

Semmelweis Egyetem, Fogorvostudományi Kar, Arc- Állcsont- Szájsebészeti és Fogászati Klinika,
Budapest

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki kar, Anyagtudomány és
Technológia Tanszék, Budapest*

MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport, Budapest**

A FOGÁSZATI IMPLANTÁTUMOK FELÜLETKEZELÉSÉNEK CSONTINTEGRÁCIÓRA KI-
FEJTETT HATÁSÁNAK ÚJ, KVANTITATÍV MÉRÉSI LEHETŐSÉGEI KLINIKAI ESETEK
KAPCSÁN

Dr. Joób-Fancsaly Árpád, Dr. Divinyi Tamás, Dr. Huszár Tamás, Nagy Péter*, Pammer Dávid*, Dr.
Bognár Eszter^{*,**}

Dr. Joób-Fancsaly Árpád
1085 Budapest, Mária u.52
joobarpad@gmail.com
tel: 06 30 9523 193

FOGÁSZATI IMPLANTÁTUMOK FELÜLETKEZELÉSÉNEK CSONTINTEGRÁCIÓRA KIFEJTETT HATÁSÁNAK ÚJ, KVANTITATÍV MÉRÉSI LEHETŐSÉGEI KLINIKAI ESETEK KAPCSÁN

Az implantátum és a csontszövet kapcsolata a modern implantológia egyik kulcsfontosságú kérdése. Az implantátumokat esztergálással és ezt követő felületkezeléssel állítják elő. Az implantátumok másodlagos stabilitása a csontintegráció függvénye, amelyet a makro- és mikrofelületi morfológia befolyásol. Jelen tanulmány célja az implantátumok felületeinek elemzésére szolgáló új mérési módszer kidolgozása. Kutatómunkánkban Ti Grade 4 alapanyagból esztergálással készített 2 mm vastagságú korongokat és ezekkel azonos alapanyagból készített Uniplant SP® típusú implantátumokat használtunk. Ezeket 3 J impulzusenergiájú lézersugaras felületátolvasztással kezeltük. Állatkísérletes (hisztológiai és hisztomorfometriai) vizsgálatokkal igazoltuk, hogy a nagyenergiájú lézersugaras felületátolvasztással kezelt korongok a csontintegráció szempontjából előnyösebbek, mint az esztergáltak. 9 év elteltével 2013. októberében periimplantitis miatt eltávolításra került 2 darab implantátum. Ezekről sztereó- és pásztázó elektronmikroszkópos felvételeket készítettünk. Megállapítottuk, hogy az implantátumok lézersugaras felületátolvasztással kezelt csavarmenetein csontszövet található. Képelemző-szoftverrel meghatároztuk az implantátumok teljes, illetve csontszövettel fedett felületét. Az új mérési módszer alkalmas a csontszövettel nem és az azzal fedett zónák kvantitatív és kvalitatív összehasonlítására.

Kulcsszavak

fogászati implantátum, lézersugaras felületkezelés, morfológia, csontintegráció

A fogászati implantátumok jelenleg a foghiányok pótlásának legmodernebb eszközének számítanak. Fontos szempont, hogy az implantátumok fémes anyaga biokompatibilis és korrózióálló legyen. Kiemelkedő jelentőséggel bír az implantátum felülete és a csontállomány között kialakuló mechanikai kapcsolat. Az implantálás sikeresnek tekinthető, amennyiben az implantátum felületén 70-80 %-os Bone- Implant- Contact (BIC) alakul ki egy évvel a beültetést követően [1,2]. Napjainkban a fogászati implantátumok felületi morfológiájának vizsgálata, új felületkezelési eljárások kidolgozása és azok hosszútávú eredményességének megfigyelése az implantológiai kutatások középpontjában állnak [3]. A felület morfológiája fontos szerepet játszik a csontsejtekkel való kapcsolatban. Porózus felületeken, amelyek a csontszövet benövését lehetővé teszik, a csontos regeneráció gyorsabban következik be. A fogászati implantátumok porózusabb felülete tehát növeli a csonthoz való kötődési képességet. A tudomány jelenlegi állása szerint azonban nem a porozitás mértéke, hanem annak minősége befolyásolja a csontintegrációt [3-6]. A fogászati implantátumok alapanyaga lehet Grade 2, Grade 4 és Grade 5 titán, valamint a Grade 5 ELI változata [7]. A gyártástechnológia egyes elemei az esztergálás, illetve ezt követő felületkezelés [8]. A leggyakrabban alkalmazott felületmódosító eljárások a homokfűvés, kémiai maratás, elektropolírozás, anódos oxidáció és a lézersugaras felületkezelés, illetve ezek együttes alkalmazása [2,7,9,10]. Marina S.K. és munkatársai cikkükben összefoglalják a titán alapanyagból készített fogászati implantátumok felületkezeléséhez alkalmazott lézersugaras berendezéseket és paramétertartományokat. Kutatómunkájukban a fogászati implantátumok felületkezeléséhez impulzus- és folyamatos üzemű lézersugaras berendezéseket alkalmaztak, eltérő hullámhossztartományokban és energiamennyiségekkel. Az elvégzett bakteriológiai vizsgálatok eredményei alapján megállapították, hogy egységes eljárás kidolgozása szükséges a lézersugaras felületkezelés hatásainak vizsgálathoz [11]. Park C.Y. és munkatársai CO₂ és Nd:YAG lézersugaras kezeléssel módosították a titánból készült fogászati implantátumok felületét. Változtatták a megmunkáláshoz alkalmazott energia nagyságát és SEM vizsgálatokkal összehasonlították a kezelt felületeket. Az implantátumok felületét egy referencia felülethez hasonlították. Megállapították, hogy a lézersugaras felületkezeléssel módosított implantátumok kedvezően hatnak a csontintegrációra [12]. Általánosságban elmondható, hogy az implantátum csontszövettel fedett felületének kvalitatív meghatározási lehetőségeivel nem foglalkozik a szakirodalom.

