

# Felületkezelési technológia fejlesztése, 3D nyomtatással gyártott Titán ötvözet implantátum, szövet integráció javítására

**Kónya János**

*Témavezető: Dr Kovács Tünde Anna, Egyetemi docens,  
Óbudai Egyetem*

*Témavezető: Dr Hargitai Hajnalka, Egyetemi docens,  
Széchenyi István Egyetem*



**Óbudai Egyetem**

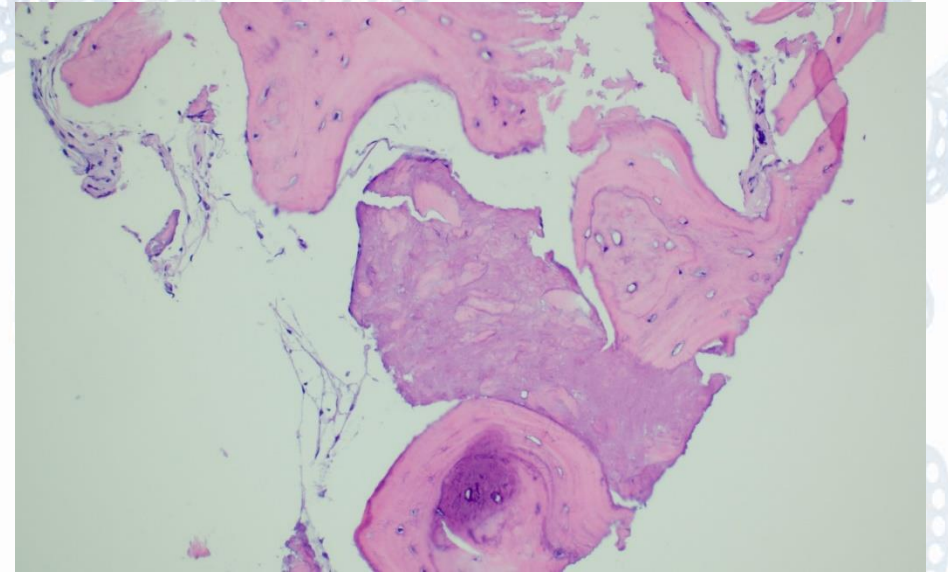
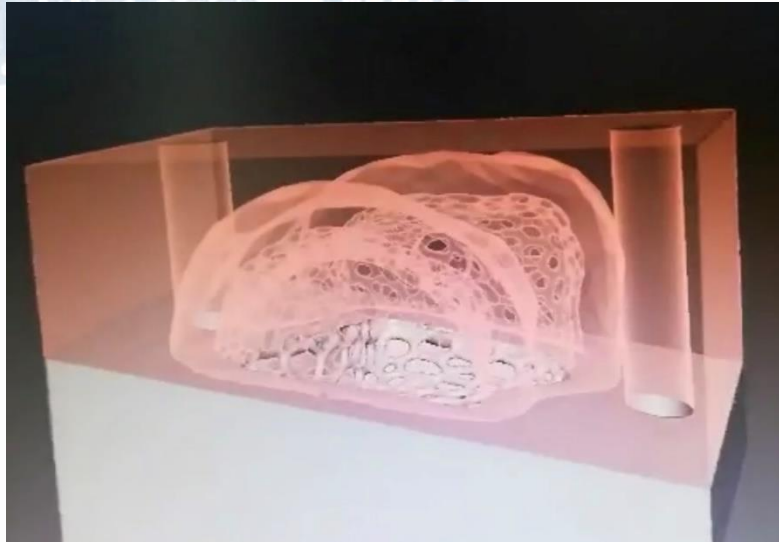
**Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar**  
**Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola**



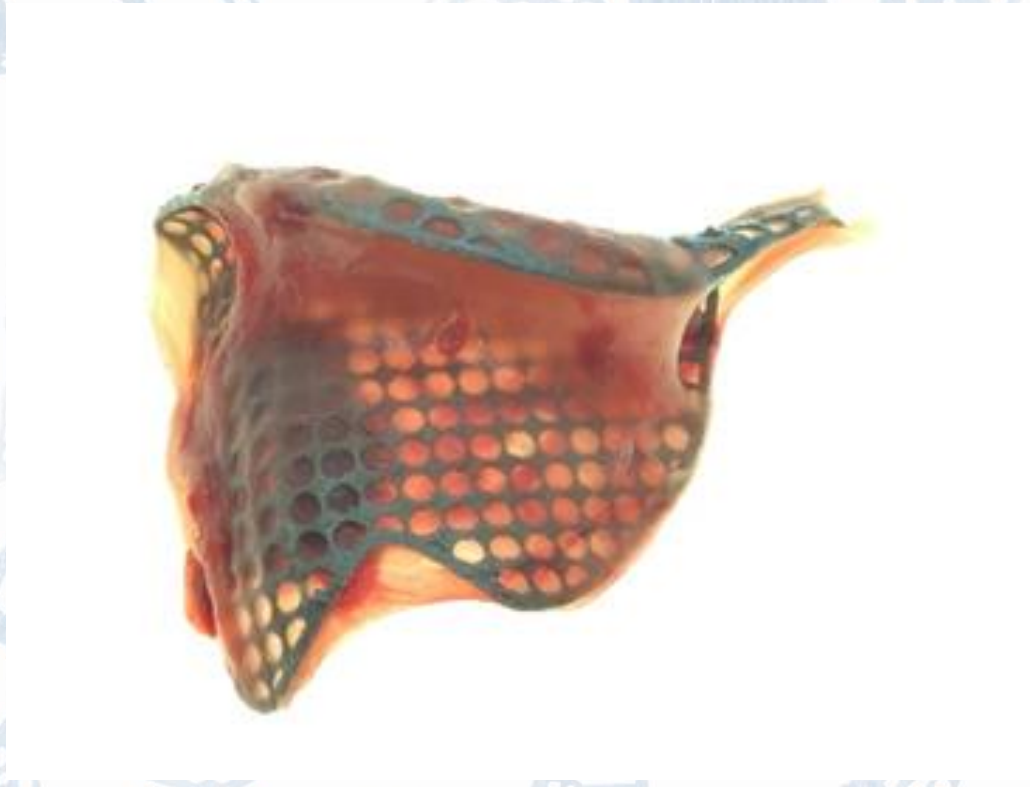
**SZÉCHENYI  
EGYETEM**  
UNIVERSITY OF GYŐR



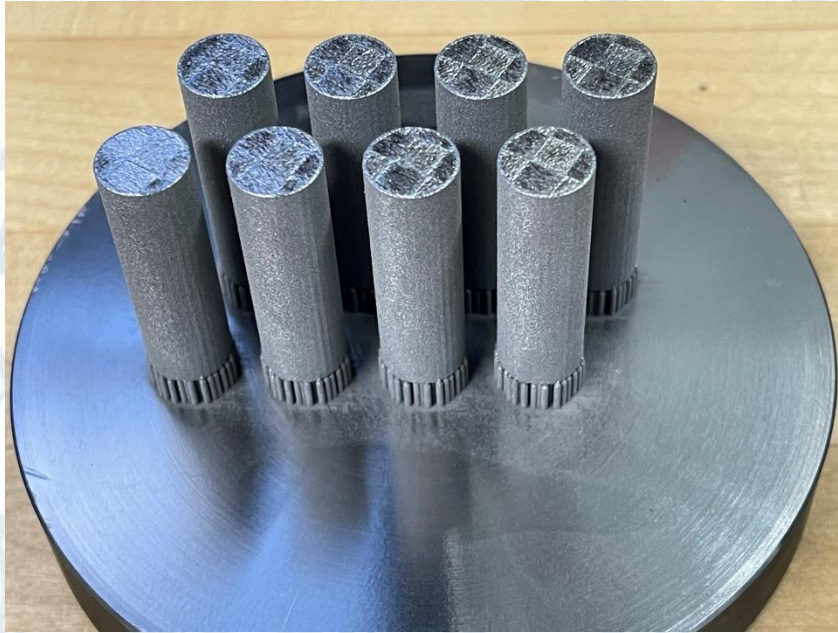
**A BMG regeneratív élő szövettenyésztés folyamata  
(kortikális örlemény, fibrin emulzió, nyers szövetkompozit)**



**Formázó biorekator és a szövet kialakítás valamint annak szövettani metszete**



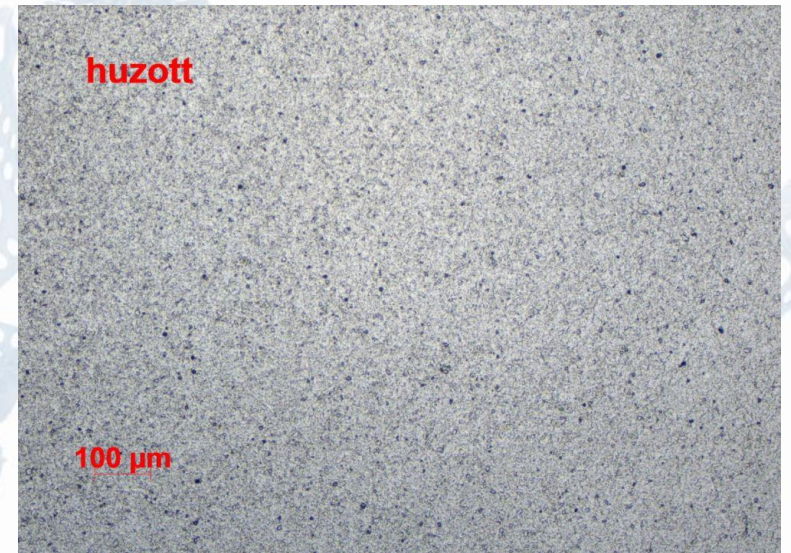
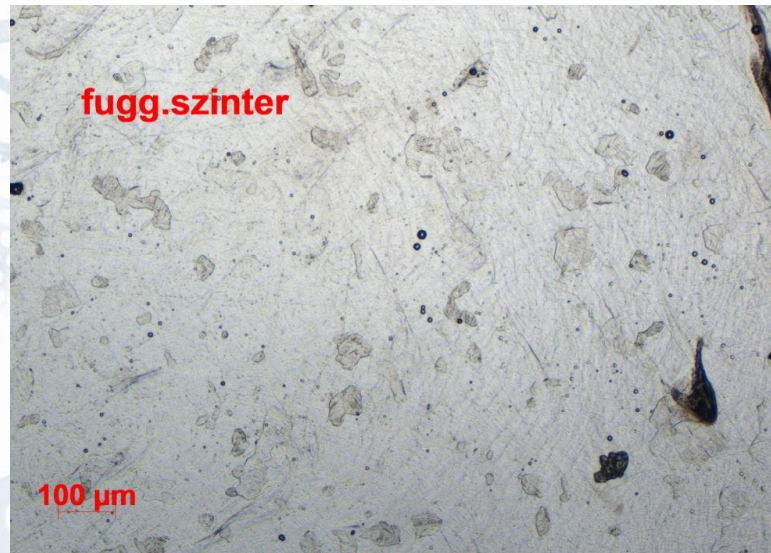
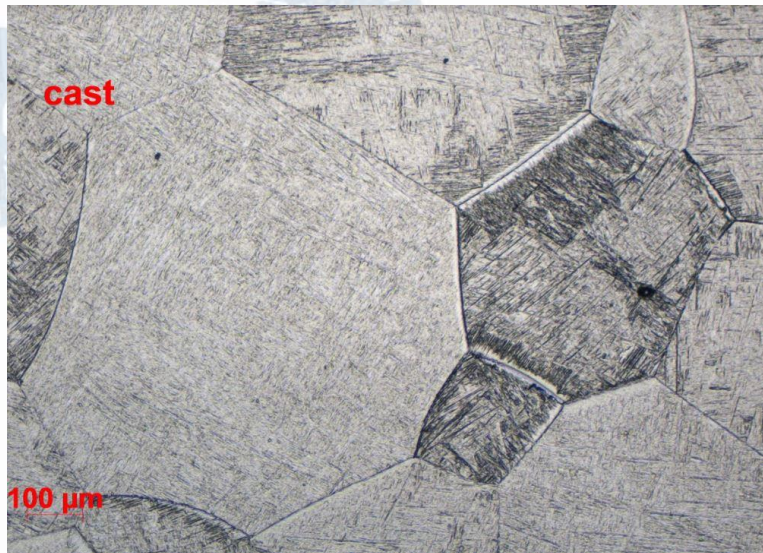
**A felület kezeletlen „nyers” titánháló vascularizált szövetesedési eredménye**



**Öntvény, 3D nyomtatott és húzott hengerelt előgyártmány**



**A csiszolatok beágyazott előkészítése (3D nyomtatott, öntött, húzott hengerelt)**

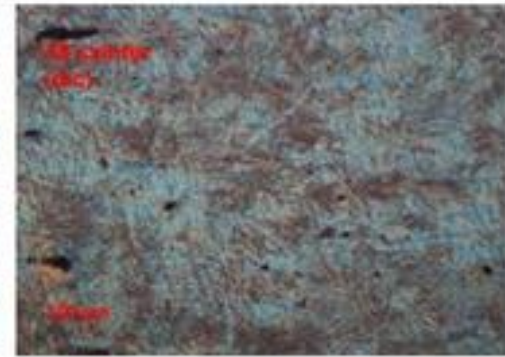
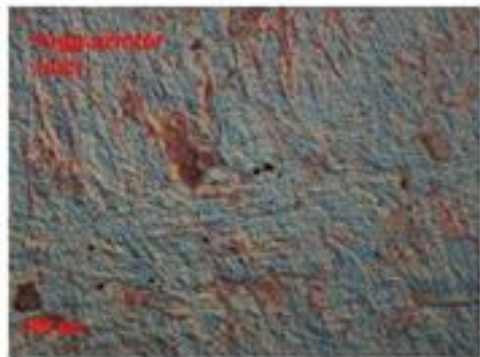
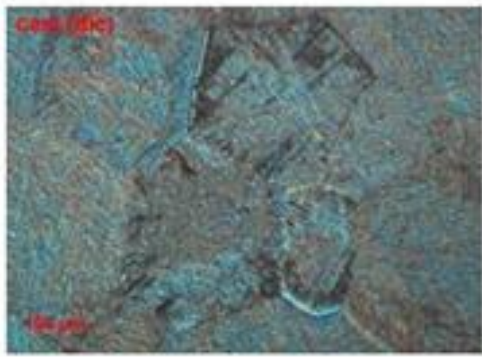


