

HEGYI ALEXANDRA SE_FOK

Mesterséges intelligencia által vezérelt
volumetrikus keményszöveti változások
elemzése

HEGYI ALEXANDRA SE_FOK

Hegyí Alexandra V. évfolyam

Parodontológiai Klinika, Fogorvostudományi kar

Témavezető: Dr. Palkovics Dániel

HEGYI ALEXANDRA SE_FOK



HEGYI ALEXANDRA SE_FOK

A mesterséges intelligencia alapú szegmentáció lehetővé

teszi a dento-alveoláris struktúrák pontos három-
dimenziós rekonstrukcióját.

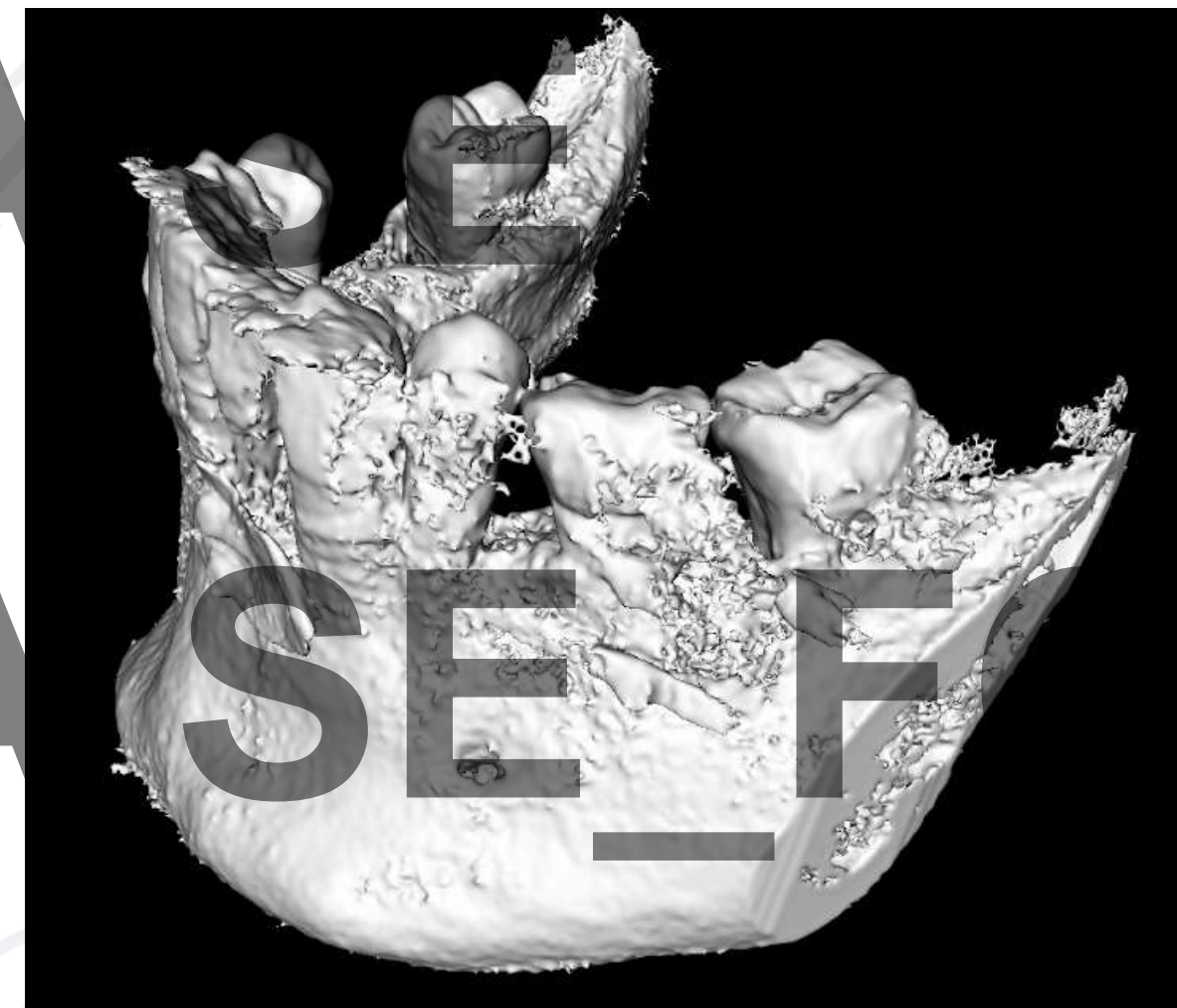
Célkitűzés: A MI-alapú szegmentáció megbízhatóságának
vizsgálata a keményszöveti változások értékelésében.

HEGYI ALEXANDRA SE_FOK

SZEGMENTÁCIÓ

- Szegmentáció: Érdeklődés területét (region of interest: ROI) képző struktúrák kiemelése
- Eredménye: 3D modell kapunk a CBCT-n látszódó dento-alveoláris struktúrákról
- Gold standard jelenleg: fél-automatikus szegmentáció (kép rekonstrukció), ami pontos, de lassú
- Ennek a hátrányosságnak a kiküszöbölésére alkalmazható **mesterséges intelligencia (MI)** alapú szegmentáció

HATÁRÉRTÉK ALAPÚ



FÉL-AUTOMATIKUS (MANUÁLIS)



DEEP LEARNING



PINTER C, LASSO A, FICHTINGER G. POLYMORPH SEGMENTATION REPRESENTATION FOR MEDICAL IMAGE COMPUTING. COMPUT METHODS PROGRAMS BIOMED. 2019 APR;171:19-26. DOI: 10.1016/J.CMPB.2019.02.011. EPUB 2019 FEB 21. PMID: 30902247

