



Semmelweis Egyetem Fogorvostudományi Kar
Fogászati és Szájsebészeti Oktató Intézet

igazgató: Dr. Németh Orsolya PhD. egyetemi docens

<http://semmelweis-egyetem.hu/fszoi/>

<https://www.facebook.com/fszoi>

Augmentált valóság felhasználása a fogászati implantátumok navigált beültetésében

Takács Anna SE FOK V.

Konzulens: Dr. Kivovics Márton PhD, egyetemi adjunktus



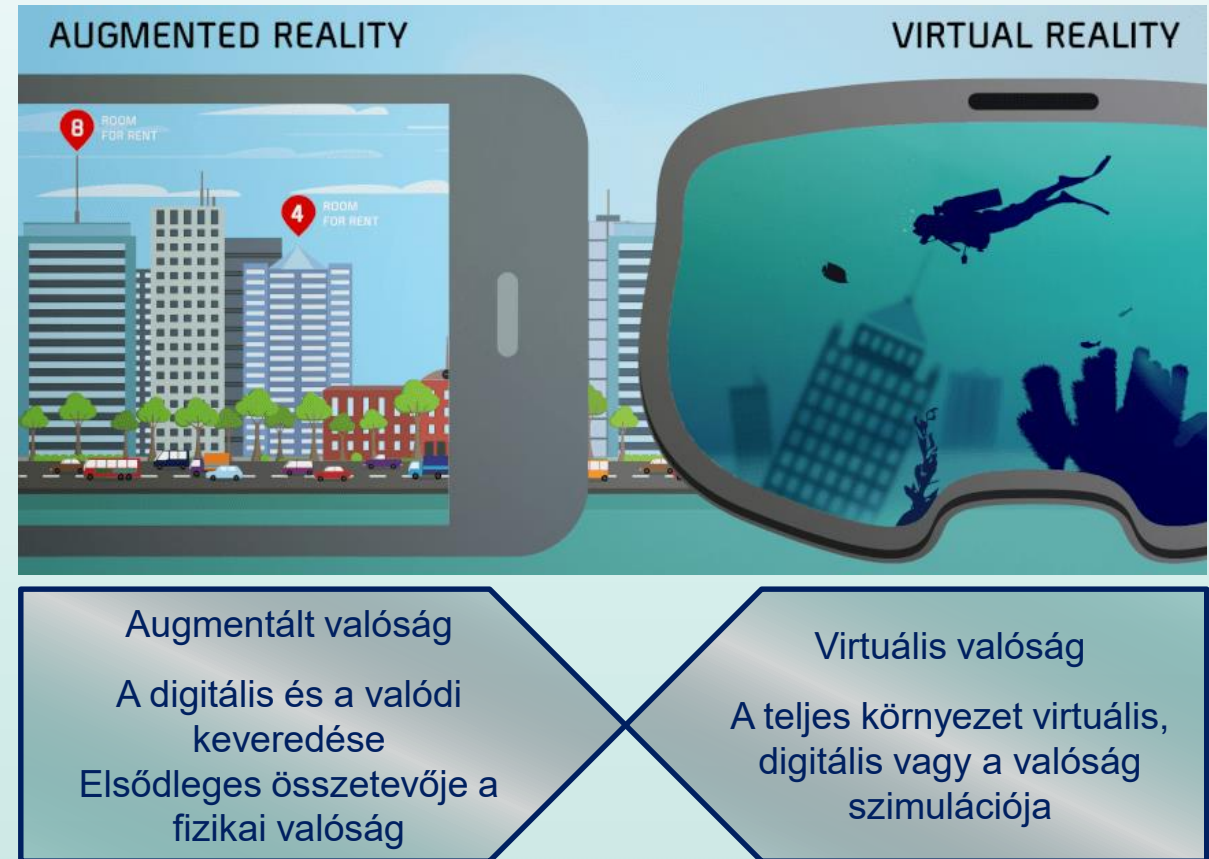
Oktatás, kutatás, gyógyítás: 250 éve az egészség szolgálatában





Bevezetés - Az augmented valóság (AR)