**Csiszolatok (öntött, 3D nyomtatott, húzott hengerelt)**



**A vizsgált próbatest típusok**

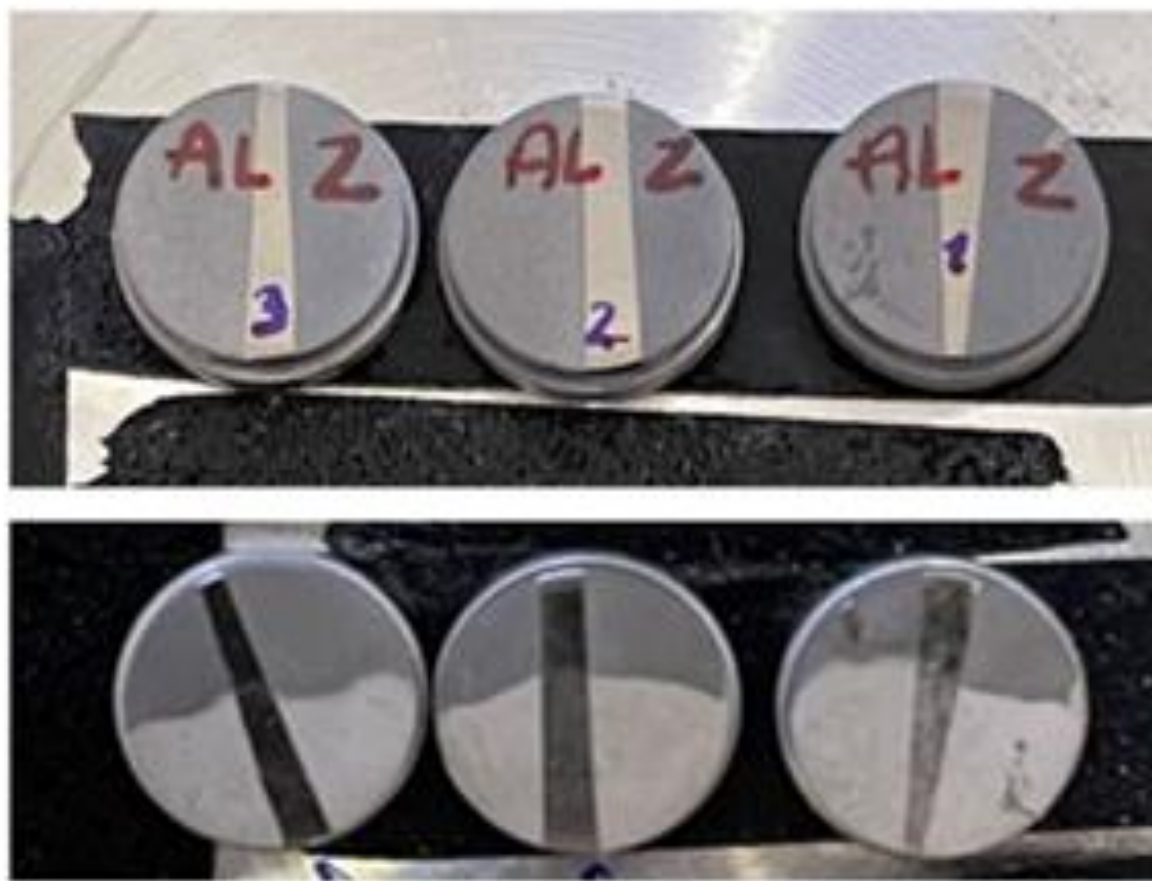




**A különbözőség vizsgálatára készült próbatestek  
(hengerelt, öntött, 3D nyomtatott: függőleges, vízszintes, 45 °-os)**



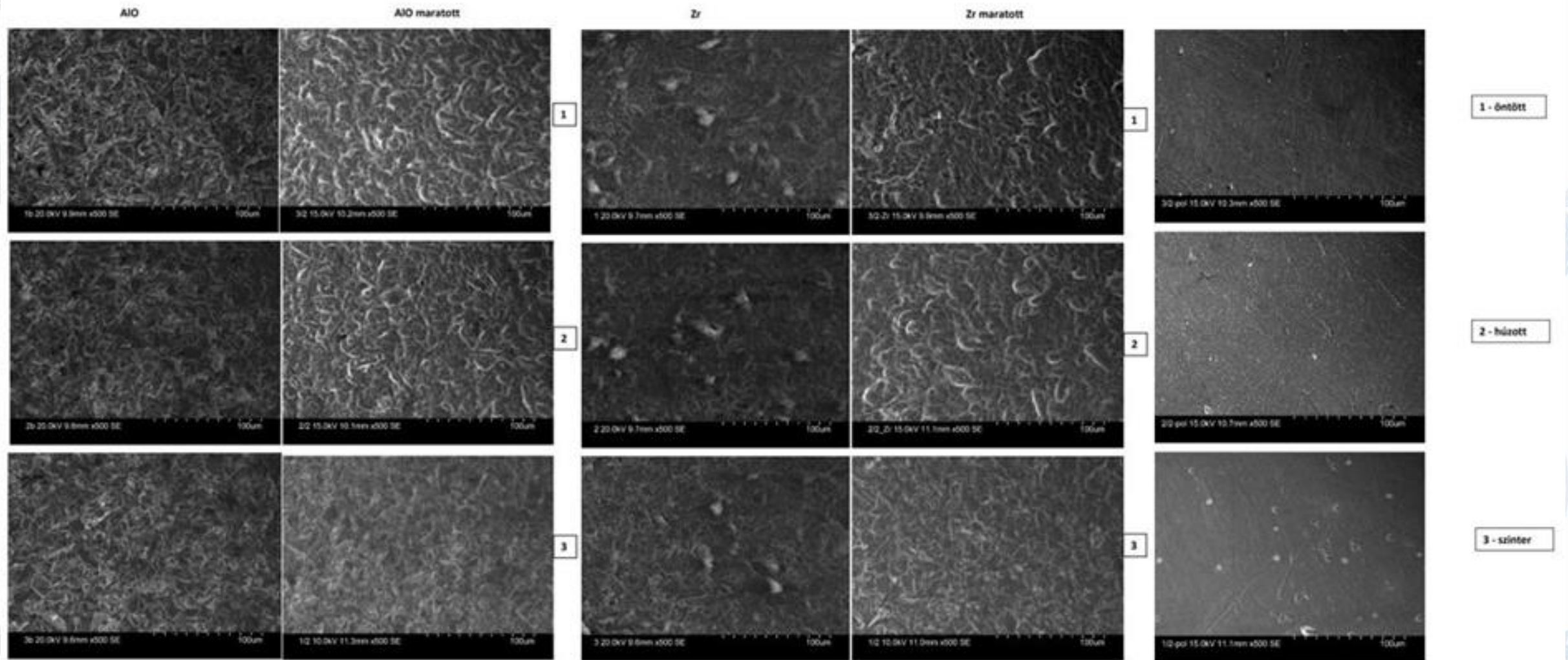
**A homokfúvás gépi eszköze**



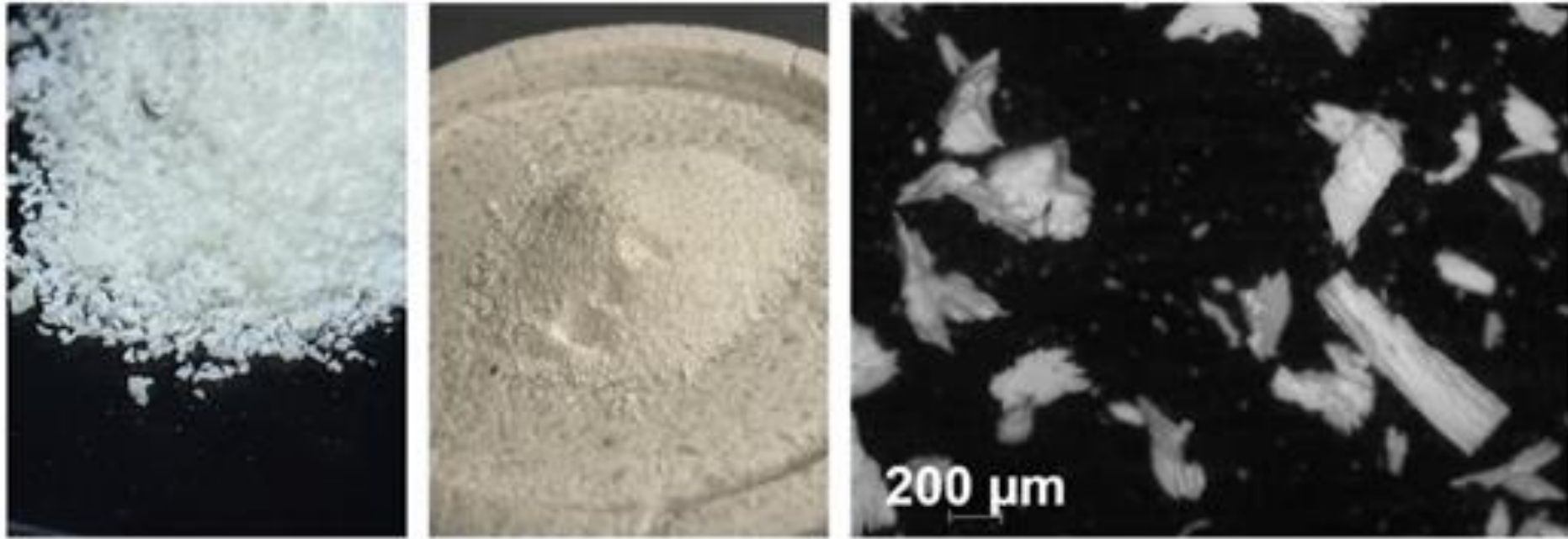
**A homokszórással és maratással kialakított próbatestek**



**Elektron mikroszkópos vizsgálat**



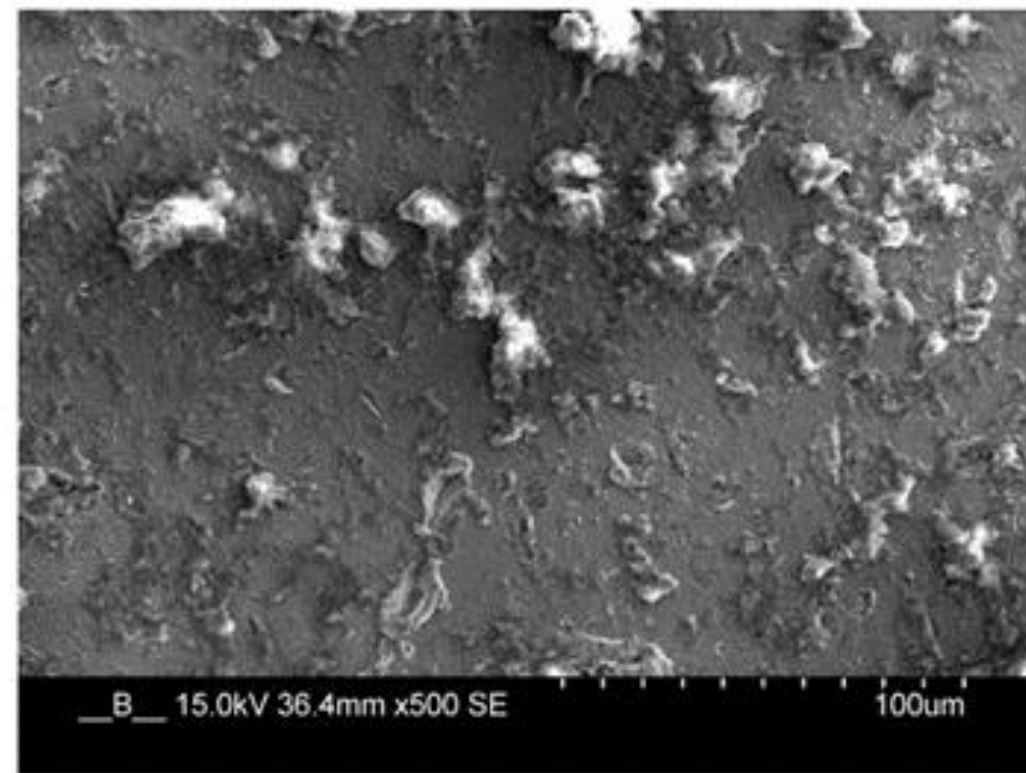
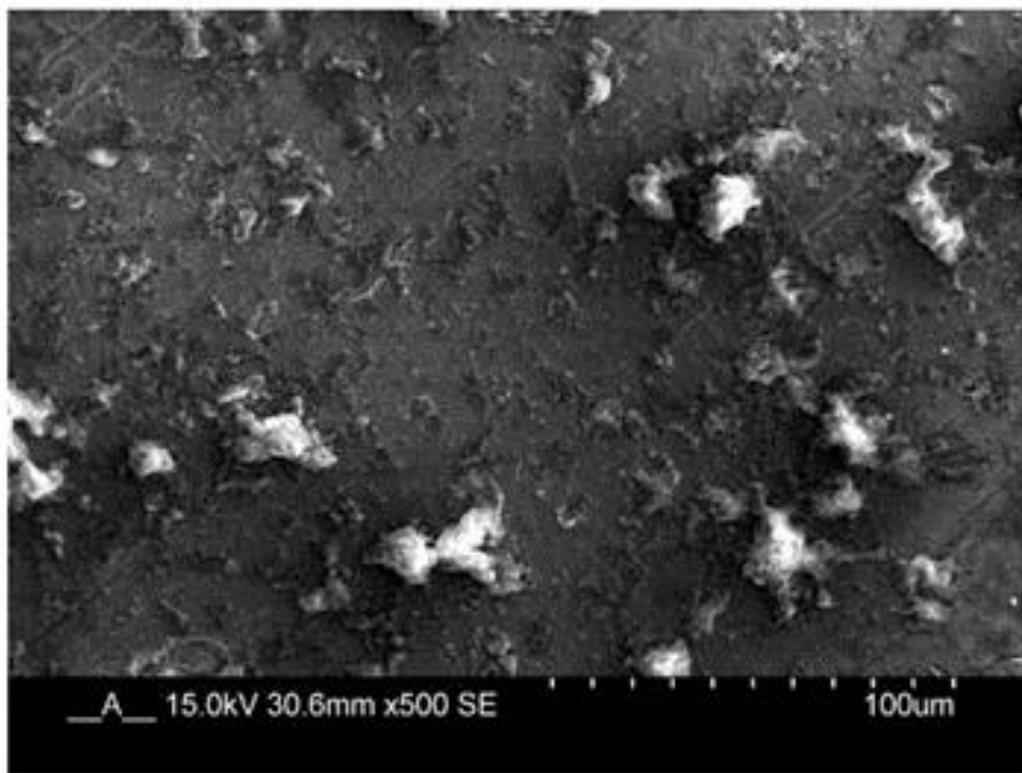
**A szekcionált titán próbatestek elektronmikroszkópos felvételei**



**Humán kalcium-foszfát keramizálva illetve szemcse stabilizálva**

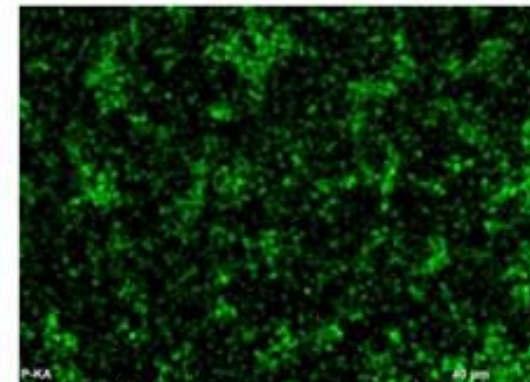
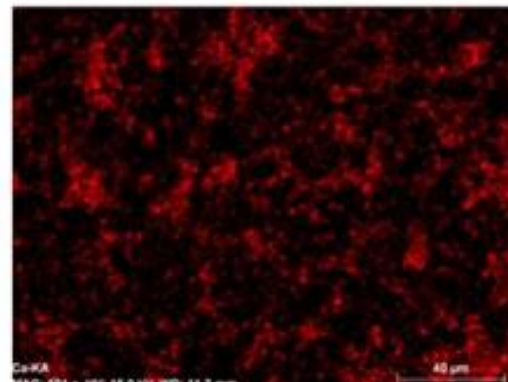
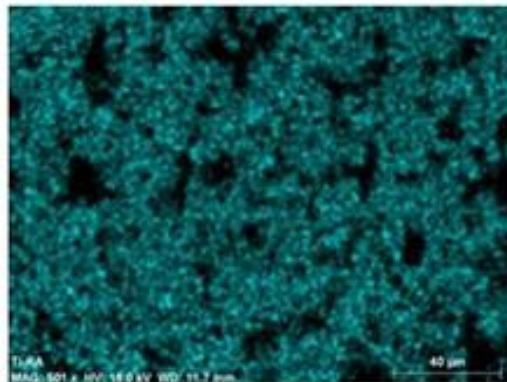
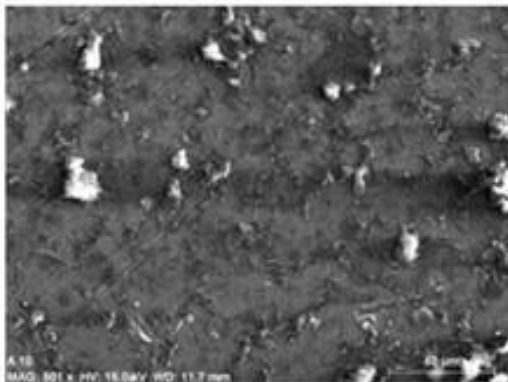


