

# A Cone Beam CT képalkotó modalitás optimalizációja és újszerű alkalmazása hasadékos pácienseknél

Tézisfüzet

**Dr. Kesztyűs Artúr József**

Semmelweis Egyetem

Rácz Károly Klinikai orvostudományok Doktori Iskola



Témavezető: Dr. Nagy Krisztián, Ph.D., egyetemi docens

Hivatalos bírálók: Dr. Gurdán Zsuzsanna, Ph.D., egyetemi adjunktus

Dr. Ledvai Dávid, Ph.D., egyetemi adjunktus

Komplex vizsga szakmai bizottság:

Elnök: Dr. Alpár Alán, Ph.D., az MTA tagja, egyetemi tanár

Tagok: Dr. Berkes István, Ph.D., egyetemi tanár

Dr. Huszár Tamás, Ph.D., egyetemi adjunktus

Budapest

2024

## 1. Bevezetés

Az archasadékok a fej-nyak régió leggyakoribb veleszületett rendellenességei közé tartoznak, élveszülésekre jutó incidenciájuk 1/500-700. Kialakulásukban feltehetően több tényező is közrejátszik, így a genetikai és környezeti tényezők is. Az érintett struktúrák szerint megkülönböztetünk: ajakhasadékokat (cleft lip/CL), szájpadhasadékokat (cleft palate/CP), ajak- és állcsont hasadékokat (cleft lip and alveolus) és ajak- állcsont- és szájpadhasadékokat (cleft lip, alveolus and palate/CLAP). A hasadék elhelyezkedése szerint megkülönböztetünk egyoldali és kétoldali hasadékokat. Esztétikai és funkcionális problémákat okozhatnak, a páciensenél gyakori az oronazális fisztulák, beszűkült felső állcsontok, arc aszimmetria, malocclusio, illetve beszédzavarok előfordulása.

Az ajak-, állcsont-, és szájpadhasadékos betegek ellátása multidiszciplináris csapatban, hosszú időn keresztül zajlik, jellemzően a csecsemőkortól a fiatal felnőttkorig. A betegek több, egymást követő sebészi- és nem sebészi kezeléseket részesülnek. A sebészi ellátás több lépésben, meghatározott sorrendben zajlik: előbb az ajak, a lágyyszájpad, a kemény szájpad, majd az állcsont hasadékok zárásával. Funkcionális szempontból kiemelt fontosságú a fogmedernyűlvány hasadékának zárása, mivel ezzel támaszt biztosíthatunk az előtörésben lévő szemfogak és az orr alapja számára, egyben helyreállítva a felső állcsont ívét. A beavatkozás időzítése ellátási centrumonként eltérő, azonban a standard ellátási protokoll manapság a másodlagos alveoláris csontpótlás jelenti, amelyet jellemzően 8-12 éves kor között végeznek el. A csont pótlására autológ csont használata a leggyakoribb, a donorterületnek a crista iliaca, symphysis mandibulae, tibia és a cranium használható.

A pre-operatív tervezésnek elengedhetetlen része a képalkotó diagnosztika. A csoportosítás elvégezhető a vizsgálni kívánt szövetek szerint: megkülönböztetjük a kemény- és lágyzövetek képalkotó eljárásait.

A keményszövet képalkotó diagnosztikájában a háromdimenziós technológiák dominálnak, mivel ezek szolgáltatnak térbeli információt a csontos hasadék kiterjedéséről, a környező struktúrák közelségéről, valamint az előtörésben lévő fogak helyzetéről. Napjainkban a hasadékos páciensek ellátásában a Cone Beam Computed Technology (CBCT) a leggyakrabban alkalmazott képalkotó modalitás. Ennek előnye a csontos képletek kiváló leképezése, a hagyományos Computed Tomography (CT) felvételekhez képest alacsonyabb sugárdózis mellett.

A háromdimenziós adathalmaz az anatómiai képletek megjelenítése mellett, különböző szoftverek segítségével, virtuális műtéti tervezést is lehetővé tesz. Megtervezhető például a csontpótlás formája és mennyisége. A beavatkozás előzetes szimulációja nagymértékben segíti az operáló orvos felkészülését, ezzel növelve a precizitást és csökkentve a műtét idejét. A virtuális terv kiegészítéseként lehetőség van egyedileg tervezett műtéti sablonok létrehozására, amelyek gyártása biokompatibilis anyagból, jellemzően 3D nyomtatók segítségével történik.