ANYAG ÉS MÓDSZER - NEURÁLIS HÁLÓK

HEGYI ALEXANDRA SE FOK



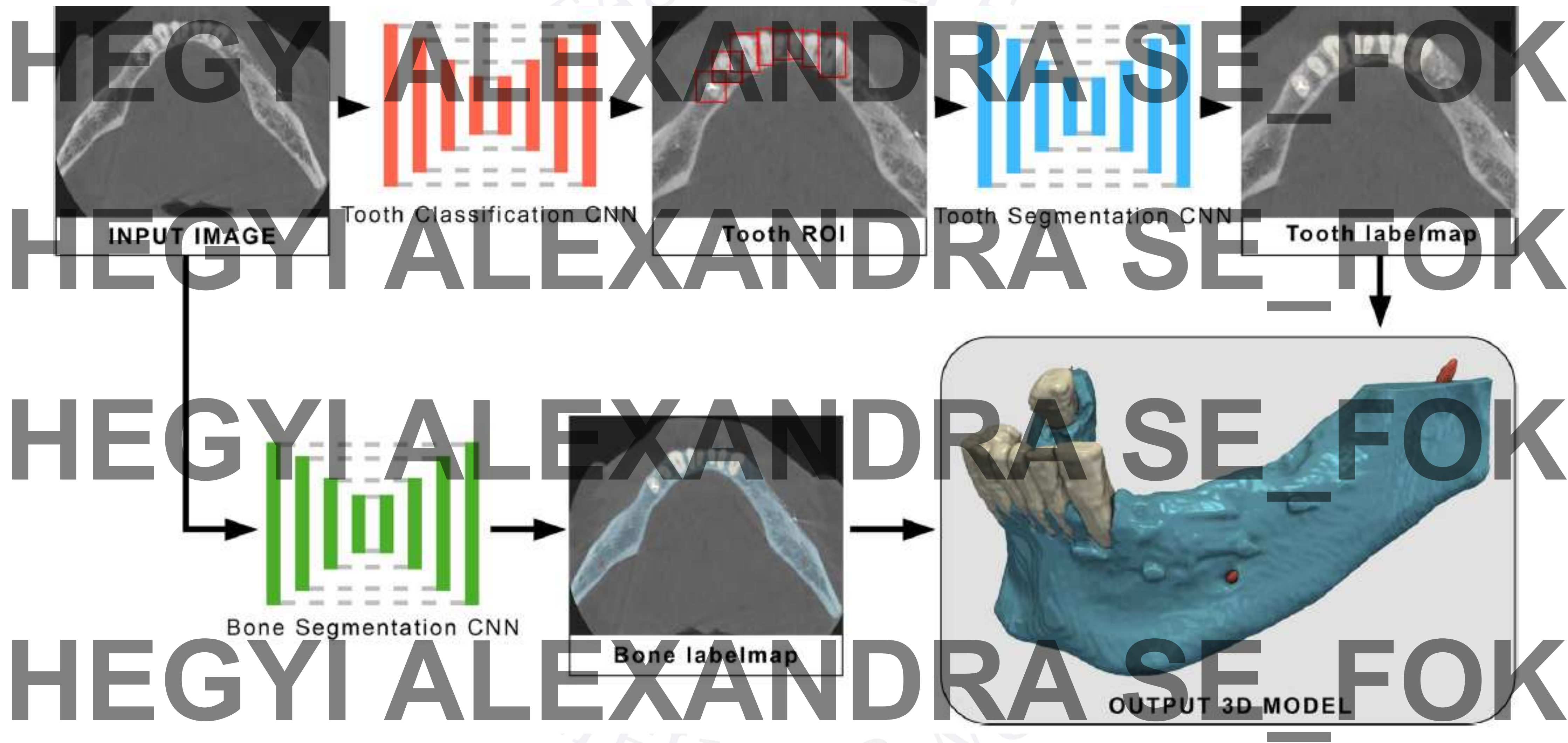
MESTERSÉGES NEURÁLIS HÁLÓ
ANN

MÉLY NEURÁLIS HÁLÓ
DNN

KONVOLÚCIÓS NEURÁLIS HÁLÓ
CNN

Russell SJ, Norvig P. Artificial intelligence a modern approach. London; 2010.

SEGRESNET NEURÁLIS HÁLÓ



Palkovics D, Hegyi A, Molnar B, Frater M, Pinter C, García-Mato D, et al. Assessment of hard tissue changes after horizontal guided bone regeneration with the aid of deep learning CBCT segmentation. Clinical Oral Investigations 2025 29:1. 2025-01-13;29(1).

STUDY TIMELINE

1.

Adatbázis felállítása és tanítása

- Az adatbázist alkotó CBCT felvételek szegmentációja és az algoritmus betanítása

2.

MI tesztelése pre- és postoperatív CBCT felvételeken

- 10-10 horizontális GBR előtti és utáni CBCT felvétel szegmentációja MI segítségével és fél-automatikus szegmentációval

3.

Volumetrikus keményszöveti változások értékelése

- Pre és posztoperatív felvételek illesztése és 3D szubtrakció

SegResNet

TANÍTÁS:
57 CBCT

VALIDÁCIÓ:
13 CBCT

TESZTELÉS:
10-10 CBCT

HEGYI A SK, PINTÉR C, MOLNÁR B, WINDISCH P, GARCÍA-MATO D, DIAZ-PINTO A, PALKOVICS D. [AUTOMATIC SEGMENTATION OF DENTAL CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY SCANS USING A DEEP LEARNING FRAMEWORK] - PUBMED. ORVOSI HETILAP. 08/11/2024;165(32).

PALKOVICS D, HEGYI A, MOLNAR B, FRATER M, PINTER C, GARCÍA-MATO D, ET AL. ASSESSMENT OF HARD TISSUE CHANGES AFTER HORIZONTAL GUIDED BONE REGENERATION WITH THE AID OF DEEP LEARNING CBCT SEGMENTATION. CLINICAL ORAL INVESTIGATIONS 2025 29:1. 2025-01-13;29(1).



AI segmentation

Select jaw:

Mandible (lower jaw)