**A titán próbatestek kalcium-foszfáttal fújva (húzott hengerelt, 3D nyomtatott)**

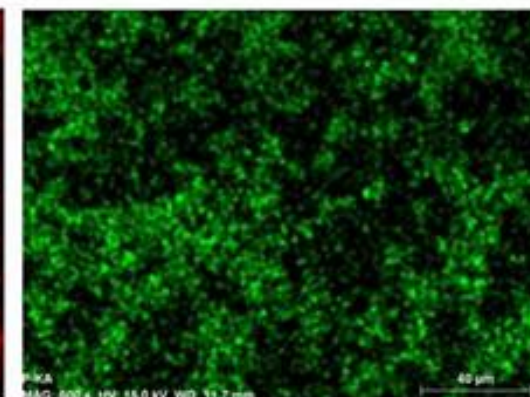
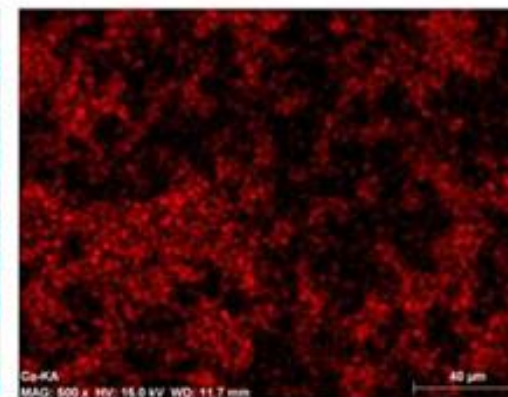
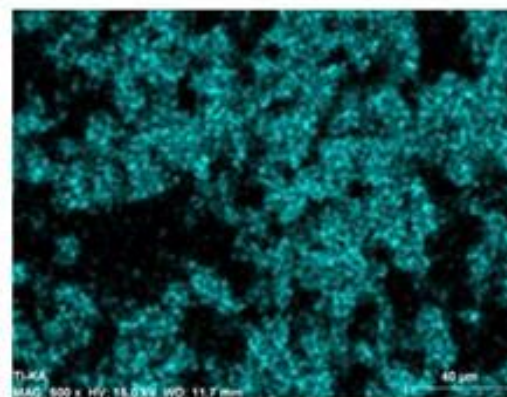
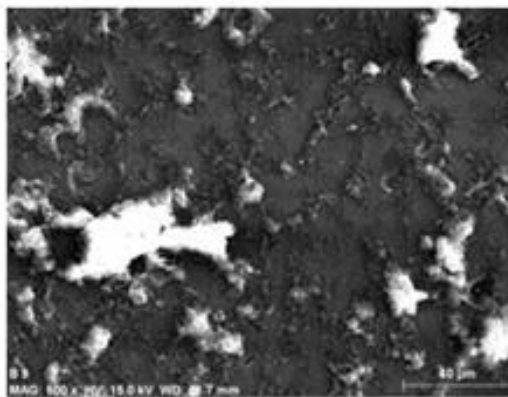


**A kalcium-foszfát felszíni beágyazódása**



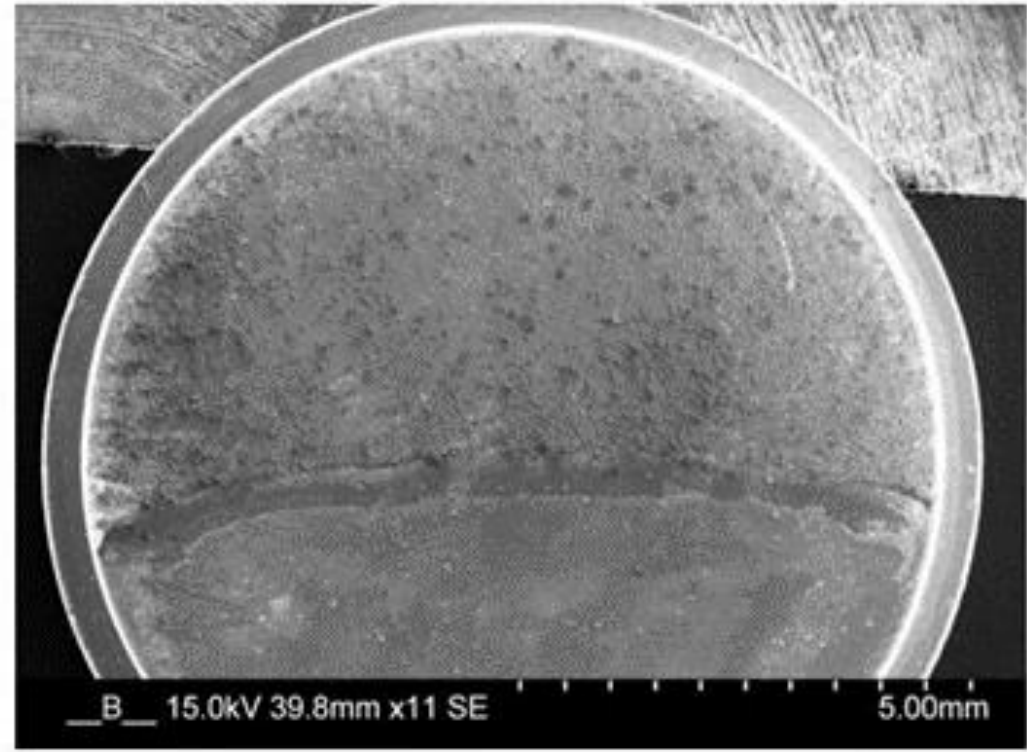
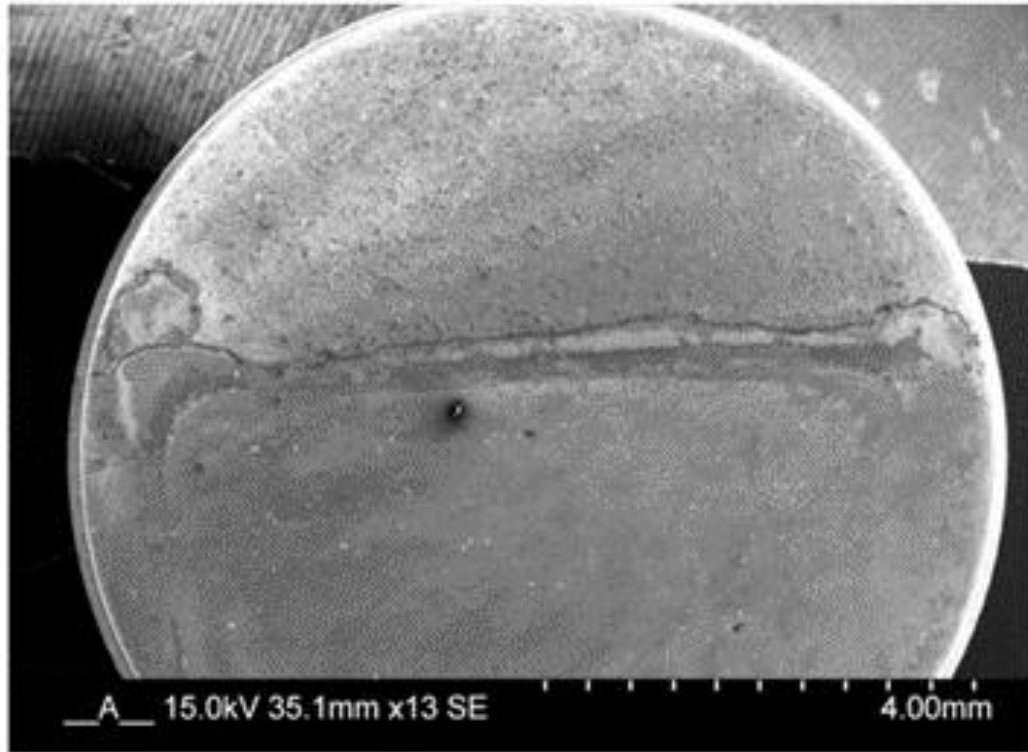


## Húzott hengerelt 'A' minta sorozat energiadiszperzív elem analízise

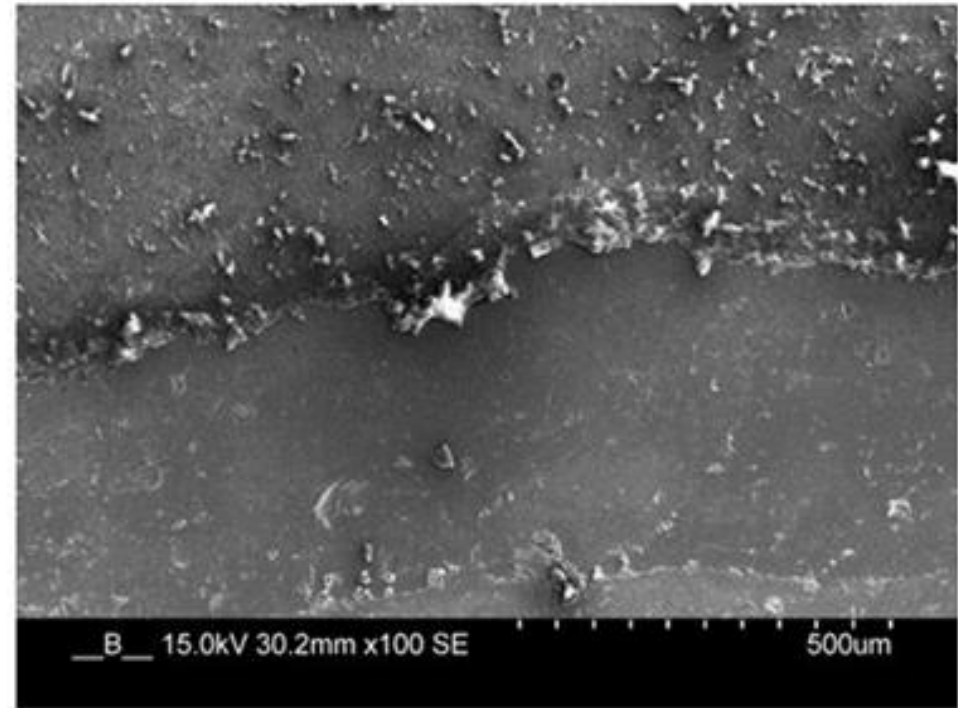
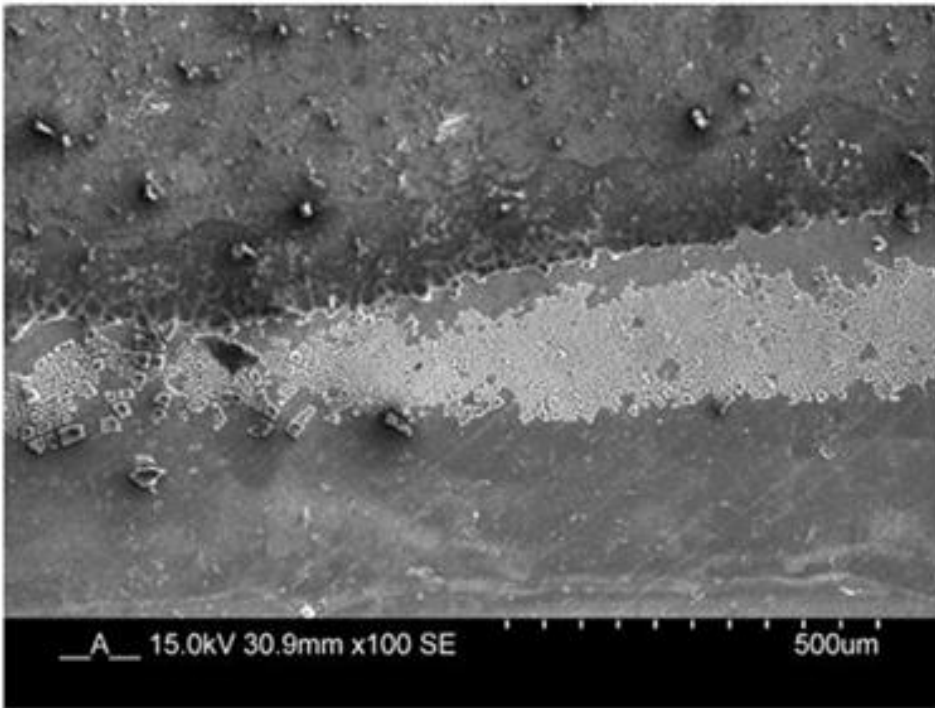


## A 3D nyomtatott 'B' minta sorozat energiadiszperzív elem analízise

A felületen a **titán (kék)**, a **kalcium (piros)** és a **foszfor (zöld)**



**A vizsgált próbatestek (SLA húzott hengerelt, 3D nyomtatott) elektronmikroszkópos képe**



**Két különböző próbatest határfelülete kiválással (SLA húzott hengerelt, 3D nyomtatott)**



Próbatestek polírozás, **alumínium-oxid** és **zirkónium-dioxid** szórás után. A különbözően kezelt felületek jól elkülöníthetők.



Öntött titán próbatestek savmaratás után



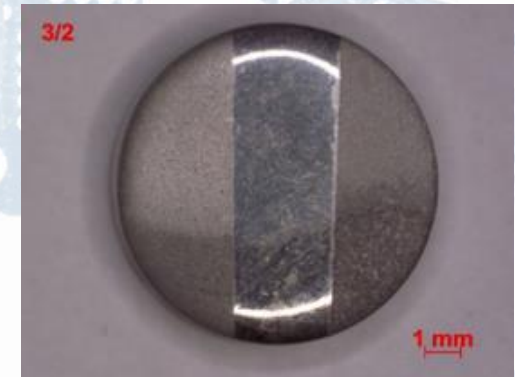
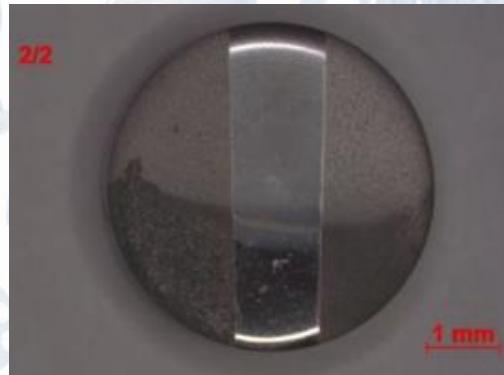
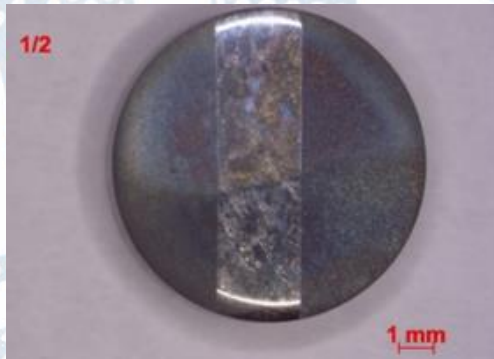
**Húzott-hengerelt titán** előgyártmányból készült próbatestek savmaratás után



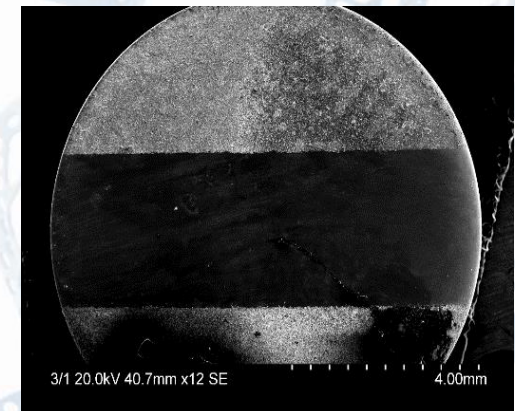
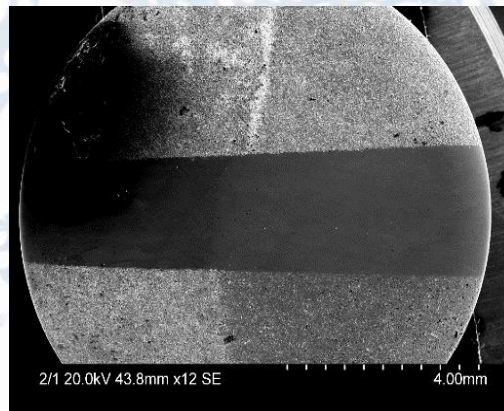
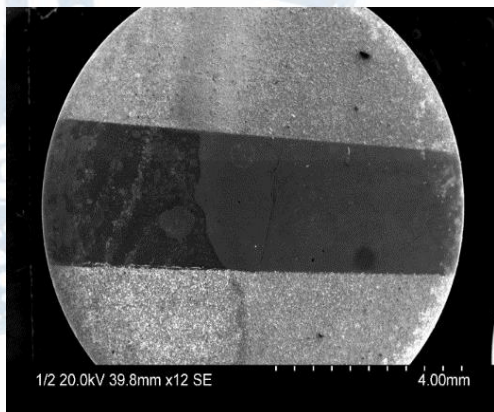
**3D nyomtatott titán** próbatestek savmaratás után

# Felületkezelt próbatetek vizsgálati eredményei

**Makrotopográfia vizsgálata:** A felületek makrotopográfiájának a vizsgálatát ZEISS Axio Imager A1 típusú optikai sztereo mikroszkóppal vizsgáltam 20 és 50-szeres nagyítások mellett.