A CT és CBCT készülékek ionizáló sugárzáson alapulnak, így kiemelten fontos a páciensek sugárvédelme. Ráadásul a hasadékos páciensek nagy része gyermekkorú, így a sugárátalomra fokozottan érzékeny. Több nemzetközi ajánlás is létezik erre vonatkozóan, melyek szorgalmazzák a háromdimenziós felvételek idejének és módjának körültekintő megválasztását, illetve az alacsony sugárterhelésű (ún. low-dose) protokollok igénybevételét. Utóbbiak a csőfeszültség (kV) és az áramerősség (mA) csökkentésével eredményeznek alacsonyabb sugárdózist. Az így keletkező alacsonyabb energiájú röntgensugár azonban jellemzően a képminőség romlását eredményezi, amely bizonyos esetekben nehezíti a korrekt diagnózist.

A sugárdózist több tényező befolyásolja: csőfeszültség (kV), áramerősség (mA), voxel méret (felbontás) és a felvétel térfogata (Field of View – FOV). Ezek közül a felvétel térfogata érdekes paraméter, hiszen optimális beállításával a képminőség romlása nélkül csökkenthető a sugárdózis. Ennek ellenére az irodalomban kevés információ áll rendelkezésre ezzel kapcsolatban.

A felvételek térfogatának megfelelő megválasztásához azonban szükségünk van a koponya méreteinek ismeretére. Bár több antropometriai kutatás létezik a gyermek és serdülőkorú egyének fej-nyaki dimenzióira vonatkozóan, ezen mérések jellemzően kétdimenziós felvételeken történtek.

A fent említett a CBCT készülék beállítások (mA, kV, voxel méret) sok lehetséges kombinációt jelentenek, amelyek közvetlenül befolyásolják a felvétel minőségét. Emellett az egyes készülékek között is nagy különbségek vannak. Ennek ellenére a klinikai gyakorlatban viszonylag kevés beállítással dolgoznak. Az optimalizációs vizsgálatok elvégzéséhez standard állapotokat kell teremtenünk, hogy az abból származó felvételeket összehasonlíthassuk. Etikai okokból nincs lehetőségünk ugyanazon páciens többször

alávetnénk a vizsgálatnak, így erre a célra radiológiai fantomfejek használhatóak. Ezek lehetővé teszik a változó paraméterekkel készült felvételek vizsgálatát. Az irodalomban jelenleg nem léteznek hasadékkal rendelkező, gyermekkorú radiológiai fantomfejek.

A hasadékos pácienseknél a fej-nyak régió lágyrészeinek vizsgálata jellemzően a velopharyngealis insufficiencia (VPI) diagnosztikájára irányul. Normális működés mellett a lágyszájpad és garat képletei beszéd és nyelés közben elválasztják egymástól az orrgaratot és a szájüreget. Ez a záró funkció hasadékos pácienseknél gyakran sérül, amely a hangképzés zavarához vezet. A VPI korrekciója sebészileg, jellemzően 5-6 éves korban elvégzett garatplasztikával lehetséges. A diagnózis felállításában az anamnézis és logopédiai vizsgálat mellett kiemelt fontosságú a képalkotó diagnosztika. Az ezekkel szemben támasztott követelmények közé tartozik a könnyű hozzáférhetőség, minimális invazivitás és alacsony sugárdózis. Jelenleg több képalkotó eljárást alkalmaznak erre a feladatra (fiberoszkópia, fluoroszkópia, dinamikus mágneses rezonancia (MRI)), amelyek bár lehetővé teszik a képletek vizsgálatát, azonban mind rendelkeznek limitációkkal.

## **2. Célkitűzés**

1. A felső állcsont dimenzióinak meghatározása gyermekekben, életkor- és nem specifikus csoportokban.
2. 3D tervezéssel segített műtéti technika vizsgálata hasadékos páciensekben.
3. Művi hasadékkal rendelkező gyermek radiológiai fantomfejek létrehozása.
4. A Cone Beam CT képalkotó modalitás validálása a velopharyngealis insufficiencia diagnosztikájában.

## **3. Módszerek**

### **3.1. A felső állcsont dimenzióinak meghatározása gyermekekben, életkor- és nem specifikus csoportokban**

Ebben a retrospektív vizsgálatban 8 és 20 év közötti, hasadékkal nem rendelkező gyermekekben végeztünk méréseket a felső állcsont dimenzióira vonatkozóan. Az ehhez

használt CT, illetve CBCT felvételeket a leuveni egyetemi kórház PACS/AFGA adatbázisából nyertük ki. A kizárási kritériumok között szerepeltek: felső nagymetszők vagy felső első örlőfogak hiánya, a növekedést befolyásoló fejlődési rendellenességek, traumás sérülések, vagy bármely egyéb rendellenesség, amely a fejlődést befolyásolja.