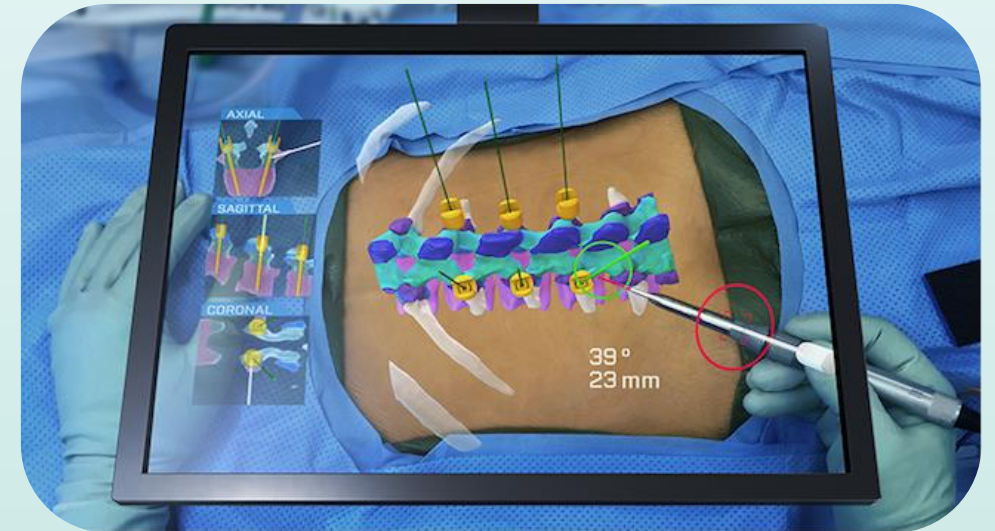
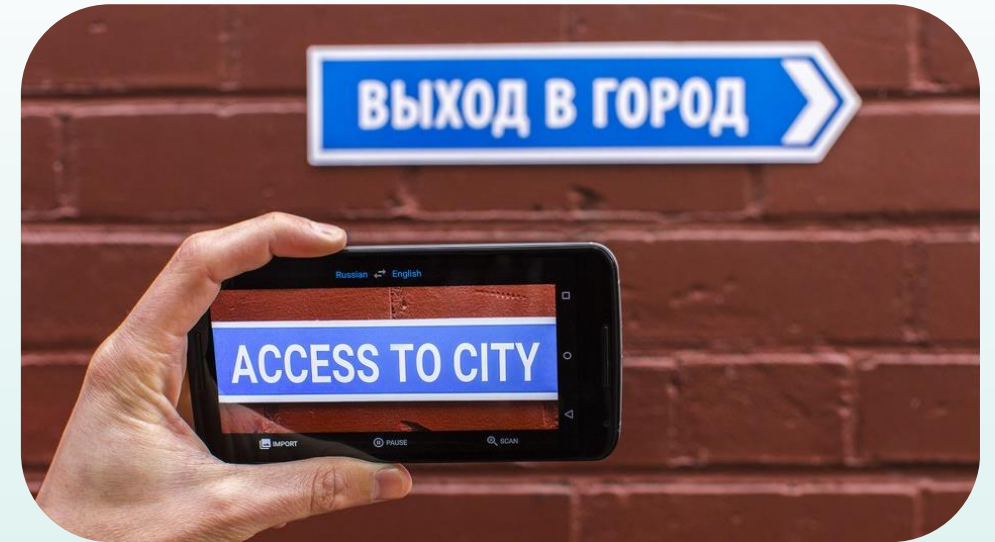
- A kiterjesztett valóság (augmented reality AR): folyamat, amelynek során a számítógép által generált információk a valós tárgyra vetülnek, függetlenül attól, hogy ez a valóság földrajzi hely vagy objektum
- A valósághoz adott digitális információ célja:
 - Hasznos információkkal gazdagítani a valóságot
 - Az alkalmazó tapasztalatainak növelése, megértésének segítése
 - Felhasználói élmény javítása
- Az AR rendszer összetevői:
 - Kijelző
 - Regisztrációs technológia
 - Tracking
 - Az ezt irányító szoftver és hardver





Példák az AR felhasználására

- Felhasználás: Média
Szórakoztatóipar
Játékok
Múzeumok
Könyvtárak
Oktatás
- Egészségügy: **Fogászati implantátum behelyezés**
Maxillofaciális sebészet
Idegsebészet
Ortopéd sebészet
Fül-orr-gégészet
Szív-, és érsebészet
Általános sebészetben
Stroke rehabilitáció
Pszichológiai zavarok (pl.: fóbiák)
kezelése



Berryman DR. (2012) Augmented reality: a review. Medical reference services quarterly, 31: 212-218.

Ayoub A, Pulijala Y. (2019) The application of virtual reality and augmented reality in Oral & Maxillofacial Surgery. BMC oral health, 19: 238.

Ferro AS, Nicholson K, Koka S. (2019) Innovative Trends in Implant Dentistry Training and Education: A Narrative Review. J Clin Med, 8

<https://ardev.es/en/augmented-reality/> 2021.01.31. 22:35

<https://www.design-engineering.com/digital-platform-utilizes-augmented-reality-for-spinal-surgery-1004032538/> 2021.01.31. 22:35



Célkitűzések

- In vitro vizsgálatunk célja az implantátumok behelyezési pontosságának összehasonlítása volt három különböző navigációs módszerrel végrehajtott modellműtétekben.

Szabadkézi
implantátum
behelyezés

Kiterjesztett valóság
[AR] alapú dinamikus
számítógépes
implantációs sebészet
[CAIS]

Statikus CAIS

- Nullhipotézis:
 - Az AR-alapú dinamikus és statikus navigáció mind pontosabb pozicionálást tesz lehetővé, mint a szabadkézi megközelítés.
 - Feltételeztük, hogy nem lesz szignifikáns különbség a két különböző CAIS -módszerrel elért implantátumbehelyezés pontosságában.