Jelen tanulmány célja a lézersugaras felületkezelésünk eredményeinek és az implantátum csontszövettel fedett felületének kvalitatív meghatározására szolgáló új mérési módszerünk bemutatása.

Anyag és módszer

Kísérleteinket két, különböző geometriájú mintatípuson végeztük el: korongokat és fogászati implantátumokat alkalmaztunk. A korongok alkalmazását az indokolta, hogy egyes mérések pontosan csak sík felületen végezhetőek el. Mindkét mintatípust azonos, lézersugaras felületkezelésnek vetettük alá. Az itt bemutatott két fogászati implantátumot emberi szervezetből explantáltuk. Az implantátumok beültetését megelőzően a lézersugaras felületkezelés előnyös hatásait állatkísérletes modellekkel, míg a csontintegráció kialakulásának mértékét hisztológiai és hisztomorfometriai vizsgálatokkal igazoltuk [2,10,13].

Korongok: Titán Grade 4 alapanyagból esztergálással készített 10 mm átmérőjű és 2 mm vastagságú korongokat alkalmaztunk (1. a ábra). Esztergálást követően minden egyes mintát 3 J impulzusenergiájú lézersugárral (Nd:YAG impulzusüzemű lézersugaras berendezés, típusa: Kvant1, Oroszország) felületkezeltünk. Az esztergálással elkészített korongot, mint referencia mintát használtuk. A lézersugaras felületmódosítást megelőzően és azt követően sztereomikroszkópos (berendezés típusa: Olympus SZX16, gyártó: Olympus, ország: Japán) és SEM (berendezés típusa: Philips XL 30, gyártó: Philips, ország: Hollandia) felvételeket készítettünk a korongokról. A korongok felületi érdességeinek kvantitatív és kvalitatív összehasonlítását konfokális mikroszkópos (berendezés típusa: Alicona Infinite Focus, gyártó: Alicona, ország: Ausztria) mérésekkel végeztük. 3-3 mérés alapján meghatároztuk az átlagos R_a felületi érdességeket. A felület minőségének jellemzésére szolgáló mé-

rőszám az R_a átlagos felületi érdesség, amely a vizsgált minta felületének profilján adott hosszön egyenlő közönként mért kiemelkedések és bemélyedések előjeltől független számtani közepe mikrométerben megadva. A méréseket 1500 μm -es szakaszokon végeztük a korongok átmérője mentén. A korongok felületeinek hidrofil, illetve hidrofób jellegét peremszögméréssel (berendezés típusa: Ramé-hart Model 200 gyártó: Ramé-hart, ország: Succasunna (USA)) vizsgáltuk. A korongokra automata csepegtetővel, azok átmérője mentén 5-5 cseppet helyeztünk el. Cseppentést követően (5 sec elteltével) felvételeket készítettünk és képelemző-szoftverrel mértük az egyes peremszögeket. Peremszögmérés során a vizsgált felszín nedvesítési tulajdonságát határozzuk meg, amely tulajdonság hatással van a csontszövet felületen történő megtapadására. 90° -nál kisebb értékek esetén a felület nedvesítő, 90° -os peremszögértéknél félig nedvesítő, amíg 90° -nál nagyobb peremszögértékeknél nem nedvesítő. A mérések eredményei kvantitatív és kvalitatív értékeket szolgáltattak a felületkezelés előtti, illetve utáni állapotokról.

A korongokat sejttenyézzel való vizsgálatoknak vetettük alá: 20 percig egyszeres tripszindatban áztattuk, ezt követően 20 percig alkoholban tisztítottuk, majd autoklávban kezeltük. Tisztítást követően MHC3T3 oszteoblaszt sejteket vittünk fel a felületekre, amelyeket két napig növesztettünk sejttenyésztő médiumban (DMEM + 10% FBS). Hisztomorfometriás vizsgálatokat követően meghatároztuk a BIC és az SD (szórás) értékeket.