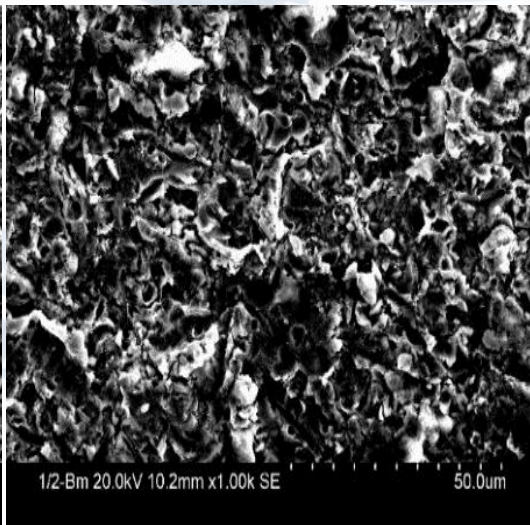
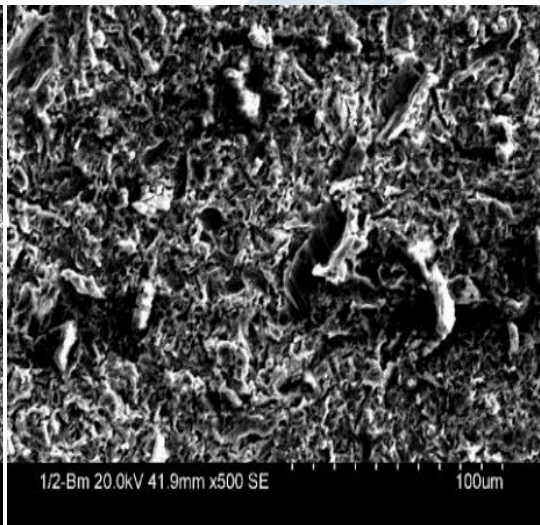
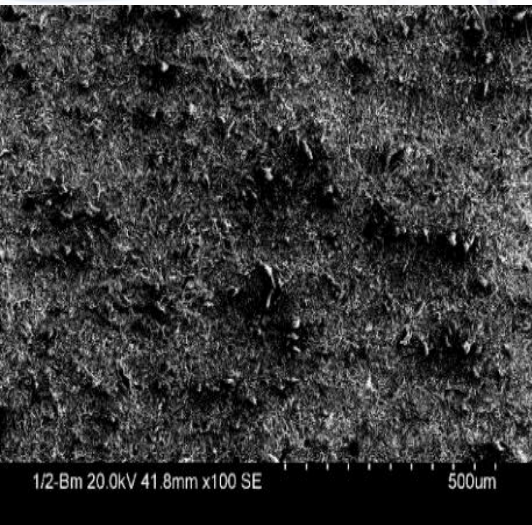
**Mikrotopográfia vizsgálata:** A próbatetek mikrotopográfiájának vizsgálatához a próbateteket pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgáltam meg.



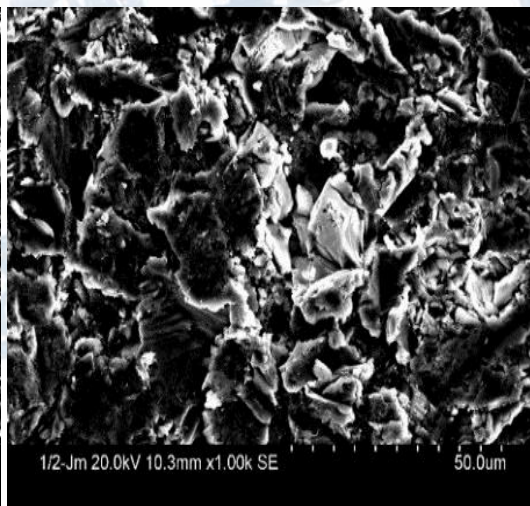
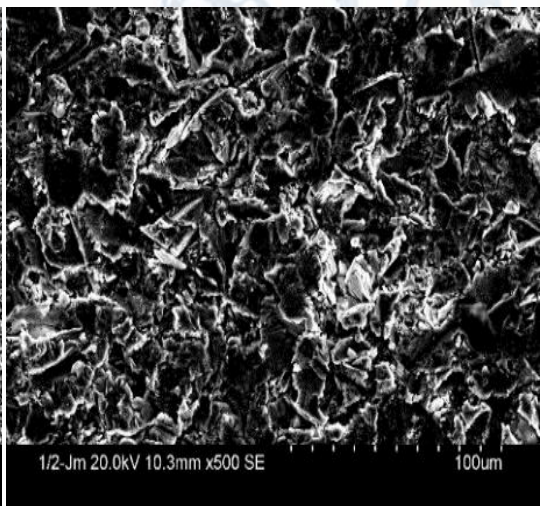
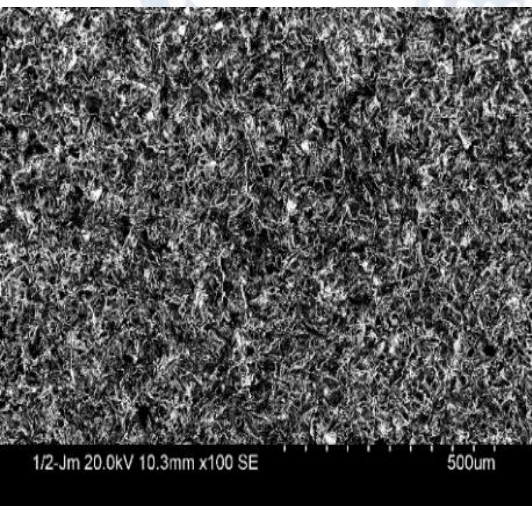
**Öntött**

**Húzott hengerelt**

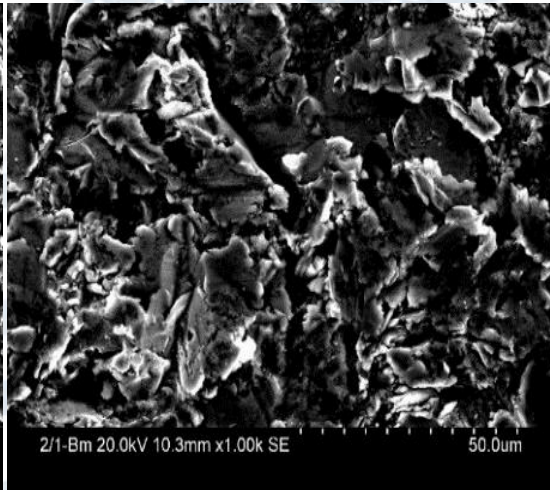
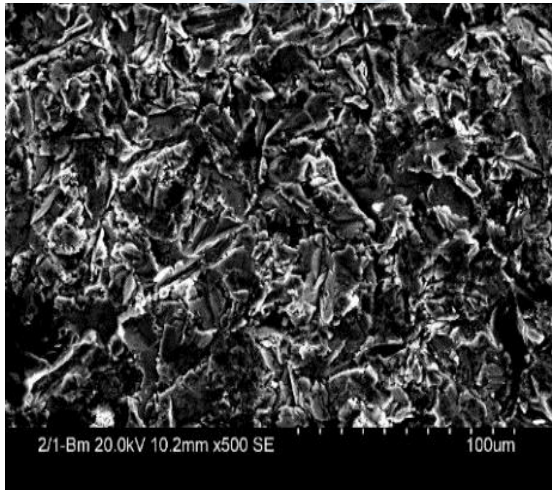
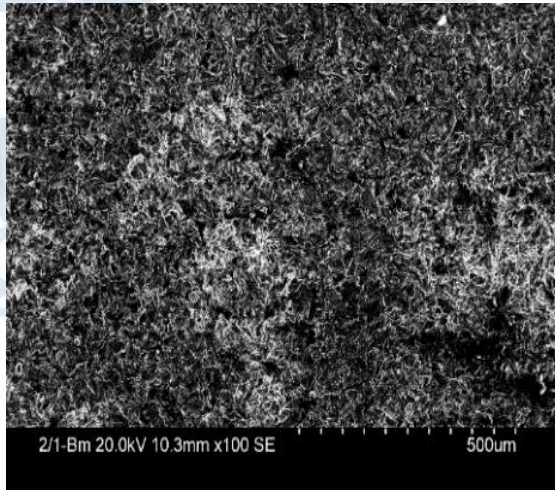
**Nyomtatott**



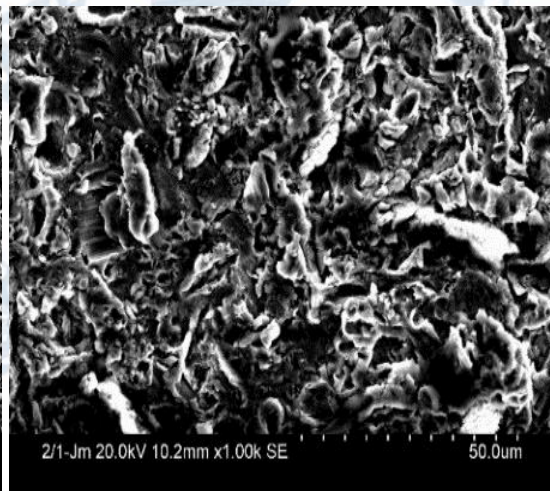
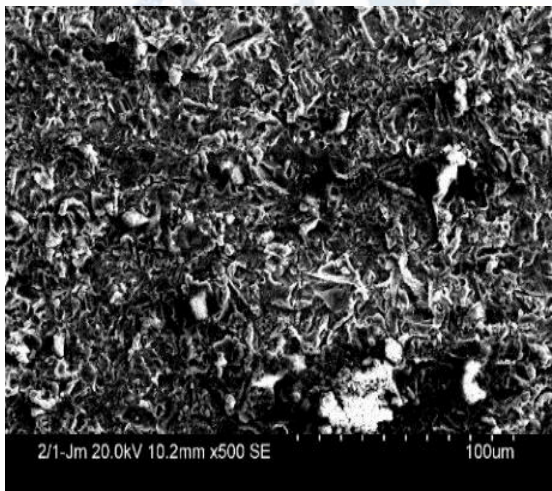
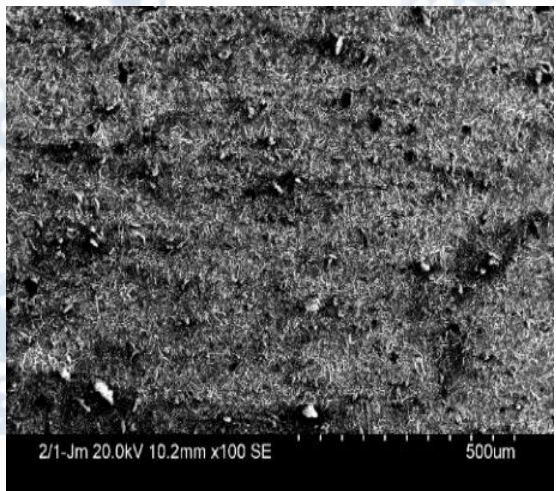
**Elektronmikroszkópos felvétel 100, 500 és 1000-szeres nagyítás mellett az öntött, ZrO<sub>2</sub>-al szórt és HF savval maratott próbatestről**



**Elektronmikroszkópos felvétel 100, 500 és 1000-szeres nagyítás mellett az öntött, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-al szórt és HF savval maratott próbatestről**

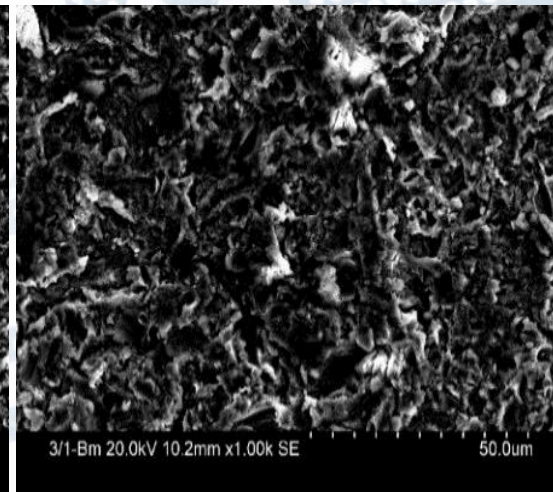
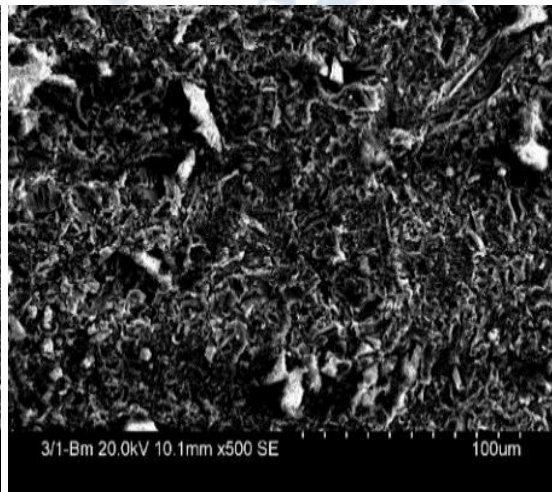
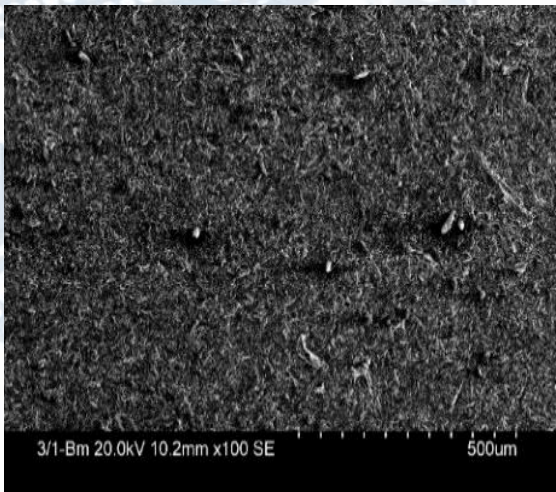


Elektronmikroszkópos felvétel 100, 500 és 1000-szeres nagyítás mellett a **húzott-hengerelt**, ZrO<sub>2</sub>-al szórt és HF savval maratott próbatestről

