

# Páciensspecifikus implantátumok használata arckoponya-rekonstrukció során

Csóky Gergely dr. ■ Würsching Tamás dr.  
Szentpéteri Szófia dr. ■ Elias-Leon Nolden dr.  
Vaszilkó Mihály dr. ■ Bogdán Sándor dr.

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

Az arckoponya-defektusok rekonstrukciója napjainkban is komoly kihívást jelentő feladat. Ez a terület a komplex anatómiája és sokrétű, összetett funkciói mellett esztétikailag is kiemelt szereppel bír. A helyreállítás során minden esetben törekedni kell az anatómiai vagy azzal funkcionálisan egyenértékű rekonstrukcióra, illetve az arc harmóniájának visszaadására. A modern képalkotó eszközök, tervezőszoftverek és 3D nyomtatók elterjedése következtében a maxillofacialis traumatológiában használt hagyományos titán minilemezek és -csavarok helyét egyre inkább átveszik a páciens egyedi viszonyaira digitálisan tervezett és additív gyártási technológiával legyártott egyedi protézisek. 2010 és 2022 között összesen 11 alkalommal végeztünk arckoponya-, illetve homlokcsont-rekonstrukciót páciensspecifikus implantátum segítségével. A tervezési folyamatot, illetve a klinikai alkalmazás lehetőségeit 2 saját eseten keresztül mutatjuk be. A beültetett implantátumok minden esetben szövődménymentesen gyógyultak, sebgyógyulási zavar vagy kilökődés nem volt tapasztalható. A rekonstrukció a virtuális tervnek megfelelő volt, jelentős esztétikai javulást eredményezve. Eddigi tapasztalataink alapján a páciensspecifikus implantátumok megbízható megoldást jelentenek a maxillofacialis defektusok rekonstrukciójára  
Orv Hetil. 2024; 165(40): 1594–1600.

**Kulcsszavak:** maxillomandibularis rekonstrukció, páciensspecifikus számítógépes modellezés, 3D nyomtatás

## The use of patient-specific implants in maxillofacial reconstruction

The reconstruction of facial skull defects remains a challenging task in our days. In addition to its complex anatomy and multiple complex functions, this area is also of aesthetic importance. In all cases, reconstruction must aim to achieve anatomical or functionally equivalent reconstruction and to restore facial harmony. The advent of modern imaging tools, design software and 3D printers has led to the replacement of traditional titanium miniplates and screws used in maxillofacial traumatology by custom prostheses designed digitally, and manufactured using additive manufacturing technology to suit the patient's individual circumstances. We carried out a total of 11 cases of facial skull and frontal bone reconstruction using patient-specific implants between 2010 and 2022. The design process and the potential for clinical application are presented through two case studies of our own. In all cases, the implants healed without complications, and no wound healing complication or rejection was observed. The reconstruction was aligned with the virtual plan, resulting in a significant aesthetic improvement. Our experiences to date indicate that patient-specific implants represent a reliable option for the reconstruction of maxillofacial defects.

**Keywords:** maxillo-mandibular reconstruction, patient-specific computational modeling, 3D printing

Csóky G, Würsching T, Szentpéteri Sz, Elias-Leon N, Vaszilkó M, Bogdán S. [The use of patient-specific implants in maxillofacial reconstruction]. Orv Hetil. 2024; 165(40): 1594–1600.

(Beérkezett: 2024. június 4.; elfogadva: 2024. június 19.)

### Rövidítések

3D = háromdimenziós; CBCT = (cone-beam CT) kúpsugaras CT; CT = (computed tomography) komputertomográfia; DICOM = (digital imaging and communications in medicine) digitális képalkotás és kommunikáció az orvostudományban; MSCT = (multi-slice CT) többszeletes CT; PEEK = (polyether ether ketone) poli(éter-éter-keton); PET = pozitronemissziós tomográfia; PMMA = poli(metil-metakrilát); PSI = (patient-specific implant) páciensspecifikus implantátum; SLS = (selective laser sintering) szelektív lézerszinterelés; STL = (standard tessellation language) szabványos háromszögleíró nyelv

