták határozni a műtőben követendő lépéseket. A műtét két alapvető lépésből állt. Először a járomcsontot kellett felszabadítani, hiszen korábban nem

megfelelő pozícióban volt. Ezután az előre meghajlított titán hálót a helyére illesztették és a hálót és a járomcsontot is csavarral rögzítették. Az elkészült 3D print segítségével a műtét előtt méretre vágott és meghajlított titán hálót probléma mentesen tudták használni a műtőben. [MZS7, MZS8]

3D-modell: a kinyomtatott 3D-modell által nemcsak virtuálisan, hanem kézzel foghatóan is meg lehet tervezni a műtétet, valamint lehetővé teszi a rögzítőlemezek meghajlítását a műtét előtt annak érdekében, hogy az illeszkedés minél tökéletesebb legyen a csont felszínén [3]. Ennek gyakorlati alkalmazását szemlélteti a 5. ábra, mely egy orbita-helyreállító műtét tervezéséhez használt 3D-modellt mutat. Az ép szemüreg tükrözése során keletkezett forma és a sérült szemüreg negatívjának kinyomtatásával még a preoperatív szakaszban történt a fémháló formára hajlítása. [MZS9]



5. ábra

3D-nyomtatóval készült szemüreg és a preoperatív szakaszban meghajlított titánlemez

6 Az eredmények hasznosítási lehetősége

A általam fejlesztett CranioViewer számítógépes program segítségével több sikeres rekonstrukciós műtétet terveztek és hajtottak végre.

Az 1., 3. és a 4. tézis a fejlődési rendellenességgel küzdő és a baleseti traumás páciensek diagnózisának felállításában lehet segítségre. A sérült vagy hiányzó anatómiai képletek helyettesíthetősége révén.

A 2. tézis minden CBCT felvétel esetén lehetőséget biztosít a korábban 2D-ban definiált és kipróbált kefalometriai mérések 3D felvételeken alkalmazhatóságára.

Az 5. tézis féloldalasan sérült páciensek műtét tervezésére és a műtét során használandó titán háló előkészítésére kínál megoldást.

7 Irodalomjegyzék

- [1] Y. Jefferson, “Facial beauty--establishing a universal standard,” *International journal of orthodontics*, vol. 15, pp. 9-22, 2004.
- [2] S. Zachow, H. C. Hege and P. Deuflhard, “Computer-Assisted Planning in Cranio-Maxillofacial Surgery,” *Journal of Computing and Information Technolo*, vol. 1, p. 53–64, 2006.
- [3] H. H. Lin, D. Lonic and L. J. Lo, “3D printing in orthognathic surgery – a literature review,” *Journal of the Formosan Medical Association*, vol. 117, p. 547–558, 2018.
- [4] J. Schendel and A. Jacobson, “3D Imaging and Orthognathic Surgery: The New Paradigm,” *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 148, p. 200–208, 2020.
- [5] T. Hatcher, “Operational Principles for CBCT,” *Orthodontic Perspectives*, vol. 14, p. 10–17, 2022.
- [6] N. Kaley, “Advances in CBCT Technology and Applications in Orthodontics,” *Journal of Orthodontic Science*, vol. 14, pp. 213-221, 2022.