Fogászati implantátumok: Két darab, titán Grade 4 alapanyagból esztergálással készített Uniplant SP® típusú, 3,5 mm külső átmérőjű és 10 mm hosszúságú fogászati implantátumot alkalmaztunk (1. b, c ábra). Ezek 2004 májusában kerültek beültetésre, jobb oldali alsó sorvégi hiány pótlására. Több mint 9 év elteltével 2013. október 10-én távolítottuk el a 2 darab implantátumot. Az implantátumok eltávolítására periimplantitis miatt került sor, annak ellenére, hogy a páciensnek nem voltak klinikai panaszai. Éves kontroll során az elkészített periapikális röntgen felvételen látszott a jelentős gyulladás. Mindkét implantátum sebészi eltávolítása mellett döntöttünk, a további csontfelszívódás elkerülése érdekében (2. ábra). A két implantátumra cementtel rögzített fém-kerámia pótlás került. A beteg szájhygiéniája megfelelő volt, rendszeresen járt kontrollra, ugyanakkor a dohányzásról nem sikerült leszoktatni. A beültetést követő 9 év elteltével eltávolításra került implantátumok felületéről sztereomikroszkópos és SEM felvételeket készítettünk.

A csontszövettel fedett felület kvantitatív meghatározásához új mérési módszert dolgoztunk ki a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék munkatársaival karöltve, ugyanis a jelen explantált implantátumok esetében a BIC értéket nem tudjuk mérni. Az implantátumokról 360° -os (hossztengely körüli) forgatás közben sztereomikroszkópos felvételeket készítettünk. Képelemző-szoftverrel illesztettük össze az egyes felvételeket. Az összeillesztett felületeken elkülönítettük az implantátum teljes, illetve csontszövettel fedett zónáit. A 2-es jelű implantátumot két darabban tudtuk eltávolítani. A csontszövettel fedett felület kiterjedését ebben az esetben is a teljes implantátum felületéhez viszonyítottuk.

Eredmények

Korongok: Megállapítottuk, hogy az esztergált felületen 5-15 μm szélességű barázdák keletkeztek (3. a ábra), valamint a felületi érdesség átlagértéke $R_a=1,1\pm 0,1 \mu\text{m}$ és a nedvesítési peremszög átlagértéke $84\pm 4^\circ$. Lézersugaras kezelést követően az átolvasztott zónáról készített SEM felvételen 5-20 μm átmérőjű megömlött, majd megszilárdult cseppek láthatóak (3. b ábra). A vizsgált zóna felületi érdességének átlagértéke $R_a=3,8\pm 0,4 \mu\text{m}$ és a nedvesítési peremszögének átlagértéke $112\pm 4^\circ$. Az esztergált minta $\text{BIC}=29\%$, $\text{SD}\pm 3,3\%$, amíg a 3 J impulzusenergiával kezelt felület $\text{BIC}=41\%$, $\text{SD}\pm 4\%$, értékeket mutatott. Állatkísérletes modelleken végzett kutatásaink igazolták a sejttenyézzel végzett vizsgálati eredményeinket, ezért a lézersugaras felületkezelési eljárást szabadalmaztattuk és klinikai alkalmazását megkezdtük [14].

Fogászati implantátumok: Az eltávolított implantátumok palástfelületén csontszövet található. Az eltávolítás következménye lehet, hogy egyes zónákról a csontszövet levált. A lézersugaras kezeléssel módosított felületeken a csontszövet megtapadt és az implantátum eltávolítását követően is látható. Az 1-es jelű implantátumon a csavarmenet-fogkoronához közeli régiójában találtunk jelentős

mennyiségű csontszövetet a lézersugaras felületkezeléssel módosított zónában. A 2-es jelű implantátum koronától távolabb eső csavarmentes – lézersugaras kezeléssel módosított zónájában látható megtapadt csontszövet. Eltávolítást követően a csontszövettel nem, és azzal fedett felületek számszerűsítéséhez új mérési módszerünk során az implantátumokról 360°-os hossz tengely körüli forgatás közben sztereomikroszkópos felvételeket készítettünk. Az egyes felvételeket képelemző-szoftverrel illesztettük össze, továbbá elkülönítettük a csontszövettel nem, és azzal fedett zónákat. Ezzel a mérési módszerrel megállapítottuk, hogy az implantátumok teljes felülete $\sim 90 \text{ mm}^2$. Az 1-es jelű implantátum esetében a csontszövettel fedett felület $\sim 13 \text{ mm}^2$. A csontszövet a koronaoldalhoz közel, a lézersugaras felületátolvasztással kezelt mentes zónában található. A 2-es jelű implantátum esetében a vizsgált felület megegyezett az 1-es jelű implantátumával, azonban a csontszövettel fedett felület az alsó és felső mentes részen összesen $\sim 4,3 \text{ mm}^2$. Továbbá a csontszövettel fedett zóna a koronaoldaltól távolabbi, lézersugaras felületkezeléssel érdesített menetek között található.

