

# Szimulált idegsebészeti eljárások interaktív térhatású megjelenítése

Doktori értekezés

**Dr. Balogh Attila**

Semmelweis Egyetem

Szentágotthai János Idegtudományi Doktori Iskola



Témavezető: Dr. Banczerowski Péter, PhD, c. egyetemi tanár

Hivatalos bírálók: Dr. Ertsey Csaba, PhD, egyetemi adjunktus  
Dr. Büki András, MTA Doktora, egyetemi tanár

Szigorlati bizottság elnöke:

Dr. Csillag András, MTA Doktora, egyetemi tanár

Szigorlati bizottság tagjai:

Dr. Arányi Zsuzsanna, PhD, egyetemi docens

Dr. Szeifert György, PhD, főorvos, egyetemi magántanár

Budapest  
2015

## **Bevezetés**

A mikromanipulációs készség fejlesztésének egyik leghatékonyabb eszköze a kadaver kurzusokon végzett szimulációs gyakorlat. A műfogások elsajátítása, a kellő jártasság és az ismeretanyag megszerzése műtétek elvégzésével és bonctermi gyakorlat mellett szöveges-illusztrált anatómia atlaszok, kézikönyvek segítségével lehetséges.

A kadaveren végzett szimulációs gyakorlat azonban nehezen hozzáférhető. Az ilyen kurzusok általában drágák és csak nagyobb egyetemi központokban elérhetőek. A tetem felhasználását kegyeleti és etikai korlátok nehezítik. A boncolás eredményeképpen a tetem további felhasználása már nem lehetséges. A korlátok ellenére a boncolás az anatómia oktatás és a sebészek továbbképzésének etalonja maradt.

A szöveges-illusztrált tankönyvekből, szakirányú kiadványokból az anatómia és műtéttechnikai részletek megértése nehéz az interakció és térhatás által nyújtott többletinformáció hiányában.

A számítástechnika fejlődésével és a képrekonstrukciós eljárások megjelenésével egyre hatékonyabb oktató- és szemléltetőeszközök váltak elérhetővé. A CT és MR képalkotó technikák szerepe a diagnosztikában vitathatatlan, segítségükkel az egészséges és a patológiás viszonyok jól ábrázolhatóak. Az animált komputeres megjelenítés és a volumetrikus képalkotás hátránya, hogy a megjelenítés művi, a valós szín, textúra és árnyék viszonyokat nem tükrözi, részletgazdagsága messze elmarad a fényképétől.

Az QTVR (QuickTime Virtual Reality) technológia anatómiai alkalmazása, új fejezetet nyitott az emberi test szerkezeti viszonyainak interaktív, térhatású megjelenítésében. A fényképezőgép előtt, elforgatható tartóállványon körbefényképezett preparátum rekonstrukciójának eredményeképpen a preparátum más és más látószögből vizsgálható. Az

elforgatás által keltett térhatás fontos többlet információt nyújtott 2-dimenziós képeken sokszor láthatatlan, takarásban elhelyezkedő képletek megjelenítésével.

Az MKM robotmikroszkóp bevezetés a képrekonstrukciós folyamatba újabb előrelépést jelentett. A robotmikroszkóp, mely optikai fókusz-távolság és fókuszpont megtartás mellett, gömbfelszín mentén képes felvételeket készíteni, lehetővé tette egy képrács szerkezet kialakítását. A képrács QTVR rekonstrukciójában a megjelenített preparátum mind vízszintes mind függőleges irányban elforgatható. A technológia alkalmasnak bizonyult intraoperatív állapotok interaktív térhatású bemutatására is.

A rekonstrukció hátránya maradt, hogy a boncolás folyamatát nem volt képes megjeleníteni így a disszekció szimulációjára nem volt alkalmas.

### **Célkitűzések**

- Célunk, az anatómiai viszonyok vizsgálatára, valamint kadaveren végzett műtét technikai eljárások bemutatására szolgáló, interaktív, térhatású megjelenítést biztosító oktatóeszköz kifejlesztése.
- Célunk egy olyan alkalmazás kialakítása, mellyel a felhasználó virtuálisan "kézbe veheti", elforgathatja, nagyíthatja, a rétegváltáson keresztül "boncolhatja" a preparátumot.
- Célunk egy olyan szimulátor kifejlesztése, mely lehetővé teszi a műtéttani lépések és az anatómia viszonyok vizsgálatát számítógépen.
- Célunk az idegsebészetben gyakran alkalmazott frontolaterális megközelítés -az orbitozygomatikus feltárás- valamint az abból elérhető fossa interpeduncularis és a sinus cavernosus-sella vidék szimulációs moduljainak előállítás.

- A három előállított modul segítségével megvizsgáltuk a rétegváltás szerepét a műtéttechnikai lépések és a disszekció bemutatásában, valamint az elforgatás szerepét a betekintési irány változtatásának szimulációjában és annak a munkaterületben elhelyezkedő struktúrák láthatóságára kifejtett hatásában.