Korábbi publikációkra alapozva 7 mérési távolságot határoztunk meg: 1) spina nasalis anterior és posterior közötti távolság, 2) kétoldali felső első molárisok fossa centralisai közötti távolság, 3) szájpadív magassága, 4,5) kétoldali felső első molárisok zománc cement határa a buccalis, illetve palatalis oldalon, 6) kétoldali „jugular” pont távolsága, 7) állcsontív hossza. A méréseket két vizsgáló végezte egy dento-maxillo-facialis radiológus felügyelete alatt. A statisztikai elemzést SPSS szoftverben (version 12.0.1, SPSS Inc., Chicago, USA) végeztük el.

### **3.2. 3D tervezéssel segített műtéti technika vizsgálata hasadékos páciensekben**

Vizsgálatunkban hasadékos pácienseknél egy olyan csontpótlási technikát elemeztünk, amely során 3D virtuális tervezés segítségével előre megterveztük a beültetett csontgraft formáját és méretét.

A retrospektív kutatásban 28, műtéti korrekción átesett állcsont- és szájpadhasadékos páciens adatait elemeztük.

A beavatkozásokat 2017 szeptembere és 2020 szeptembere között végeztük el a Semmelweis Egyetem Gyermekgyógyászati Klinikáján. Az operációkat egy operatőr (NK) végezte, egyoldali, illetve kétoldali hasadékos betegeket egyaránt bevontunk a vizsgálatba.

A műtéti tervezéshez háromdimenziós képalkotó felvételeket használtunk (CT és CBCT), az adatokat DICOM (Digital Communications in Medicine) formátumban exportáltuk és elvégeztük a keményszövetek szegmentációját (Slicer szoftver). Ezután tervezőszoftverek segítségével megtervezésre kerültek a sebészeti sablonok. Első lépésben az egyéni anatómiai viszonyoknak megfelelően meghatároztuk a tervezett csontgraft alakját és méretét. A sablont két négyzet vagy félkör alakú elemből hoztuk létre, amelyekből virtuálisan kivontuk a graft tervezet térfogatát. Az így kapott elemeket egymásba illesztve öntőforma-szerűen megkaptuk a graft tervezett formáját (csontkehely). A sablonokat 3D nyomtatás segítségével hoztuk létre, amelyhez biokompatibilis műgyantát használtunk.

A sebészi beavatkozást altatásban végeztük, két orvoscsapattal. A csontpótlásra autológ csontot használtunk, melyhez donorterületként a csípőlapát szolgált. A kinyert cotico-

spongiosus csontforgácsokat a 3D nyomtatott csontkelyhekbe helyeztük, a formáját pedig fibrin szövetragasztó segítségével stabilizáltuk.

Intraorálisan a hasadék területén teljes vastagságú lebenyt képeztünk feltártuk, a környező struktúrák épségére ügyelve. A csontgraftot a defektusba helyeztük majd a nyálkahártyát feszülésmentesen zártuk. A páciensek műtét után 3 napig antibiotikumot kaptak (amoxicillin: 30mg/ttkg, allergia esetén klindamycin: 5mg/ttkg).

A beavatkozások után a pácienseket egy kérdőív kitöltésére kértük, amely az egészséggel összefüggő életminőség vizsgálatára szolgált. A 15 kérdés a műtét utáni időszakra vonatkozott, így például a poszteroperatív fájdalomra, esetleges vérzésekre, evési nehézségekre és súlyváltozásra. Az utókövetési időszak átlagosan 17,41 hónap volt.