Megbeszélés

Kutatómunkánk szakirodalmi áttekintését tartalmazó fejezetében ismertettük azokat a kutatási eredményeket, amelyek a fogászati implantátumok lézersugaras felületkezelésének jótékony hatását tárgyalják. Nem találtunk olyan szakirodalmi forrást, amelyben az általunk említett nagy időtartam (9 év) elteltével vizsgálták volna a lézersugaras felületkezeléssel módosított implantátumok felületén kialakult csontintegráció mértékét. Sejtekkel végzett, majd állatkísérletes modellekkel igazoltuk, hogy a lézersugaras kezeléssel módosított felület előnyösen hat a csontintegrációra. Az eljárás szabadalmaztatását követően humán beültetésre alkalmas implantátumokat készítettünk. Titán Grade 4 alapanyagból készített titánkorongok és implantátumok felületmódosítását végeztük 3 J energiájú lézersugaras kezeléssel. Az esztergált és felületkezelt korongok morfológiájának számszerűsítéséhez SEM felvételeket készítettünk, valamint a felületi érdességeket és nedvesítési tulajdonságokat konfokális mikroszkóppal és peremszögmérő berendezéssel meghatároztuk. Megállapítottuk, hogy az esztergálással létrehozott felületen 5-15 μm szélességű barázdák keletkeztek, valamint a felületi érdesség átlagértéke $R_a=1,1\pm 0,1 \mu\text{m}$ és a nedvesítési peremszög átlagértéke $84\pm 4^\circ$. Lézersugaras kezelést követően az átolvasztott zónáról készített SEM felvételen 5-20 μm átmérőjű megömlött, majd megszilárdult cseppek láthatóak. A vizsgált zóna felületi érdesség átlagértéke $R_a=3,8\pm 0,4 \mu\text{m}$ és a nedvesítési peremszög átlagértéke $112\pm 4^\circ$.

Több mint 9 év elteltével periimplantitis miatt eltávolítottunk 2 darab implantátumot. SEM felvételeket készítettünk az implantátum felületéről és megállapítottuk, hogy a lézersugaras kezeléssel módosított felületeken a csontszövet megtapadt és az implantátum eltávolítását követően is látható. Az implantátumokon a lézersugaras átolvasztással kezelt csavarmenetekben találtunk jelentős mennyiségű csontszövetet. Az eltávolított implantátumok felületén található csontszövetek elhelyezkedéséből arra következtetünk, hogy a lézersugaras kezeléssel módosított zónákban létrejött csontintegráció mértéke jelentősebb, mint az esztergált felületeken [4,5]. A csontszövettel fedett felület elhelyezkedését, kiterjedését és számszerűsítését a fogászati implantátumoknál eddig nem alkalmazott mérési módszerrel határoztuk meg. Az implantátumok palástfelületéről sztereomikroszkópos felvételeket készítettünk. Képelemző-szoftverrel meghatároztuk az implantátumok teljes, illetve csontszövettel fedett felületeit. Megállapítottuk, hogy a csontszövet mindkét implantátum esetében a lézersugaras kezeléssel érdesített menetekben található. Az 1-es jelű implantátumon a csontszövettel fedett felület a koronaoldalhoz közelebbi csavarmentes zónában látható ($\sim 13 \text{ mm}^2$), amíg a 2-es jelű esetében a koronaoldaltól távolabb eső, csavarmentes zónában ($\sim 4,3 \text{ mm}^2$) található. Az új mérési módszer a gyakorlat számára könnyen alkalmazható, továbbá kvantitatív és kvalitatív eredményeket szolgáltat. A módszer hátránya, hogy az implantátum felületén megtapadt csontszövet vastagságáról nem szolgáltat információt. További mérési módszerként alkalmas lehet röntgenmikroszkópos felvételek elemzése. Vélhetően pontosabb mérési eredményeket szolgáltatna CT berendezéssel készített felvételek elemzése. Lehetőség nyílna a felületen megtapadt csontszövet vastagságának meghatározására. Jövőbeni kutatásaink szerves részét képezi az itt

említett mérési módszerek eredményeinek összehasonlítása és ezek tükrében a mérési módszerünk pontosítása.

Következtetések

Kísérletes orvostudományban az új módszer mind állatkísérletekben, mind sejtkultúrákban alkalmazható. Az elvégzett mérések eredményei részleges képet adnak a lézersugaras felületkezeléssel módosított fogászati implantátumok hosszútávú csontintegrációjáról. A rendelkezésünkre álló mintaszámot jövőbeni kutatásainkban és az eredmények értékelésében folyamatosan bővítjük. Nagyszámú minták vizsgálati eredményei alapján teljes képet kaphatunk a csontszövet elhelyezkedéséről és a csontintegráció mértékéről. Az általunk kidolgozott mérési módszer kvantitatív eredményeket szolgáltat az egyes implantátumok összehasonlíthatóságához.

Dr. Joób-Fancsaly Á., Dr. Divinyi T., Dr.Huszár T., Nagy P., Pammer D., Dr. Bognár E.:

A CASE STUDY SHOWING NEW QUANTITATIVE MEASURING PROTOCOLS FOR ASSESSING DENTAL IMPLANT SURFACE TREATMENTS TAILORED FOR OSSEOINTEGRATION

Connecting implant to bone tissue is central to modern implantology. Dental-implant surfaces are machined then modified with various treatments. Secondary stability of implants depends on osseointegration, which is influenced by implant-surface micromorphology. The present research aim is to develop new measures of implant-surface analysis and quantities of adhering bone. 2mm-thick discs were machined from Grade 4 titanium. The discs got surface treatments identical to those on Uniplant SP® type implants, so tests only possible on flat surfaces and difficult on curved implant surfaces could be done on the discs. Both received laser surface modification (LSM) at 3 Joules. Histological tests on animal-experiment models showed high-energy LSM discs osseointegrated better than freshly-machined discs. After animal-experiment tests, the process was patented then put into clinical practice. Over 9 years passed before periimplantitis caused removal of 2 LSM implants in October 2013. After extraction, scanning-electron-microscope examinations discovered bone tissue in the screw thread area of LSM zones. Dental implant surface area under bone tissue was measured by a new method for comparing implant-surface regions. Stereo-microscope and image-analysis software assessed the surface area covered by bone tissue. A new measurement method was worked out for comparing bone-covered surface area versus bone-free area.