- [7] L. Seres, E. Varga and A. Kocsis, “Correction of a severe facial asymmetry with computerized planning and with the use of a rapid prototyped surgical template: a case report/technique article,” *Head & Face Medicine*, vol. 10, p. 27, 2014.
- [8] L. Zhao, P. K. Patel and M. Cohen, “Application of virtual surgical planning with computer assisted design and manufacturing technology to cranio-maxillofacial surgery,” *Archives of Plastic Surgery*, vol. 39, p. 309–316, 2012.
- [9] T. Nguyen, J. Taylor and R. Burch, “3D Imaging in Orthodontic Treatment Planning Using Dolphin Imaging Software,” *Journal of Dental Research*, vol. 96, pp. 145-152, 2021.
- [10] C. J. White and B. A. Riner, “Evaluating the Use of Simplant in Dental Implant Surgery,” *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, vol. 74, pp. 785-791, 2022.
- [11] H. Lin and M. J. Yang, “Romexis: A Comprehensive Imaging Software for Dentistry,” *International Journal of Dental Technologies*, vol. 9, pp. 33-40, 2023.
- [12] A. P. Reynolds and K. D. Smith, “InVivo Software and Its Applications in 3D Imaging for Orthognathic Surgery,” *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, vol. 59, pp. 654-661, 2021.
- [13] C. M. Resnick, G. Inverso and M. Wrzosek, “Is there a difference in cost between standard and virtual surgical planning for orthognathic surgery?,” *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, vol. 74, p. 1827–1833, 2016.
- [14] T. Steinhuber, S. Brunold and C. Gärtner, “Is virtual surgical planning in orthognathic surgery faster than conventional planning? A time and workflow analysis of an office-based workflow for single- and double-jaw surgery.,” *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, vol. 76, p. 397–407, 2018.
- [15] M. Maeda, A. Katsumata, Y. Arijji, A. Muramatsu, K. Yoshida and S. Goto, “3D-CT evaluation of facial asymmetry in patients with maxillofacial deformities,” *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, vol. 102, pp. 382-390, 2006.

- [16] A. B. Hewitt, "A radiographic study of facial asymmetry," *British Journal of Orthodontics*, vol. 21, pp. 37-40, 1975.
- [17] W. R. Proffit, R. P. White and D. M. Sarver, *Contemporary treatment of dentofacial deformity*, Mosby , 2003.
- [18] P. S. Vig and A. B. Hewitt, "Asymmetry of the human facial skeleton," *The Angle Orthodontist*, vol. 45, pp. 125-129, 1975.
- [19] A. Katsumata, M. Fujishita, M. Maeda, Y. Ariji, E. Ariji and R. P. Langlais, "3D-CT evaluation of facial asymmetry," *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, vol. 99, pp. 212-220, 2005.
- [20] S. Yoon, R. F. Wang, J. Na H and J. M. Palomo, "Normal range of facial asymmetry in spherical coordinates: a CBCT study," *Imaging science in dentistry*, vol. 43, pp. 31-36, 2013.
- [21] D. A. Sanders, T. K. Chandhoke, F. A. Uribe, P. H. Rigali and R. Nanda, "Quantification of skeletal asymmetries in normal adolescents: cone-beam computed tomography analysis," *Progress in orthodontics*, vol. 15, p. 26, 2014.
- [22] P. Angelopoulos, "Cone Beam Tomographic Imaging Anatomy of the Maxillofacial Region," *Dentomaxillofacial Radiology*, vol. 37, pp. 181-197, 2022.
- [23] A. E. Oliveira, L. H. Cevidanes, C. Phillips, A. Motta, B. Burke and D. Tyndall, "Observer reliability of three-dimensional cephalometric landmark identification on cone-beam computerized tomography," *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, vol. 107, pp. 256-265, 2009.
- [24] D. Grauer, L. S. Cevidanes, M. ., A. Styner, I. Heulfe, E. T. Harmon and H. Zhu, "Accuracy and landmark error calculation using cone-beam computed tomography-generated cephalograms," *The Angle Orthodontist*, vol. 80, pp. 286-294, 2010.
- [25] I. Sági és M. Budai, „Az orthodontia története,” *Kaleidoscope*, %1. kötet7, p. 516–528, 2016.
- [26] B. Trpkova, N. G. Prasad, E. W. Lam, D. Raboud, K. E. Glover and P. W. Major, "Assessment of facial asymmetries from posteroanterior cephalograms: validity of