### **3.3. Művi hasadékkal rendelkező gyermek radiológiai fantomfejek létrehozása**

A Magyar Természettudományi Múzeum Embertani Tára által rendelkezésünkre bocsátott hat darab, ásatásból származó, jó állapotú gyermekkoponyát (becsült életkor: 6-10 év között). Első lépésként kiindulási CBCT felvételek készítettünk, megerősítve a becsült antropológiai életkort. A felvételeket felhasználva az ép koponyákon egy szoftver (Materialise Mimics 21) segítségével szegmentációt végeztünk, majd egy sebészi tervezőszoftverben (Materialise 3matic) megterveztük a defektusokat. A vágószablonokat 3D nyomató segítségével hoztuk létre (Med610 műgyanta, Objet30 Prime 3D nyomtató). A virtuális munkafolyamat során a Semmelweis Egyetem Arcrekonstrukciós Centrumában kifejlesztett tervezési módszert alkalmaztuk újragondolt, fordított módon. A művi hasadékok megalkotását követően a koponyákat egy speciális, radiológiai felvételeken lágyrészként megjelenő anyaggal (Mix-D) vontuk be. A nagyobb nyílásokat (pl. foramen magnum) radio-opak ragasztószalaggal fedtük le, hogy elkerüljön az anyag bejutását a koponya belsejébe. A létrehozott radiológiai fantomokról ismételt CBCT felvételeket készítettünk. Két maxillo-faciális radiológus elemezte a képi anyagot, vizsgálva levegőbuborékok, műtermékek vagy inhomogén területek jelenlétét, valamint a művi hasadékok és a környező anatómiai képletek megjelenését.

### **3.4. A Cone Beam CT képalkotó modalitás validálása a velopharyngealis insufficiencia diagnosztikájában**

Vizsgálatunkba kilenc, 6 és 10 év közötti gyermeket vontunk be. Három csoportot alkottunk: sebészi korrekción átesett hasadékos páciensek, akik rendelkeztek velopharyngeális insufficienciával (3 páciens), sebészi korrekción átesett hasadékos páciensek, akik nem rendelkeztek velopharyngeális insufficienciával (3 páciens), nem hasadékos betegek, mint kontroll csoport (3 páciens).

Első lépésként logopédiai vizsgálatot végeztünk, amely az adott csoportban igazolta a velopharyngeális funkció zavarát. Ezt követően a CBCT készülékek újfajta funkciójával, dinamikus, kétdimenziós képsorozatot készítettünk. A vizsgálat alatt a pácienseket a logopédiai feladatok elvégzésére kértük. Az expozíció paramétereit a készülék maga határozta meg, másodpercenként 20 felvétel készült.

A kész képanyagot videó formátumban exportáltuk, a felvételeket két vizsgáló értékelte. A fő diagnosztikai kérdés a megfelelő velopharyngeális zárás megléte volt, amit összevetettük a korábbi logopédiai diagnózissal.

## **4. Eredmények**

### **4.1. A felső állcsont dimenzióinak meghatározása gyermekekben, életkor- és nem specifikus csoportokban**

Összesen 529 páciens (243 férfi, 286 nő) vontunk be a vizsgálatba, az életkoruk 8 és 20 év közötti volt. A pácienseket kor és nem szerinti csoportokba osztottuk. A háromdimenziós képi anyagon végzett lineáris mérések a nemek és korcsoportok szerint egyaránt növekvő tendenciát mutattak. A variációs együttható (coefficient of variation) 5% alatti volt, amely a mérési pontok konzekvens meghatározására enged következtetni.

### **4.2. 3D tervezéssel segített műtéti technika vizsgálata hasadékos páciensekben**

28 sebészi korrekción átesett páciens adatait elemeztük (15 férfi, 13 nő). A páciensek átlagos életkora 16,96 év volt. A kiértékelt adatok szerint a műtétek után szedett antibiotikum

időtartama átlagosan 4 nap volt (átlag=  $3.77 \pm 1.73$ ). A posztoperatív időszak eseménytelenül zajlott, vérzés se intraorálisan, se a donorterületen nem volt. Arcduzzanat átlagosan 5 napig állt fenn (átlag =  $5 \pm 1.52$ ), a donor terület érzékenysége átlagosan 8 napig korlátozta a mozgást (átlag =  $7.61 \pm 3.64$ ). 18 páciens számolt be evési nehézségről (69%), illetve 10 betegnek csökkent a testsúlya a gyógyulási időszak alatt (38%).

#### **4.3. Művi hasadékkal rendelkező gyermek radiológiai fantomfejek létrehozása**

Összesen 6 darab, egyoldali művi hasadékkal rendelkező radiológiai fantomfejet hoztunk létre, az egyénileg tervezett 3D vágósablonok segítségével. A leírt digitális munkamenet pontos és megbízható kivitelezést tett lehetővé, méretben és formájukban követte a korábban megtervezett hasadékokat.