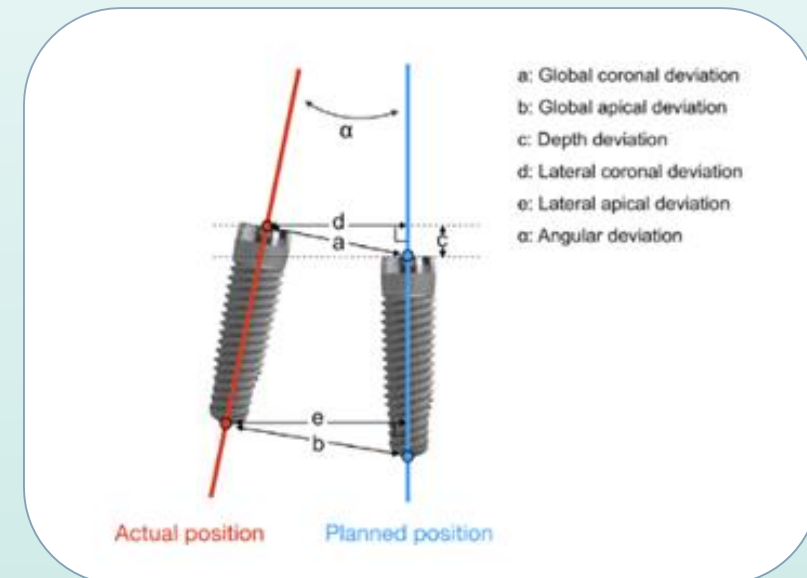


Anyag és módszer - Study design

- Célkitűzésünk megválaszolása céljából *in vitro* vizsgálatot terveztünk.
- A minta méretét a kutatási témában végzett korábbi *in vitro* vizsgálatok eredményei alapján határoztuk meg a G*Power 3.1 szoftver segítségével. (v.3.1.9.3, 2017., Institut für Experimentelle Psychologie, Heinrich-Heine Universität, Düsseldorf, Németország)
 - AR alapú dinamikus navigáció anguláris deviációja= $5,04 \pm 2,83^\circ$
 - Statikus navigáció anguláris deviációja= $1,96 \pm 0,91^\circ$
 - α (hamis pozitív arány)=0,05
 - Power= 95%
 - Allokáció= 1: 1
 - Minimális esetszám=11 (behelyezett fogászati implantátumnak)

- A tervezett és végrehajtott implantátumpozíciók közötti eltéréseket leíró elsődleges kimeneti változók:

- anguláris deviáció
- coronális globális deviáció
- apicális globális deviáció



Etikai engedélyszám:(109/2020)

Jiang W, Ma L, Zhang B, Fan Y, Qu X, Zhang X, Liao H. (2018) Evaluation of the 3D Augmented Reality-Guided Intraoperative Positioning of Dental Implants in Edentulous Mandibular Models. The International journal of oral & maxillofacial implants, 33: 1219-1228.

Fernández-Gil Á, Gil HS, Velasco MG, Moreno Vázquez JC. (2017) An In Vitro Model to Evaluate the Accuracy of Guided Implant Placement Based on the Surgeon's Experience. The International journal of oral & maxillofacial implants, 32: 151-154.

Li, J., et al. (2019) Does flap opening or not influence the accuracy of semi-guided implant placement in partially edentulous sites? Clin Implant Dent Relat Res., 21(6): 1253-1261.



Anyag és módszer - Állkapocs modellek

- Egy állkapocs nyílt forráskódú Standard Tessellation Language (STL) fájlját felhasználva 12 modellt 3D nyomtattunk
 - FHD1300 Carnation Dental Model Resin (Zhejiang Flashforge3D Technology Co., LTD, Zhejiang, Kína) anyagból
 - Flashforge Hunter (Zhejiang

Flashforge3D Technology Co., LTD, Zhejiang, Kína) hardware segítségével

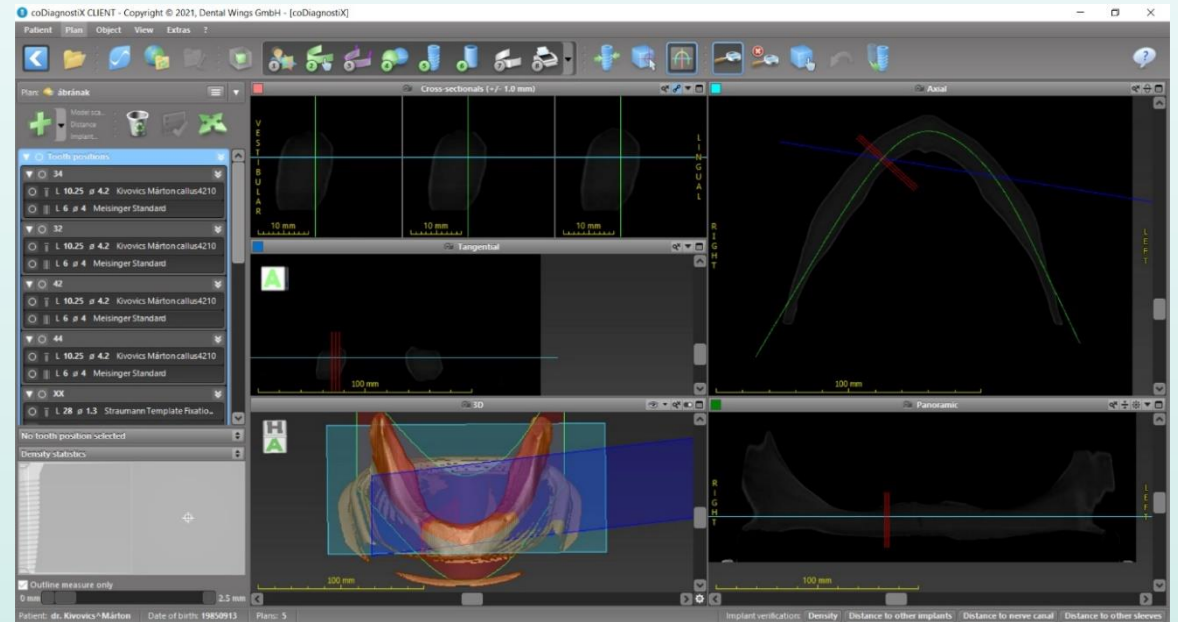




Anyag és módszer - Pre és posztoperatív képalkotás

□ CBCT (Cone Beam Computed Tomography) felvételeket (PaX-Reve3D, Vatech, Hwaseong, Korea) készítettünk