Az arckoponyasérülések és -defektusok korrekciója nagy kihívást jelentő feladat az azt ellátó sebész számára, mert az anatómiai helyreállítás mellett komoly esztétikai szempontoknak is meg kell felelni. E régió károsodásai jellemzően trauma, daganat vagy veleszületett rendellenesség következtében alakulhatnak ki [1]. A trauma jellegét tekintve mind közlekedési balesetek, mind fizikai erőszak vagy munkahelyi baleset esetén gyakran sérülnek az arckoponya csontjai. Az orrmelléküregek miatti pneumatizáció következtében az arckoponya csontjai nagyon vékonyak, már kisebb erőbehatás esetén is kialakulhat azok fraktúrája. Mivel ezek a törések sokszor a melléküregek felé kommunikálnak, nyílt törésnek számítanak. Nem megfelelő ellátásuk maradandó aszimmetriához, funkciózavarhoz (kettős látás, szemmozgási zavarok, szájnyitási korlátozottság stb.) vezethet [2, 3]. Onkológiai rezektív műtétek után, amennyiben primer rekonstrukció nem lehetséges, szintén visszamaradhat a régióra lokalizáló szövethiány, mely kiterjedhet csupán egy szövetre, de gyakran több szövetféleséget is érintő, ún. „kompozit” defektus alakul ki [4, 5].

Tekintettel arra, hogy ezek a defektusok jelentős esztétikai hátrányt okoznak, és mivel az arcközép (melynek elfedése nem vagy csak korlátozottan lehetséges) kifejezetten hangsúlyos a társadalmi érintkezésben, a beteg számára komoly életminőség-romláshoz vezető, jelentős társadalmi és pszichológiai hatással bírnak. Az esztétikai szempontokon túl fontos megemlíteni, hogy az arckoponya létfontosságú funkciókkal bír: a légzőrendszer és a tápcsatorna bemenetét is képezi, illetve itt helyezkednek el a legfontosabb érzékszerveink is. Ezek optimális működéséhez intakt vagy azzal közel megegyező módon rekonstruált anatómiai alapok kellene. Ahhoz, hogy a betegek kezelésére az ideális megoldást tudjuk kiválasztani, figyelembe kell vennünk a defektus méretét és elhelyezkedését, illetve ismernünk kell a deformitás rekonstrukciójához használt anyagokat és módszereket, valamint a megfelelő műtéti technikát [6].

Az irodalomban számos lehetőség található az arcközép csontos defektusainak helyreállítására, az autológ (saját) csonttól kezdve a különböző biokompatibilis anyagokig, mint például biokerámiák, hidroxilapatit, poli(metil-metakrilát) (PMMA), polietilén, poli(éter-éter-keton) (PEEK), titán stb. [7, 8]. A biokompatibilis anyagok jelentős funkcionális és esztétikai előnnyel bír-

nak az autológ technikákkal szemben. Az autológ szabad csont átültetését követően a csont egy része mindig fel szívódik, reszorbeálódik, melynek mértékét nehéz megjósolni, ezért nagy a kockázata annak, hogy hosszú távon nem lesz megfelelő az esztétikai eredmény. Szintén fontos szempont a donorhelyi morbiditás, hiszen a vételi helyen mindenképp számítani kell hegképződésre, illetve szövődményes esetben egyéb helyi károsodásra, például paraesthesiára is [9]. Az anyagtudomány és a különböző gyártási technikák fejlődésével a koponyadefektusok helyreállításában ma már a napi gyakorlatban is fontos szerepük van a szintetikus anyagoknak [10]. Kiterjedtebb csontdefektusok esetén a leggyakrabban használt anyagok a PMMA cement, illetve a PEEK- és titánlemezek. A 3D nyomtatott titán rigid, jó alakmegtartó képességgel rendelkezik, illetve biokompatibilitása révén a csonttal szorosan kapcsolódik, gyakran integrálódik annak felszínébe. Hátránya a csonttól eltérő hővezető képessége és elaszticitása, valamint színe, mely a vékony lágy részeken keresztül áttűnhet. A PEEK ezzel szemben a csontéhoz hasonló elaszticitási és hővezető képességgel bír, színe miatt nem tűnik át a lágy részeken, viszont a környező szövetekkel nem képes olyan szintű integrációra, mint a titán. A 3D nyomtatás és tervezés elterjedésével az adott beteg anatómiai helyzetére jellemző, egyedi, páciensspecifikus implantátumok (PSI-k) az arc- és állcsontsebészetben a mindennapi klinikai gyakorlat részévé váltak [11–13].