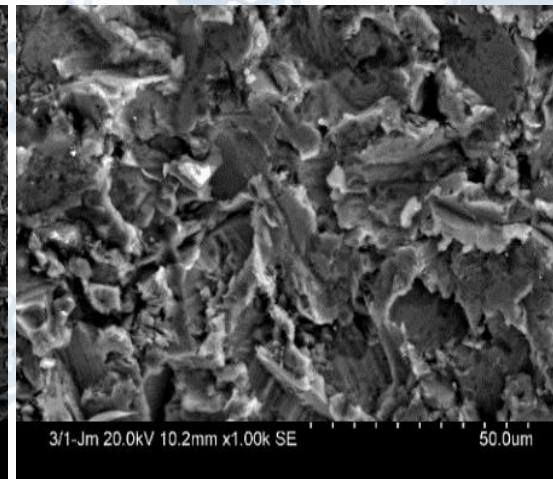
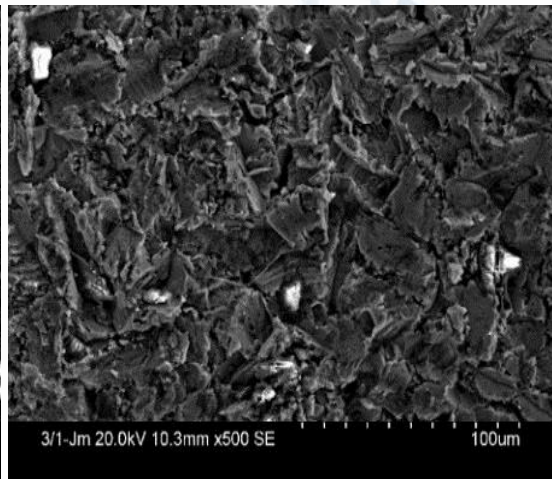
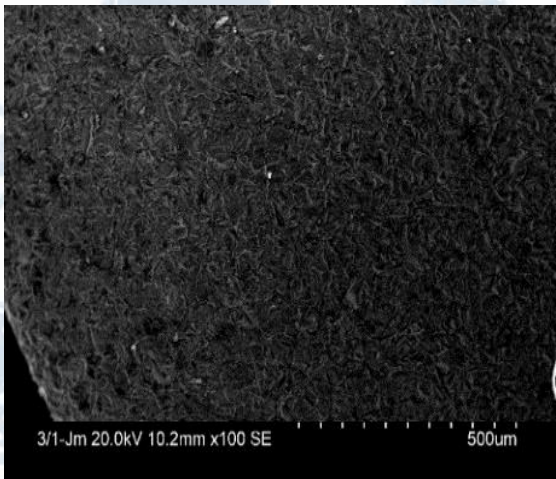


Elektronmikroszkópos felvétel 100, 500 és 1000-szeres nagyítás a **húzott-hengerelt**, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-al szórt és HF savval maratott próbatestről

Elektronmikroszkópos felvétel  
100, 500 és 1000-szeres nagyítás  
mellett a **3D nyomtatott**, ZrO<sub>2</sub>-al  
szórt és HF savval maratott  
próbatestről

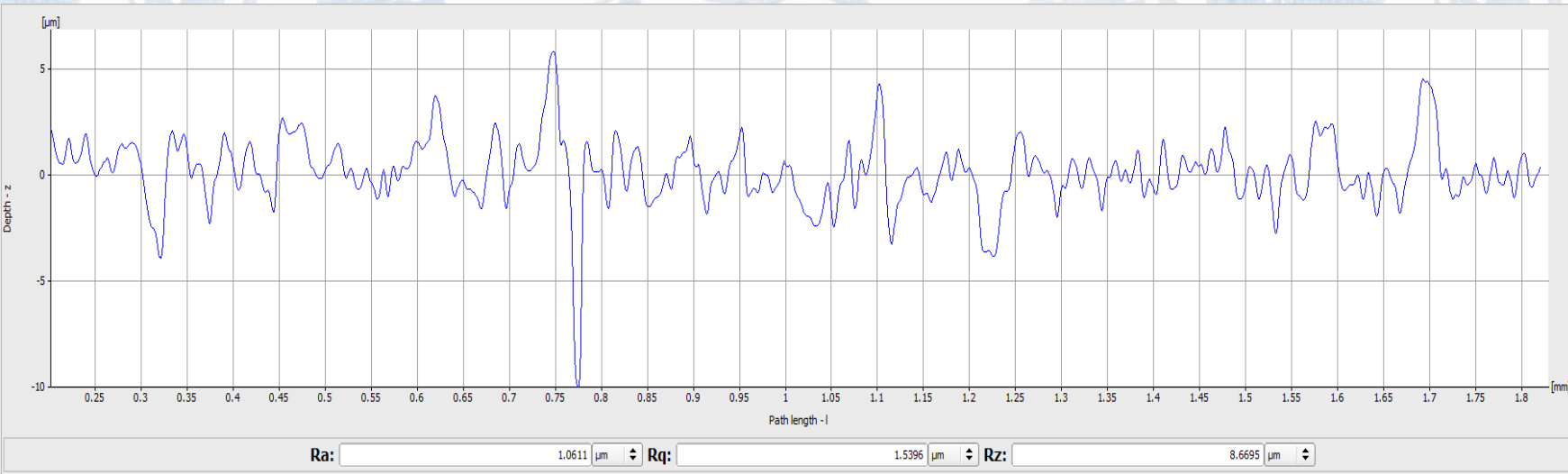


Elektronmikroszkópos felvétel  
100, 500 és 1000-szeres nagyítás  
mellett a **3D nyomtatott**, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-  
al szórt és HF savval maratott  
próbatestről

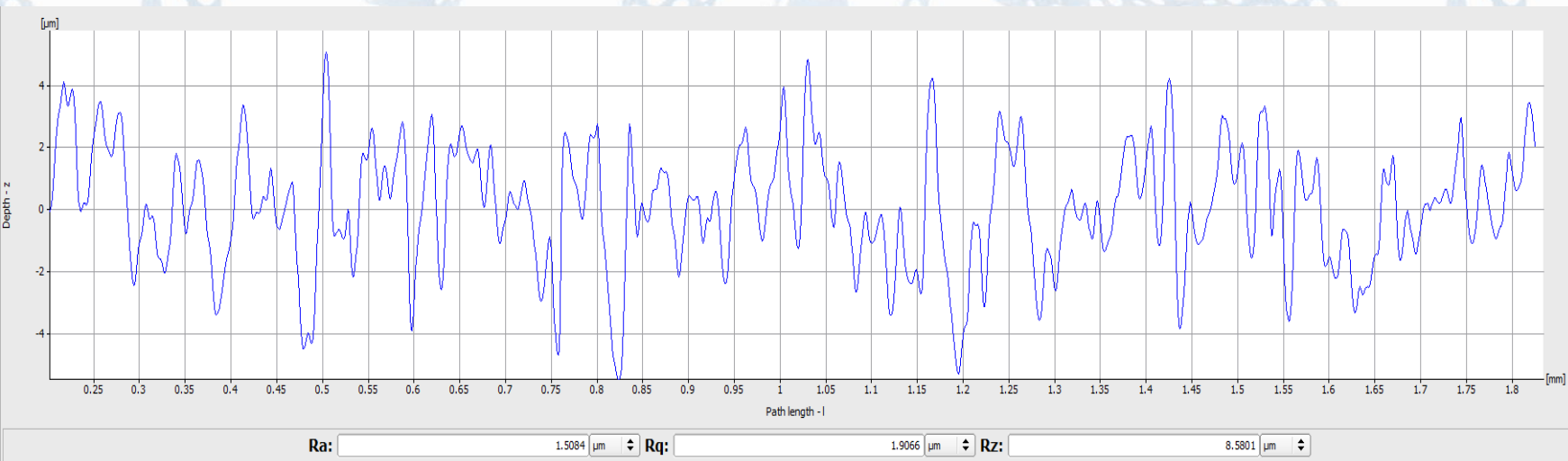




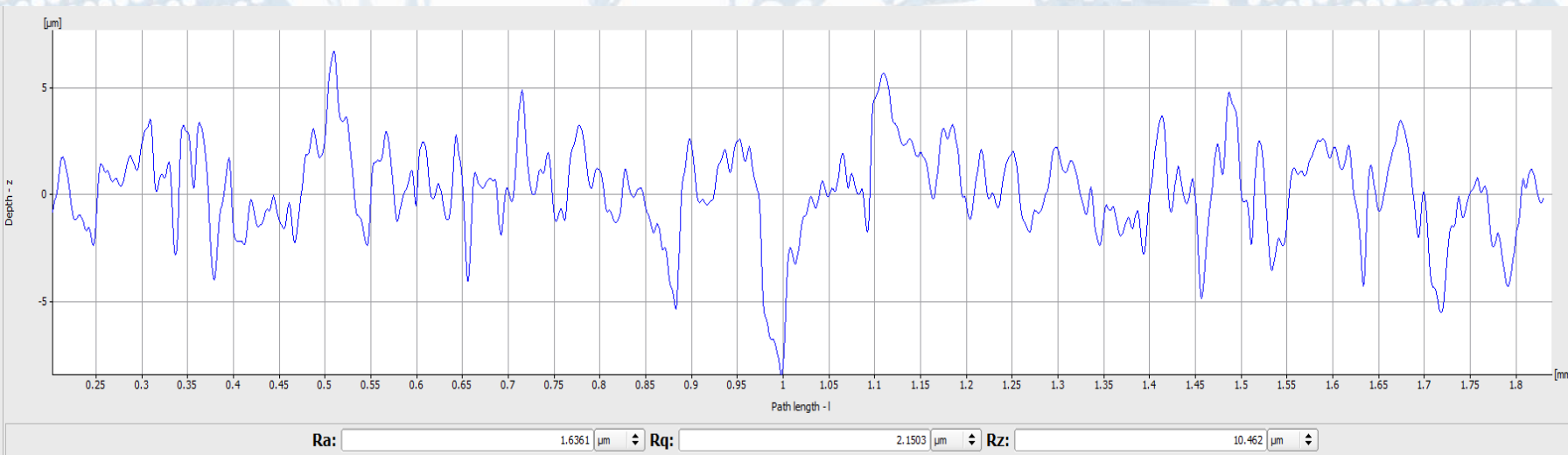
**Felületi érdesség vizsgálata:** A próbatetek felületi érdességének vizsgálatához a kiválasztott próbatesteken fókuszvariációs mikroszkóppal készített topográfiai profilgörbéin Ra és Rz felületi érdességet mértem.



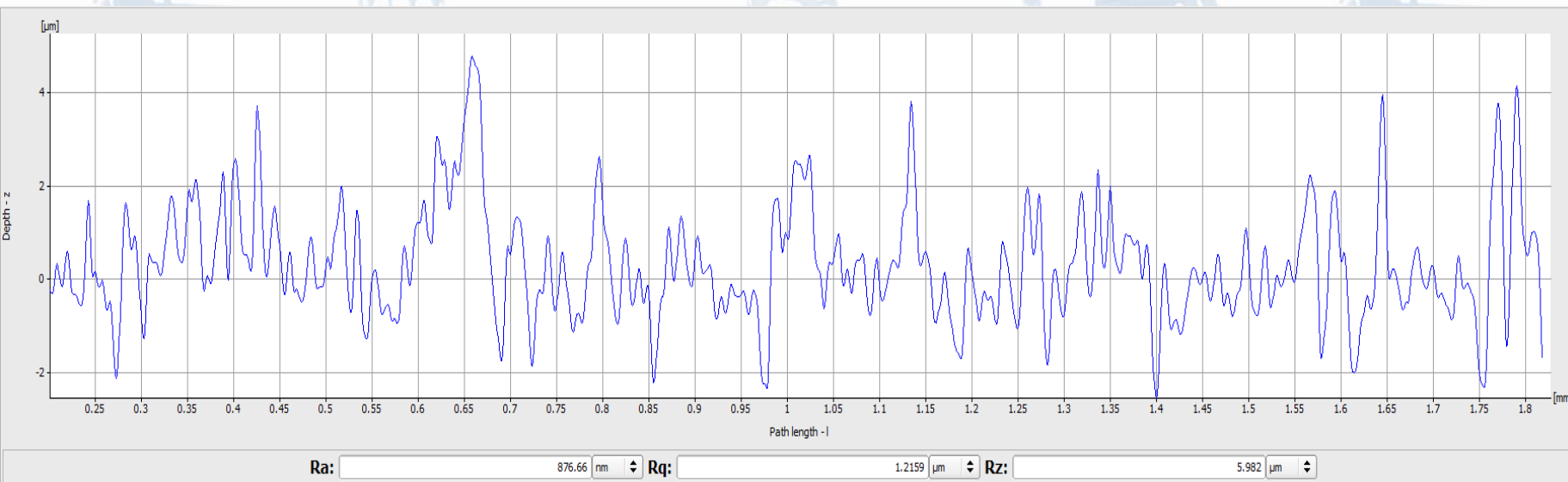
**Öntött próbatest ZrO<sub>2</sub>-al szórt és HF savval maratott felületének érdességi profilja**



**Öntött próbatest Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-al szórt és HF savval maratott felületének érdességi profilja**

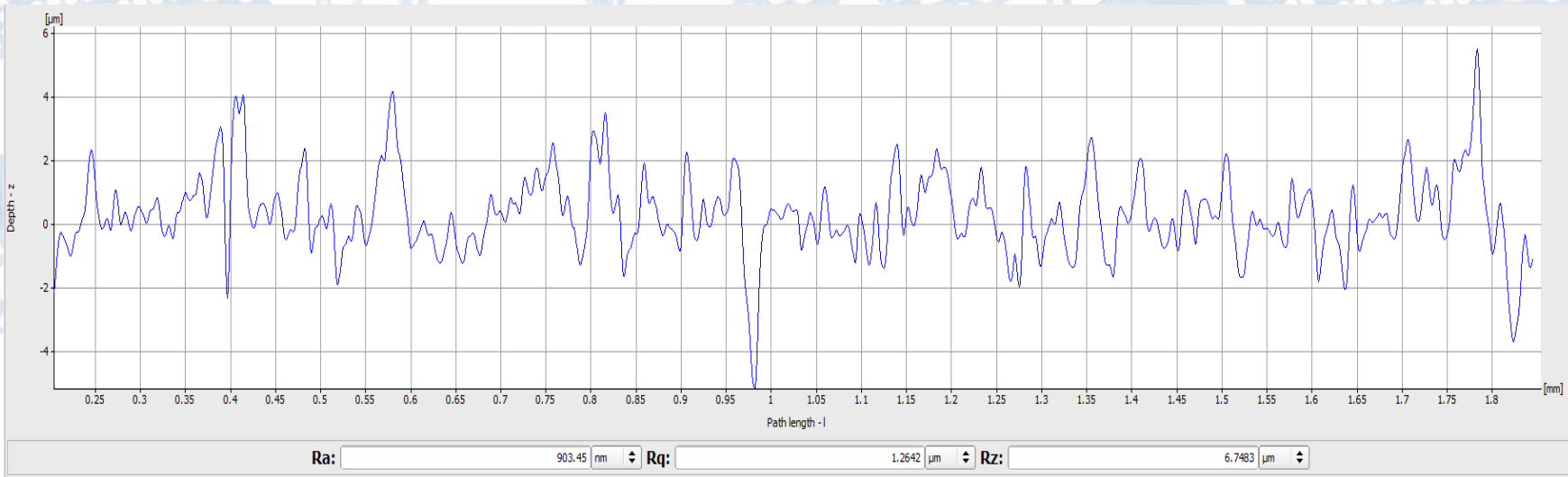


**Húzott-hengerelt** próbatest  
ZrO<sub>2</sub>-al szórt és HF savval  
maratott felületének  
érdességi profilja

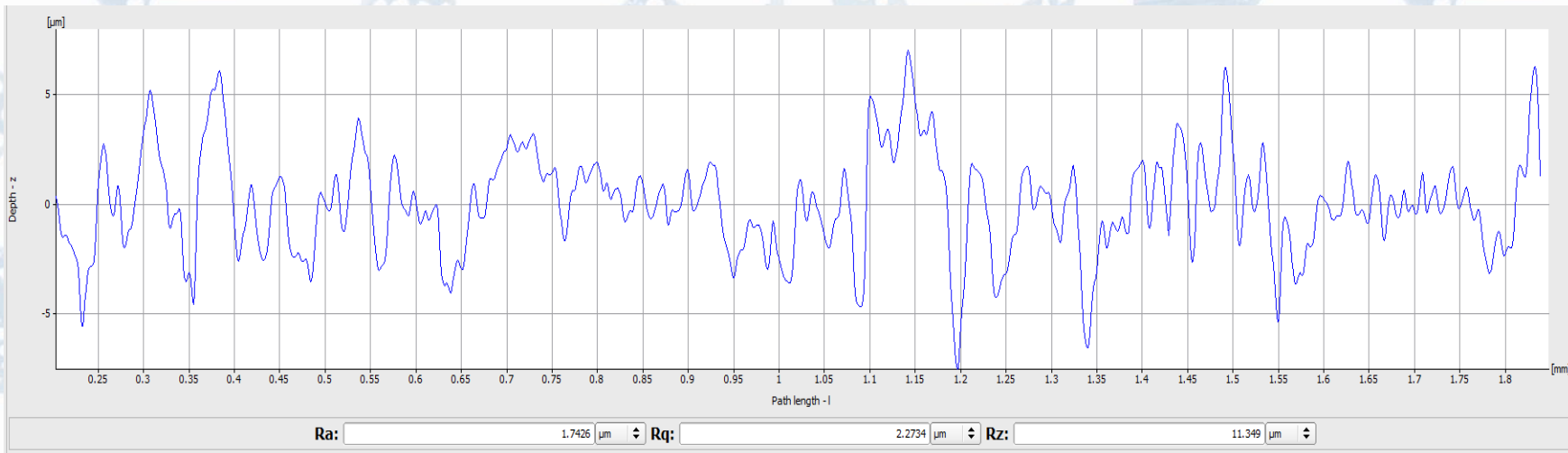


**Húzott-hengerelt** próbatest  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-al szórt és HF savval  
maratott felületének  
érdességi profilja

**3D nyomtatott próbatest  
ZrO<sub>2</sub>-al szórt és HF savval  
maratott felületének  
érdességi profilja**



**3D nyomtatott próbatest  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-al szórt és HF savval  
maratott felületének érdességi  
profilja**



## Összegzés

Megállapítottam, hogy **3D nyomtatott** próbatestek felületén a legnagyobb optimális érdesség értékek Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> szemcsezórás és azt követő HF maratással érhetőek el (**Ra=2.043, Rz=11.742 μm**).