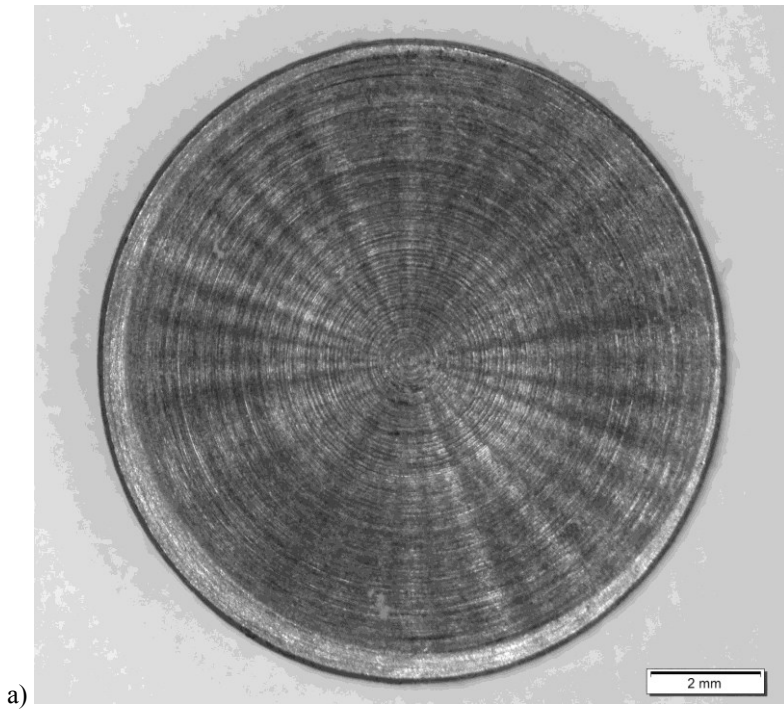
key words: dental implant, laser surface modification, morphology, osseointegration.

Irodalom

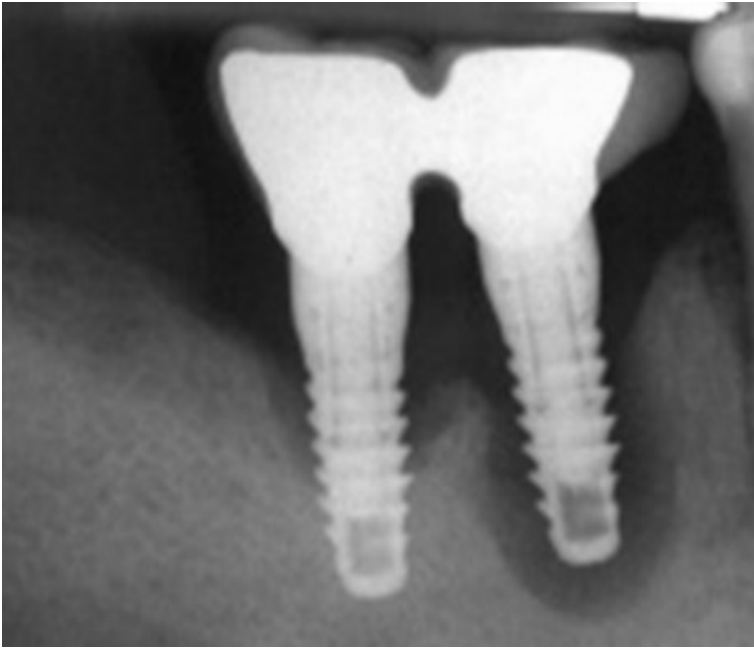
[1] Divinyi T (szerk.): Orális implantológia. Semmelweis Kiadó, Budapest, 2007, 39.