Ma már egyre több megfizethető és költséghatékony 3D nyomtatási technika, illetve tervezőszoftver áll rendelkezésre, hogy az adott klinikai szituációnak megfelelő PSI készülhessen. A részletes tervezési folyamat és a 3D nyomtatás lehetőséget nyújt a pontos és természetes hatású rekonstrukció elvégzésére, javítva mind a funkcionális, mind azt esztétikai eredményt. A 3D tervezés és nyomtatás alkalmazásának járulékos költsége van, ez azonban a műtéti és a hospitalizációs idő csökkentése, illetve a gyorsabb felépülés következtében mégis az ellátás költségének csökkenését eredményezheti.

A craniomaxillofacialis rekonstrukciók esetében a pontos műtéti tervezés lehetősége szintén új perspektívákat nyitott meg. A hagyományos, nagy sugárterheléssel járó többszeletes CT (MSCT) mellett ma már könnyen és kedvezőbb áron elérhetőek a kis sugárterheléssel járó kúpsugaras CT-k (cone beam CT – CBCT), amelyek nagy felbontású képet tudnak szolgáltatni a csontos struktúrákról [14, 15]. A CBCT-adatok virtuális 3D vizualizációs képessége lehetővé teszi az érintett terület pontos elemzését. A 3D tervezés növeli a hatékonyságot, a pontosságot és a reprodukálhatóságot, de nem garantálja a tökéletes műtéti eredményt [16, 17].

A craniofacialis régió komplex topográfiai viszonyokkal és az anatómiához kapcsolódó funkciókkal rendelkezik, ezért a végleges rekonstrukció elvégzése előtt az adott probléma átfogó megközelítése szükséges. A műtét előtti tervezés, a beavatkozás virtuális szimulációja segít az optimális eredmény elérésében [18]. Fontos

azonban kiemelni, hogy a mai CT/CBCT alapú tervezés alapvetően a csontos struktúrák helyreállításában nagy segítség, de a helyi lágyrész-viszonyokkal kapcsolatban nem ad pontos támpontot. Ezek felmérése és a megfelelő sebészi technikák ismerete elengedhetetlen a beültetett implantátum hosszú távú sikerességéhez, mivel elegendő lágyrész-fedés hiányában az implantátumok szabaddá válhatnak és kilökődhetnek.

### Az esetek ismertetése

A Semmelweis Egyetem Arc-Állcsont-Szájsebészeti és Fogászati Klinikáján 2010 és 2022 között összesen 11 betegnél végeztünk arckoponya-, illetve homlokcsont-rekonstrukciót PSI segítségével. Az implantátumok tervezése házon belül történt a későbbiekben ismertetett ingyenes tervezőprogrammal. A defektus 10 esetben poszttraumas volt, a maradék 1 esetben a páciensek onkológiai kezelés részeként korábban rezektív műtéten estek át. 9 esetben primer, a többi esetben szekunder rekonstrukció történt. A következőkben a Klinikánkon használt technikát 2 esetbemutatáson keresztül illusztráljuk. Korábban már mindkét páciens átesett a maxillofacialis régiót érintő rekonstrukciós műtéten, ezek azonban nem hoztak megfelelő esztétikai eredményt. Ez volt a fő oka annak, hogy szekunder rekonstrukciós műtetre került sor. A korábbi beavatkozások mindkét esetben az arc lágy szövetei egyoldali csontos alátámasztásának elvesztését okozták, ami az arc- és a homlokrégió aszimmetriájához vezetett.