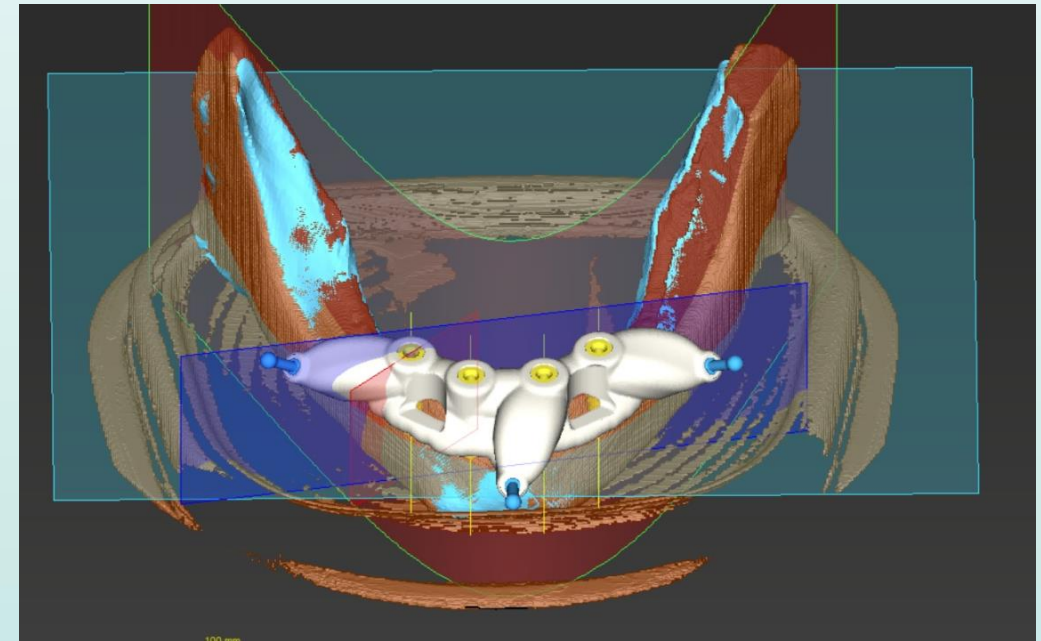
- a modellműtétek előtt (preoperatív CBCT)
- és közvetlenül a beavatkozásokat követően (posztoperatív CBCT).
- A scannelési feltételek a következők voltak:
 - 15 x 15 cm látómező (FOV),
 - 250 μ m voxelméret,
 - 360 °-os elforgatás,
 - 24 s expozíciós idő,
 - 89 kV csőfeszültség és
 - 4,9 mA csőáram.





Anyag és módszer - Sebészi tervezés I.

- Négy párhuzamos Callus Pro (Callus Implant Solutions GmbH, Hamburg, Németország) implantátum (4,2 mm átmérőjű, 10 mm hosszú)
 - alsó állcsont interforaminalis régiójába
 - implantátum elhorgonyzású és megtámasztású overdenture fogpótláshoz
- Tervezés: coDiagnostiX szoftver 10.4 verzió (Dental Wings, Montreal, CA, USA)
- A mandibula STL filejét a preoperatív CBCT rekonstrukció DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) formátumú adataival regisztráltuk.
- Pilot-guided műtéti sablont terveztünk
 - 2 mm átmérőjű perselyekkel (Cikkszám: HN001, Hager & Meisinger GmbH, Neuss, Németország)
 - három darab sablont rögzítő pinnel (Straumann Template Fixation Pin, cikkszám 034.282, Straumann GMBH, Bazel, Svájc)



Barter S. Surgical Considerations in the Aging Patient. In: Wismeijer D, Chen S, Buser D (szerk.), ITI Treatment Guide Volume 9. Implant Therapy in the Geriatric Patient. Quintessence Publishing Co. Ltd., Berlin, 2016: 115-132.



Anyag és módszer - Sebészi tervezés II.

