



Korszerű 3D technikák alkalmazása a mozgásszervi sebészetben

Manó Sándor PhD., Csernátó Zoltán DSc.

Debreceni Egyetem ÁOK Ortopédiai Tanszék



Levelezési cím:

Dr. Manó Sándor, Debreceni Egyetem ÁOK Ortopédiai Tanszék, 4032 Debrecen, Nagyerdei krt. 98.

E-mail: manos@med.unideb.hu

Napjainkban a 3D technológiák egyre nagyobb teret hódítanak a gyógyítás különböző területein, beleértve a mozgásszervi sebészetet is. A mozgásszervek, valamint az alkalmazott implantátumok, műtéti eszközök geometriája, mérettartománya lehetővé teszi a viszonylag egyszerű modellezést és a hatékony alkalmazást. Az alkalmazott technológiák mindegyike informatikai vonatkozású; részben, vagy egészében szoftveres folyamatokból állnak, alkalmazásukhoz elengedhetetlen vagy a számítógépek, vagy a számítógépes rendszerek használata. A mozgásszervi sebészetben belül is többféle módon segíthet a technológia, de minden esetben egy virtuális modell létrehozása szükséges a folyamat végrehajtásához. Ezt a virtuális modellt aztán legyárthatjuk (3D nyomtatás, 3D marás), szerkeszthetjük, vagy illeszthetünk hozzá további 3D modelleket (CAD – Computer Aided Design, egyedi implantátumtervezés), valamint navigálhatunk is műtét közben ezek segítségével, vagy akár virtuális műtétet végezhetünk el rajtuk.

A 3D modell előállítás

A 3D technológiák közül a mozgásszervi sebészetben tipikusan a legtöbbször alkalmazott módszer a CT- vagy MR-alapú 3D rekonstrukció, amely segítségével megtörténik a virtuális modell előállítása. A CT-be rendezések képesek a 3D rekonstrukcióra, a modellek megtekinthetők, azonban amennyiben a modellel további szerkesztési lépéseket tervezünk, a rekonstrukciót külső szoftverrel szükséges megoldani. A piacvezető megoldást a belga Materialise által kínált programcsomagok jelentik (1, 2, 3), amelyek nemcsak a rekonstrukcióban, hanem implantátumok tervezésében is professzionális segítséget jelentenek (1. ábra).

További megoldás a 3D szkennerek alkalmazása, amelynek előnye, hogy nem jár sugárterheléssel, de csak a külső felületek rekonstruálhatók a módszerrel. Az utóbbi években megjelent EOS 3D röntgenrendszer egy újabb megoldási lehetőséget nyújt a csontok 3D rekonstrukciójára kétoldali, álló helyzetben készített felvételek

alapján, minimális sugárterhelés mellett (4, 5, 6, 7).

Amennyiben nem a páciens, hanem például az implantátumok vagy a mozgásszervi sebészetben alkalmazott egyéb eszközök 3D modelljének előállításáról van szó, akkor azokat a gyártók ma már szinte kizárólag 3D CAD rendszerek segítségével tervezik, ahol különféle geometriai elemek egymásra építésével állítják össze a virtuális modellt. Ebben a kategóriában többek között a PTC Creo, a Catia, a Solidworks vagy az Autodesk Inventor teljes megoldást nyújthat.