- reference lines,” *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 123, pp. 512-520, 2003.
- [27] Y. Yoon, K. Kim, M. Hwang, H. Kim, E. Choi and K. Kim, “Effect of head rotation on lateral cephalometric radiographs,” *The Angle Orthodontist*, vol. 71, pp. 396-403, 2001.
- [28] R. Leonardi, “Landmark identification error in posteroanterior cephalometric radiography.,” *The Angle Orthodontist*, vol. 78, pp. 761-765, 2008.
- [29] S. M. Shah and M. R. Joshi, “An assessment of asymmetry in the normal craniofacial complex,” *The Angle Orthodontist*, vol. 48, pp. 141-148, 1978.
- [30] P. Pirttiniemi, J. Miettinen and T. Kantomaa, “Combined effects of errors in frontal-view asymmetry diagnosis,” *European Journal of Orthodontics*, vol. 18, pp. 629-636, 1996.
- [31] B. Broadbent, „A new X-ray technique and its application to orthodontia.,” *Angle Orthod*, %1. szám1, pp. 45-66., 1931.
- [32] H. Hofrath, “Die Bedeutung der Röntgenfern und Abstandsaufnahme für die Diagnostik der Kieferanomalien.,” *Fortschr Orthodont*, vol. 1, no. 1, pp. 232-48., 1931.
- [33] R. M. Ricketts, “New perspectives on orientation and their benefits to clinical orthodontics - part I,” *The Angle Orthodontist*, vol. 45, pp. 238-248, 1975.
- [34] R. M. Ricketts, “New perspectives on orientation and their benefits to clinical orthodontics--part II,” *The Angle Orthodontist*, vol. 46, pp. 26-36, 1976.
- [35] R. M. Ricketts, *Orthodontic diagnosis*, Denver: Rocky Mountain/Orthodontics, 1982.
- [36] A. Hasund and G. Rehák, *Cefalometria*, Budapest: Medicina, 1990.
- [37] R. Chate, “Cephalometric landmark identification within the petrous temporal region,” *British Journal of Orthodontics*, vol. 14, pp. 33-41, 1987.

- [38] A. E. Stabrun and K. Danielsen, "Precision in cephalometric landmark identification," *European Journal of Orthodontics*, vol. 4, pp. 185-196, 1982.
- [39] G. W, W. A, G. E és K. M, „Reproducibility of cephalometric landmarks on conventional film, hardcopy, and monitor-displayed images obtained by the storage phosphor technique.,” *European Journal of Orthodontics*, pp. 331-40, 1998.
- [40] S. F. Albarakati, K. S. Kula and A. A. Ghoneima, "The reliability and reproducibility of cephalometric measurements: a comparison of conventional and digital methods," *Dentomaxillofacial Radiology*, vol. 41, pp. 11-17, 2012.
- [41] E. B. Näslund, M. Kruger and A. Petersson, "Analysis of low-dose digital lateral cephalometric radiographs," *Dentomaxillofacial Radiology*, vol. 27, p. 136–139, 1998.
- [42] V. Kumar, J. B. Ludlow, A. Mol and L. Cevidanes, "Comparison of conventional and cone beam CT synthesized cephalograms," *Dentomaxillofacial Radiology*, vol. 36, pp. 263-269, 2007.
- [43] V. Kumar, J. Ludlow, L. H. Soares Cevidanes and A. Mol, "In vivo comparison of conventional and cone beam CT synthesized cephalograms," *The Angle Orthodontist*, vol. 78, pp. 873-882, 2008.
- [44] G. N. Hounsfield, "Computerized transverse axial scanning (tomography).," *British Journal of Radiology*, vol. 46, p. 1016–1022, 1973.
- [45] M. W. Vannier, J. L. Marsh and J. O. Warren, "Three dimensional CT reconstruction images for craniofacial surgical planning and evaluation," *Radiology*, vol. 150, pp. 179-84, 1984.
- [46] M. W. Vannier, C. F. Hildebolt, G. Conover, R. H. Knapp, N. Yokoyama-Crothers and G. Wang, "Three-dimensional dental imaging by spiral CT. A progress report," *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, vol. 84, pp. 561-570, 1997.
- [47] J. B. Ludlow and L. E. B. S. L. Davies-Ludlow, "Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT," *Dentomaxillofacial Radiology*, vol. 35, p. 219–226, 2006.