#### Első beteg

Az első beteg egy 49 éves férfi, aki 8 évvel korábban munkahelyi balesetet szenvedett: robbanás történt, amely a bal járomcsont és szemüreg komplexum szilánkos törését, valamint a bal szemgolyó elvesztését idézte elő. Balesete után egy területileg illetékes traumatológiai központban részesült elsődleges ellátásban. A margo infraorbitalén, a járomíven és a járomcsont processus frontalisán minilemez osteosynthesis történt 2.0-s minilemezekkel, az orbitaalap rekonstrukciójához pedig titánhálót alkalmaztak. A beteg szemprotézist is kapott. Posztoperatív gyulladás következtében a beültetett lemezek egy részét el kellett távolítani, és az érintett csontok részleges felszívódása miatt defektus maradt vissza. Ezt követően a páciens két további műtéten esett át a területi Arc-Állcsontsebészeti Osztályon, melyek során a csípőlapátból származó autológ corticalis csont és hagyományos titán minilemezek felhasználásával a defektus rekonstrukcióját és az esztétikai eredmény javítását tervezték. Egyik esetben sem használtak PSI-t, és a látható aszimmetria megmaradt. Az aszimmetriát a részben hiányzó és caudalisan diszlokált járomcsont okozta, ami az arckontúr elvesztéséhez és a bal szemüreg rossz alátámasztásához vezetett. Mivel a megmaradt csontok repositionálására, illetve a csontmennyiség növelésére irányu-

ló korábbi beavatkozások kudarcot vallottak, a terület erősen hegesedett. Ezek a körülmények vezettek ahhoz a döntéshez, hogy a laterális orbitakeret és a járomcsont-defektus helyreállításához PSI-t alkalmazzunk (1. és 2. ábra).

#### Második beteg

A páciens egy 77 éves férfi, aki 2019-ben jelentkezett Klinikánkon a jobb homlokcsont tájékán kialakult, nem gyógyuló fekélyrel, amely szövettani vizsgálat során lap-hámsejtes carcinomának bizonyult. A preoperatív CT-vizsgálat szerint a daganat a homlokcsont elülső falát beszűrte. Mivel a képalkotó vizsgálatok alapján nem volt jele regionális vagy távoli áttétnek, az onkoteam döntése értelmében a műtétnél az első ülésben nyaki blokkdissectio nem történt. A daganat radikális eltávolítása során a sinus frontalis elülső falának részleges rezekcióját végeztük, a defektus fedése helyileg elforgatott bőrlebenyekkel történt. A posztoperatív szövettani vizsgálat több mint 5 mm-es negatív széleket igazolt, az onkológiai team



1. ábra | Az első páciens preoperatív fotója. Az oldalsó orbitakeret hiánya jól látható.



2. ábra | Az első páciens kúpsugaras komputertomográfiai felvételének háromdimenziós rekonstrukciója

döntése értelmében a beteg nem részesült adjuváns kezelésben. A rendszeres onkológiai utánkövetés keretében havonta klinikai kontroll és háromhavonta a fej-nyaki régió 'staging' CT-vizsgálata történt. A hat hónappal az első műtét után végzett PET/CT nem mutatott recidívát. Ezután jöhetett szóba a beteget zavaró, esztétikailag hátrányos, a homlok és a margo supraorbitale területére lokalizálódó, csontos defektus rekonstrukciójának tervezése. Mivel a lágyszövetek szintjén nem volt jelentős hiány, a homlokcsontdefektus pótlására titán-PSI mellett döntöttünk (3. és 4. ábra).

A műtét előtti tervezés mindkét esetben radiológiai képalkotással kezdődött. A teljes koponyáról CBCT-felvételek készültek Planmeca Promax 3D Max készülékkel (Helsinki, Finnország), a következő beállításokkal: voxelméret: 0,4 mm, csőfeszültség: 90 kV, csőáram: 5,6 mA. Az első beteg esetében a korábban beültetett titánlemezek és -háló miatt kialakuló radiológiai műtermékek miatt azok szoftveres redukciója történt.

A DICOM-adatokat a 3D Slicer ([www.slicer.org](http://www.slicer.org)) programba importáltuk: ez olyan ingyenes szoftver, amellyel a CBCT-felvételek alapján lehetséges a különböző anatómiai struktúrák 3D szegmentálása [19]. A szegmentálást a Segment Editor modul Threshold eszközével végeztük, a küszöbértéket elég magasra állít-

va ahhoz, hogy csak a csontok (és az első betegnél a korábban behelyezett titánlemezek) kerüljenek a szegmensbe. A szegmentált koponyát STL- (standard tessellation language) formátumban exportáltuk.