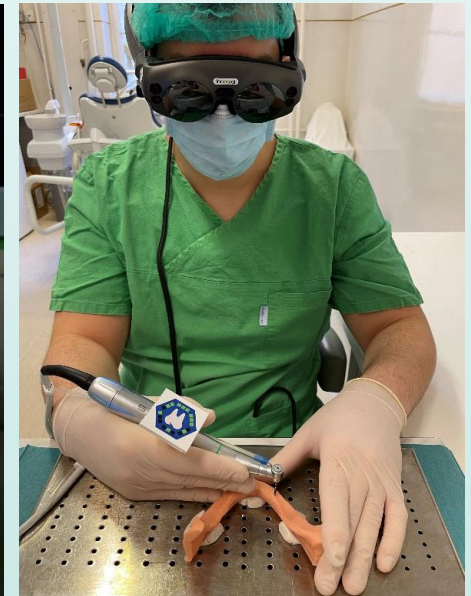
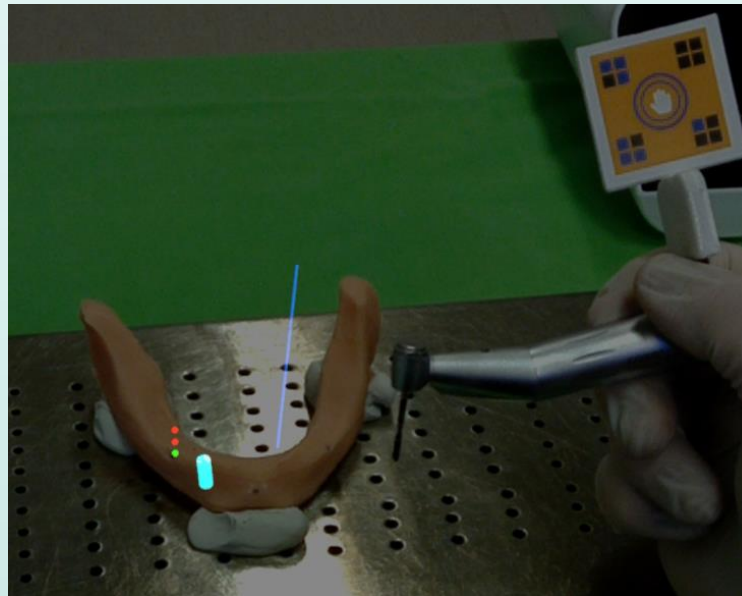
- Az implantátumpozíciót a coDiagnostiX (Dental Wings, Montreal, CA, USA) software Virtual Planning Export opciójával exportáltuk STL formátumban
- InnOOOral (Innoimplant Kft., Budapest, Magyarország) AR alapú dinamikus navigációs rendszer
- Fejre helyezhető virtuális retina kijelző (VRD) (Magic Leap One, Magic Leap Inc, Miami, USA)
- Sebészeti könyökdarab (WS-56 L, W&H, Bürmoos, Ausztria)
- Előfúró 2 mm átmérőjű, Callus Pro (Callus Implant Solutions GmbH, Hamburg, Németország)
- Marker (nyomon követés)





Anyag és módszer - Modellműtétek

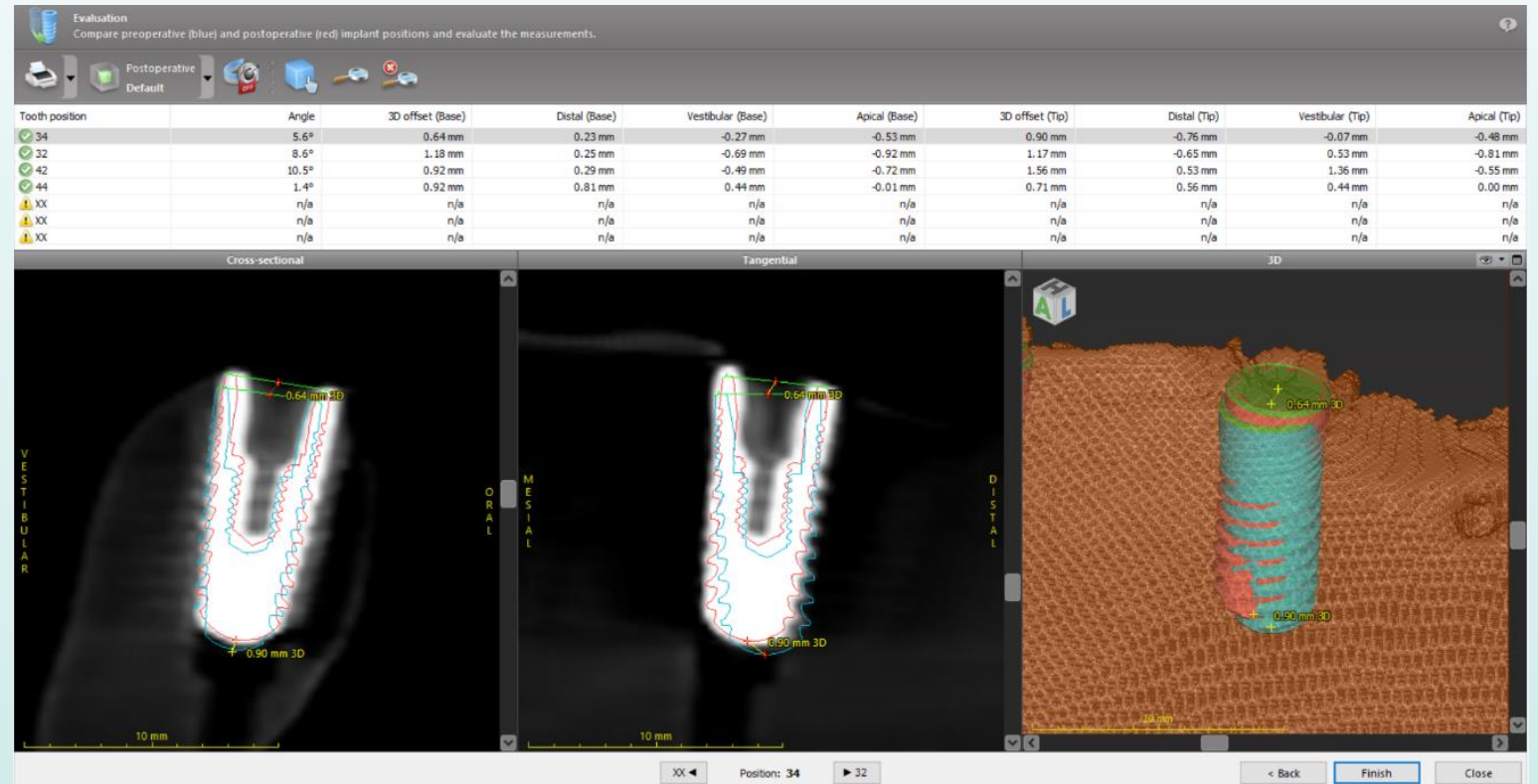
- Modellek stabilizálása a beavatkozás előtt
- Osteotomia: külső hűtés, 800 rpm fordulatszámon
- 1. csoport: AR alapú dinamikus navigáció
 - A műtéti terv és a valós környezetben lévő modell regisztrálása landmark regisztrációval.
 - Az InnOOral rendszer a fejre helyezett virtuális retina kijelző segítségével modellre vetítette a tervezett implantátumpozíciót, nyomon követte az előfúrás (pilot drill) menetét.
 - A pilot osteotomiák után az osteotomiákat szabadkézzel véglegesítettük a gyártó utasításait követve.
- 2. csoport: statikus CAIS
 - A sebészeti sablonok illeszkedésének ellenőrzése.
 - Sablonok stabilizálása a modelleken három rögzítő pin segítségével.
 - Az előfúró használata az implantátumágypreparációjának első lépéseként.
- Sebészi sablon eltávolítása a pilot osteotomiák után.
- Osteotomiák véglegesítése szabadkézzel, a gyártó utasításait követve.
- 3. csoport: szabadkézi módszer