- [48] D. Halazonetis, "From 2-dimensional cephalograms to 3-dimensional computed tomography scans," *American Journal of Orthodontics & Dentofacial Orthopedic*, vol. 127, pp. 627-637, 2005.
- [49] T. Park, S. Lee and K. Lee, "A method for mandibular dental arch superimposition using 3D cone beam CT and orthodontic 3D digital model," *THE KOREAN JOURNAL of ORTHODONTICS*, vol. 42, pp. 169-181, 2012.
- [50] O. J. Vlijmen, S. J. Bergé, G. R. Swennen, B. E. M, C. Katsaros and K.-J. A. M, "Comparison of cephalometric radiographs obtained from conebeam computed tomography scans and conventional radiographs," *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, vol. 67, pp. 92-97, 2009.
- [51] L. R. Ramírez-Sotelo, S. Almeida, G. M. Ambrosano and F. Bóscolo, "Validity and reproducibility of cephalometric measurements performed in full and hemifacial reconstructions derived from cone beam computed tomography," *The Angle Orthodontist*, vol. 82, pp. 827-832, 2012.
- [52] N. Zamora, J. M. Llamas, R. Cibrián, J. L. Gandia and V. Paredes, "Cephalometric measurements from 3D reconstructed images compared with conventional 2D images," *The Angle Orthodontist*, vol. 81, pp. 856-864, 2011.
- [53] R. Nałçacı, F. Oztürk and O. Sökücü, "A comparison of two-dimensional radiography and three-dimensional computed tomography in angular cephalometric measurements," *Dentomaxillofacial Radiology*, vol. 39, pp. 100-106, 2010.
- [54] O. Yitschaky, M. Redlich, Y. Abed, M. Faerman, N. Casap and N. Hiller, "Comparison of common hard tissue cephalometric measurements between computed tomography 3D reconstruction and conventional 2D cephalometric images," *The Angle Orthodontist*, vol. 81, pp. 11-16, 2011.
- [55] H.-S. Ryu, K.-Y. An and K.-H. Kang, "Cone-beam computed tomography based evaluation of rotational patterns of dentofacial structures in skeletal Class III deformity with mandibular asymmetry," *The Korean Journal of Orthodontics*, vol. 45, pp. 153-163, 2015.

- [56] C. A. Lascala, J. Panella and M. M. Marques, “Analysis of the accuracy of linear measurements obtained by cone beam computed tomography (CBCT-NewTom),” *Dentomaxillofacial Radiology*, vol. 33, pp. 291-294, 2004.
- [57] H. J. Cho, “A three-dimensional cephalometric analysis,” *Journal of Clinical Orthodontics*, vol. 43, pp. 235-252, 2009.
- [58] J. B. Ludlow, M. Gubler and L. Cevidanes, “Precision of cephalometric landmark identification: cone-beam computed tomography vs conventional cephalometric views,” *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 136, pp. 312.e1-10, 2009.
- [59] T. M. Fernandes, J. Adamczyk and M. L. Poleti, “Comparison between,” *Journal of applied oral science*, vol. 23, p. 56–63, 2015.
- [60] M. A. Papadopoulos, C. Jannowitz and P. Boettcher, “Three-dimensional fetal cephalometry: an evaluation of the reliability of cephalometric measurements based on three-dimensional CT reconstructions and on dry skulls of sheep fetuses,” *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, vol. 33, p. 229–237, 2005.
- [61] M. Mah, P. Holland and V. R. G, “Cone Beam CT Applications in Orthodontics,” *International Journal of Orthodontics*, vol. 31, pp. 14-24, 2023.
- [62] O. J. Vlijmen, S. J. Berge, E. M. Bronkhorst, G. R. Swennen, C. Katsaros and A. M. Kuijpers-Jagtman, “A comparison of frontal radiographs obtained from cone beam CT scans and conventional frontal radiographs of human skulls,” *International journal of oral and maxillofacial surgery*, vol. 38, pp. 773-778, 2009.
- [63] H. Olmez, S. Gorgulu, E. Akin, A. O. Bengi, I. Tekdemir and F. Ors, “Measurement accuracy of a computer-assisted three-dimensional analysis and a conventional two-dimensional method,” *The Angle orthodontist*, vol. 81, pp. 375-382, 2011.
- [64] O. Lisboa, D. Masterson, A. F. Motta and A. T. Motta, “Reliability and reproducibility of three-dimensional cephalometric landmarks using CBCT: a systematic review.,” *Journal of applied oral science*, vol. 23, p. 112–119, 2015.