## **Módszer**

Három fej-nyak preparátumot készítettünk elő, melyeket 5%-os formaldehydben tartósítottunk. A tartósítás során az artériás érrendszert piros a vénákat kék festékanyagot tartalmazó, szilikon oldattal töltöttük fel. Mindhárom preparátumot Mayfield fejtartóban rögzítettük, elvégeztük az orbitozygomatikus feltárást és a feltárásból elérhető fossa interpeduncularis, illetve a sinus cavernosus-sella vidék mikrosebészeti neuroanatómiai disszekcióját. A disszekció minden fázisát, az MKM robotmikroszkópra szerelt nagyfelbontású fényképezőgépek segítségével, pásztázások során örökítettük meg, majd rekonstruáltunk. A pásztázásokat egy gömbfelszín cikkely mentén végeztük miközben a robotmikroszkóp beállításait és a preparátum helyzetét nem változtattuk. A szkennelések eredményeképpen egy többrétegű képrács szerkezetet alakítottunk ki, melyeket az erre a célra kifejlesztett MIGRT (Multilayer Image Grid Reconstruction Technology) elnevezésű számítógépes program segítségével rekonstruáltunk.

## **Eredmények**

A fejlesztéseink eredményeképpen kidolgoztuk a többrétegű képrács rekonstrukciós eljárás módszertanát. Kifejlesztettük a többrétegű képrács szerkezet interaktív térhatású megjelenítését nyújtó számítógépes programot, mely segítségével a felhasználó virtuálisan kézbeveheti és boncolhatja az anatómiai preparátumokat, műtéti lépéseket és a behatolási irány változtatását szimulálhatja. A program segítségével a legkülönbözőbb

látászögekből tanulmányozhatóak az anatómiai struktúrák láthatóságában bekövetkező változások a betekintési irány változtatásának függvényében.

Előállítottuk az orbitozygomatikus feltárás, a feltárásból elérhető interpeduncularis fossa és a sinus cavernosus-sella vidék szimulációs moduljait.

Az interaktív modulokban az elforgatással műtéti betekintés irány változtatása és a fej preoperatív beállítása, míg rétegváltással a műtéttechnikai lépések és a disszekció szimulálható.

## **Megbeszélés**

Az idegsebészeti műtétek, feltárások elvégzése pontos neuroanatómiai ismeretet és sok gyakorlatot igényel. A jelenleg elérhető oktató programok és képzőanyagok interakció és térhatás hiányában nem nyújtanak életszerű szimulációs környezetet. Az animált komputer modellek megjelenítése művi hatású, nem tükröz valós színt, árnyékot és textúraviszonyokat, részletgazdagsága messze elmarad a fényképekétől.

A többrétegű képrács rekonstrukciós eljárás az anatómiai mikrosebészeti disszekció valósághű leképezését nyújtja optimális szimulációs környezetet kialakítva bonyolult szerkezeti viszonyok vizsgálatára. Az eljárással mikrosebészeti disszekciók, anatómiai boncolások interaktív térhatásban megjeleníthetőek, az idegsebészeti műtét fontos kérdései, egyes műfogások, a munkacsatorna kialakítás lépései rétegváltással kiválóan szemléltethetőek. A kiforgatás lehetőséget nyújt a műtéti betekintési irány, a fej preoperatív beállításának szimulációjára, ezáltal a munkaterületben helyetfoglaló struktúrák láthatóságának vizsgálatára.

Az orbitozygomatikus feltárás szimulációjával megvizsgálhatóak a börmetszés vezetésének, a feltárás bőr és izom leválasztásának és a csontablak (craniotomia) kialakításának szempontjait. Rétegváltás lehetőség

nyújt a kisszárnycsont elfúrásának az agyeltartás helyének bemutatására. A legmélyebb régiók disszekciójának szimulációjával látótérbe hozhatóak a koponyabázis fontos képletei frontális és frontolaterális betekintési irányokból.

A fossa interpeduncularis és a sinus cavernosus-sella vidék szimulációs modulja a koponyabázison elhelyezkedő struktúrák neuroanatómiai vizsgálatát teszi lehetővé.

A fossa interpeduncularis modulon keresztül megvizsgálhatóak a supra- és parasellaris régió neurovascularis képletei. Rétegváltásokkal bemutatható az arteria communicans posterior és az arteria choroidea anterior eredése, a perforátor ágrendszer eltávolításával pedig látótérbe hozhatóak a hátsó koponyagödör egyes képletei, mint az agytörzs és az arteria basilaris proximális ágrendszere és a nervus oculomotorius eredése.

A sinus cavernosus-sella vidék szimulációs moduljával megvizsgálhatóak a régióban elhelyezkedő képletek. A műtėti beketintési irányokból megvizsgálható a sinus cavernosusba és onnan kilépő idegek, azok egymáshoz viszonyított helyzete. A modulban megjeleníthető a proximális és distális durális gyűrű, az arteria carotis interna intracavernosus lefutása, a hypophysis és a sinus sphenoidalis.