Anyag és módszer - Elsődleges kimeneti változók mérése

- A változók kiszámítása a posztoperatív és preoperatív CBCT vizsgálatok regisztrálását coDiagnostiX software 10.4-es verziójának (Dental Wings, Montreal, CA, USA) kezelési kiértékelő (treatment evaluation) plug-in-jével zajlott.





Anyag és módszer - A résztvevők elfogultságának csökkentése

- Különböző munkafolyamatokat különböző vizsgálók és orvosok végezték.
- A modellműtétet végző sebész (K. M.) nem vett részt a műtéti tervezésben (P. D.) és az implantátumbehelyezés pontosságának értékelésében.
- Az eredményváltozók mérését végző vizsgáló (T. A.) vak volt a modellműtétek során alkalmazott sebészeti módszerre.





Anyag és módszer - Statisztikai elemzés

- SPSS Statistics 25 (IBM, New York, Egyesült Államok)
- Az elsődleges kimeneti változókra (anguláris deviáció, coronális globális deviáció és apicális globális deviáció), az alkalmazott sebészeti módszertől függően (AR alapú dinamikus CAIS, statikus CAIS és szabadkézi) Shapiro-Wilk tesztet végeztünk el.
 - Eredményéből arra következtethettünk, hogy minden elsődleges kimeneti változó megközelítőleg normális eloszlású volt.
- Az anguláris deviáció, a coronális globális deviáció és az apicális globális deviáció adatainak összehasonlítására a három vizsgálati csoport között Oneway ANOVA tesztet végeztünk post-

hoc tesztel (Tukey).

- A $p < 0,05$ értékeket esetén tekintettük statisztikailag szignifikánsnak az összefüggéseket.