- [65] D. R. Periago, W. C. Scarfe, M. Moshiri, J. P. Scheetz, A. M. Silveira and A. G. Farman, "Linear Accuracy and Reliability of Cone Beam CT Derived 3-Dimensional Images Constructed Using an Orthodontic Volumetric Rendering Program," *The Angle Orthodontist*, vol. 78, p. 387–395., 2008.
- [66] M. Levoy, "Display of Surfaces from Volume Data," *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 8, pp. 29-37, 1988.
- [67] M. Levoy, "Efficient Ray Tracing of Volume Data," *ACM Transactions on Graphics*, vol. 9, pp. 245-261, 1990.
- [68] A. P. R. Durão, A. Morosolli, P. Pittayapat, N. Bolstad, A. P. Ferreira and R. Jacobs, "Cephalometric landmark variability among orthodontists and dentomaxillofacial radiologists: a comparative study.," *Imaging science in dentistry*, vol. 45, pp. 213-233, 2015.
- [69] T. d. S. Santos, A. C. A. Gomes, D. G. d. Melo, A. R. Melo, J. R. Cavalcante, L. C. G. d. Araújo, R. M. C. Travassos, P. R. S. Martins-Filho, M. R. Piva és H. F. „Evaluation of reliability and reproducibility of linear measurements of cone-beam-computed tomography.," *Indian journal of dental research : official publication of Indian Society for Dental Research.*, %1. kötet23, pp. 473-481, 2012.
- [70] N. Zamora, J. Llamas, R. Cibrian, J. GandiaL and V. Paredes, "A study on the reproducibility of cephalometric landmarks when undertaking a three-dimensional (3D) cephalometric analysis.," *Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal.*, vol. 17, pp. 678-688, 2012.
- [71] P.-K. Jung, G.-C. Lee és C.-H. Moon, „Comparison of cone-beam computed tomography cephalometric measurements using a midsagittal projection and conventional two-dimensional cephalometric measurements," *THE KOREAN JOURNAL of ORTHODONTICS*, pp. 282-288, 2015.
- [72] H. Pinsky, S. Dyda, R. Pinsky, K. Misch and D. Sarment, "Accuracy of three-dimensional measurements using cone-beam CT," *Dentomaxillofacial Radiology*, vol. 35, pp. 410-416, 2006.

- [73] A. A. Brown, W. C. Scarfe, J. P. Scheetz, A. M. Silveira and A. G. Farman, "Linear accuracy of cone beam CT derived 3D images," *The Angle Orthodontist*, vol. 79, pp. 150-157, 2009.
- [74] J. Damstra, Z. Fourie, J. Huddleston Slater and Y. Renc, "Reliability and the smallest detectable difference of measurements on 3-dimensional cone-beam computed tomography images," *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 141, pp. 107-114, 2011.
- [75] G. L. Adams, S. A. Gansky, A. J. Miller, W. E. Harrell and D. C. Hatcher, "Comparison between traditional 2-dimensional cephalometry and a 3-dimensional approach on human dry skulls," *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 126, pp. 397-409, 2004.
- [76] R. A. Katkar, C. Kummet, D. Dawson, L. Moreno Uribe, V. Allareddy, M. Finkelstein and A. Ruprecht, "Comparison of observer reliability of three-dimensional cephalometric landmark identification on subject images from Galileos and i-CAT cone beam CT," *Dentomaxillofacial Radiology*, vol. 42, pp. 1-11, 2013.
- [77] M. B. Neiva, A. C. Soares, O. Lisboa Cde, V. Vilella Ode and A. T. Motta, "Evaluation of cephalometric landmark identification on CBCT multiplanar and 3D reconstructions," *The Angle Orthodontist*, vol. 85, pp. 11-17, 2015.
- [78] H. Olmez, S. Gorgulu, E. Akin, A. O. Bengi, I. Tekdemir és F. Ors, „Measurement accuracy of a computer-assisted three-dimensional analysis and a conventional two-dimensional method.,” *The Angle orthodontist*, %1. kötet81, pp. 375-382, 2011.
- [79] O. J. C. v. Vlijmen, S. J. Bergé, E. M. Bronkhorst, G. R. J. Swennen, C. Katsaros és A. M. Kuijpers-Jagtman, „A comparison of frontal radiographs obtained from cone beam CT scans and conventional frontal radiographs of human skulls.,” *International journal of oral and maxillofacial surgery.*, %1. kötet38, pp. 773-781, 2009.
- [80] H. S. Hwang, C. H. Hwang, K. H. Lee and B. C. Kang, "Maxillofacial 3-dimensional image analysis for the diagnosis of facial asymmetry," *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 130, pp. 779-785, 2006.