A lágyszövetek szimulációra használt anyag (Mix-D) felvitele jelentette a legnagyobb kihívást a folyékony halmazállapot miatt. Végeredményben az anyag megfelelő vastagságban fedte a koponyákat, különös tekintettel az orrüregre, az orrmelléküregekre és az orbitára, ahol a felvitt anyag mozgása kevésbé kontrollálható. A ragasztószalag meggátolta a nagyobb mennyiségű anyag bejutását a koponyák belsejébe.

Összeségében a művi hasadékok klinikailag valósághű formában jelentek meg, így a fantomfejek alkalmasak további optimalizációs vizsgálatok elvégzésére.

#### **4.4. A Cone Beam CT képalkotó modalitás validálása a velopharyngealis insufficiencia diagnosztikájában**

Kilenc páciensen végeztünk dinamikus Cone Beam CT vizsgálatot, amelynek paramétereit a készülék az anatómiai alapján, egyénileg állította be. A sugárdózis adott területre vonatkoztatva 279 és 515 dose area product (DAP) ( $\text{mGy} \times \text{cm}^2$ ) között mozgott. Az expozíciós idő 0,78-1,5 másodperc között változott.

Az elkészült felvételeket két vizsgáló elemezte, a következő eredménnyel: a lágyszájpad és a hátsó garatfal körvonala, illetve mozgásai mindegyik felvételen kivetőek voltak.

A radiológiai felvételek alátámasztották a korábbi logopédiai vizsgálatokat és azzal megegyező diagnózist szolgáltatottak. A velopharyngealis insufficienciával rendelkező



hasadékos pácienseknél nem valósult meg a szájüreg teljes lezárása az orrgarat felé. Emellett a hasadékos páciensekben a lágy szájpad kisebb mérete volt megfigyelhető.

## **5. Következtetések**

### **5.1. A felső állcsont dimenzióinak meghatározása gyermekekben, életkor- és nem specifikus csoportokban**

A napjainkban alkalmazott radiológiai irányelvek mindegyike hangsúlyozza a képalkotó protokollok páciens- és indikáció specifikus megválasztását. Különösen igaz ez a gyermekpopulációra, hiszen az ionizáló sugárzás sokkal nagyobb rizikót jelent a fejlődő szervezetre.

Számos kutatás foglalkozott a Cone Beam CT optimalizálásával, jellemzően olyan paraméterekre összpontosítva, mint a csőerősség (kV), csőáram (mA) vagy voxel méret. A CBCT eszközök általában alapértelmezett beállításokat kínálnak a térfogatra vonatkozóan, azonban az újabb generációs készülékek egyénileg állítható, úgynevezett dinamikus FOV beállítást is lehetővé tesznek. Emiatt érdekes lehetőségnek tűnik a felvétel térfogatának optimalizálása, hiszen ezzel csökkenthető lenne a sugárdózis, a képminőség romlása nélkül. Ezen beállítások alkalmazásához azonban ismernünk kell a felső állcsont kiterjedését. Ezért vizsgálatunk célja a maxilla méreteit meghatározása volt gyermekekben, melyhez a 6-18 éves életkor közötti populációban végeztünk lineáris méréseket, életkor- és nemspecifikusan csoportokra vonatkoztatva.

Az eredményeink szerint a felső állcsont mérete az életkor előrehaladtával mindkét nemben fokozatosan növekszik. A korábbi tanulmányokkal összhangban a fiúk nagyobb állcsont dimenziókkal és a hosszabb növekedési periódussal rendelkeznek. A méréseink összeségében alátámasztják a felvétel térfogatának fontosságát és kiindulási adatokat szolgáltathatnak az erre vonatkozó protokollok kialakításában.

## **5.2. 3D tervezéssel segített mütéti technika vizsgálata hasadékos páciensekben**

Az ajak- állcsont- és szájpadsadékok különböző méretben és formában előfordulhatnak, emiatt a mütéti tervezésben kiemelten fontos szerepe van a pre-operatív radiológiai vizsgálatoknak. Napjainkban lehetőségünk van a felvételeket virtuális tervezéssel kombinálni, amely a beavatkozás pontosabb és kiszámíthatóbb elvégzésére nyújt lehetőséget.

Kutatásunkban egy olyan mütét tervezési eljárást vizsgáltunk, amely során a csontgraftot virtuálisan megtervezzük, majd egy 3D nyomtatott sablon segítségével ezen alakra formáltuk. A módszer által nyújtott vizualizáció az operáció során magabiztosságot adott a mütétet végző sebésznek.