- [2] Joób-F.Á, Divinyi T, Fazekas Á, Daróczi Cs, Karacs A, Pető G: Pulsed laser induced micro and nanosized morphology and composition of titanium dental implants. *J Smart Mater Struct* 2002; 11:819-824.
- [3] Joób-F.Á: Fogászati implantátumok felületi morfológiájának vizsgálata. Semmelweis Egyetem PhD-értekezés. Budapest, 2004.
- [4] Anil S, Anand PS, Alghamdi H, Jansen JA: (2011). *Dental Implant Surface Enhancement and Osseointegration, Implant Dentistry - A Rapidly Evolving Practice*, Prof. Ilser Turkeyilmaz (Ed.), ISBN: 978-953-307-658-4, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/implant-dentistry-a-rapidly-evolvingpractice/dental-implant-surface-enhancement-and-osseointegration>
- [5] Joób-F.Á: Dentális implantátumok körüli csontszövet biológiája, morfológiája, csontintegráció kialakulásának feltételei, I.Bone Management Symposium, Budapest, 2008, szept. (szóbeli közlés)
- [6] Joób-F.Á, Huszár T, Divinyi T, Rosivall L, Szabó Gy: A titán-implantátumok felületi mikromorfológiájának hatása a fibro- és oszteoblaszt sejtek proliferációs aktivitására *Fogorv Szle* 2004; 97: 251-255.
- [7] Muddugangadhar B.C, Amarnath G.S, Tripathi S, Dikshit S, Divya MS: Biomaterials for dental implants: An Overview. *Int J Oral Impl Clin Res* 2011; 2(1):13-24.
- [8] Chen X, Xie L, Chen J, Du R, Deng F: Design and fabrication of custom-made dental implants *J Mechan Sci Tech* 2012; 26:7.
- [9] Bereznai M, Pelsöczy I, Tóth Z, Turzó K, Radnai M, Bor Z, Fazekas A: Surface modification induced by ns and sub-ps excimer laser pulses on titanium material *Biomaterials* 2003; 24:4197-4203.
- [10] Joób-F.Á, Divinyi T, Fazekas Á, Pető G, Karacs A: Fogászati implantátumok felületkezelése nagyteljesítményű lézersugárral. *Fogorv Szle* 2000; 93:169-180.
- [11] Marina S.K, Amardeep K, Andrew T.S, Jonathan L: The use of laser therapy for dental implant surface decontamination: a narrative review of in vitro studies *Lasers Med Sci online pub*: 08-2013
- [12] Park C.Y, Kim S.G, Kim M.D, Eom T.G., Yoo JH, Aki SG. : Surface properties of endosseous dental implants after NdYAG and CO2 laser treatment at various energies. *J Oral Maxillofac Surg* 2005; 63(10): 1522-1527.
- [13] Joób-F.Á, Divinyi T: Fogászati implantátumok felületi morfológiájának elektronmikroszkópos vizsgálata. *Fogorv Szle* 2011; 94:239-245.
- [14] Felületi struktúra titánból vagy titánalapú ötvözetből készült orvosi implantátumon (Surface structure on medical implant made from titanium or titanium based alloy). *Magyar elsőbbségi bejelentés P217111/119*; 1997.

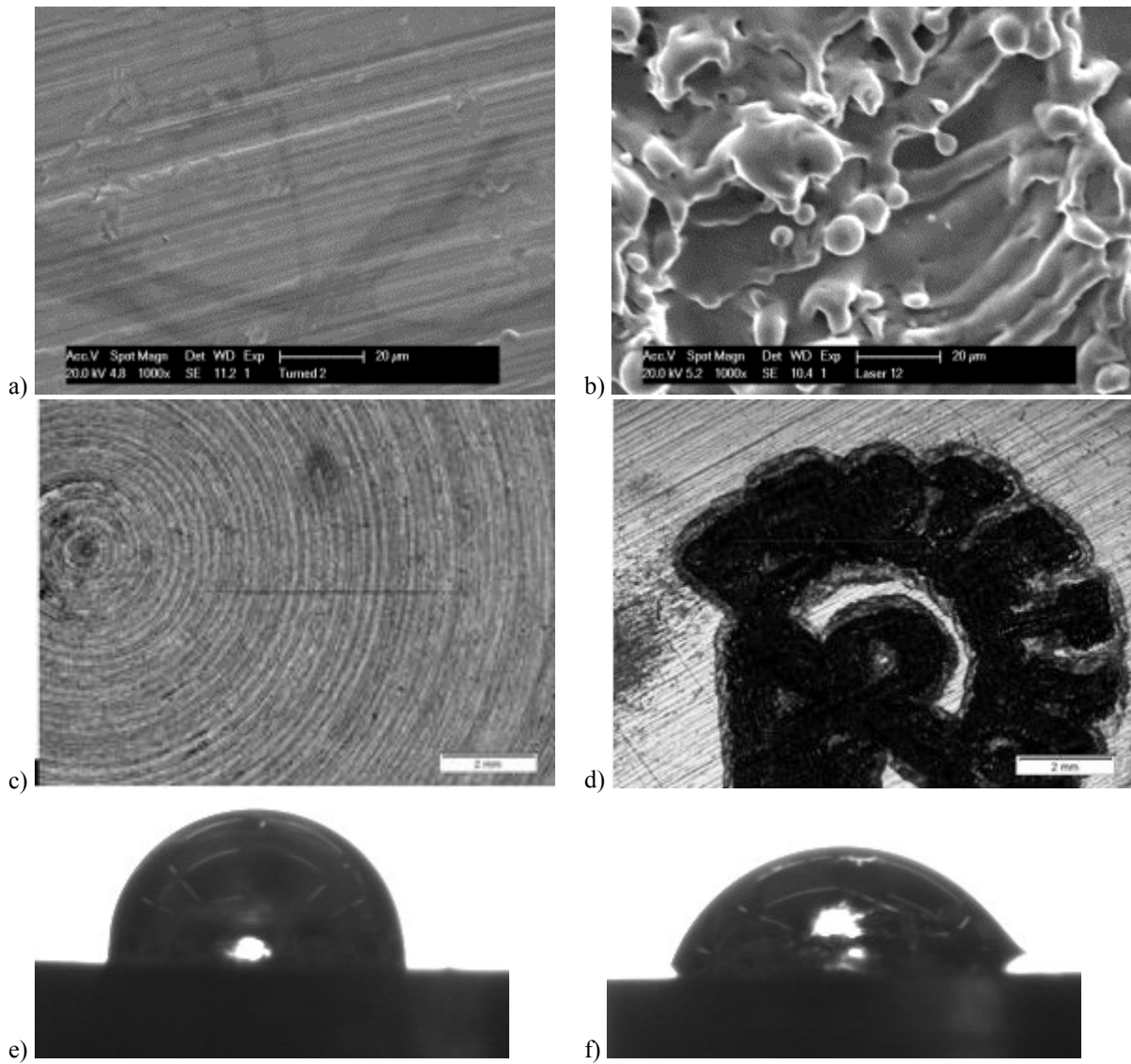
1. ábra. Az esztergált korong (a) és az 1 (b) és 2 (c) jelű explantált implantátumok sztereomikroszkópos felvételei