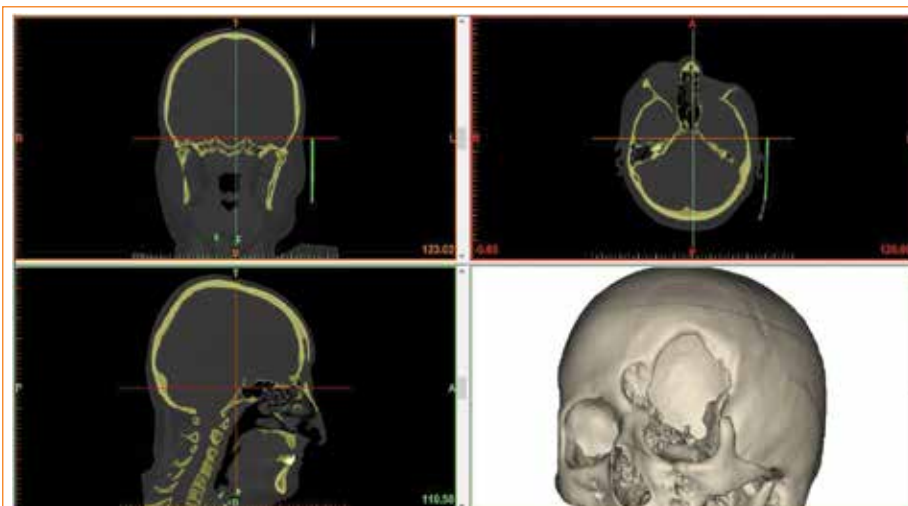
A 3D modell szerkesztése, módosítása: CAD-megoldások

Az előző pontban említett valamelyik módszerrel előállt 3D modell sok esetben módosítás nélkül kerül felhasználásra (pl. amikor egy beteg csontállományának modelljét állítjuk elő 3D nyomtatás segítségével műtéti tervezéshez), azonban vannak olyan esetek, amikor a modellen változ-

tatás szükséges. Ezt tipikusan a már említett CAD-szoftverekkel tudjuk megtenni, amelyek olyan módosítási lehetőségeket rejtenek, mint például a le- vagy szétvágás, a tükrözés, a másolás, a Boolean-műveletek (kivonás, egyesítés, közösresz-képzés). A CAD-szoftverek adnak arra is lehetőséget, hogy adott anatómiai viszonyokhoz igazodva egyedi, custom-made megoldásokat alkalmazzunk (pl. személyre szabott implantátumok, célzóeszközök), ehhez az egyik legalkalmasabb célszoftver a Materialise 3-Matic.

3D nyomtatás, 3D marás (CAM – Computer Aided Manufacturing)

A hagyományos gyártási eljárások közül 3D technológiának a többszögű marógépeken megvalósuló eljárásokat tekinthetjük. Ezek az ún. CNC (Computer Numerical Control) technológiával dolgozó rendszerek lehetővé teszik – bizonyos geometriai



1. ábra: 3D rekonstrukció a Mimics Innovation Suite segítségével

megkötések mellett – kézzel fogható 3D modellek előállítását egy tömbből kiindulva, anyagválasztással, forgácsolással. Ezzel a gyártási eljárással készülhetnek például a végtag-helyettesítő protézisek. Sok esetben azonban ezek a bizonyos geometriai kötöttségek gátat szabnak a modell előállításánál, különösen, ha a humán anatómiai viszonyokat vesszük alapul.

Napjaink egyik legdinamikusabban fejlődő high-tech megoldása a 3D nyomtatás. Sokféle 3D nyomtatási eljárás ismeretes, de minden módszer közös jellemzője, hogy a 3D modellek előállítása additív módon, rétegről rétegre történik (8, 9, 10). Ez tetszőlegesen bonyolultságú modell legyártását teszi

lehetővé, tehát általában elmondhatjuk, hogy nincsenek geometriai megkötések, így például a nagyon bonyolult szerkezetű csontok (pl. arckoponya) modellje is problémamentesen előállítható. A modell a gyártás során tehát alulról fölfelé, az egyes keresztmetszetek egymásra építésével áll össze.

A 3D nyomtatás a mozgásszervi sebészetet több területen is segítheti:

1. prototípus- és alkatrészgyártás implantátum- és eszköztervezéshez,
2. problémás anatómiai szituációk modellezése, szemléltetése, műtéti tervezése,
3. célzók, műtéti sablonok készítése,
4. egyedi implantátumok készítése.

