

## CSÍPŐÍZÜLETI VÁPADEFEKTUS-KLASSZIFIKÁCIÓ MEGJELENÍTÉSE 3D NYOMTATÁSSAL KÉSZÜLT MODELLEK SEGÍTSÉGÉVEL

Kovács Ágnes Éva<sup>1</sup>, Csernátory Zoltán<sup>1</sup>, Szabó Dániel<sup>1</sup>, Csámer Loránd<sup>1</sup>,  
Somoskeöy Szabolcs<sup>2</sup>, Manó Sándor<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem Általános Orvostudományi Kar, Ortopédiai Tanszék Biomechanikai  
Laboratórium

<sup>2</sup> Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar, Ortopédiai Klinika



DOI: 10.17489/biohun/2022/2/563

### Absztrakt

A vápa körül kialakult periprotetikus medencedefektusok osztályozására több besorolási rendszer is létezik melyek közül a Paprosky által kidolgozott klasszifikáció 3D nyomtatáson alapuló modelljezését és szemléltetését tűztük ki célul.

Munkánk eredményeképpen térbeli röntgentechnikával készített 3D modellek módosításával elkészítettük a vápadeфекtusokra alkalmazott Paprosky klasszifikáció tagjainak digitális, majd 3D nyomtatással előállított modelljeit, valamint megterveztünk és legyártottunk egy fal tartórendszert is a modellek számára. Modellgyűjteményünk széleskörűen felhasználható, hiszen az orvostanhallgatóknak, rezidenseknek, szakorvosjelölteknek és a betegeknek is segítséget nyújthat a vápadeformitások térbeli szerkezetének, illetve a klasszifikációs besorolási kritériumainak megértésében.

**Kulcsszavak:** 3D nyomtatás, Paprosky klasszifikáció, vápadeфекtusok, EOS

DEMONSTRATION OF ACETABULAR DEFECT CLASSIFICATION WITH 3D PRINTED MODEL COLLECTIONS

### Abstract

There are several classification systems for the classification of defects around acetabular region, among which we aimed to model and visualize the periprosthetic pelvic defect classification developed by Paprosky based on 3D printing.

As a result of our work, by modifying 3D models using a spatial X-ray technique, we have produced digital and 3D printed models of the members of Paprosky's classification applied for the acetabular defects, and we have designed and fabricated a wooden wall mounting system to the models. Our collection of models has a wide range of uses, as it can help medical students, residents, specialist trainees and patients to understand the spatial structure of the acetabular deformities and the classification criteria for the classification.

**Keywords:** 3D printing, Paprosky classification, acetabular defects, EOS

**\*Levelező szerző elérhetősége:** Debreceni Egyetem Általános Orvostudományi Kar, Ortopédiai Tanszék Biomechanikai Laboratórium, H-4032 Debrecen, Nagyerdei krt. 98. **E-mail:** [kovacs.agnes.eva@med.unideb.hu](mailto:kovacs.agnes.eva@med.unideb.hu) **Tel.:** +36 52 255-815, **Citáció:** Kovács ÁÉ, Csernátory Z, Szabó D, Csámer L, Somoskeöy S, Manó S. Csípőízületi vápadeфекtus-klaszifikáció megjelenítése 3D nyomtatással készült modellek segítségével. Biomech Hung. 2022; 15(2):43-8.

**Béérkezés ideje:** 2022.11.04. **Elfogadás ideje:** 2022.12.07.

## BEVEZETÉS

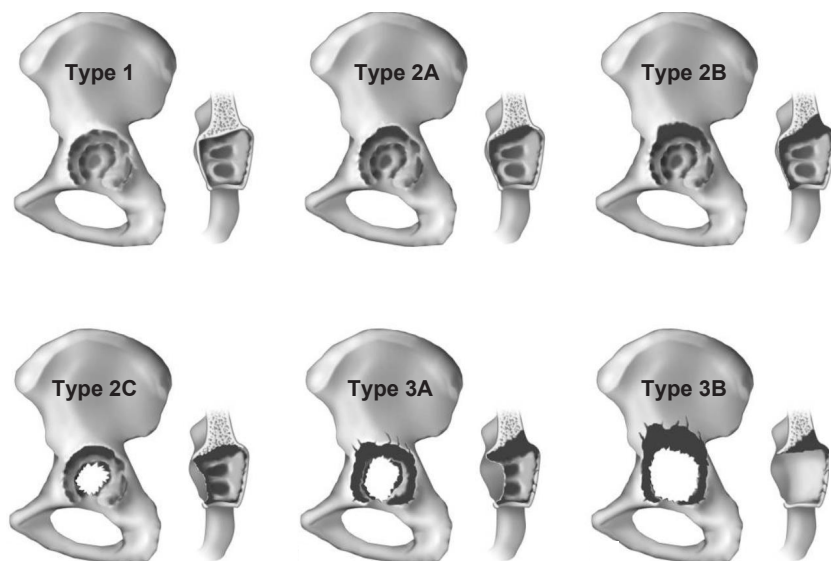
Az Additive Manufacturing technológia mintegy 30 éve jelent meg, forradalmasítva az ipar prototípuskészítéssel, majd a gyártással foglalkozó területeit is. A sokféle előállítási eljárást felölelő, ma már egyszerűbben 3D nyomtatásnak nevezett módszer azóta is folyamatosan fejlődik. Sok, az ipartól távoli szakmában és tudományterületen is a hétköznapiak részévé vált.<sup>1</sup>