Az STL-fájlokat ezután importáltuk a Meshmixer nevű programba (Autodesk Inc., San Rafael, CA, USA), amely egy virtuális sebészeti tervezéshez is használt ingyenes szerkesztőprogram. Mivel a defektus mindkét esetben egyoldali volt, az egészséges oldalt lehetett referenciaként használni az implantátum tervezése során. A Mirror eszközzel az ép oldalt tükrözni és a defektusra szuperponálni lehetett.

Boole-transzformációkat, valamint az Extrude/Extract és RobustSmooth eszközöket használtuk az implantátum megtervezéséhez, amely úgy fedte a defektust, hogy az hasonlítson az egészséges oldalhoz. A munkafolyamat részletes leírása meghaladja e cikk kereteit. A terv véglegesítése után az implantátumok 3D modelljét STL-formátumban exportáltuk (5. és 6. ábra).

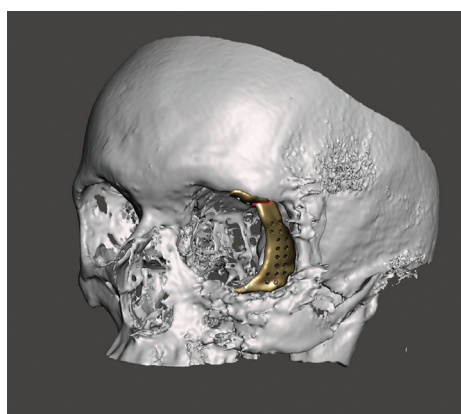
Az implantátumok nyomtatása SLS- (szelektív lézerszinterezés) technikával történt Sisma MySint 100 RM nyomtatóval (Piovene Rocchette, Olaszország) Ti6Al4V ötvözetből. Ez a titánminőség kiváló tartósságot és biokompatibilitást mutat, és széles körben használják a maxillofacialis régióban a PSI-k anyagaként. A nyomtatás



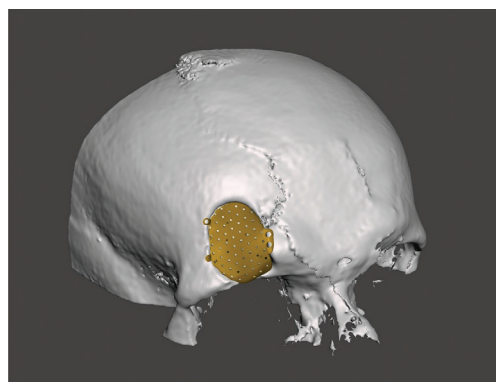
3. ábra | A második páciens preoperatív fotója. A homlokcsonti defektus és -aszimmetria jól látható



4. ábra | A második páciens kúpsugaras komputer-tomográfias felvételének háromdimenziós rekonstrukciója



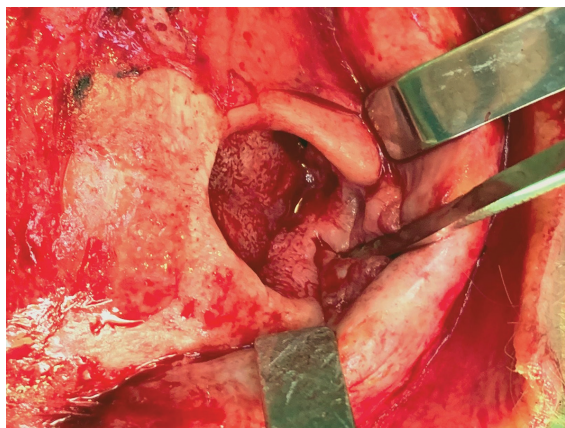
5. ábra | Az első páciens rekonstrukciós terve, az implantátum aranszínben