0%

Start

R

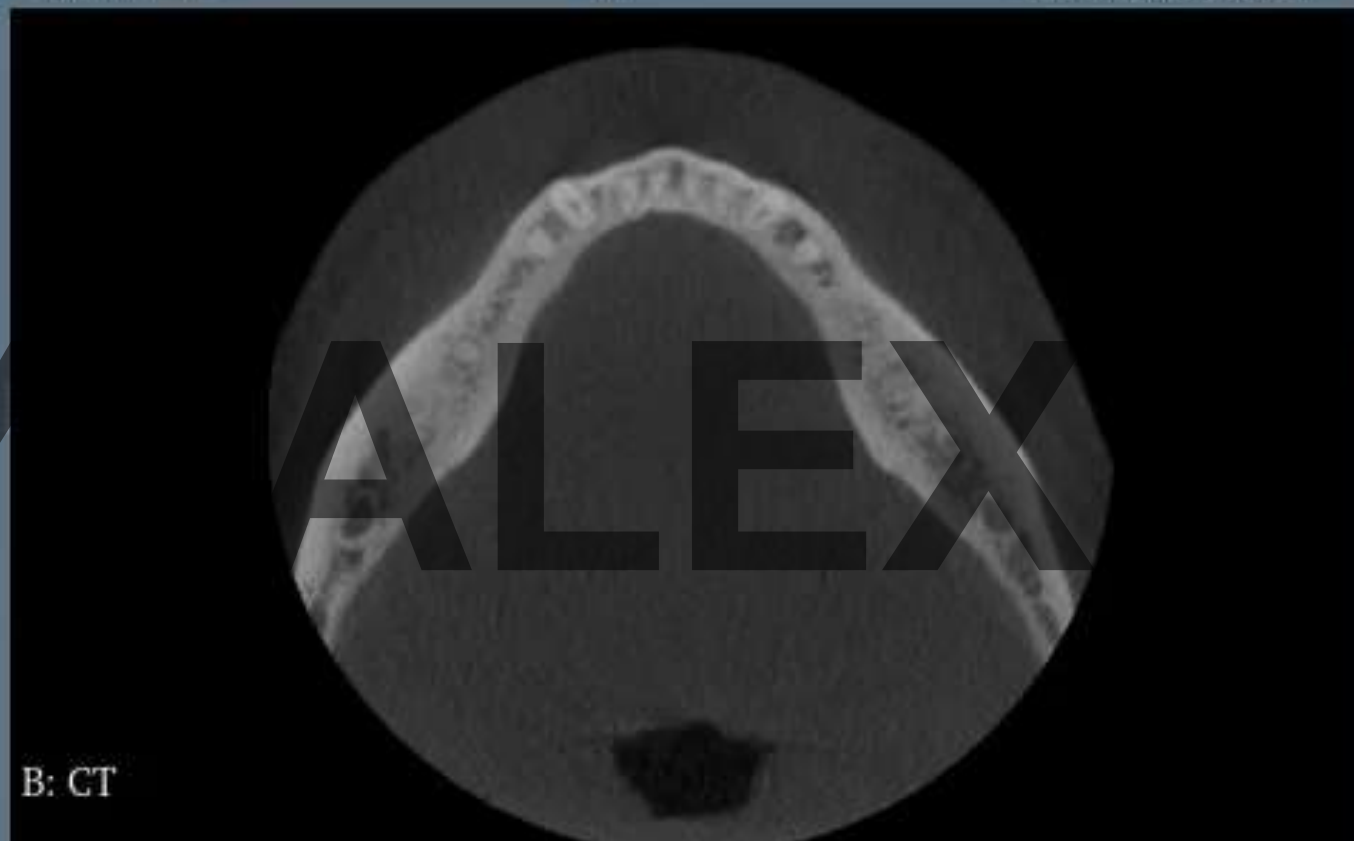
S: 0.0900mm

G

A: 0.0000mm

Y

L: 0.0000



B: CT



B: CT



B: CT

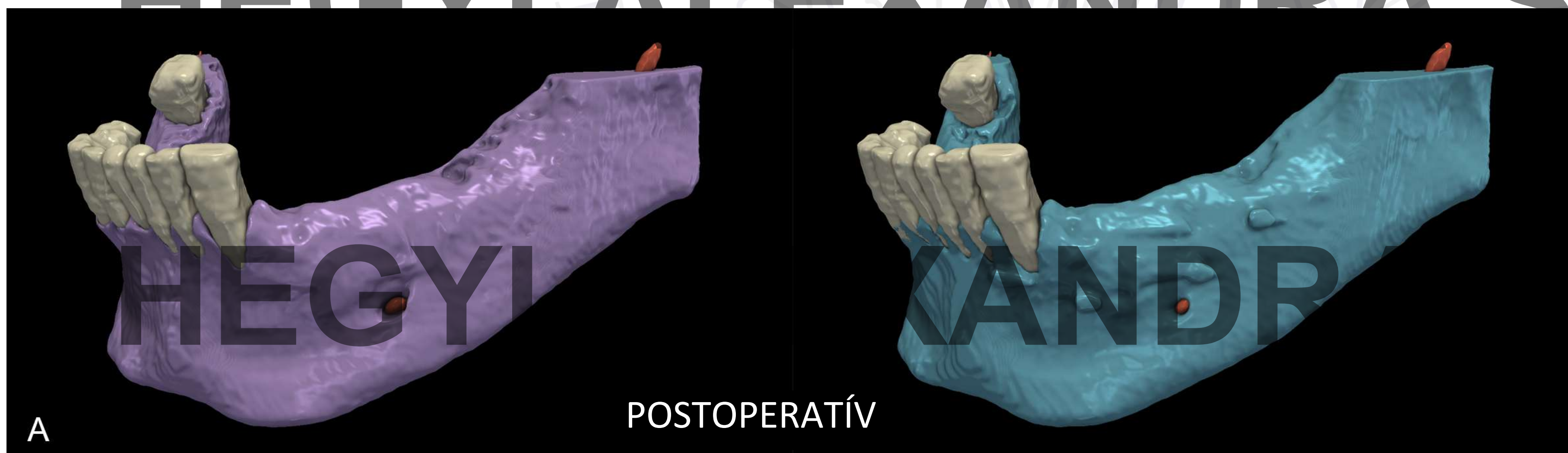
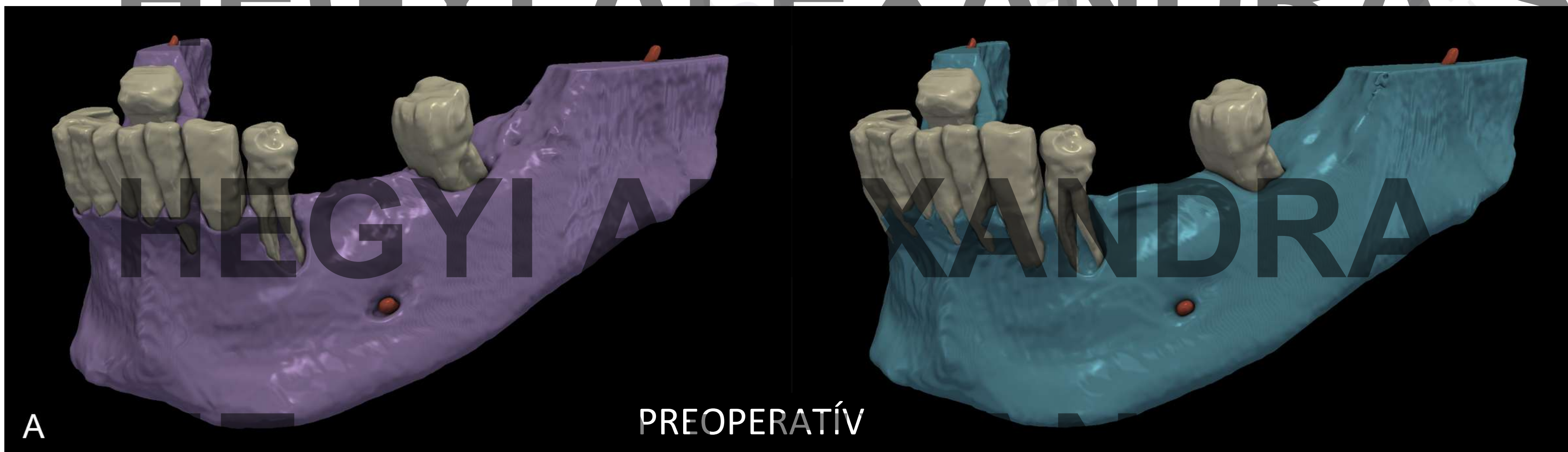


SEMMELWEIS
UNIVERSITY 1769

PARODONTOLÓGIAI KLINIKA, SEMMELWEIS EGYETEM

Hegyi Alexandra
SE FOK V.

MI KERETRENDSZER TESZTELÉSE



A tanítási adatbázistól független pre- és posztoperatív CBCT képek MI-alapú és fél-automatikus szegmentációja.

Tesztelést **csak a mandibulán** végeztük.

Palkovics D, **Hegyi A**, Molnar B, Frater M, Pinter C, García-Mato D, et al. Assessment of hard tissue changes after horizontal guided bone regeneration with the aid of deep learning CBCT segmentation. Clinical Oral Investigations 2025 29:1. 2025-01-13;29(1).



RESEARCH GAP („A RÉS”)

- MI-alapú CBCT szegmentáció elősegítheti a keményszöveti változások pontosabb kiértékelését

- Jelenleg nem elérhető olyan MI szegmentációs algoritmus mely megbízhatóan alkalmazható pre-és posztoperatív CBCT felvételek szegmentációjára

IRÁNYÍTOTT CSONTREGENERÁCIÓ (GBR) HEGYI ALEXANDRA SE_FOK

- Horizontális GBR során alkalmazott anyagok:
 - Graft: autogén csont és bovin eredetű xenograft (Cerabone®, botiss GmbH)
 - Pericardium membrán (Jason®, GmbH)
 - Titán rögzítő csavar (USTOMED)
- **Probléma:** a graft anyag radiológiai megjelenése **eltér a natív csontétól** illetve a graft rögzítéséhez használt titán pin-ek **műterméket generálnak**



PROF. DR. WINDISCH PÉTER ANYAGÁBÓL

SZEGMENTÁCIÓ TELJESÍTMÉNYMUTATÓK

HEGYI ALEXANDRA SE_FOK

Intersection over union (IoU)

$$IoU(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} = \frac{TP}{TP + FP + FN}$$