A határterületi megjelenés az orvosi gyakorlatban is egyre elterjedtebb. Az ortopédia, mozgásszervi és idegsebészet és a neurotraumatológia azon szakterületek közé tartozik, ahol az Additive Manufacturing technológia eddig szinte megoldhatatlan, vagy csak rendkívüli költségekkel kivitelezhető esetek high-tech, ugyanakkor költségkímélőbb megoldását teszi lehetővé.<sup>2,3</sup> A módszernek a mozgásszervi sebészetben a műtéti tervezésnél és az egyedi megoldásokat igénylő műtéteknél van a legnagyobb jelentősége.

A bonyolult csípőízületi protézisműtétek (csontfelszívódással járó vápalazulás, medencetörés utáni deformitás, veleszületett súlyos mértékű csípőficam, tumor rezekció utáni állapot) esetében a módszer segítségével olyan esetek is felvállalhatókká váltak, amelyek megoldása korábban lehetetlen vagy esetleges volt.

Napjainkban egyre sokasodik azon csípőízületi revíziós műtétek száma, ahol jelentős vápa körüli csont destrukció alakult ki. Ennek az állapotnak a jellemzésére legerjedtebben Wayne G. Paprosky stádium beosztását (1. ábra) alkalmazzák világszerte.<sup>4</sup>

Egy korábbi hasonló projektünk<sup>5</sup> sikerességére alapozva pályázati kereteken belül célkitűzésként azt fogalmaztuk meg, hogy a Paprosky által kidolgozott periprotetikus medencedefektusokat kategorizáló klasszifikáció 3D nyomtatáson alapuló modelljeit hozzuk létre, melyek mind az oktatásban, mind a műtéti tervezésben fontos segítséget jelenthetnek.



1. ábra. Wayne G. Paprosky medencedefektus klasszifikációja

## MÓDSZER

## Az EOS röntgenberendezés

A modellgyűjtemény létrehozásához szükséges valós beteganyagon alapuló adatokat a Pécsi Tudományegyetemen üzemelő EOS (EOS Imaging, Paris, France) röntgenberendezés biztosította. A rendelkezésünkre álló adatbázisból egy, a Paprosky klasszifikáció alapjának megfelelő, egészséges medencét választottunk ki. Az egészséges medencéből alakítottuk ki különböző szerkesztési lépések során a Paprosky besorolás hat defektusos tagját.

Az EOS képalkotó berendezés a páciensről álló helyzetben készít frontális és oldal irányú röntgenfelvételt, amelyből speciális algoritmusok alkalmazásával 3D rekonstrukciót készít a lábszárról, a patelláról, a femurről, a medencéről és a csigolyákról<sup>6</sup> (2. ábra). A medence 3D modellje *wrl* formátumban kinyerhető a rendszerből, ami az általunk tervezett medencemodellekhez szükséges.

## Modellezés

A modellgyűjtemény létrehozása során az EOS berendezés saját szoftverén kí-

vül (SterEOS programcsomag) a 3-Matic (Materialise, Leuven, Belgium) programot használtuk. A modellek elkészítése előtt, illetve a kész modellek ellenőrzése érdekében rendszeres szakorvosi konzultációk történtek.

Mivel a Paprosky klasszifikáció képi megjelenítésén (1. ábra) a bal medencefelek láthatóak, azért az egyszerűség kedvéért munkánk során a bal medenceféllel dolgoztunk. Az első lépés ezért az egészséges teljes medence szoftveres kettévágása volt, ennek eredményeképpen kaptuk meg a további munka elvégzéséhez szükséges kiindulási fél medencét.