Az ellátást a páciens szempontjából is vizsgálatuk, a beavatkozásokat követően egy kérdőív kitöltését kértük a betegektől, amelyben a posztoperatív időszakra vonatkozó kérdések szerepeltek.

A kérdőívekből származó eredmények megerősítették, hogy a páciensek jól fogadták a beavatkozást, a virtuális tervezés nem okozott hosszabb hospitalizációs időt vagy egyéb komplikációt.

## **5.3. Művi hasadékkal rendelkező gyermek radiológiai fantomfejek létrehozása**

A hasadékos ellátásban kiemelt fontossága van a sugárvédelemnek, hiszen a páciensek nagy része élete során többször megy keresztül radiológiai vizsgálaton.

Az erre vonatkozó irányelvek hangsúlyozzák a képalkotó protokollok körültekintő megválasztását. A különböző protokollok összehasonlítására azonban in vivo nem lehetséges, így radiológiai fantomokra van szükség, amelyek visszaadják az adott klinikai szituációt.

Vizsgálatunkban hat darab gyermekkoponyát alakítottunk át művi hasadékkal rendelkező radiológiai fantomfejjé. A hasadékokat digitális munkamenet segítségével hoztuk létre, lényegében fordítottan alkalmazva a Klinikánkon csontpótlásoknál használt eljárást.

Végeredményben a hasadékok és a környező szövetek valóságos módon jelentek meg a felvételeken. A fantomfejek validálását követően a jövőben további optimalizációs vizsgálatokra használhatóak majd.

#### **5.4. A Cone Beam CT képalkotó modalitás validálása a velopharyngeális insufficiencia diagnosztikájában**

A szabálytalan anatómiai fejlődés miatt hasadékos páciensekben gyakran alakul ki velopharyngeális insufficiencia (VPI), melynek korrekciója műtéti úton lehetséges.

A funkcionális zavar diagnózisához a klinikai és logopédiai vizsgálat mellett több képalkotó eljárás áll rendelkezésre: fiberoszkópia, fluoroszkópia, dinamikus mágneses rezonancia (MRI). Emellett az új generációs CBCT készülékek egy csoportja képes egy kétdimenziós felvételsorozatot készíteni (ún. dinamikus CBCT felvétel), amelyen lehetséges a lágyrészek mozgás közbeni vizsgálata, így a velopharyngeális funkció értékelése.

Vizsgálatunkban kilenc páciens vizsgáltunk három csoportba osztva, akik a kiindulási diagnózis felállításához logopédiai vizsgálaton vettek részt. Ezt követően végeztük el a CBCT felvételeket, amely közben logopédiai feladatokat kellett elvégezniük.

Eredményeink szerint a dinamikus CBCT felvételek segítségével lehetséges a lágyszájpad és a garat lágyrész képleteinek mozgás közbeni megjelenítése, így a modalitás számításba vehető a velopharyngeális insufficiencia képalkotó diagnosztikájában.

## Saját publikációk jegyzéke

- Shujaat S, Kesztyűs A, Song D, Regnstrand T, Benchimol D, Nagy K, Jacobs R. Moving toward patient specificity for devising cone-beam computed tomography field-of-views: A normative maxillary skeletal dimensional analysis. *Int J Paediatr Dent.* 2023 Sep;33(5):477-486. doi: 10.1111/ipd.13089. Epub 2023 Jun 12. PMID: 37203232. (IF: 3,8)
- Kesztyűs A, Würsching T, Nemes B, Pálvölgyi L, Nagy K. Evaluation of 3D visualization, planning and printing techniques in alveolar cleft repair, and their effect on patients' burden. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* 2022 Sep;123(4):484-489. doi: 10.1016/j.jormas.2021.10.007. Epub 2021 Oct 19. PMID: 34678495. (IF: 2,2 megosztott első szerzőség)
- Pálvölgyi L, Kesztyűs A, Shujaat S, Jacobs R, Nagy K. Creation of Dimicleft radiological cleft phantom skulls using reversed virtual planning technique. *Dentomaxillofac Radiol.* 2023 Oct;52(7):20230121. doi: 10.1259/dmfr.20230121. Epub 2023 Jun 22. PMID: 37395648; PMCID: PMC10552124. (IF: 3,3)
- Kesztyűs A, Pálvölgyi L, Jacobs R, Nagy K. Assessment of post-operative velopharyngeal closure in cleft palate patients using cone-beam computed tomography: a pilot study. *Journal of Stomatology.* 2021;74(2):65-69. doi:10.5114/jos.2021.106501. (IF: NA)