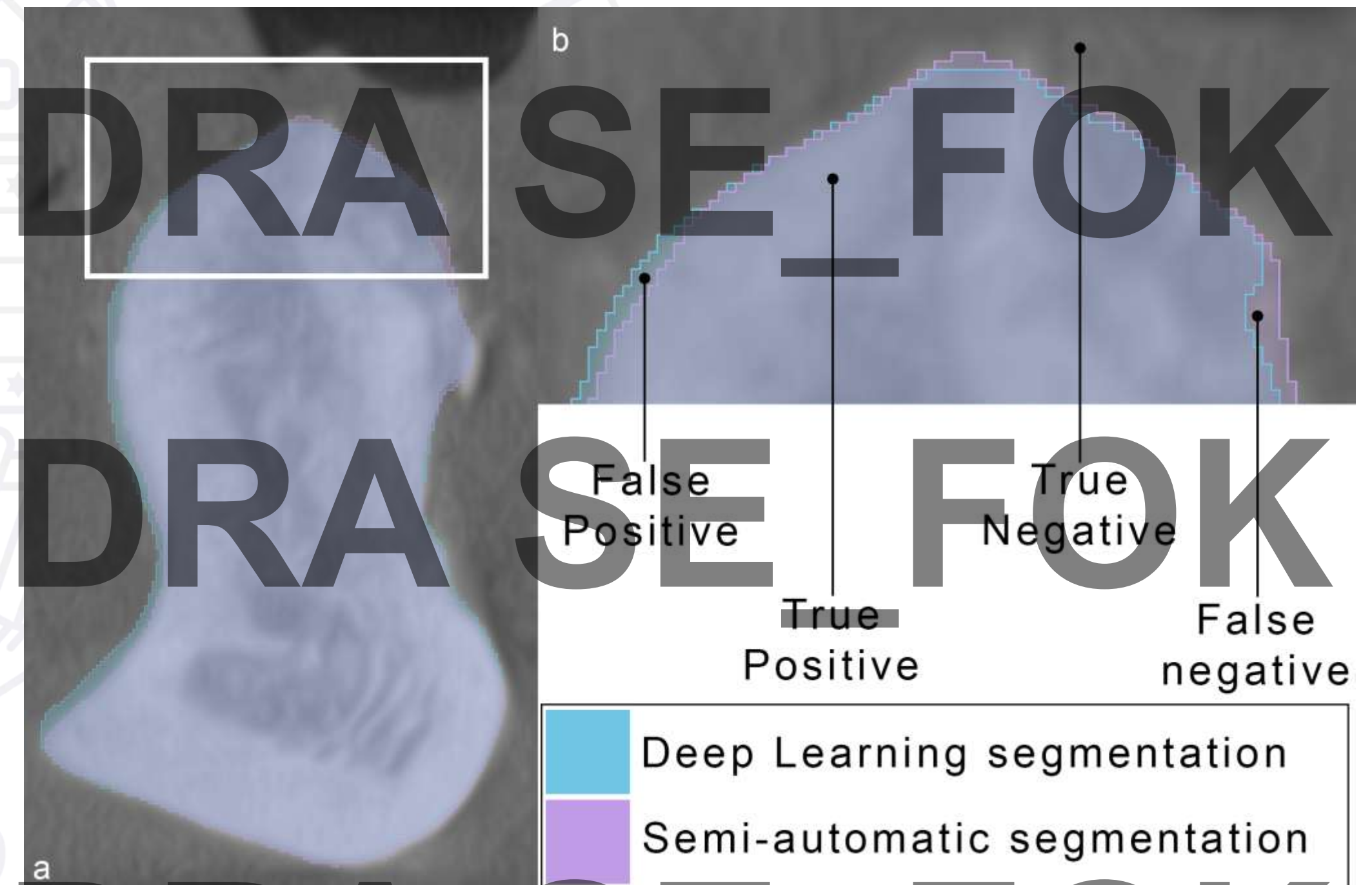
Dice hasonlósági együttható

$$DSC(A, B) = \frac{2 |A \cap B|}{|A| + |B|} = \frac{2 TP}{2 TP + FP + FN}$$

Hausdorff távolság

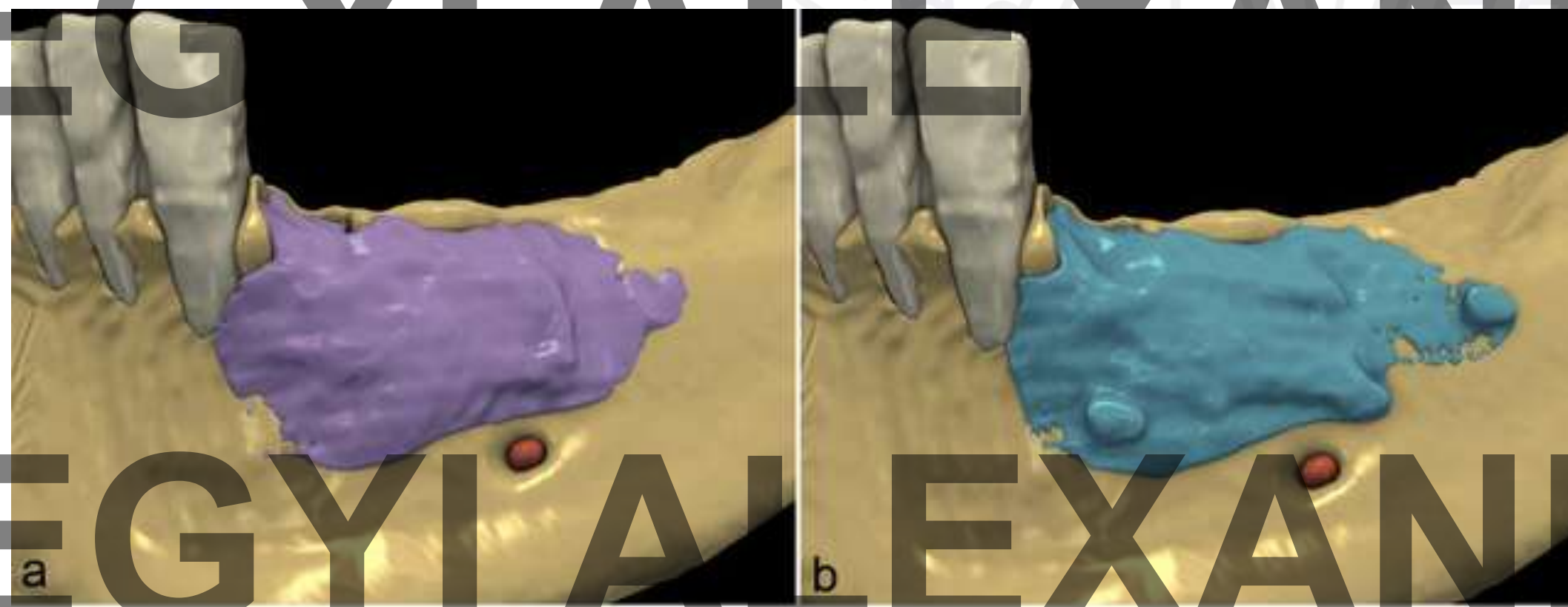
$$d_{Hausdorff}(A, B) = \{ \sup_{a \in A} \inf_{b \in B} d(a, b), \sup_{b \in B} \inf_{a \in A} d(a, b) \}$$