Ezen eredmények meghaladják az öntött és a **húzott-hengerelt** próbatestek azonosan előkészített felületi érdesség értékeit, amelyek rendre (Ra=1.466, Rz=9.428 μm) és (**Ra=0.940, Rz=7.963 μm**).

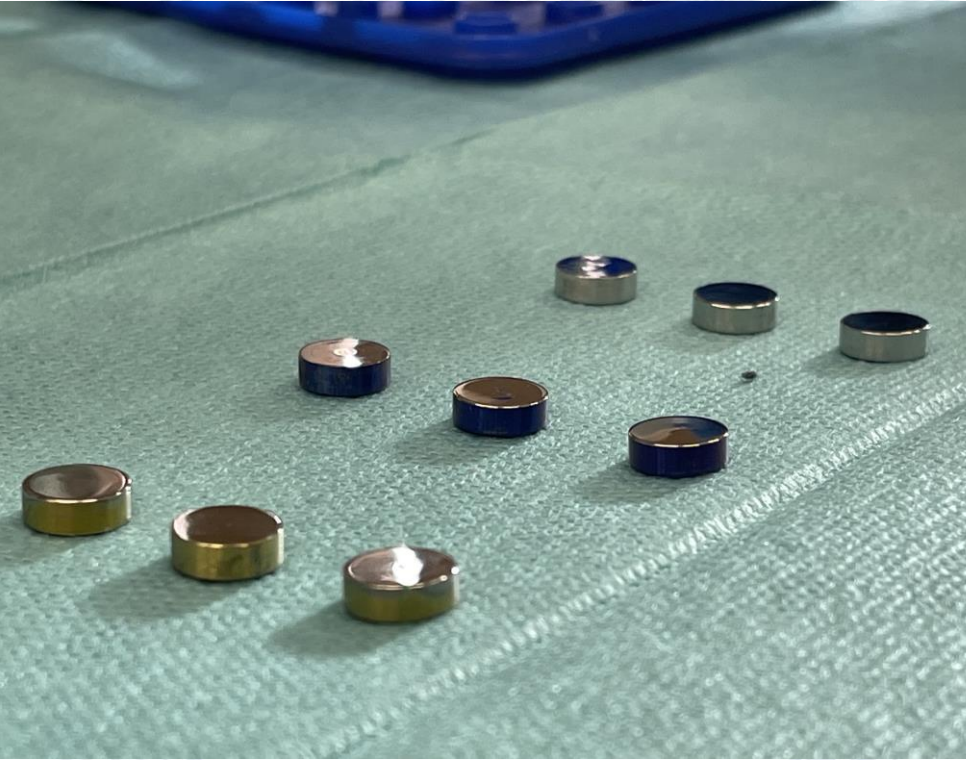
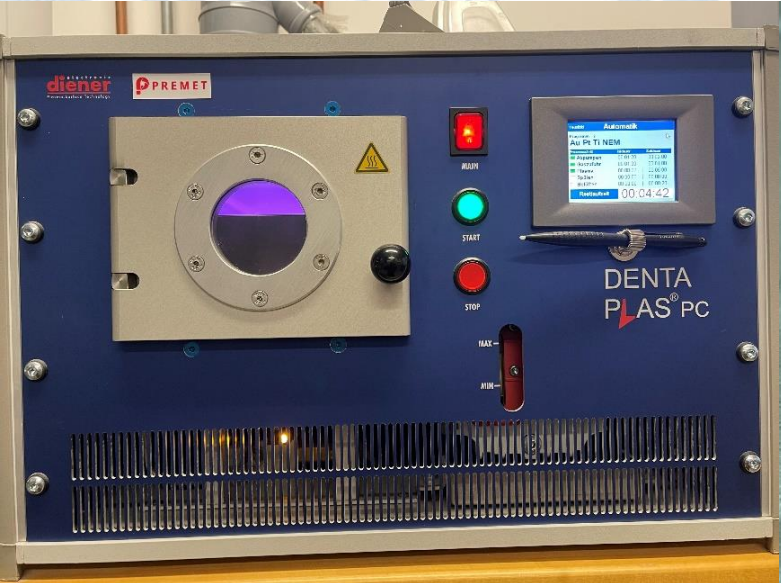
Megállapítottam, hogy **3D nyomtatott** és öntött próbatestek esetében a legnagyobb felületi érdesség az Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> szemcsezórás és azt követő HF maratással (**Ra= 2.623, Rz=11.252 μm**) (Ra=1.508, Rz=11.703 μm), míg **húzott-hengerelt** esetén ZrO<sub>2</sub> szemcsezórással és azt követő HF maratással érhető el (**Ra=1.631, Rz=10.953 μm**).

Az Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vagy ZrO<sub>2</sub> szemcsékkel szemcsezórással kezelt felületek érdességét **3D nyomtatott** próbatestek esetében nagymértékben befolyásolta a HF savmaratás.

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> szemcsezórás és HF savmaratás esetén a felületi érdesség (**Ra=1.337, Rz=8.594 μm**) értékei 52% -kal és 36%-kal növekedtek (**Ra=2.043, Rz=11.742 μm**).

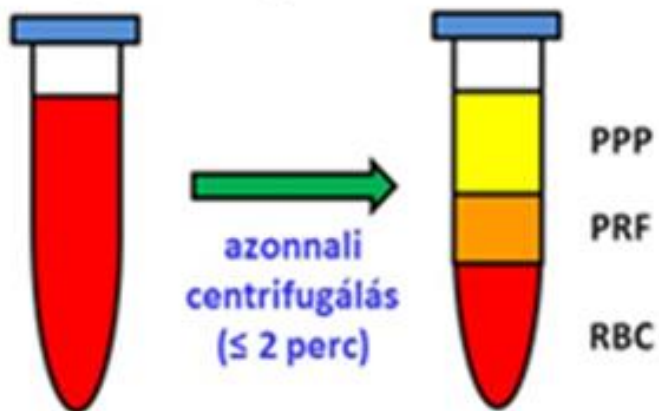
ZrO<sub>2</sub> szemcsezórás és HF savmaratás esetén a felületi érdesség (**Ra=0.726, Rz=5.533 μm**) értékei pedig 84%-kal és 87%-kal növekedtek (**Ra=1.336, Rz=10.353 μm**).

# Szövettapadás vizsgálat

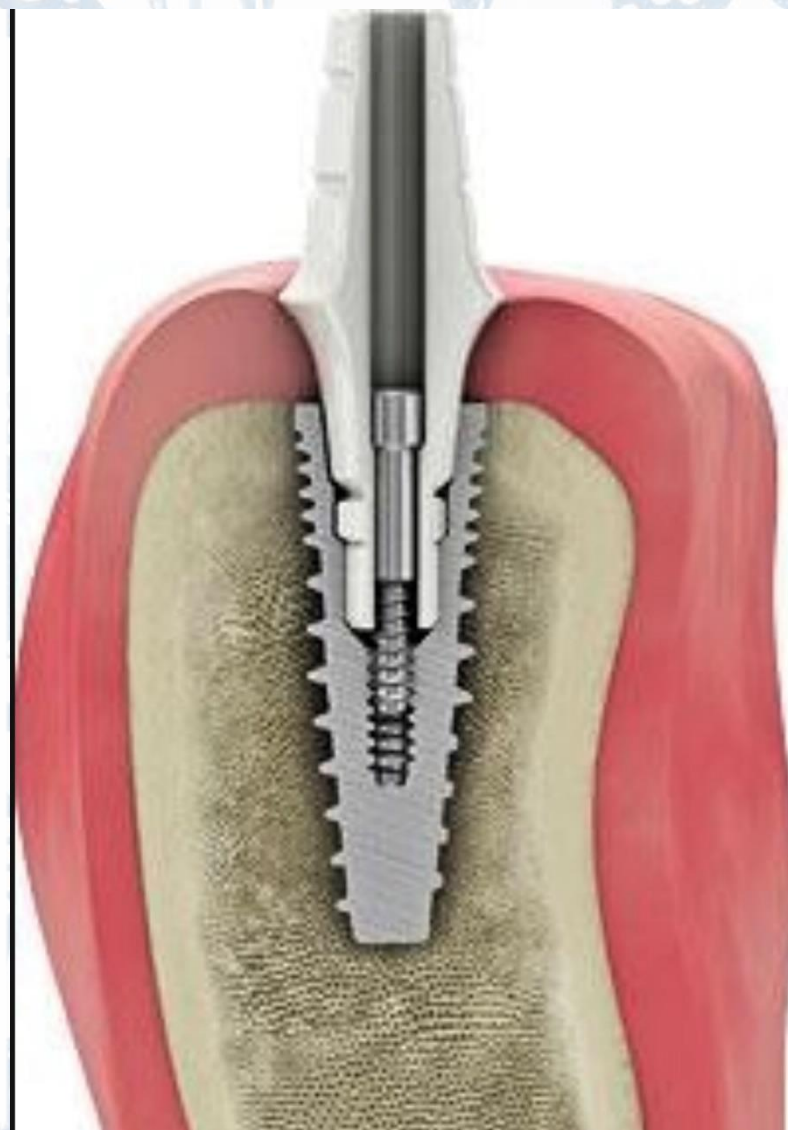


## Vérlemezkekben gazdag fibrin (PRF) elkészítése

humán vérminta  
(véralvadásgátló nélkül)

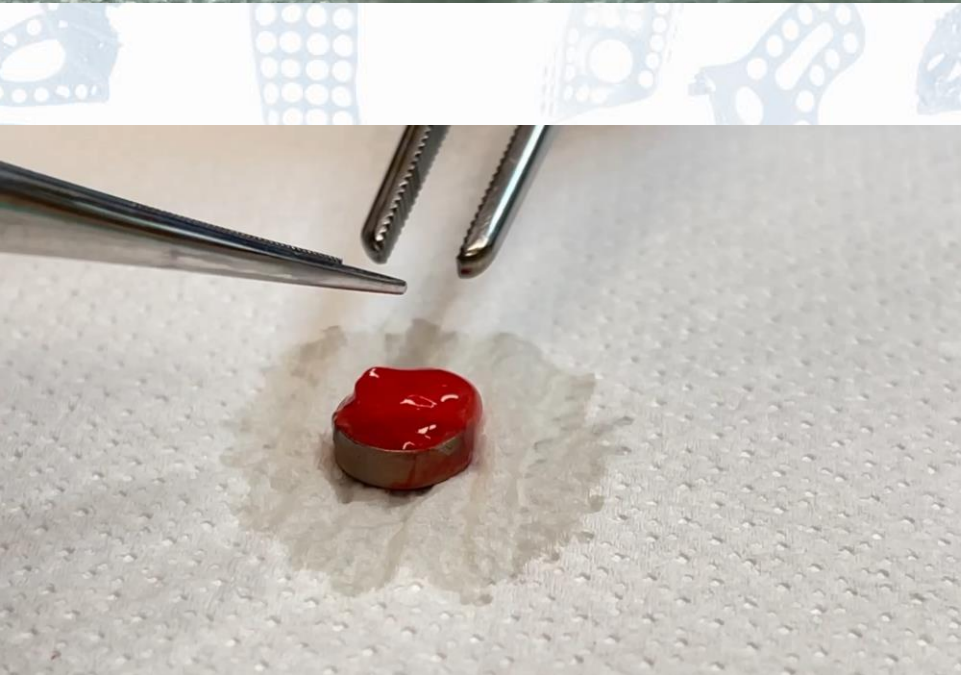
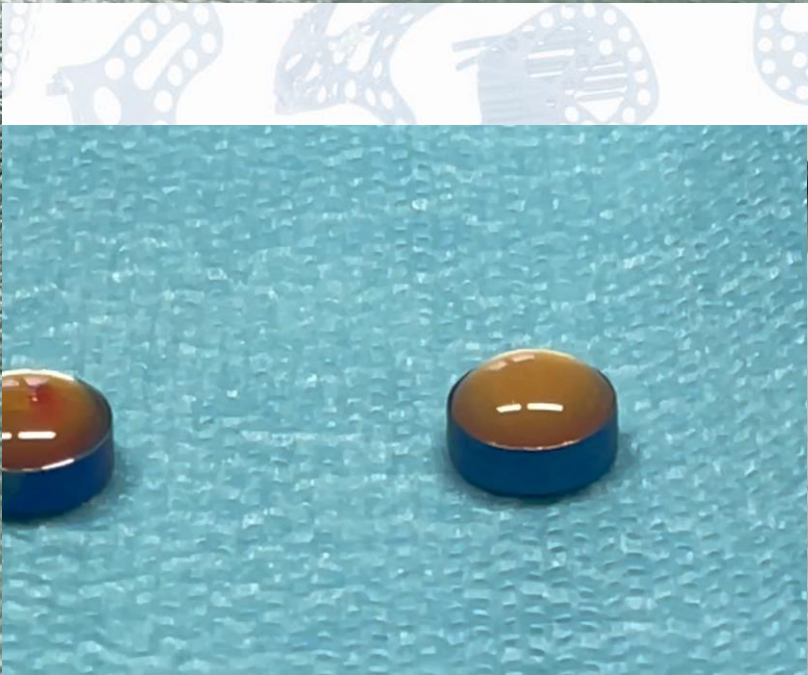
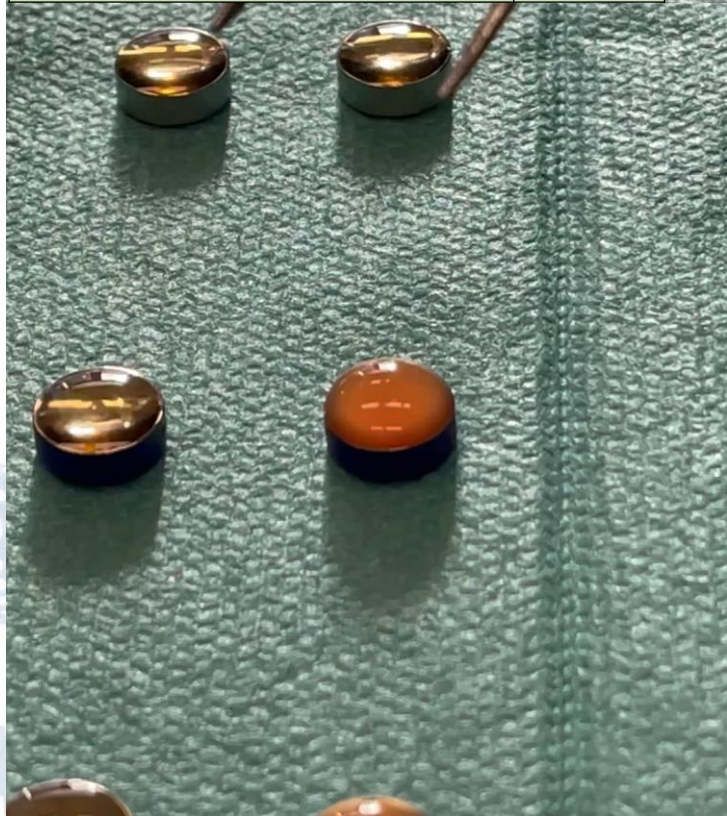
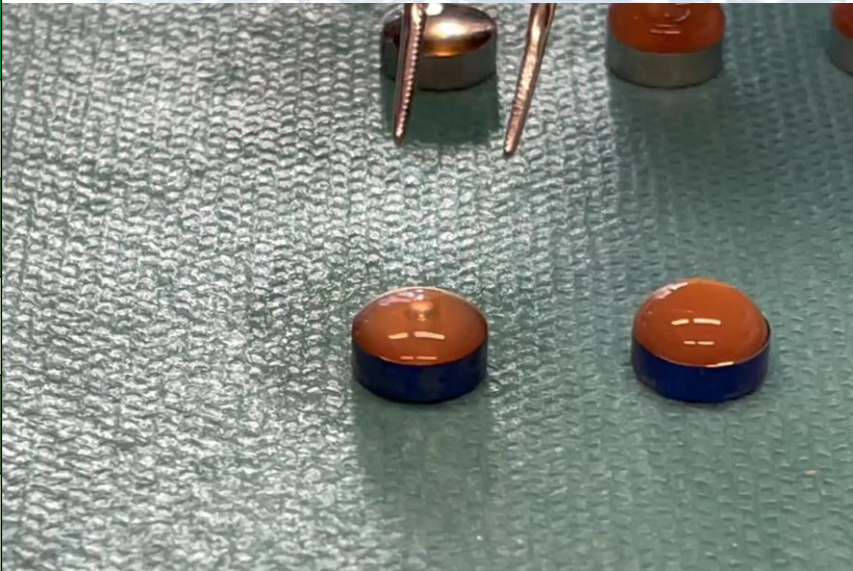