2. ábra. Az eltávolítás előtt álló implantátumok periapikális felvétele

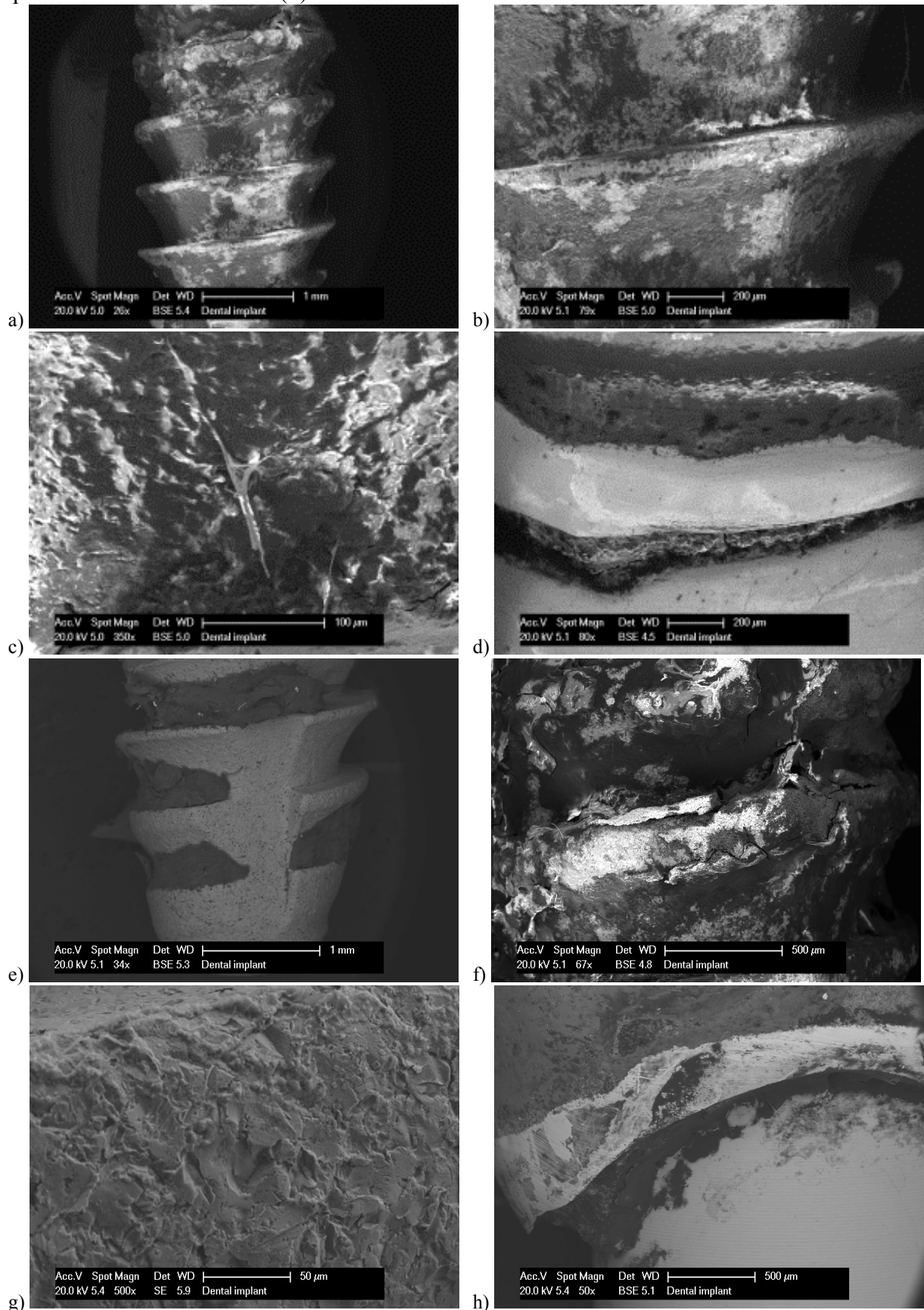


3. ábra. Esztergálással és lézersugaras kezeléssel is ellátott korongok SEM felvételei (a, b), konfokális mikroszkópos felvételei (c, d), valamint peremszögmérés közben készített felvételei (e, f)