Térfogat

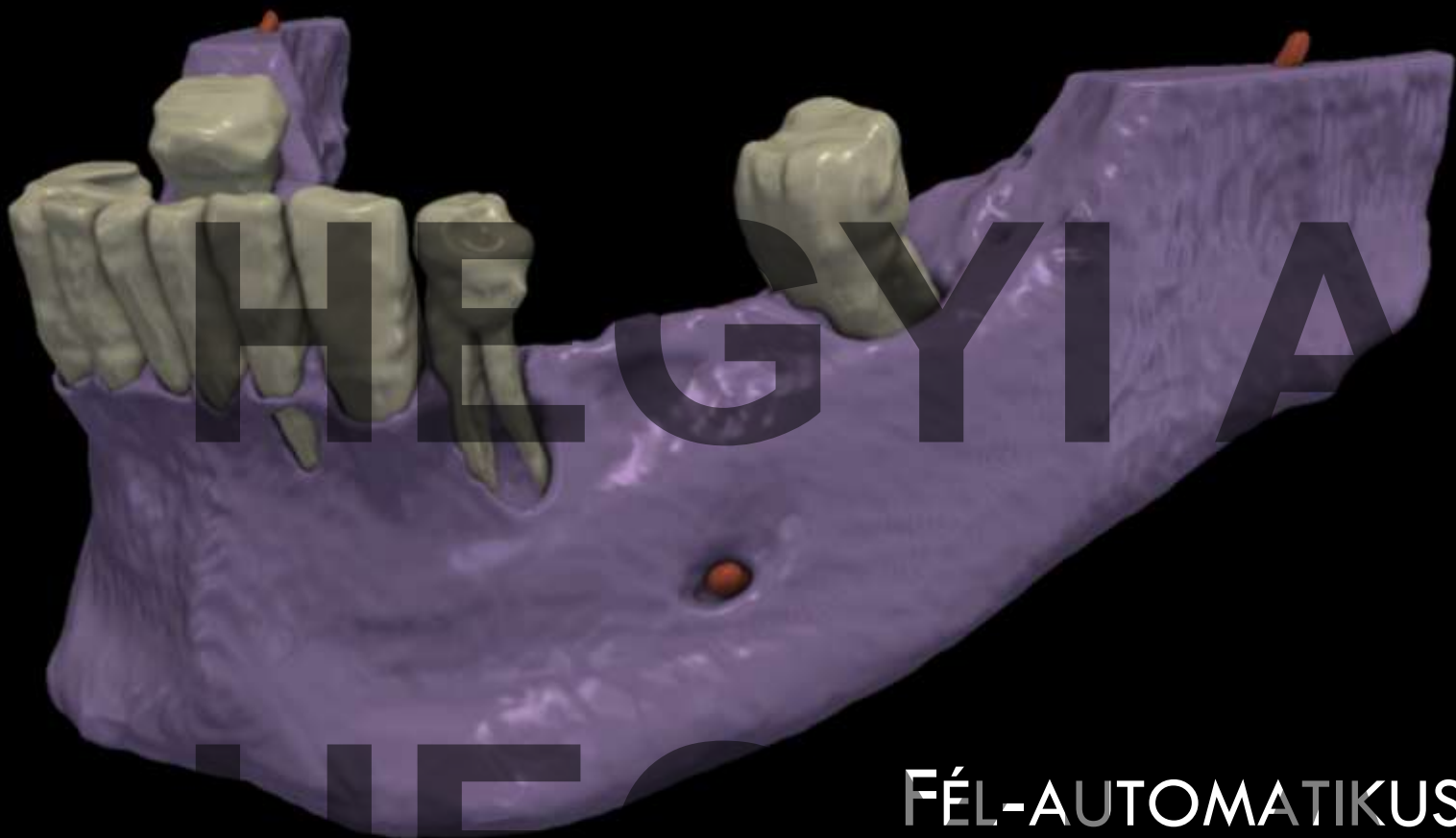


VOLUMEN KIÉRTÉKELÉS

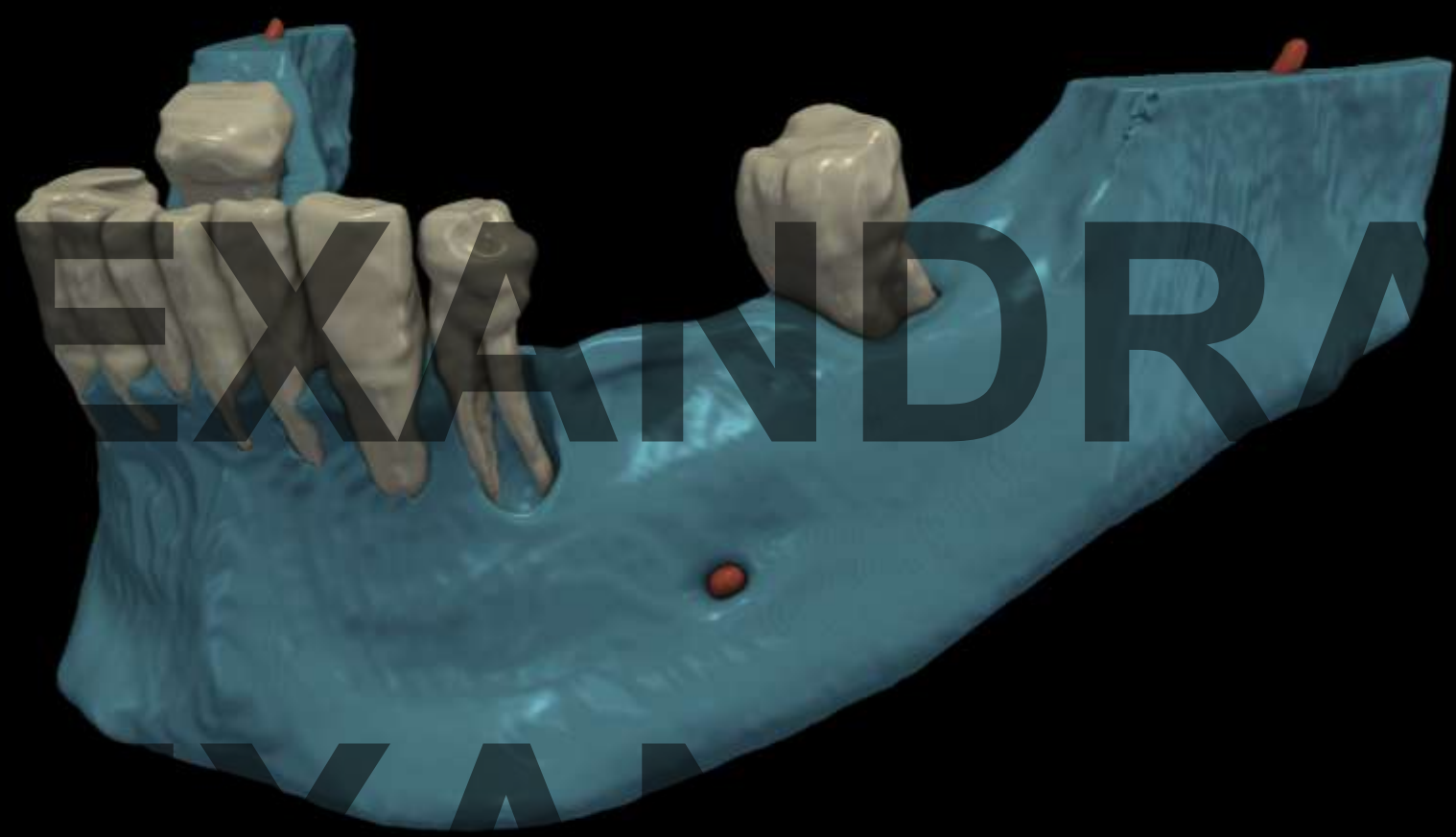
- A MI- és fél-automatikus szegmentáció eredményeinek térbeli illesztése és 3D szubtrakciója után 3D modelleket kaptunk az augmentált keményszövetekről
- Ezzel kiértékeljük a GBR utáni térfogatváltozást, és teszteltük a SegResNet modell szegmentációs teljesítményét.