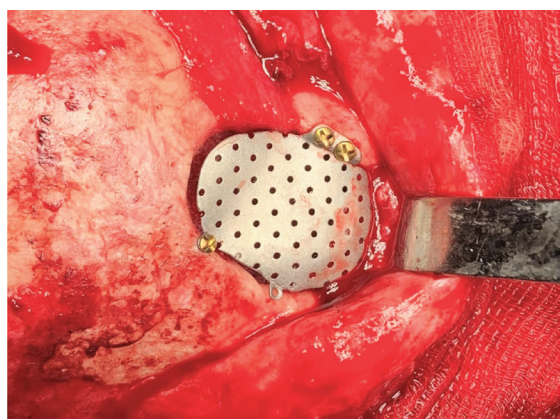
6. ábra | A második páciens rekonstrukciós terve, az implantátum aranszínben látható

után az implantátumokat homokfúvással és savmaratással kezelték a felületi tulajdonságok javítása és a jobb sejtadhézió érdekében. Izopropil-alkoholos fürdőben történő alapos tisztítás után az implantátumokat autoklávban sterilizáltuk (121 °C, 1 atm, 20 perc).

A műtétek intratrachealis narkózisban történtek. Annak elkerülésére, hogy a hegvonal az implantátum fölé essen – ami sebgyógyulási zavar esetén az implantátum



7. ábra | A második páciens intraoperatív képe, a homlokcsonti hiány jól látható



8. ábra | Intraoperatív kép a páciensspecifikus implantátum behelyezése után



9. ábra | Az első páciens posztoperatív képe

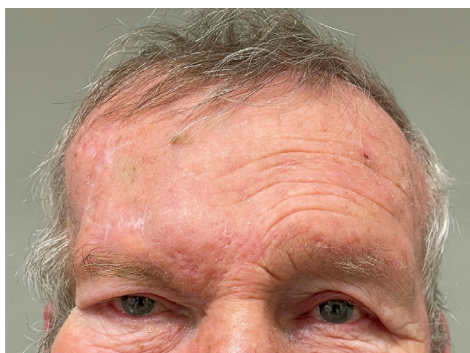
későbbi expozíciójához vagy elvesztéséhez vezethet –, mindkét esetben koronális feltárást alkalmaztunk. A defektus feltárása után az implantátumokat behelyeztük, és Medartis 2.0 titán minicsavarokkal rögzítettük (Medartis AG, Bazel, Svájc) (7. és 8. ábra). Végül réteges sebzés történt poliglaktin és polipropilén varratokkal. A betegek perioperatív antibiotikumkezelésben is részesültek (amoxicillin + klavulánsav, 875/125 mg, naponta kétszer).

## Megbeszélés

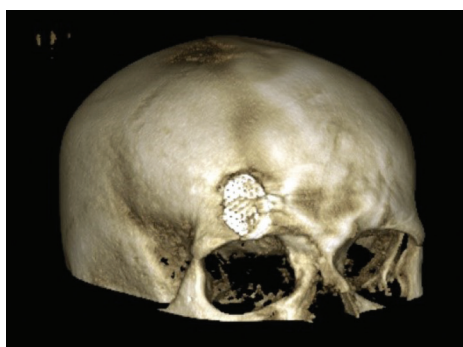
Mindkét beteg gyógyulása eseménymentesen zajlott, a második posztoperatív napon kontroll-CBCT-vizsgálatot végeztünk a posztoperatív eredmények és a virtuális tervek összehasonlítására. A felvételek ugyanazzal a készüléssel és beállításokkal készültek, mint a tervezési fázisban. Az implantátumok a tervezettnél megfelelő helyzetben voltak, a virtuális tervhez képest minimális eltérésekkel. A műtét során nem használtunk pozicionáló eszközt vagy navigációs rendszereket, így az implantátumok behelyezése kizárólag vizuális kontroll mellett történt. A betegeket a műtét után szorosán követtük, kontrollra az első és harmadik héten, majd a műtét utáni harmadik és hatodik hónapban, valamint egy évvel később került sor. A kontrollvizsgálatok során gyulladás, sebgyógyulási zavar vagy az implantátum kilökődése nem volt tapasztalható. Az első beteg esetében az orbita-anatómia megváltozása miatt a páciens szemprotézise elfordult, és ez aszimmetriához vezetett. A műtétet követően a beteg csereprotézist kapott. A második beteg nem részesült további onkológiai kezelésben, és az egyéves követési időszak alatt nem tapasztaltunk recidívát (9–12. ábra).