PPP = vérlemezkekben szegény plazma  
PRF = vérlemezkekben gazdag fibrin  
RBC = vörösvértest

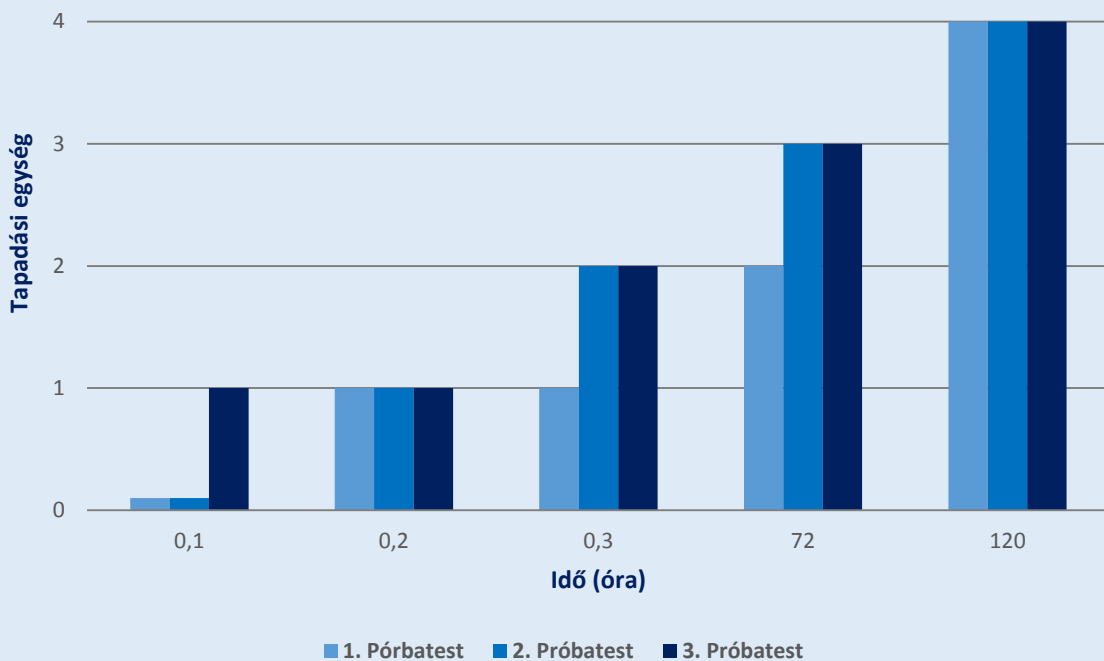


## Értékek

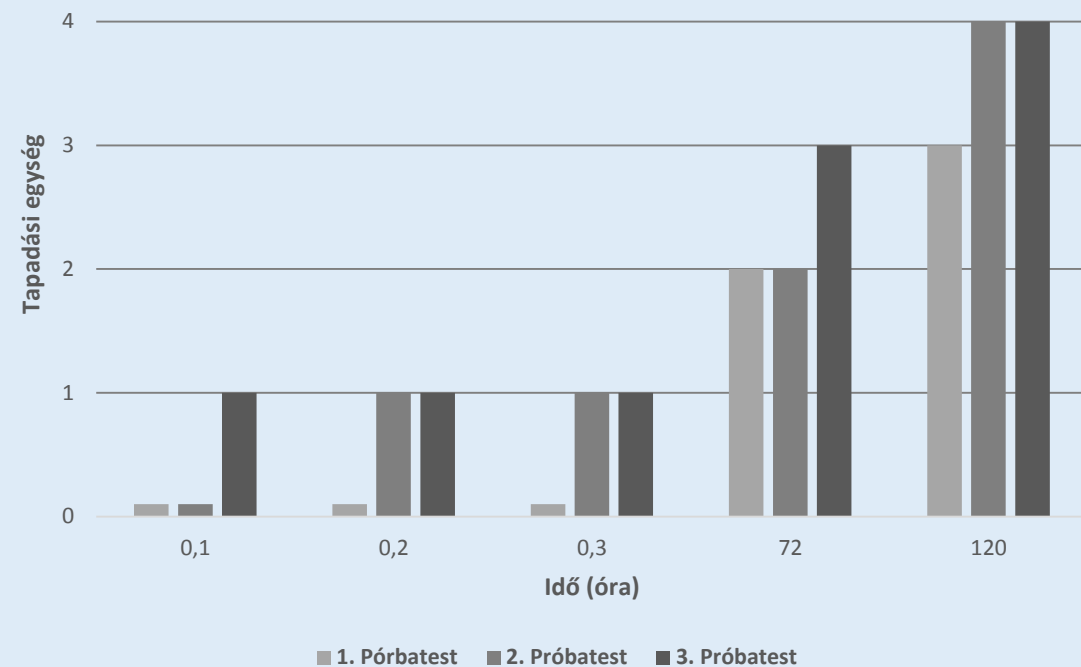
nincs tapadás	0
érezkelhető tapadás	1
tapadás	2
jó tapadás	3
teljes tapadás	4



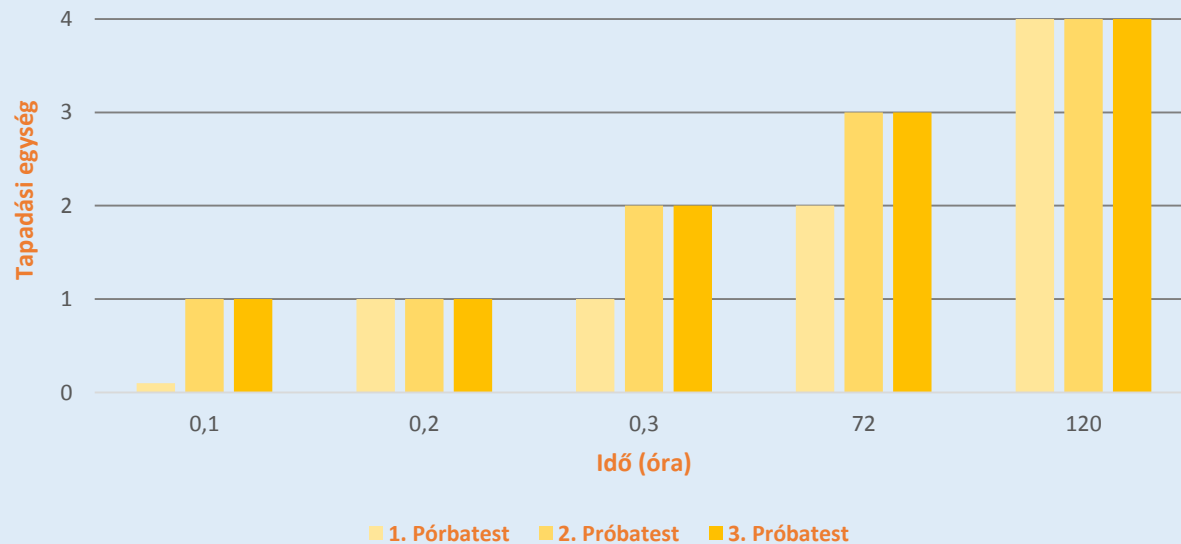
### 3D nyomatott (kék)



### Öntött (színtelen)

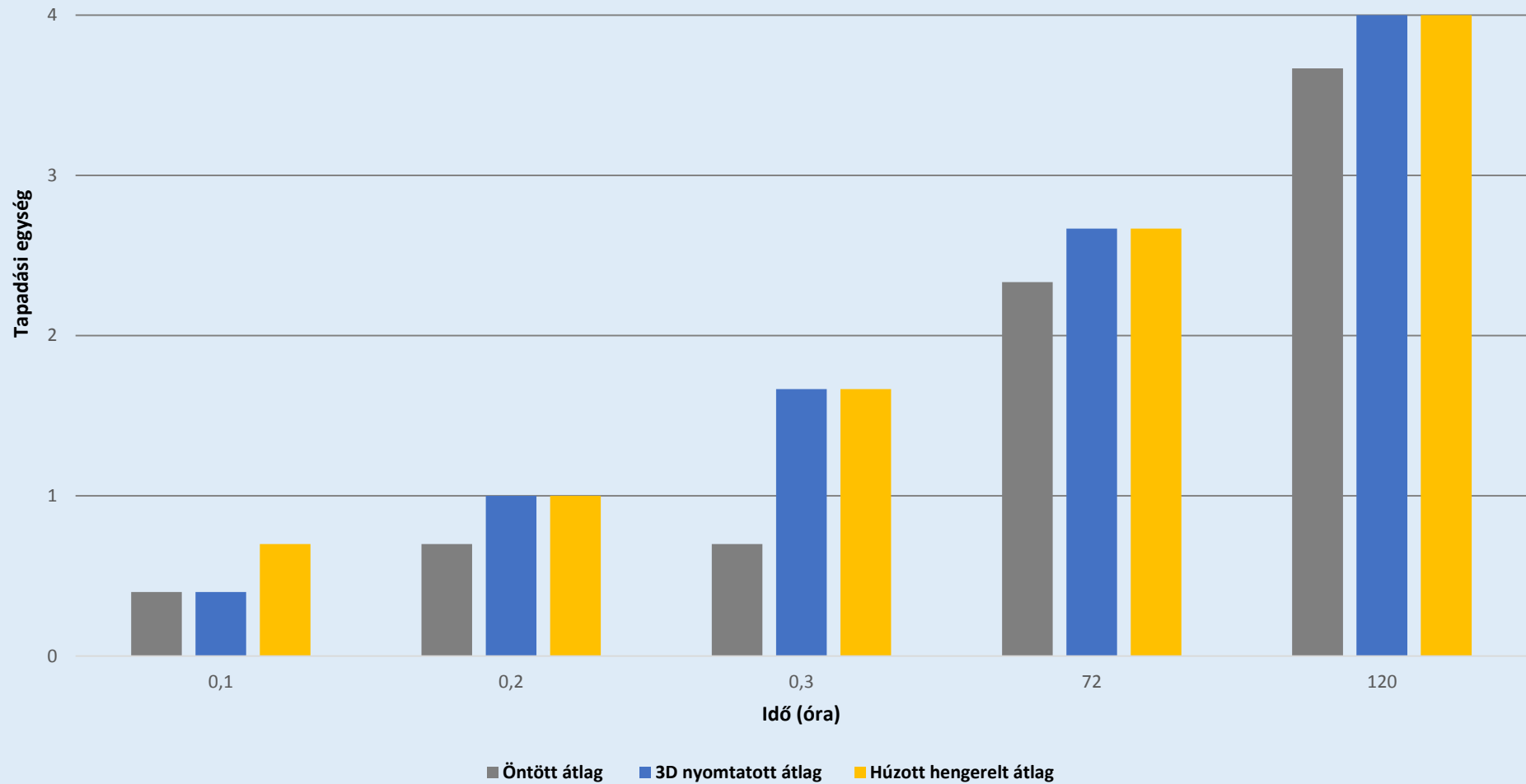


### Húzott hengerelt (sárga)

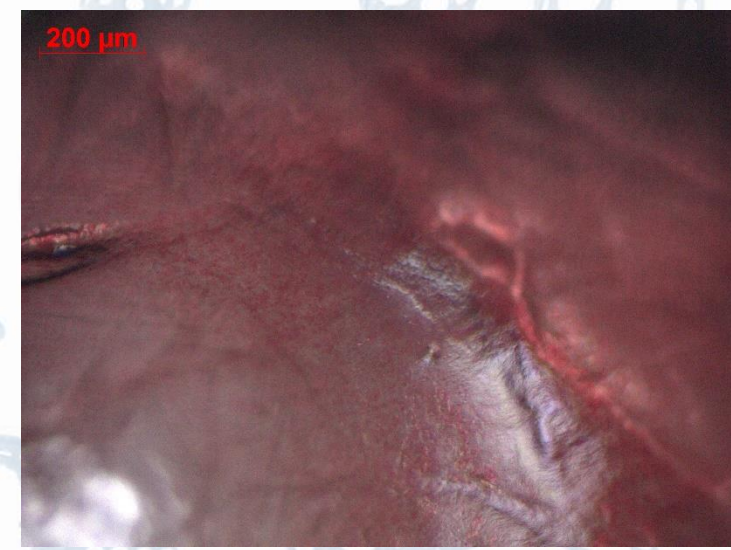
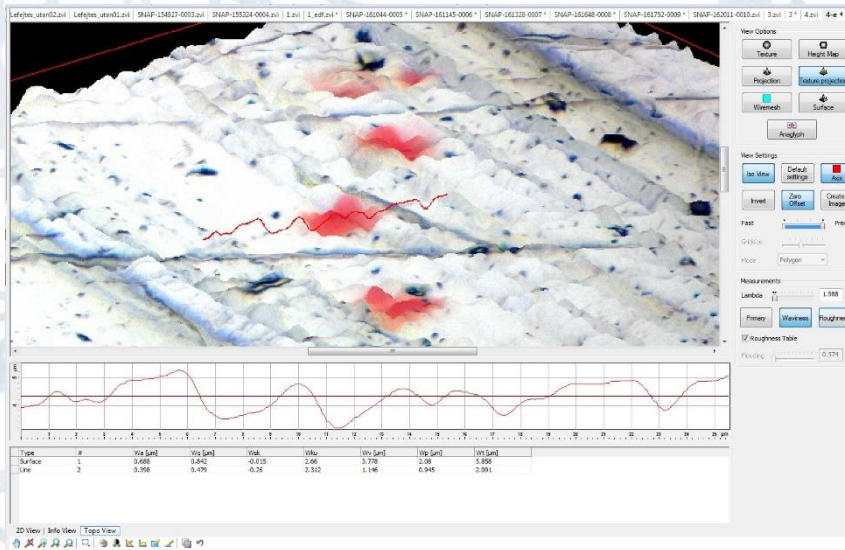
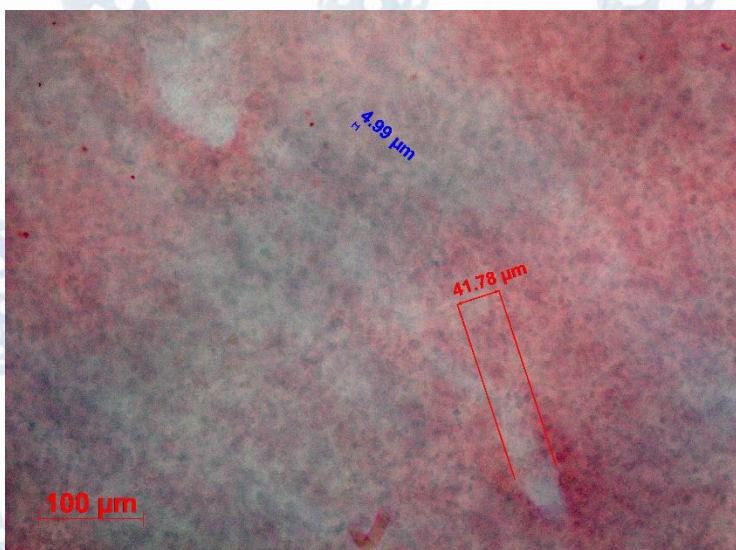
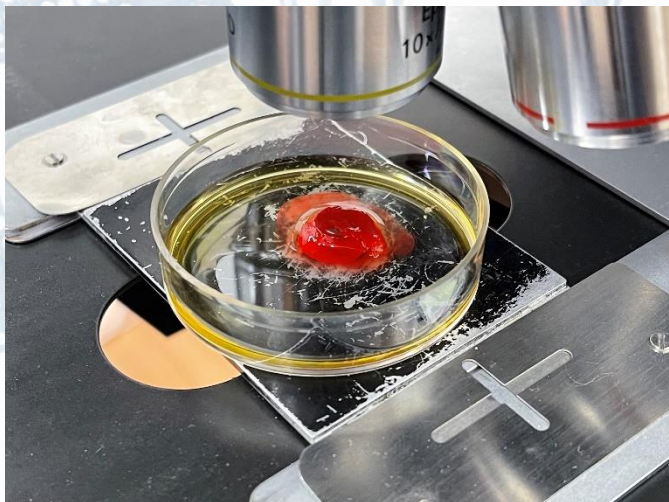