A Paprosky klasszifikáció hat elemből épül fel, melyet kiegészítettünk egy egészséges medence modelljével. Az egészséges medence egyrészt referenciaként szolgált, másrészt a defektusos modellek szerkesztésének alapjaként is, mert a digitális modellek végleges állapotát egymásból való szerkesztéssel alakítottuk ki (3. ábra), ami a következőképpen alakult:

- *Type 0*: Egészséges medence (nem része a Paprosky klasszifikációnak, a modellek szerkesztésének alapja, digitális és 3D nyomtatott módon is dolgoztunk vele)



2. ábra. EOS röntgenberendezés és 3D rekonstrukció<sup>7</sup>



- *Type 1*: az egészséges medencéből kialakítva
- *Type 2A*: a *Type 1* modellből kialakítva
- *Type 2B*: a *Type 2A* modellből kialakítva
- *Type 2C*: a *Type 2A* modellből kialakítva
- *Type 3A*: a *Type 2C* modellből kialakítva
- *Type 3B*: a *Type 3A* modellből kialakítva

Az egyes digitális modellek elkészítéséhez többek között translációs, rotációs, anyag addíciós és szubsztrakciós lépéseket is végeztünk (3. ábra).

Az összes digitális modell elkészülése után következett a modellek felületének egységesítése, simítása, hiszen itt a valódi defektus modellezésén kívül esztétikai szempontoknak is meg kellett felelni. Ezután a modellek feliratozása következett a beazonosíthatóság megkönnyítése érdekében: *0*; *1*; *2A*; *2B*; *2C*; *3A*; *3B* jelzésekkel.

A hét elemből álló modellgyűjteményt fali tartón elhelyezett, de külön-külön mozgatható, kézbe vehető modellekkel képeltük el, a látványterveket ez alapján készítettük az Inventor Professional 2022 szoftverrel renderelve (Autodesk, San Rafael, USA).

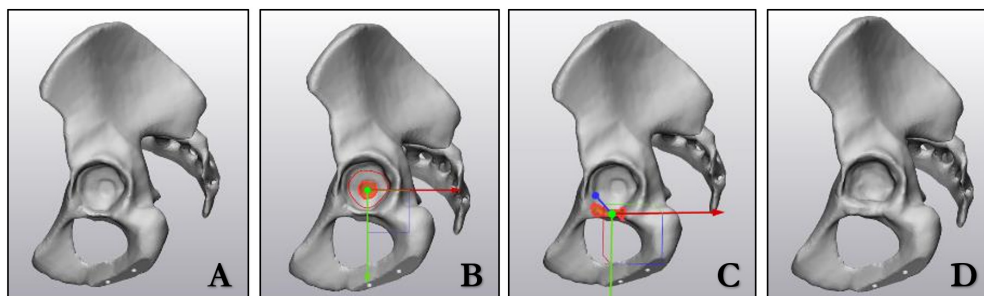
A digitális modellek 3D nyomtatásakor a Debreceni Egyetem Biomechanikai Laboratóriumban több 3D nyomtatót és nyomtató

anyagot is kipróbáltunk annak kiderítése érdekében, hogy melyikkel lehetne előállítani a leginkább valóságos és esztétikus modelleket. Választásunk végül az F270 (Stratasys, Revohot, Israel) 3D nyomtatóra esett, amivel 1:1 méretarányban nyomtattuk ki a modelleket. A nyomtatott modellek anyaga akril-sztirol-akrilonitril (ASA), színe „Ivory”, a tartórendszer alapanyaga fa.

A sérült csontállomány még élethűbb ábrázolása érdekében a kinyomtatott modelleket vápamarókkal, ráspollal és csiszolóval véglegesítettük.

## EREDMÉNYEK

A projekt megvalósulása során a Paprosky klasszifikációnak megfelelően kialakítottunk hat defektusos félmedencét és nulladik elemként a modellgyűjteményhez illesztettük az egészséges anatómiát bemutató félmedencét. Elkészült a teljes, hét tagból álló digitális modellgyűjtemény (4. ábra), valamint a tartóval kiegészített látványterv (5. ábra). Mindezeket, valamint a medence modellek alatti forgótányért 3D nyomtatással tettük kézzelfoghatóvá (6. ábra). A projekt utolsó mozzanataként összeállításra került a falra akasztható tartóállvány is, amely lehetővé teszi a modellek szemléletes megjelenését egy teljesen körbefogható tálcán, valamint lehetőséget teremt arra is, hogy