10. ábra | Az első páciens posztoperatív kúpsugaras komputertomográfiai felvételének háromdimenziós rekonstrukciója



11. ábra | A második páciens posztoperatív képe



12. ábra | A második páciens posztoperatív kúpsugaras komputertomográfiai felvételének háromdimenziós rekonstrukciója

A részletezett 2 eseten felül még összesen 9 páciens arckoponya-defektusának rekonstrukcióját végeztük Klinikánkon PSI-vel. Az implantátumok tervezése és kidolgozása a fentiekhez hasonló módon történt, kilökődést, funkcionális, esztétikai zavart, illetve egyéb szövődményt az utánkövetés alatt egy esetben sem észleltünk.

## Következtetés

Bár az arckoponya-defektusok esztétikai rekonstrukciójára számos lehetséges megoldás létezik, a titánból készült, páciensspecifikus implantátumok használata egyre népszerűbb a plasztikai és rekonstrukciós sebészetben. A titán és ötvözetek biokompatibilisek, nagy pontossággal gyárthatók, és kellő stabilitással rendelkeznek a koponyadefektusok rekonstrukciójához. Titánimplantátumok alkalmazásakor alapvető fontosságú, hogy megfelelő mennyiségű és minőségű lágy szövet fedje az implantátumot, ellenkező esetben szabaddá válhat. A rekonstrukció megtervezése a defektus és a környező struktúrák tomográfiai képalkotásán alapul, mindennapi gyakorlatunkban a preferált modalitás a kúpsugaras CT: az elnyelt sugárzás sokkal kisebb a hagyományos többszeletes CT-vizsgálatokhoz képest, de a csontos anatómia így is kiválóan látható. Az egyoldali defektus rekonstrukciójának tervezésekor az egészséges oldal referenciaként történő tükrözése szintén hasznos módszernek bizonyult [20]. Eddigi tapasztalataink alapján a 3D nyomtatott, páciensspecifikus titánimplantátumok

precízek, kiváló biokompatibilitást mutatnak, és megbízható megoldást jelentenek a maxillofacialis defektusok rekonstrukciójára [21].

*Anyagi támogatás:* A dolgozat megírása, illetve a kapcsolódó kutatómunka anyagi támogatásban nem részesült.

*Szerzői munkamegosztás:* Cs. G., W. T.: A publikáció megírása. Sz. Sz.: Irodalmi adatok gyűjtése. V. M.: A képek és ábrák formázása, gyűjtése. E.-L. N.: Irodalmi adatok gyűjtése. B. S.: Ötletadó, szakmai véleményezés. A cikk megírásában az első és a második szerző egyenlő mértékben vett részt. A közlemény végleges változatát valamennyi szerző elolvasta és jóváhagyta.

*Érdekltségek:* A szerzőknek nincsenek érdekltségeik.