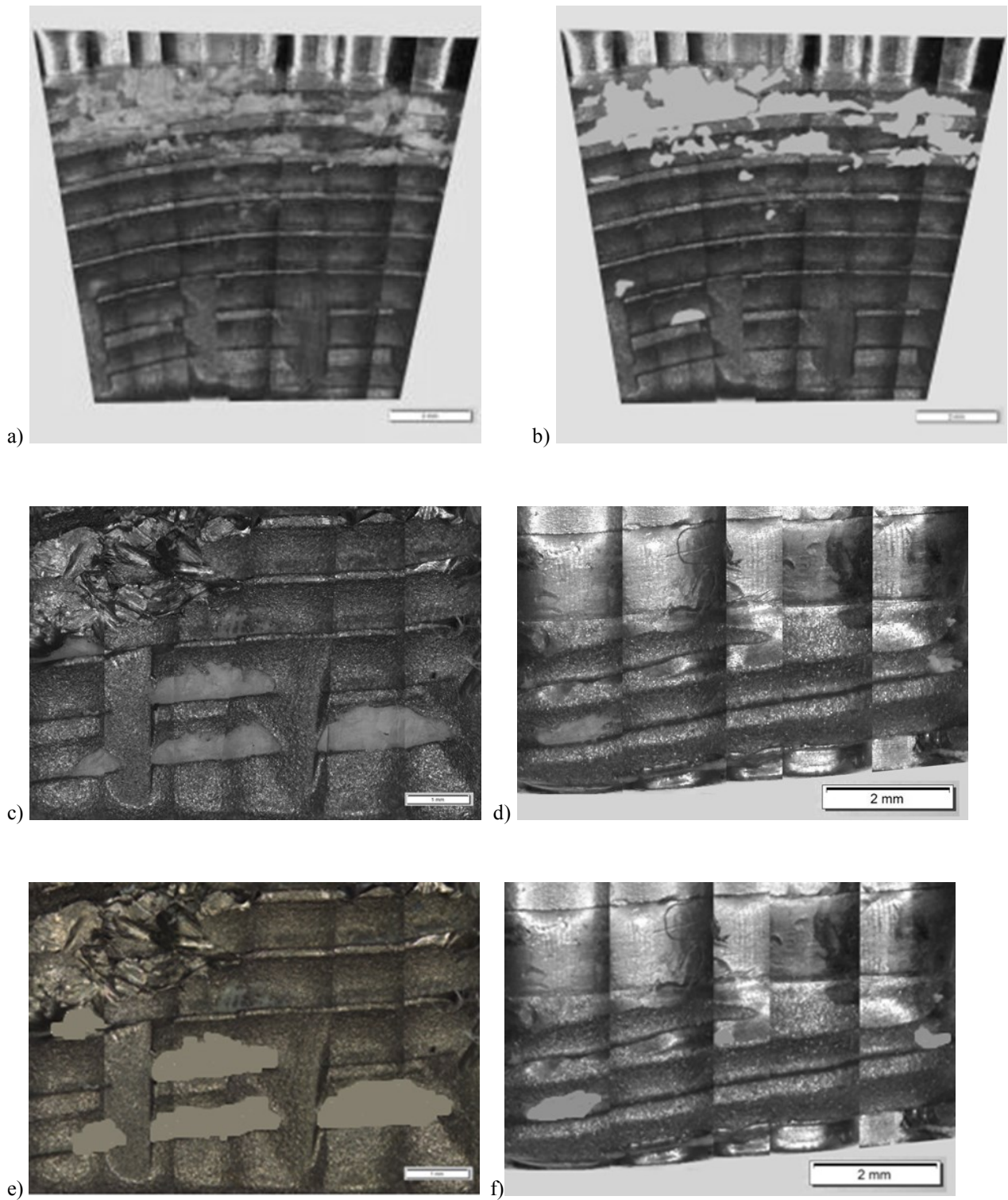
4. ábra. Az eltávolított fogászati implantátumok SEM felvételei, az 1 jelű implantátum csavarmene-
te (a), csontszövettel fedett zóna (b), csontszövet (c), esztergált fejrész és fogkorona csatlakozása
(d), valamint a 2 jelű implantátum koronaoldaltól távolabbi csavarmenetes része (e), csontszövettel

fedett csavarmenet (f), lézersugaras felületátolvasztással kezelt felülete, valamint a korona és az implantátum csatlakozó része (h)



5. ábra. Az 1-es jelű implantátum képelemző-szoftveres felvétele (a) és a csontszövettel fedett zónák elkülönítve (b), valamint a 2-es jelű implantátum alsó menetes részének képelemző-szoftveres

felvétele (c), illetve felső menetes részének képelemző-szoftveres felvétele (d), valamint a csontszövettel fedett zónák elkülönítve (e, f)



I. táblázat. Esztergált és 3 J impulzusenergiával kezelt korongok felületi érdessége és nedvesítési peremszög értékei

Minta típusa	Ra (μm)				Peremszögmérés ($^\circ$)					
	I.	II.	III.	átlag	I.	II.	III.	VI.	V.	átlag
Esztergált felület	1,2	1,0	1,2	1,1 \pm 0,1	78	88	82	86	86	84 \pm 4
Lézersugaras felület	4,1	4,0	3,4	3,8 \pm 0,4	107	116	111	116	112	112 \pm 4