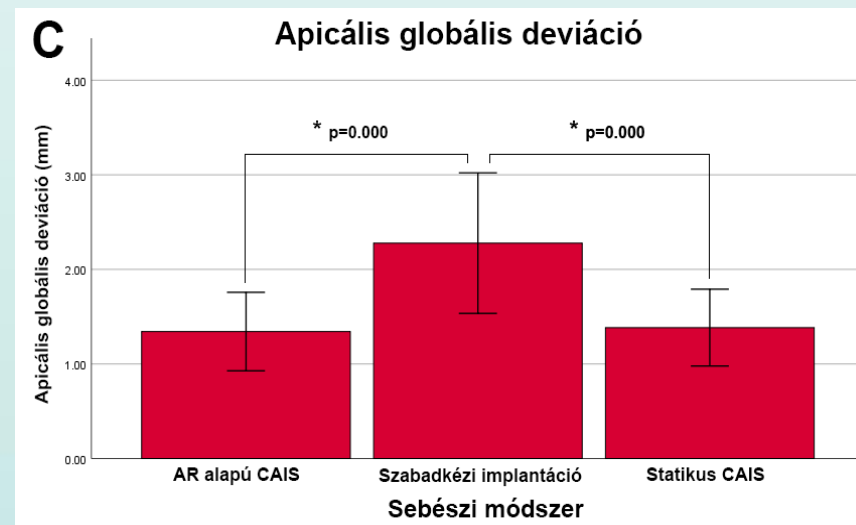
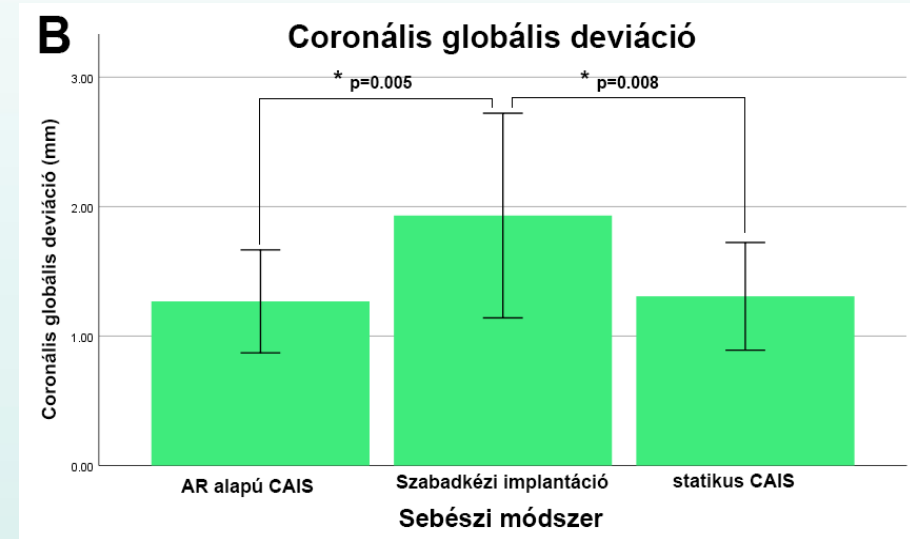
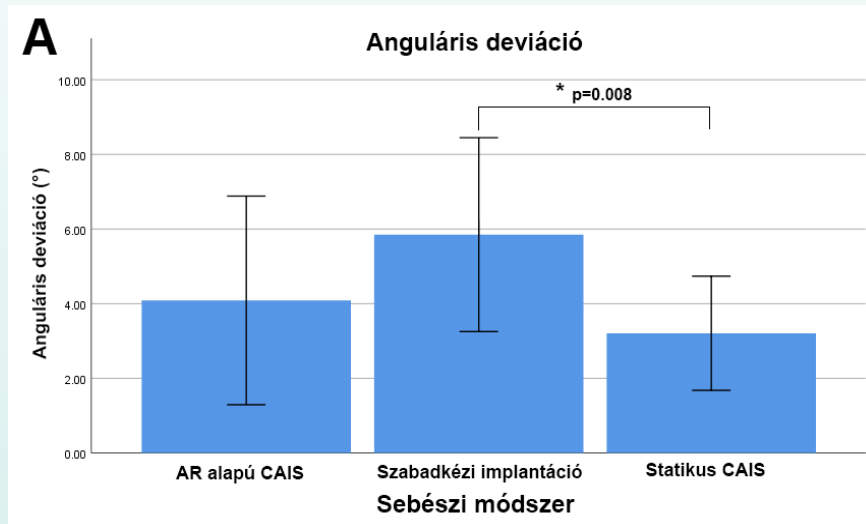
Eredmények I.

		Egység	AR alapú dinamikus CAIS		Szabadkézi implantátum behelyezés		Statikus CAIS		One Way ANOVA p értéke
			Átlag	Standard deviáció (SD)	Átlag	Standard deviáció (SD)	Átlag	Standard deviáció (SD)	
Elsődleges kimeneteli változók	Anguláris deviáció	°	4.09	2.79	5.85	2.60	3.21	1.52	0.010*
	Coronális globális deviáció	mm	1.27	0.40	1.93	0.79	1.31	0.42	0.000*
	Álris globális deviáció	mm	1.34	0.41	2.28	0.74	1.38	0.41	0.002*

Összesen 48 fogászati implantátumot helyeztünk be, 16 implantátumot 4 modellben mindhárom vizsgálati csoportban.



Eredmények II.





Megbeszélés

- Tudomásunk szerint ez az első *in vitro* vizsgálat, amely összehasonlítja az implantátum beültetés pontosságát ezzel három különböző navigációs modalitással.
- Az AR alapú dinamikus navigáció pontossága vizsgálatunk szerint megegyezik a korábbi irodalmi adatokkal.
- Az AR limitációi:
 - Szemüveggel nem viselhető a headset
 - Ergonómia
 - Késedelem a tracking-ben
 - Pontatlanságok a regisztrációban
 - Adatok védelme, rosszindulatú támadások
- A vizsgálat limitációi:
 - Implantátumbeültetés pontosság mérése CBCT rekonstrukció alapján STL fájlok helyett
 - Eredményeink csak részben adaptálhatók a komplex klinikai körülményekhez