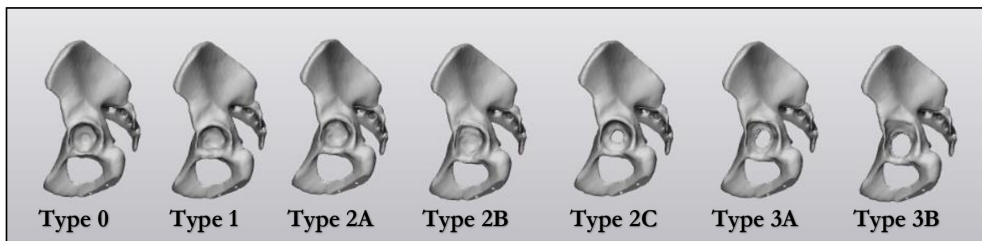
3. ábra. Type 1 modell szerkesztése. A: az egészséges félmedence modellje, B: vápa üregének mélyítése, C: a vápa külső falának deformálása, D: az elkészült Type 1 stádiumú félmedence modell

a modellek még közelebbi tanulmányozás céljából kézbe vehetők legyenek (7. ábra).

#### MEGBESZÉLÉS

Célkitűzésünknek eleget téve létrehoztuk a 3D nyomtatás technológia lehetőségeit kiak-

názva a csípőprotézis revíziót igénylő vápa defektusok klasszifikációs rendszerének valós méretű, kézzelfogható, mind a gyógyítást, mind a betegfelvilágosítást, mind az oktatást segítő apprehenzív modellgyűjteményét. Az additív gyártástechnológia egyre pontosabbá és elterjedtebbé válásának köszönhetően a 3D



4. ábra. A Paprosky klasszifikáció digitális modelljei



5. ábra. A tartórendszer és a modellgyűjtemény látványterve



6. ábra. A 3D nyomtatással készült medencemodellek.





7. ábra. A kész modellgyűjtemény tartóállványon

nyomtatás az orvoslás számos területén – így az ortopéd sebészetben is – elérhetővé vált. Az orvostanhallgatóknak, rezidenseknek, szakorvosjelölteknek és akár a betegeknek is segítséget nyújthat, hogy a deformitásokat és csontdefektusokat kézzelfogható modellek

formájában tanulmányozhatják. Az ortopéd sebészek számára a bonyolultabb esetekben nyújthat segítséget a műtéti tervezésben, a súlyosabb esetekben akár száraz próbaként is funkcionálhat.

**A szerzők részvétele:** Konceptió: M.S., Cs.Z. Metódus: M.S., Cs.Z., K.Á.É., Sz.D., S.Sz. Létrehozás: K.Á.É., Cs.Z., M.S., Cs.L. Kézirat: K.Á.É., M.S., Cs.Z.

**Köszönetnyilvánítás:** A szerzők köszönetet mondanak Tamási Gábornak a tartóállvány és a medencetartók készítésében nyújtott segítségért.

**Támogatás:** A projekt a Pénzügyminisztérium GINOP-2.3.2-15-2016-00022 azonosító jelű pályázatának támogatásával valósult meg.

A közlemény az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-3-II-DE-290 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának szakmai támogatásával készült.

**Összeférhetetlenség:** Nincs

## IRODALOM

1. Kochan D, Kai CC, Zhaohui D. Rapid prototyping issues in the 21st century. C in Industry. 1999;39 3-10.
2. Seitz H, Tille C, Irsen S, Bermes G, Sader R, Zeilhofer HF. Rapid Prototyping models for surgical planning with hard and soft tissue representation. International Congress Series. 2004;1268:567-72.
3. Wurm G, Tomancok B, Holl K, Trenkler J. Prospective study on cranioplasty with individual carbon fiber reinforced polymer (CFRP) implants produced by means of stereolithography. Surg Neurol. 2004;62(6):510-21.
4. Telleria JJ, Gee AO. Classifications in brief: Paprosky classification of acetabular bone loss. Clin Orthop Relat Res. 2013;471(11):3725-30.
5. Kovács ÁÉ, Manó S, Csámer L, Somoskeőy S, Csermátony Z. Scoliosis klasszifikáció szemléltetése 3D nyomtatással előállított modellgyűjteménnyel. Biomech Hung. 2020;13(1):7-15.
6. Illes T, Somoskeőy S. The EOS imaging system and its uses in daily orthopaedic practice. Int Orthop. 2012;36(7):1325-31.
7. EOS Imaging 2022 [Available from: <https://www.eos-imaging.com/our-expertise/imaging-solutions/eos-system>].