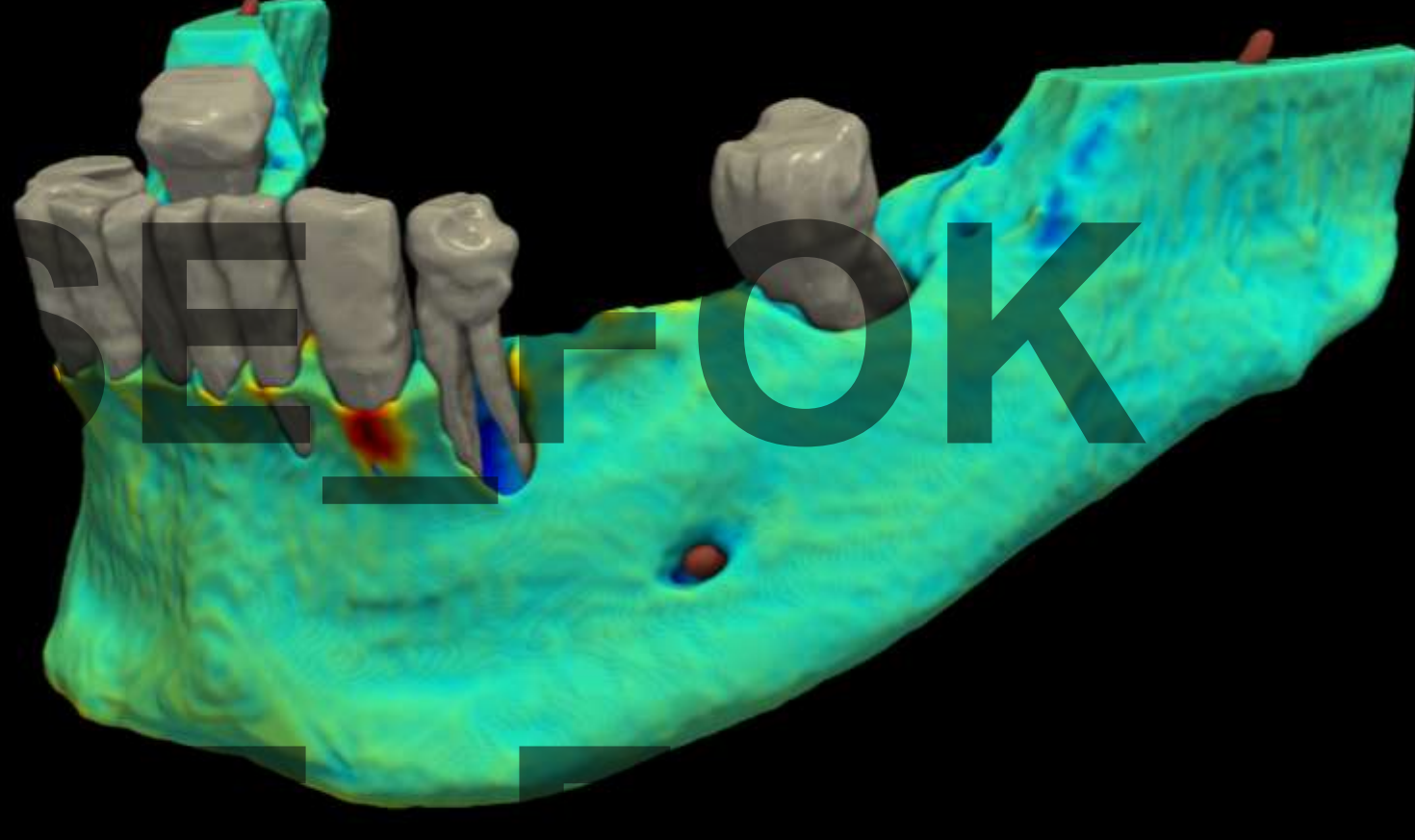
PREOPERATÍV CBCT SZEGMENTÁCIÓ EREDMÉNYE HEGYI ALEXANDRA SE FOK



FÉL-AUTOMATIKUS
SZEGMENTÁCIÓ



MI SZEGMENTÁCIÓ



ÖSSZEHASONLÍTÁS

Intersection over
Union

0.92 ± 0.02

Dice hasonlósági
együttható

0.96 ± 0.01

Hausdorff távolság
(mm)

0.62 ± 0.16

Mandibula MI
szegmentáció
volumen (cm³)

20.22 ± 11.39

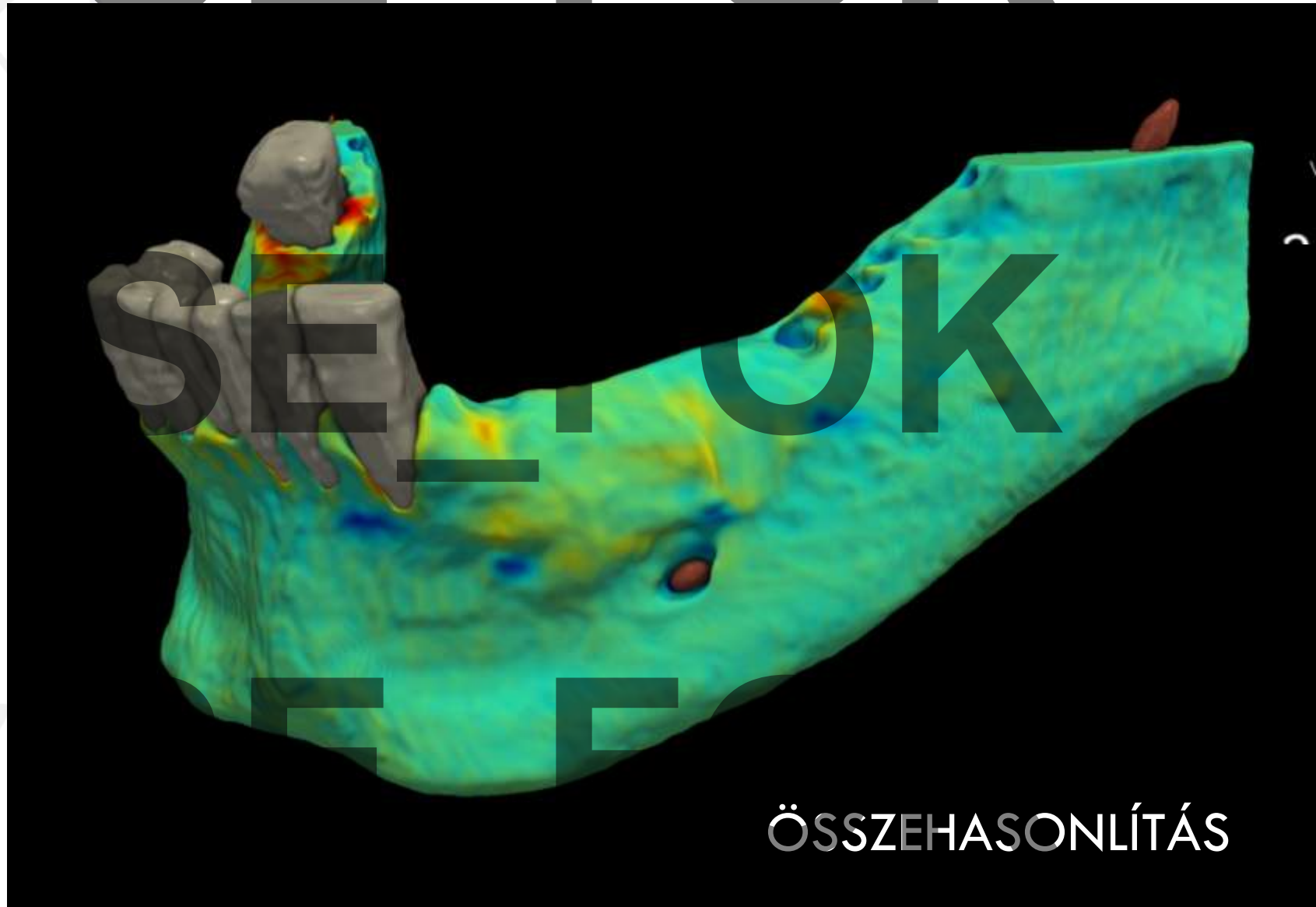
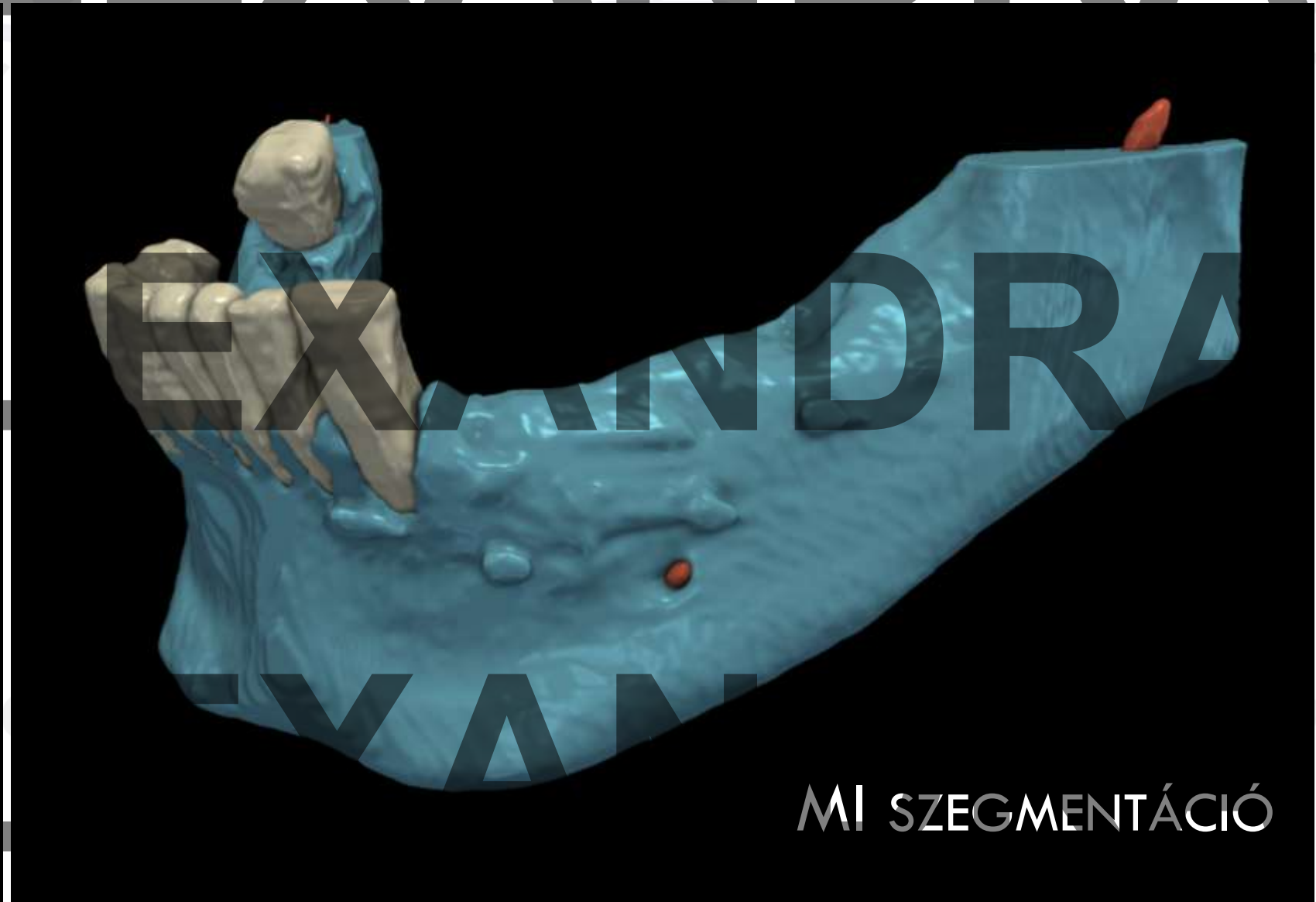
Mandibula Fél-
automatikus
szegmentáció
volumen (cm³)