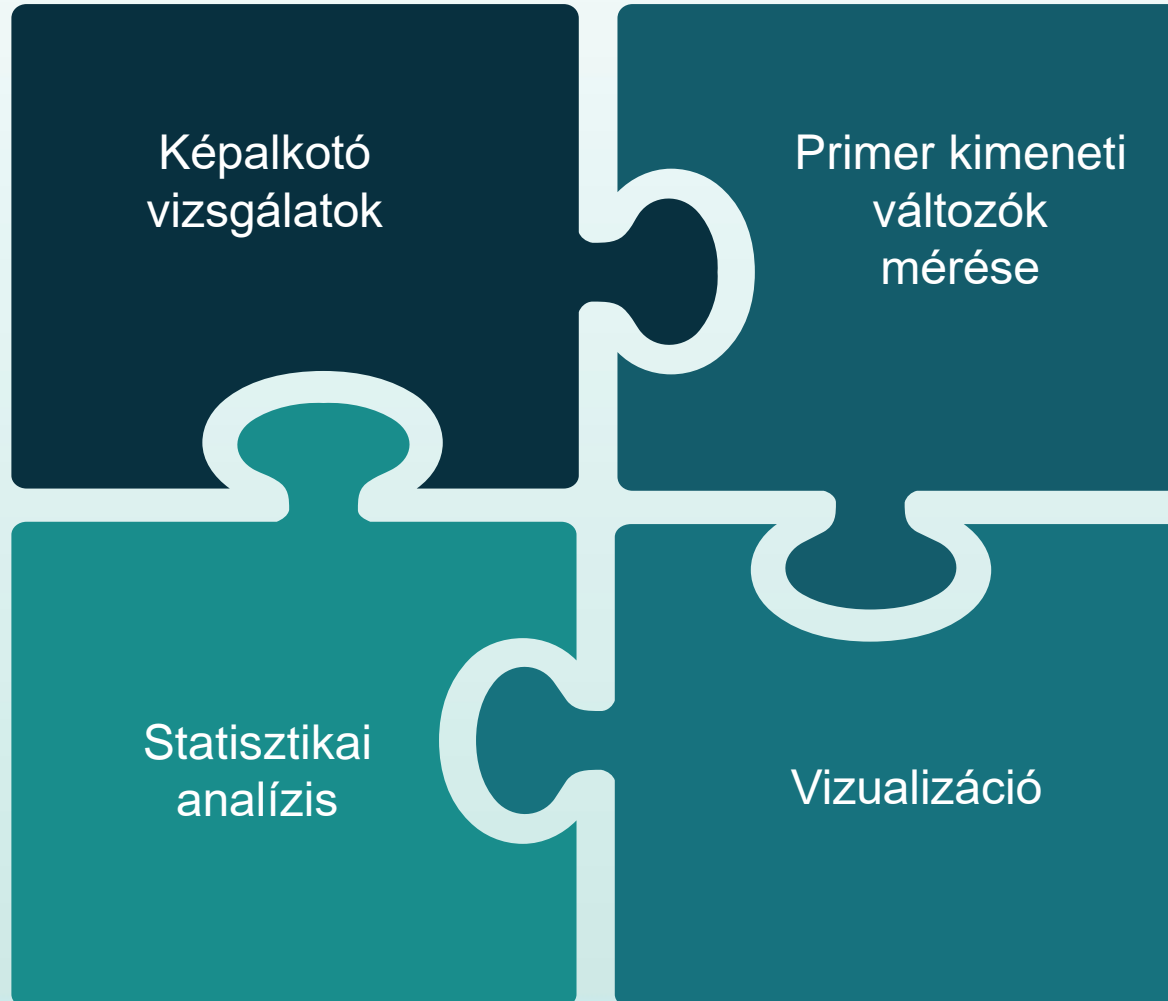
Következtetések

- Preklinikai vizsgálatunk eredményei szerint az AR alapú dinamikus CAIS alkalmazása megkönnyíti mind a műtéti terv, és a sebészeti terület egyidejű vizuális ellenőrzését a beavatkozás során.
- Az implantátum behelyezésének pontossága AR alapú dinamikus CAIS használatával nem mutatott szignifikáns különbséget a statikus CAIS -hoz képest.
- A tervezett és elért implantátumpozíciók coronális és apicális globális deviációja szignifikánsan alacsonyabb volt az AR alapú dinamikus CAIS használatával, mint a szabadkézi megközelítéssel.





A szerző feladatai a vizsgálatban





Köszönöm a megtisztelő figyelmet!

A vizsgálatból készült cikk a Journal of Dentistry folyóirat Digital Dentistry Szekciójában jelent meg.

- Berryman DR. (2012) Augmented reality: a review. *Medical reference services quarterly*, 31: 212-218.
- Ayoub A, Pulijala Y. (2019) The application of virtual reality and augmented reality in Oral & Maxillofacial Surgery. *BMC oral health*, 19: 238.
- Ferro AS, Nicholson K, Koka S. (2019) Innovative Trends in Implant Dentistry Training and Education: A Narrative Review. *J Clin Med*, 8
- Wang J, Shen Y, Yang S. (2019) A practical marker-less image registration method for augmented reality oral and maxillofacial surgery. *International journal of computer assisted radiology and surgery*, 14: 763-773.
- Kwon HB, Park YS, Han JS. (2018) Augmented reality in dentistry: a current perspective. *Acta odontologica Scandinavica*, 76: 497-503.
- Ma L, Jiang W, Zhang B, Qu X, Ning G, Zhang X, Liao H. (2019) Augmented reality surgical navigation with accurate CBCT-patient registration for dental implant placement. *Medical & biological engineering & computing*, 57: 47-57.
- Flugge T, Derksen W, Te Poel J, Hassan B, Nelson K, Wismeijer D. (2017) Registration of cone beam computed tomography data and intraoral surface scans - A prerequisite for guided implant surgery with CAD/CAM drilling guides. *Clin Oral Implants Res*, 28: 1113-1118.
- Lubbers HT, Matthews F, Zemmann W, Gratz KW, Obwegeser JA, Bredell M. (2011) Registration for computer-navigated surgery in edentulous patients: a problem-based decision concept. *J Craniomaxillofac Surg*, 39: 453-458.