- [81] C. Baek, J. Y. Paeng, J. S. Lee and J. Hong, “Morphologic evaluation and classification of facial asymmetry using 3-dimensional computed tomography,” *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, vol. 70, pp. 1161-1169, 2012.
- [82] B. F. Gribel, M. N. Gribel, F. R. Manzi, S. L. Brooks and J. A. McNamara, “From 2D to 3D: an algorithm to derive normal values for 3-dimensional computerized assessment,” *The Angle Orthodontist*, vol. 81, pp. 3-10, 2011.
- [83] J. Damstra, Z. Fourie and Y. Ren, “Comparison between two-dimensional and midsagittal three-dimensional cephalometric measurements of dry human skulls,” *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, vol. 49, pp. 392-395, 2011.
- [84] M. G. Cavalcanti, J. W. Haller and M. W. Vannier, “Three-dimensional computed tomography landmark measurement in craniofacial surgical planning: experimental validation in vitro,” *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, vol. 57, pp. 690-694, 1999.
- [85] K. István, *Lineáris algebra és vektoralgebra*, Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó Zrt., 2007.
- [86] J. K. Lee, P. K. Jung and C. Moon, “Three-dimensional cone beam computed tomographic image reorientation using soft tissues as reference for facial asymmetry diagnosis,” *The Angle Orthodontist*, vol. 84, pp. 38-47, 2014.
- [87] A. R. El-Beialy, M. S. Fayed, A. M. El-Bialy and Y. A. Mostafa, “Accuracy and reliability of cone-beam computed tomography measurements: Influence of head orientation,” *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 140, pp. 157-167, 2011.
- [88] G. R. Swennen, F. Schutyser és J.-E. Hausamen, „Three-Dimensional Cephalometry” A Color Atlas and Manual, Berlin-heidelberg: Springer Verlag, 2006.
- [89] Björk A, „Cranial base development. A follow up x-ray study of the individual variation in growth occurring between the ages of 12 and 20 years and its relation to brain case and face development.,” *Am J Orthod*, %1. szám41, pp. 198-225., 1955.

- [90] B. H. Grayson, J. G. McCarthy és F. Bookstein, „Analysis of craniofacial asymmetry by multiplane cephalometry.,” *Am J Orthod*, %1. szám84, pp. 217-24., 1983.
- [91] D. C. Grummons és M. A. K. v. d. Coppello, „A frontal asymmetry analysis.,” *Gin Orthod*, %1. szám21, pp. 448-65., 1987.
- [92] R. M. Ricketts, R. W. Bench, J. J. Hilgers and R. Schulhof, “An overview of computerized cephalometrics,” *Am.J.Orthod*, vol. 61, pp. 1-28, 1972.
- [93] S. M. Shah and M. R. Joshi, “An assessment of asymmetry in the normal craniofacial complex,” *Angle Orthod*, vol. 48, pp. 141-148, 1978.
- [94] M. M. Sievers, B. E. Larson, P. R. Gaillard and A. Wey, “Asymmetry assessment using cone beam CT. A Class I and Class II patient comparison.,” *The Angle orthodontist*, vol. 82, pp. 410-417, 2012.
- [95] S. Vladimír és P. András, *A számítógépes grafika alapjai IBM Pc-n*, Budapest: ComputerBooks, 1992.
- [96] J. Damstra, Z. Fourie, M. De Wit and Y. Ren, “A three-dimensional comparison of a morphometric and conventional cephalometric midsagittal planes for craniofacial asymmetry,” *Clinical Oral Investigations*, vol. 16, p. 285–294, 2012.
- [97] S. Haraguchia, Y. Iguchib and K. Takadac, “Asymmetry of the Face in Orthodontic Patients,” *The Angle Orthodontist*, vol. 78, pp. 421-426, 2008.
- [98] D. H. Enlow, *Facial growth*. 3rd ed., Philadelphia: Saunders, 1990.
- [99] J. U. Park, Y. A. Kook and Y. Kim, “Assessment of asymmetry in a normal occlusion sample and asymmetric patients with three-dimensional cone beam,” *The Angle Orthodontist*, vol. 82, pp. 860-867, 2012.
- [100] O. Lukats, T. Vízkelety, Z. Markella, E. Maka, M. Kiss, A. Dobai, P. Bujtár, A. Szucs and J. Barabas, “Measurement of Orbital Volume after Enucleation and Orbital Implantation,” *PLOS ONE*, p. 7, 2012.
- [101] F. Borumandi, B. Hammer, H. Noser and L. Kamer, “Classification of orbital morphology for decompression surgery in Graves’ orbitopathy: two-dimensional