### Átlag összehasonlítás



# Szövettapadási vizsgálatok



# Publikációs lista

1. [Jaber, Hassanen](#) ; [Kónya, János](#) ; [Kulcsár, Klaudia](#) ; [Kovács, Tünde](#)

[Effects of Annealing and Solution Treatments on the Microstructure and Mechanical Properties of Ti6Al4V Manufactured by Selective Laser Melting](#) (IF 3.748)

MATERIALS 15 : 5 Paper: 1978 (2022)

[DOI WoS Scopus](#)

Szakcikk (Folyóiratcikk) | Tudományos[32729429] [Admin láttamozott]

2. [Jaber, Hassanen](#) ; [Konya, Janos](#) ; [Kovacs, Tunde Anna](#) ✉

[Selective Laser Melting of Ti6Al4V-2%Hydroxyapatite Composites: Manufacturing Behavior and Microstructure Evolution](#) (IF 2.695)

METALS 11 : 8 Paper: 1295 , 15 p. (2021)

[DOI WoS Scopus](#)

Szakcikk (Folyóiratcikk) | Tudományos[32362250] [Admin láttamozott]

3. [Jaber, Hassanen](#) ✉ ; [Kovacs, Tunde](#) ; [János, Kónya](#)

[Investigating the impact of a selective laser melting process on Ti6Al4V alloy hybrid powders with spherical and irregular shapes](#)

Advances in Materials and Processing Technologies 2020 pp. 1-17. , 17 p. (2020)

[DOI WoS Scopus](#) [Egyéb URL](#)

Szakcikk (Folyóiratcikk) | Tudományos[31655010] [Admin láttamozott]

Nyilvános idéző összesen: 7, Független: 6, Független: 1, Nem jelölt: 0

# Publikációs lista

4. [Kulcsár, K](#) ; [Kónya, J](#) ; [Zsoldos, I](#)

[\*Mechanical property evaluation of closed and open-cell foam structures with finite element method\*](#)

IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING 903 : 1 Paper: 012010 (2020)

DOI [WoS](#) [Scopus](#) [Egyéb URL](#)

Szakkikk (Folyóiratcikk) | Tudományos[31601597] [Egyeztetett]

5. [Kulcsár, Klaudia](#) ; [Kónya, János](#)

[\*Evaluation of Closed and Open-cell Structural Lattices with Finite Element Analysis\*](#)

ACTA MATERIALIA TRANSYLVANICA (EN) 3 : 1 pp. 26-32. , 7 p. (2020)

DOI [Egyéb URL](#)

Utánközlés (Folyóiratcikk) | Tudományos[31566440] [Nyilvános]

6. [Kulcsár, Klaudia](#) ; [Kónya, János](#)

[\*Zárt és nyitott cellás szerkezeti formák vizsgálata végelem-analízissel\*](#)

ACTA MATERIALIA TRANSYLVANICA (HU) 3 : 1 pp. 26-32. , 7 p. (2020)

DOI [Egyéb URL](#)

Szakkikk (Folyóiratcikk) | Tudományos[31566273] [Nyilvános]

# Publikációs lista

## 7. [János, Kónya](#) ; [Klaudia, Kulcsár](#)

[\*Examination of Laser Microwelded Joints of Additively Manufactured Individual Implants\*](#)

ACTA MATERIALIA TRANSYLVANICA (EN) 2 : 1 pp. 32-42. , 11 p. (2019)

[DOI](#) [Egyéb URL](#)

Utánközlés (Folyóiratcikk) | Tudományos[30914671] [Nyilvános]

## 8. [Kónya, János](#) ; [Kulcsár, Klaudia](#)

[\*Additív gyártással készülő egyéni implantátumok lézeres mikrohegesztésének vizsgálata\*](#)

ACTA MATERIALIA TRANSYLVANICA (HU) 2 : 1 pp. 32-42. , 11 p. (2019)

[DOI](#) [Egyéb URL](#)

Szakcikk (Folyóiratcikk) | Tudományos[30914571] [Nyilvános]

## 9. [Kulcsár, Klaudia](#) ; [Kónya, János](#)

[\*Additív gyártástechnológiával, virtuálisan tervezett egyéni implantátumok numerikus analízise\*](#)

MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK (HU) 10 : 1 pp. 41-48. , 8 p. (2019)

[DOI](#) [Egyéb URL](#)

Konferenciaközlemény (Folyóiratcikk) | Tudományos[31121639] [Nyilvános]

# Publikációs lista

**10. [Kulcsár, Klaudia](#) ; [Kónya, János](#)**

[\*Numerical Analysis of Additively Manufactured, Individual Titanium Implants Designed in a Virtual Environment\*](#)

MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK (EN) 10 pp. 41-48. , 8 p. (2019)

[DOI](#) [Teljes dokumentum](#)

Utánközlés (Folyóiratcikk) | Tudományos[30789873] [Nyilvános]

**11. [Kulcsár, Klaudia](#) ; [Kónya, János](#)**

[\*Geometric design of sleeve and abutment for subperiostealis implants using finite element analysis\*](#)

BÁNKI KÖZLEMÉNYEK pp. 29-34. , 6 p. (2019)

Konferenciaközlemény (Folyóiratcikk) | Tudományos[30789680] [Nyilvános]

**12. [Kónya, János](#) ; [Kulcsár, Klaudia](#)**

[\*Technology specific geometric analysis of titanium alloy\*](#)

10th International Engineering Symposium at Bánki 2018-11-21 [Budapest, Magyarország]

(2018)

Egyéb konferenciakötet | Tudományos[31601709] [Nyilvános]

# Publikációs lista

**13. [Kónya, János](#) ; [Kulcsár, Klaudia](#)**

[\*Construction of Albumin-Coated 3D Allograft Based on Cone-beam CT Images\*](#)

ACTA MATERIALIA TRANSYLVANICA (EN) 1 : 1 pp. 41-48. , 8 p. (2018)

[DOI](#) [Egyéb URL](#)

Utánközlés (Folyóiratcikk) | Tudományos[30914615] [Nyilvános]

**14. [Kónya, János](#) ; [Kulcsár, Klaudia](#)**

[\*A fogászatban használt kobalt-króm alapú vázszerkezetek additív és szubsztraktív együttes gyártása\*](#)

ACTA MATERIALIA TRANSYLVANICA (HU) 1 : 2 pp. 89-92. , 4 p. (2018)

[DOI](#) [Egyéb URL](#)

Utánközlés (Folyóiratcikk) | Tudományos[30914521] [Nyilvános]

**15. [Kónya, János](#) ; [Kulcsár, Klaudia](#)**

[\*Cone-beam CT-képek alapján tervezett 3D-s albuminozott allograft kivitelezése\*](#)

ACTA MATERIALIA TRANSYLVANICA (HU) 1 : 1 pp. 41-48. , 8 p. (2018)

[DOI](#) [Egyéb URL](#)

Szakcikk (Folyóiratcikk) | Tudományos[30913000] [Nyilvános]

# Publikációs lista

16. [Kulcsár, K](#) ; [Kónya, J](#) ; [Zsoldos, I](#)

[\*Structural analysis of titanium alloys\*](#)

IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING 426 p. 012029 (2018)

[DOI](#) [Scopus](#) [Egyéb URL](#)

Ismertetés (Folyóiratcikk) | Tudományos[30411886] [Nyilvános]

17. [Kulcsár, Klaudia](#) ; [Kónya, János](#)

[\*Kortikális megtámasztású egyéni implantátum korszerűsítése\*](#)

MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK (HU) 8 : 1 pp. 51-60. , 10 p. (2018)

[DOI](#) [Egyéb URL](#)

Szakcikk (Folyóiratcikk) | Tudományos[31121604] [Nyilvános]

18. [Kulcsár, Klaudia](#) ; [Kónya, János](#)

[\*A fogtechnikai gyakorlatban használt 3D nyomtatott kobalt-króm ötvözet hőkezelésének befolyása a mechanikai tulajdonságokra\*](#)

ACTA MATERIALIA TRANSYLVANICA (HU) 1 : 2 pp. 97-100. , 4 p. (2018)

[DOI](#) [Egyéb URL](#)

Szakcikk (Folyóiratcikk) | Tudományos[30914525] [Nyilvános]



# Publikációs lista

**19. [Kulcsár, Klaudia](#) ; [Kónya, János](#)**

[\*The Influence of Heat Treatment on the Mechanical Properties of 3D-Printed Cobalt-Chrome Alloy Used in Dental Laboratory Practice\*](#)

ACTA MATERIALIA TRANSYLVANICA (EN) 1 : 2 pp. 97-100. , 4 p. (2018)

[DOI](#)

Utánközlés (Folyóiratcikk) | Tudományos[30412037] [Nyilvános]

**20. [Kulcsár, Klaudia](#) ; [Kónya, János](#)**

[\*Modernization of Cortically Supported Individual Implants\*](#)

MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK (EN) 8 pp. 51-60. , 10 p. (2018)

[DOI](#)

Utánközlés (Folyóiratcikk) | Tudományos[3413939] [Nyilvános]ú

**21. [Kónya, János](#) ; [Kulcsár, Klaudia](#)**

[\*Virtual design and 3D manufacturing in dental applications\*](#)

9 th International Engineering Symposium at Bánki (IESB) 2017-11-27 [Budapest, Magyarország] (2017)

Egyéb konferenciakötet | Tudományos[31601728] [Nyilvános]

# Publikációs lista

**22. Csönge, Lajos, Ágnes Bozsik, Z Tóth-Bagi, Róbert Gyuris and János Kónya**

“Regenerative medicine: characterization of human bone matrix gelatin (BMG) and folded platelet-rich fibrin (F-PRF) membranes alone and in combination (sticky bone).” *Cell and Tissue Banking* 22 (2021): 711 - 717. **WOS**

**23. L. Csönge, Á. Bozsik, Z. T. Bagi, R. Gyuris, D. K. Csönge, and J. Kónya**

“Thermal Manipulation of Human Bone Collagen Membrane (SoftBone) and Platelet-Rich Fibrin (PRF) Membranes,” *Collagen Biomaterials*, Jul. 2022, doi: 10.5772/intechopen.102817. **WOS**

**24. Lajos Csönge<sup>1</sup>, Ágnes Bozsik, Zoltán Tóth Bagi, Róbert Gyuris, Dóra Kinga Csönge, János Kónya**

*Word of Caution: Negative Impact of Mouthwashes on Folded Platelet-Rich Fibrin (F-PRF) Membrane Viability*

*International Journal Dent Oral Health* (2021.12.16.) **WOS 2021**

DOI: 10.21203/rs.3.rs-990808/v1

## Folyamatban lévő publikációk

Cikk tervezett címe:

A 3D nyomtatott, a húzott hengerelt és az öntött titán Grade 5 SLA felszíni kialakításának morfológiai összehasonlító elemzése

A publikáció elkészítése folyamatban van.

Cikk tervezett címe:

Grade 5-ös titán in vitro létrehozott szöveti integrációjának mechanikai vizsgálata

A publikáció elkészítése folyamatban van.

Cikk tervezett címe:

Vérlemezekben gazdag fibrin és humán kortikális kompozit (BMG) egyedi formázásához szükséges virtuálisan tervezett és 3D nyomtatott bioreaktor

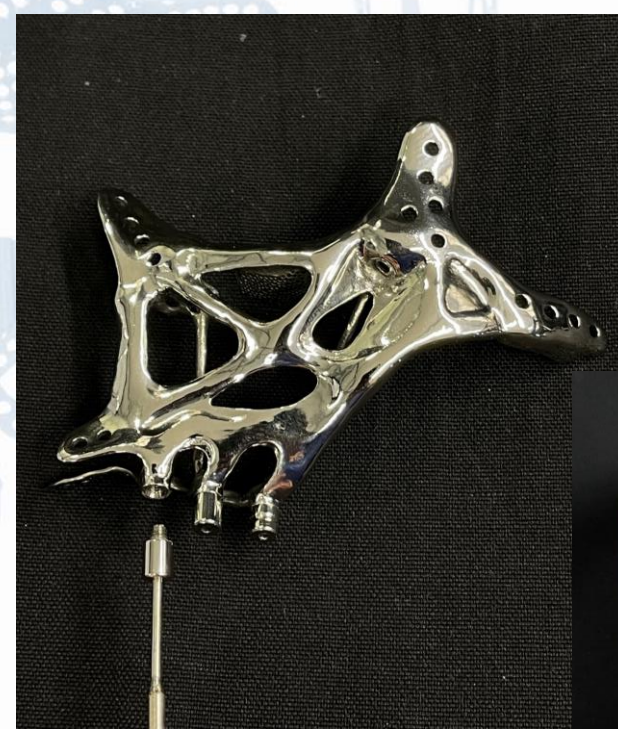
A publikáció elkészítése folyamatban van.

## A kutatásom további tervezett feladatai

A kutatásom jelenlegi fázisában a bioreaktor „üzembe helyezése” folyamatban van. Az anyagvizsgálatoknak köszönhetően meghatározásra került az optimális titán felület, melyet egyesíték a BMG technológiával és létrehozom az élő szövet – titán „próbatestemet”. Ezt követően a szakadásifelület elemzésére kerül sor.

Ha a szövet szakad el, akkor vélhetően bizonyítást nyert az optimális titán-szövet felület, ha pedig a titánról szakad le a szövetelem, akkor a felületen maradt élőszövet szövettani vizsgálatát végzem el.

A céloom ezzel, hogy bizonyítsam ezen új felület bevonati technológiának a létjogosultságát, amely az egyénileg készített PSI-nál (personal specific implants) személyre szabott élőszövet felületképzéssel van ellátva. Ezzel nagyban tudjuk biztosítani az implantátumok beépülési biztonságát és jelentősen csökkenteni tudjuk a felhasznált titán, mint „szervezet idegenanyag” konstrukciós volumenét.





***Köszönöm a figyelmet!***