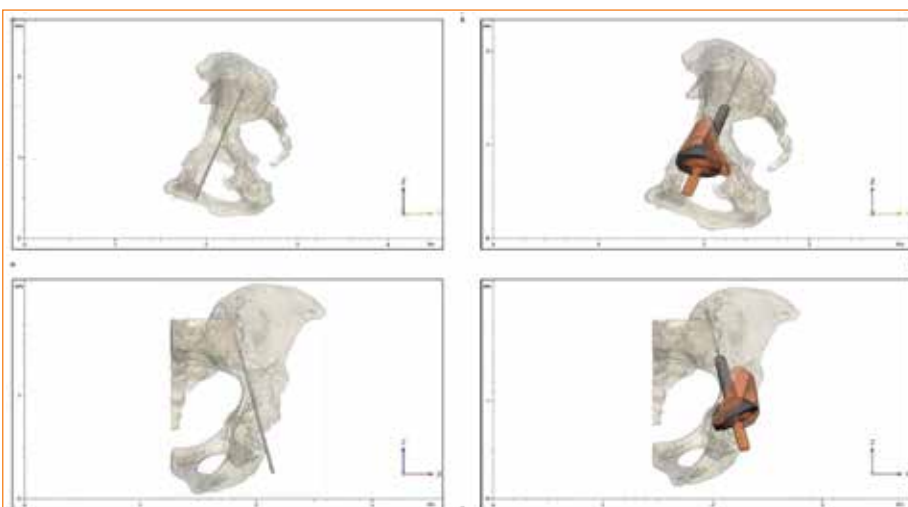
Az utóbbi években megjelent fém alapanyaggal dolgozó 3D nyomtatási technológiák jelentős változást hoztak, és komoly perspektívát nyitottak az implantátumgyártás területén. Egyrészt ezekkel a technológiákkal lehetővé válik, akár a sorozatgyártásban készített implantátumok esetén is, az olyan rácsos/trabekuláris szerkezetű kéreg előállítása, amely a csontbenövést serkenti, másrészt a közvetlen egyedi implantátumgyártás is megvalósulhat, hiszen immár a nyomtatóval készült modell anyaga is megfelelő a beültetéshez (11).

3D műtéti navigáció

A mozgásszervi sebészet kulcskérdése, a nagyízületi protetizálás területén (a műtéti tervezésen túl) a műtéti navigációs rendszerek révén is nagy segítséget nyújthatnak a 3D technológiák. Ezen a területen leginkább a térd TEP-műtéteihez kidolgozott rendszerek a leginkább elterjedtek. A módszer, némi jártasság után, gördülékenyen alkalmazható: néhány anatómiai pont regisztrálása és speciális kiegészítő eszközök használatával az optikai érzékelők adatainak szoftveres feldolgozása után a számítógép utasításait követve a hagyományos eljárásnál általában véve a komponensek elhelyezésének nagyobb pontosságát érhetjük el (12).

3D mozgáselemzés

A humán mozgáselemzések során jellemzően a test kitüntetett anatómiai pontjaira (pl. nagyízület, váll, csigolyák processus transversusai) ragasztott markerek segítségével, általában infrakamerákkal történik az adott pont mozgásának detektálása. Ilyen rendszereket épít pl. a BTS Bioengineering, a Xens és az Optitrack. A kérdéses mozgás felvételét követően a rendszer visszafejti a pontok pályáját (trajektóriáját) a virtuális térben, és a pont kinematikai jellemzőit (pl. sebesség- és gyorsulásvektorok) is. Az eredmények megjelenítését követően lehetőségünk van többek között az egyes vektorkomponensek időbeli változásainak elemzésére, illetve a két oldal jellemzőinek összehasonlítására is. Vannak olyan rendszerek is (Diers 4D Motionlab, a Zebris megoldásai), amelyek kifejezetten a járás elemzésére



2. ábra: Egyedi célzó tervezése CAD-szoftverrel (Materialise 3-Matic)



3. ábra: 3D nyomtatóval készült modellek

specializálódtak: itt a nagyzületi mozgások mellett a talpnyomáseloszlás értékelése is megtörténik. Esetenként mindez a gerinc

járás közbeni mozgásainak elemzésével is kiegészül (Diers 4DMotion), amely optikai úton, a hátra vetített vonalak segítségével

történik. A mozgásszervi sebészetben való felhasználási lehetőségek között leginkább a rehabilitációs folyamatok követését, az egyes műtétek kimenetelének értékelését említhetjük.