versus three-dimensional orbital parameters,” *British Journal of Ophthalmol*, pp. 1-4, 2013.

[102] H.-H. Lin, D. Lonic and L.-J. Lo, “3D printing in orthognathic surgery – a literature review.,” *J Formos Med Assoc.*, p. 117: 547–558., 2018.

[103] M. T. Hughes, “Artificial Intelligence in 3D Orthodontic Imaging: Future Directions,” *Dental and Medical AI Review*, vol. 12, pp. 223-231, 2023.

[104] A. Athanasiou, „ORTHODONTIC CEPHALOMETRY,” *M Mosby-Wolfe*, 1996.

8 Publikációk

8.1 A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények

[MZS1] Z. Markella and T. Vizkelety, “3D mérések volumentomogrammon,” in BUDAMED '08: 14. Magyar Orvostechnikai Konferencia és 5. Magyar Klinikai-mérnöki Konferencia, 2008.

[MZS2] Z. Markella and T. Vizkelety, “Generation of the midfacial plane in traumatic cases on CBCT database,” in Proceedings of the SIP, 27th International Conference Science in Practice, 2009, pp. 67–70.

[MZS3] Z. Markella, “Az emberi koponya szimmetria-viszonyainak értékelése normál populáción,” in A Magyar Orthodontusok Társasága kongresszusa, 2010., 2010.

[MZS4] Z. Markella, “3D adatállomány szimmetria analízise ortognátiái sebészetben (modell megjelenítés a Leonar3Do-val),” in XXVI. Nemzetközi Kandó Konferencia 2010., 2010.

[MZS5] Z. Markella, T. Vizkelety, and J. Barabás, “Az arc középsíkjának előállítás CBCT adatállományból,” in Science in practice, 2011, p. c.

[MZS6] Z. Markella, T. Vizkelety, and J. Barabás, “Generation of the midfacial plane out of CBCT database,” in 5th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering, 2012, pp. 1153–1156.

[MZS7] Z. Markella and T. Vizkelety, “Sérült szemüreg rekonstrukciójának tervezése,” in SIENCE IN PRACTICE 2012, 2012, p. CD-CD+3.