## Irodalom

- [1] Sesqué A, Dang NP, Coste A, et al. Orbitofrontal reconstruction with a three-dimensional titanium patient-specific implant after intraosseous haemangioma resection. *J Craniofac Surg.* 2021; 32: e69–e72.
- [2] Klenk G, Katona J, Kenderfi G, et al. Orbital compartment syndrome. The most frequent cause of blindness following facial trauma. [Orbitakompartment-szindróma. Arcot ért trauma következtében leggyakrabban vakságot okozó állapot.] *Orv Hetil.* 2017; 158: 1410–1420. [Hungarian]
- [3] Soós B, Janovics K, Tóth Á, et al. The role of occlusal support and lower third molars in mandibular angle and condylar fractures. [A bölcsességfog és az occlusio szerepének vizsgálata a mandibulaangulus és -condylus töréseiben.] *Orv Hetil.* 2020; 161: 1166–1174. [Hungarian]
- [4] Rice DH. Management of frontal sinus fractures. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2004; 12: 46–48.
- [5] Helmers R, Klop C, Schreurs R, et al. Minimally invasive treatment with a patient specific implant in reconstruction of isolated anterior wall fracture of the frontal sinus. *J Craniofac Surg.* 2021; 32: 341–344.
- [6] Chattopadhyay C. Reconstruction of acquired frontal bone defects using titanium mesh implants: a retrospective study. *J Maxillofac Oral Surg.* 2019; 18: 34–39.
- [7] Chauhan D, Chattopadhyay PK, Thakur A. Reconstruction of cranial defect with patient-specific implants: four different cost-effective techniques. *Natl J Maxillofac Surg.* 2022; 13: 136–142.
- [8] Zanotti B, Zingaretti N, Verlicchi A, et al. Cranioplasty: review of materials. *J Craniofac Surg.* 2016; 27: 2061–2072.
- [9] Sass T, Bálint G, Kofföl T, et al. Augmentation of the vertical bone defects of the mandible and maxilla with autogenous bone block. A retrospective study with follow-up. [A mandibula és a maxilla vertikális csonthiányainak autológ csontblokkal végzett augmentációja. Utánkövetéses retrospektív tanulmány.] *Orv Hetil.* 2022; 163: 558–563. [Hungarian]
- [10] Williams LR, Fan KF, Bentley RP. Custom-made titanium cranioplasty: early and late complications of 151 cranioplasties and review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2015; 44: 599–608.
- [11] Nyberg EL, Farris AL, Hung BP, et al. 3D-printing technologies for craniofacial rehabilitation, reconstruction, and regeneration. *Ann Biomed Eng.* 2017; 45: 45–57.
- [12] Ha SH, Choi JY. Restoration of facial bone defect using patient-specific implant. *J Craniofac Surg.* 2022; 33: 2063–2066.

- [13] Hajibandeh J, Lee C. Patient-specific implants in orbital reconstruction. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2022; 30: 230–235.
- [14] Viczei A, Lapis I, Kiss G, et al. Could the head CT scans be reduced for patients with minor head injury in the emergency practice? [Lehetne-e csökkenteni az enyhe koponyasérültek sürgősségi koponya-CT-vizsgálatainak számát?] *Orv Hetil.* 2024; 165: 538–544. [Hungarian]
- [15] Szabó B, T. Szabó V, Fráter M. Application of digital technique in the diagnosis of periodontal diseases and in surgical planning. [Digitális technika alkalmazása parodontális betegségek diagnosztikájában és a sebészi megoldás tervezésében.] *Orv Hetil.* 2022; 163: 1005–1011. [Hungarian]
- [16] Steinbacher DM. Three-dimensional analysis and surgical planning in craniomaxillofacial surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2015; 73(12 Suppl): S40–S56.
- [17] Abo Sharkh H, Makhoul N. In-house surgeon-led virtual surgical planning for maxillofacial reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg.* 2020; 78: 651–660.
- [18] Zoabi A, Redenski I, Oren D, et al. 3D printing and virtual surgical planning in oral and maxillofacial surgery. *J Clin Med.* 2022; 11: 2385.
- [19] Kikinis R, Pieper SD, Vosburgh KG. 3D Slicer: a platform for subject-specific image analysis, visualization, and clinical support. In: Jolesz FA. (ed.) *Intraoperative imaging and image-guided therapy.* Springer, New York, NY, 2014; pp. 277–289.
- [20] Liokatis P, Malenova Y, Fegg FN, et al. Digital planning and individual implants for secondary reconstruction of midfacial deformities: a pilot study. *Laryngoscope Investig Otolaryngol.* 2022; 7: 369–379.
- [21] Mayo W, Mohamad AH, Zazo H, et al. Facial defects reconstruction by titanium mesh bending using 3D printing technology: a report of two cases. *Ann Med Surg (Lond).* 2022; 78: 103837.

(Würsching Tamás dr.,  
Budapest, Mária u. 52., 1085  
e-mail: [wursching.tamas@semmelweis.hu](mailto:wursching.tamas@semmelweis.hu))

„*Non turpis est cicatrix quam virtus parit.*”  
(Nem rút a sebhely, ha érény szerezte.)

A cikk a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) feltételei szerint publikált Open Access közlemény, melynek szellemében a cikk bármilyen médiumban szabadon felhasználható, megosztható és újraközölhető, feltéve, hogy az eredeti szerző és a közlés helye, illetve a CC License linkje és az esetlegesen végrehajtott módosítások feltüntetésre kerülnek. (SID\_1)