Virtuális sebészet

Viszonylag új terület a sebészetben a VR-(Virtual Reality) rendszerek alkalmazása, de a szakmában tevékenykedő nagy világcégek közül is akadnak olyanok, amelyek ebben is látják a jövő sebészetét. A VR-rendszereket elsősorban oktatási célokra, műtétek szimulálására lehet jelenleg alkalmazni. A rendszer lényege, hogy a sebész/sebészjelölt egy speciális szemüveg segítségével, a feje mozgásával a virtuális térben körül tud nézni, a kezébe vett eszközökkel pedig a virtuális műszereket (szikét, fűröt stb.) tudja mozgatni, működtetni (pl. Osso VR). Bizonyos rendszerek a szimulációt olyan kiegészítő karokkal teszik még valóságosabbá, amelyek a test ellenállását is érzékeltetik a kézbe vett eszközökön keresztül (FeelReal VR).

Ahogy az iméntiekből is látszik, a korszerű 3D technológiák már napjainkban is fontos kellékei a mozgásszervi sebészetnek, de úgy látjuk, a jövőben az ilyen módszerek térnyerésének dinamikus növekedése révén a mainál lényegesen nagyobb szerepet fognak játszani a mindennapi gyakorlatban is.

Irodalom

1. Weissheimer A, Menezes LM, Sameshima GT, et al. Imaging software accuracy for 3-dimensional analysis of the upper airway. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics. 2012;142(6):801–13.
2. Shin DS, Lee S, Park HS, et al. Segmentation and surface reconstruction of a cadaver heart on Mimics software. Folia morphologica. 2015;74(3):372–7.
3. Byrne N, Velasco Forte M, Tandon A, et al. A systematic review of image segmentation methodology, used in the additive manufacture of patient-specific 3D printed models of the cardiovascular system. JRSM Cardiovasc Dis. 2016;5:2048004016645467.
4. Somoskeoy S, Tunyogi-Csapo M, Bogyo C, et al. Accuracy and reliability of coronal and sagittal spinal curvature data based on patient-specific three-dimensional models created by the EOS 2D/3D imaging system. Spine J. 2012;12(11):1052–9.
5. Somoskeoy S, Tunyogi-Csapo M, Bogyo C, et al. Clinical validation of coronal and sagittal spinal curve measurements based on three-dimensional vertebra vector parameters. Spine J. 2012;12(10):960–8.
6. Than P, Szuper K, Somoskeoy S, et al. Geometrical values of the normal and arthritic hip and knee detected with the EOS imaging system. Int Orthop. 2012;36(6):1291–7.
7. Illes T, Tunyogi-Csapo M, Somoskeoy S. Breakthrough in three-dimensional scoliosis diagnosis: significance of horizontal plane view and vertebra vectors. Eur Spine J. 2011;20(1):135–43.
8. Zerr J, Chatzinoff Y, Chopra R, et al. A. Three-dimensional printing for preoperative planning of total hip arthroplasty revision: case report. Skeletal radiology. 2016;45(10):1431–5.
9. Yang L, Grottkau B, He Z, et al. Three dimensional printing technology and materials for treatment of elbow fractures. Int Orthop. 2017;41(11):2381–7.
10. Holt AM, Starosolski Z, Kan JH, et al. Rapid Prototyping 3D Model in Treatment of Pediatric Hip Dysplasia: A Case Report. Iowa Orthop J. 2017;37:157–62.
11. Lin X, Xiao X, Wang Y, et al. Biocompatibility of Bespoke 3D-Printed Titanium Alloy Plates for Treating Acetabular Fractures. BioMed research international. 2018;2018:2053486.
12. Picardo NE, Khan W, Johnstone D. Computer-assisted navigation in high tibial osteotomy: a systematic review of the literature. Open Orthop J. 2012;6:305–12.