- [MZS8] Z. Markella and T. Vizkelety, "Szemüreg rehabilitáció tervezése volumetrikus adatállományon," in 28. Kandó Konferencia, 2012.
- [MZS9] A. Dobai, Z. Markella, T. Vizkelety, and J. Barabás, "Arcrekonstrukciós és orthognath műtétek tervezési lehetőségei háromdimenziós képalkotói módszerekkel [Planning options of reconstructive and orthognathic operation by means of three-dimensional imaging]," ORVOSI HETILAP, vol. 159, no. 39, pp. 1584–1592, 2018.
- [MZS10] D. Adrienn, M. Zsolt, M. Miklos, and V. Tamas, "Statistics based landmark selection model for conebeam CT derived three-dimensional cephalometry," ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA, vol. 15, no. 6, pp. 235–249, 2018.
- [MZS11] Z. Markella, A. Dobai, T. Vizkelety Three-dimensional determining the midsagittal plane of the facial skull on CBCT volume tomogram In: Nádai, László (szerk.) 2020 IEEE 3rd International Conference and Workshop in Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE) Piscataway (NJ), Amerikai Egyesült Államok : IEEE (2020) 299 p. pp. 59-64. , 6 p.
- [MZS12] Z. Markella, G. Schuster „Számítógéppel támogatott műtéti biztonság” In: Molnár, György; Wühl, Tibor (szerk.) KVK PhD Workshop Minikonferencia : Absztrakt kötet Budapest, Magyarország : Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar (2023) 23 p. pp. 20-21. , 2 p.
- [MZS13] Z. Markella, G. Schuster „Számítógéppel támogatott műtéti biztonság” In: Molnár, György; Temesvári, Zsolt; Wühl, Tibor (szerk.) XXXIX. Kandó Konferencia 2023 Budapest, Magyarország : Óbudai Egyetem (2024) 420 p. pp. 248-258. , 11 p.
- [MZS14] A. Dobai, Z. Markella, T. Vizkelety, C. Fouquet, A. Rosta, J. Barabás „Landmark-based midsagittal plane analysis in patients with facial symmetry and asymmetry based on CBCT analysis tomography” JOURNAL OF OROFACIAL ORTHOPEDICS-FORTSCHRITTE DER KIEFERORTHOPADIE vol. 79, no. 6, pp. 371-379, 2018
- [MZS15] A. Dobai, T. Vizkelety, Z. Markella, A. Rosta, Á. Kucsera, J. Barabás „Lower face cephalometry based on quadrilateral analysis with cone-beam computed

tomography: a clinical pilot study” ORAL AND MAXILLOFACIAL SURGERY vol. 21, no. 2, pp. 207-218, 2017

[MZS16] A. Dobai, T. Vízkelety, Z. Markella, A. Rosta, Á. Kucsera, J. Barabás "Az alsó archarmad Di Paolo-féle vizsgálata Cone-Beam CT adatállományon” FOGORVOSI SZEMLE vol. 109, no. 2, 39-44, 2016

8.2 További tudományos közlemények

[MZS17] Z. Markella and L. Tóth, “3D mérések koponya cone-beam CT-jén,” ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA MIKROTECHNIKA, vol. 48, no. 1–2, pp. 16–20, 2009.

[MZS18] O. Lukáts, E. Maka, A. Dobai, Z. Markella, T. Vízkelety, M. Kis, and J. Barabas, “Orbital volume measurement in patients with hydroxyapatite orbital implant,” in 29th ESOPRS, Annual Meeting of European Society of Ophthalmic Plastic and Reconstructive Surgery, 2011, pp. 19–19.

[MZS19] O. Lukats, T. Vízkelety, Z. Markella, E. Maka, M. Kiss, A. Dobai, P. Bujtár, A. Szucs, and J. Barabas, “Measurement of Orbital Volume after Enucleation and Orbital Implantation,” PLOS ONE, vol. 7, no. 12, 2012.

[MZS20] E. Maka, O. Lukats, T. Vízkelety, Z. Markella, M. Kis, J. Nemeth, and J. Barabas, “Measurements of orbital volume using cone-beam computed tomography in eye movement abnormalities,” EUROPEAN JOURNAL OF OPHTHALMOLOGY, vol. 24, no. 1, pp. 101–106, 2014.

[MZS21] A. Dobai, T. Vízkelety, Z. Markella, A. Rosta, A. Kucsera, J. Barabas, “Cephalometrical analysis of lower face in three dimension by means of CBCT,” INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER ASSISTED RADIOLOGY AND SURGERY, vol. 10, no. Suppl. 1., pp. S142–S144, 2015.

[MZS22] T. Vízkelety, Z. Markella, A. Dobai, and J. Barabás, “A 3D adatállományok értékelése az ortognathiai diagnosztikában,” DENTAL HÍREK: A FOGÁSZATI SZAKMA INFORMÁCIÓS MAGAZINJA, vol. 21, no. 3, pp. 44–49, 2017.

[MZS23] T. Vízkelety, A. Dobai, Z. Markella, A. Rosta, and J. Barabás, “A 3D adatállomány előnyei az ortognathia sebészetben a tervezés és a postoperatív

értékelés során.” DENTAL HÍREK: A FOGÁSZATI SZAKMA
INFORMÁCIÓS MAGAZINJA, vol. 22, no. 3, p. 48, 2018.