20.14 ± 11.4



POSZTOPERATÍV CBCT SZEGMENTÁCIÓ EREDMÉNYE

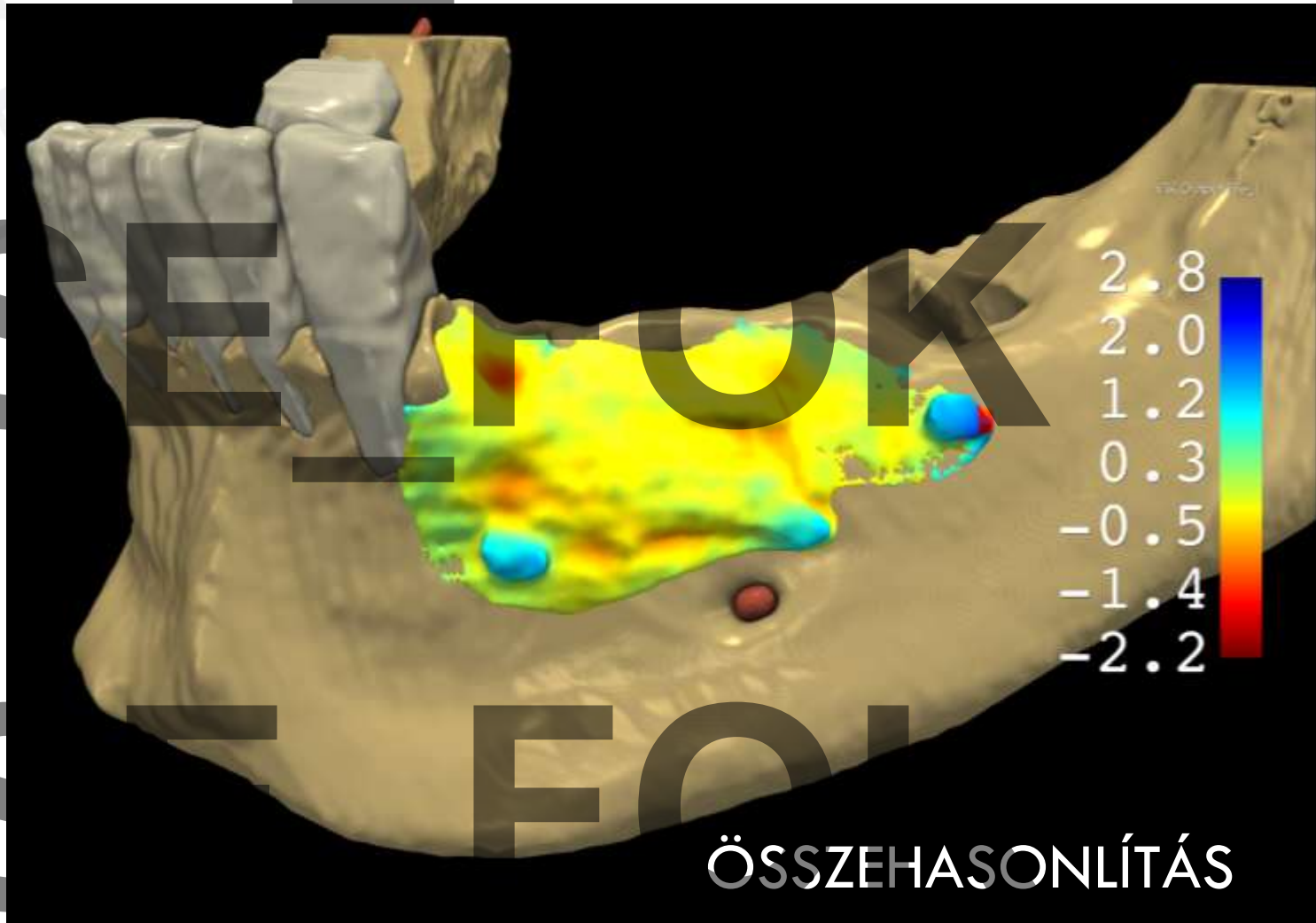
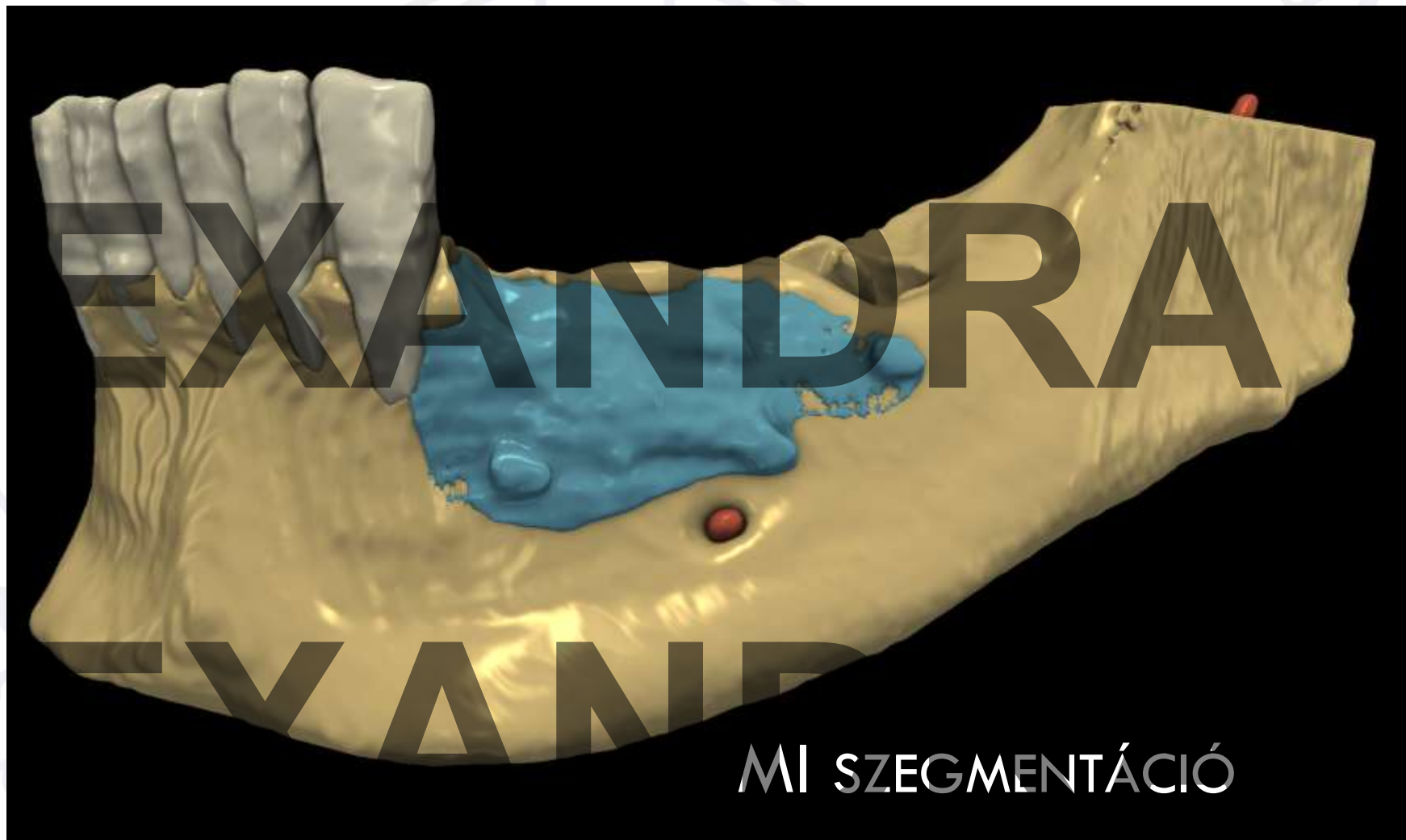
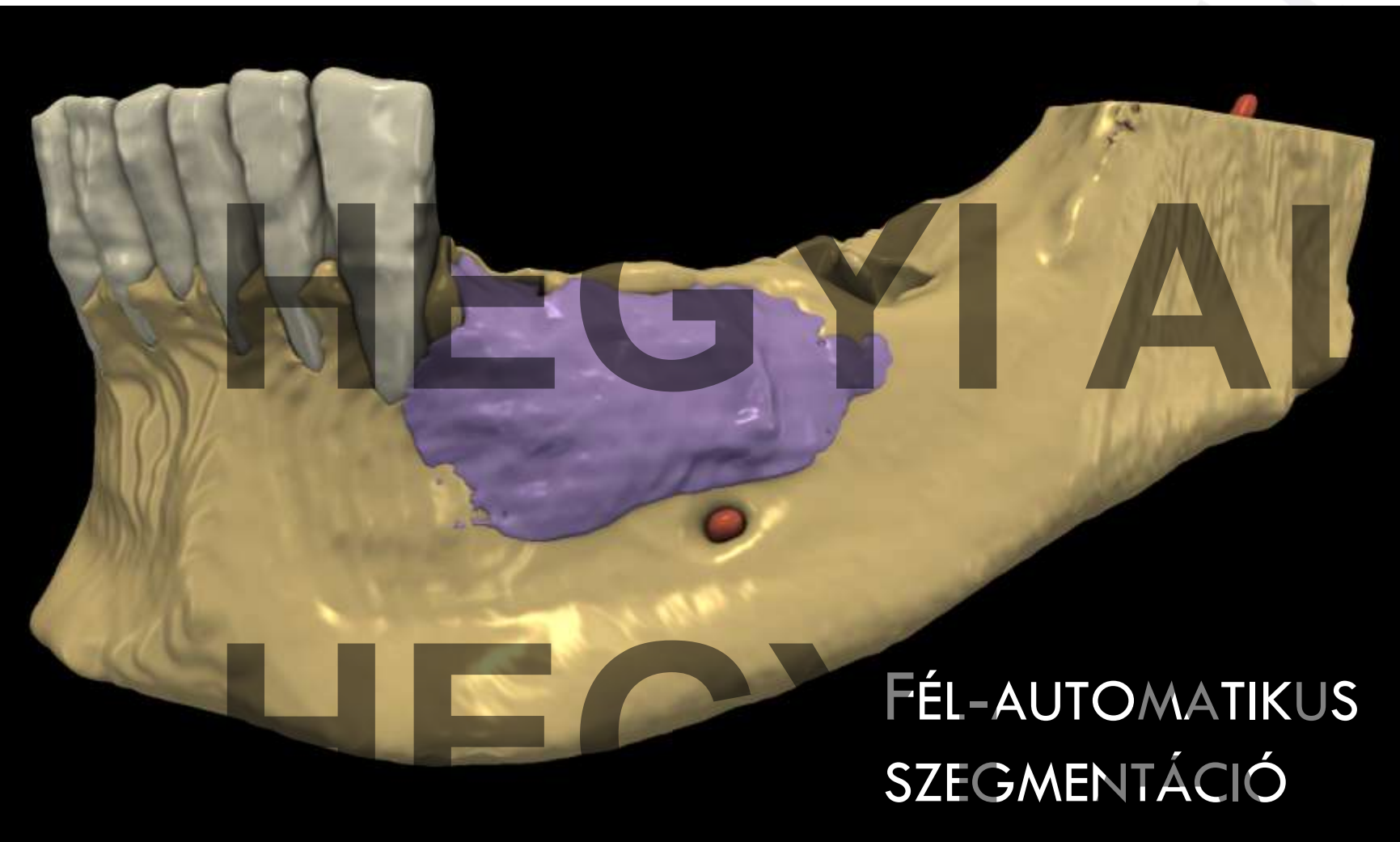
HEGYI ALEXANDRA SE FOK



Intersection over Union	Dice hasonlósági együttható	Hausdorff távolság (mm)	Mandibula MI szegmentáció volumen (cm ³)	Mandibula Fél-automatikus szegmentáció volumen (cm ³)
0.92 ± 0.02	0.96 ± 0.01	0.77 ± 0.31	21.46 ± 13.68	21.6 ± 13.75

AUGMENTÁLT TERÜLET SZEGMENTÁCIÓJÁNAK EREDMÉNYE

HEGYI ALEXANDRA SE FOK



Intersection over Union	Dice hasonlósági együttható	Hausdorff távolság (mm)	Mandibula MI szegmentáció volumen (cm ³)	Mandibula Fél-automatikus szegmentáció volumen (cm ³)
0.78 ± 0.07	0.85 ± 0.08	0.91 ± 0.92	0.45 ± 0.27	0.48 ± 0.27

SZEGMENTÁCIÓ IDŐTARTAMA

Módszer és fázis	Átlagos időtartam
Fél-automatikus szegmentáció - preoperatív	41 min 7 s
MI szegmentáció - preoperatív	0 min 52 s
Fél-automatikus szegmentáció - posztoperatív	42 min 35 s
MI szegmentáció - posztoperatív	0 min 54 s

A MI-alapú szegmentáció 47 - 48-szor **gyorsabb**

KONKLÚZIÓ

Vizsgálatunk keretein belül megállapítható:

- GBR előtt és után készült CBCT szegmentációjában **nem volt szignifikáns különbség** a fél-automatikus- és a MI-szegmentáció között
- A MI által szegmentált posztoperatív modell pontosságánál fogva **alkalmazható GBR utáni implantációs műtétek tervezésére**
- A MI modell megbízhatóan **alkalmazható keményszöveti változások automatikus kiértékelésére**
- A MI algoritmus a fél-automatikus szegmentációhoz képest átlagosan **47-48-szor volt gyorsabb**

KÖSZÖNETTEL TARTOZOM

HEGYI ALEXANDRA SE_FOK

- Témavezetőmnek: Dr. Palkovics Dániel Ph.D., egyetemi adjunktus

HEGYI ALEXANDRA SE_FOK

- Pintér Csabának

- Lang Cecíliának

HEGYI ALEXANDRA SE_FOK

- Prof. Dr. Windisch Péternek

- Pácienseinknek

HEGYI ALEXANDRA SE_FOK

SAJÁT MUNKA

- Teszteléshez felhasznált CBCT-k manuális szegmentációja
- A MI szegmentáció felügyelése
- Szegmentációk eredményének összehasonlítása
- Adatok kezelése
- Időmérés

Publikációk:

Hegyi A SK, Pintér C, Molnár B, Windisch P, García-Mato D, Diaz-Pinto A, Palkovics D. [Automatic segmentation of dental cone-beam computed tomography scans using a deep learning framework] - PubMed. Orvosi hetilap. 08/11/2024;165(32).

Palkovics D, **Hegyi A**, Molnar B, Frater M, Pinter C, García-Mato D, et al. Assessment of hard tissue changes after horizontal guided bone regeneration with the aid of deep learning CBCT segmentation. Clinical Oral Investigations 2025 29:1. 2025-01-13;29(1).

HEGYI ALEXANDRA SE_FOK

HEGYI ALEXANDRA SE_FOK

Köszönöm a megtisztelő figyelmét!

HEGYI ALEXANDRA SE_FOK

Hegyí Alexandra

Parodontológiai Klinika SE FOK V. évfolyam

HEGYI ALEXANDRA SE_FOK