## **Következtetések**

Az idegsebészeti műtéttan fontos szempontjait szöveges tankönyvekből elsajátítani nem lehet. Az idegsebészetben a mikrosebészeti gyakorlat csak hosszas asszisztenciával és alapos anatómiai ismeretek birtokában szerezhető meg.

Az idegsebészet műtéttechnikai lépései kadaveren jól gyakorolhatóak. Miután a kadaver disszekció rutinszerűen nem hozzáférhető oktatási modalitás, így a műtėti élményt valóságúen rekonstruálni képes szimulátorok létjogosultsága vitathatatlan.

Az eljárás segítségével a kadaveren végzett szimulációs beavatkozások vizuális térélménye reprodukálható számítógépeken keresztül.

Az interaktív képrekonstrukció által fontos idegsebészeti műtéttani kérdések, mint a munkacsatorna kialakítás lépései, az egyes lépések munkaterület kialakítására kifejtett hatása, a műtéti fejhelyzet beállítás vagy az intaroperatív betekintési irány megválasztásának problematikája és betekintési irány változtatásának a munkaterületben elhelyezkedő anatómiai struktúrák láthatóságára kifejtett hatása elemezhető.

A többbrétegű képrács rekonstrukciós eljárás hatékony szimulációs eszköz a mikrosebészeti eljárások és anatómiai disszekciók interaktív, térhatású megjelenítésére. A fénykép alapú megjelenítés a valós viszonyokat tükrözi a legnagyobb részletgazdagságában, az animációk és illusztrációk mesterséges, kétdimenziós, térhatást nélkülöző megjelenítésével szemben.

Az oktatóprogram a közeljövőben, az egész emberi testre kiterjesztett vizsgálatokkal kiegészítve, fontos eszközzé válhat az anatómiai oktatásban és a sebészi műtéttani képzés területén.

### **Köszönetnyilvánítás**

Köszönetemet szeretném kifejezni Dr. Robert F. Spetzler számára, aki mellett éveken keresztül dolgoztam az Egyesült Államokban. Köszönöm a sok ösztönzést, a rengeteg bizalmat és támogatást, amelyben munkám során részesített. Köszönöm a megtisztelő lehetőséget és hogy a Barrow Neurological Institute világszínvonalú eszköztárát rendelkezésemre bocsátotta.

Köszönöm Dr. Mark Preulnak, a laboratórium igazgatójának, aki kutatásaimat irányította és aki rengeteg segítséget nyújtott a publikációk megírásában és ösztöndíjam során.

Köszönöm Dr. Banczerowski Péter kollégámnak, aki témavezetőm volt és instrukciókkal látott el a disszertáció megírása során, aki konstruktív kritikai megjegyzéseivel segítette munkám.

Végül, és nem utolsósorban, szeretném megköszönni egész családomnak az önzetlen támogatást és az alkotó munkámhoz szükséges nyugodt háttérrel, amelyet karrierem során biztosított.

## **Saját publikációk jegyzéke**

### **Disszertációhoz kapcsolódó közleménye**

1. Balogh A, Preul CM, Schornak M, Hickman M, Spetzler RF. (2004) Intraoperative stereoscopic QuickTime Virtual Reality. *J Neurosurg*, 100(4):591-596.
2. Balogh AA, Preul MC, Kutor L, Schornak M, Hickman M, Deshmukh P, Spetzler RF. (2006) Multilayer image grid reconstruction technology: four-dimensional interactive image reconstruction of microsurgical neuroanatomic dissections. *Neurosurgery*, 58(1):ONS157-165; discussion ONS157-165.
3. Balogh A, Czegléczki G, Pápai Zs, Preul MC, Banczerowski P. (2014) A frontotemporalis transsylvian feltárás szimulációja és alkalmazásának ismertetése. *Ideggyogy Sz*, 67(11-12):376-383.



## Egyéb közlemények

1. Padányi Cs, Misik F, Papp Z, Vitanovic D, Balogh A, Veres R, Lipóth L, Banczerowski P. (2015) Osteoporoticus kompressziós csigolyatörések kezelése PMMA-augmentált csavaros transpedicularis rögzítéssel. *Ideggyogy Sz*, 68(1-2):52-58.
2. Vitanovic D, Bárány L, Papp Z, Padányi Cs, Balogh A, Banczerowski P. (2015) Role of modified open-door laminoplasty in the treatment of multilevel cervical spinal stenosis: A retrospective analysis of 43 cases. *Ideggyogy Sz*, 68(1-2):15-21.
3. Janszky J, Balogh A, Hollo A, Szucs A, Borbely C, Barsi P, Vajda J, Halasz P. (2003) Automatismus with preserved responsiveness and ictal aphasia: contradictory lateralising signs during a dominant temporal lobe seizure. *Seizure*, 12(3):182-185.
4. Balogh A, Czirják S, Bálint K. (1999) Postirradiációs meningeoma axialis glioma miatt operált betegünkénél. *Ideggyogy Sz*, 52:(9-10) 356- 360.
5. Borbély K, Balogh A, Donauer N, Nyáry I. (1999) Beszédképzési SPECT vizsgálatok a féltekei dominancia meghatározásában. *Orv Hetil* 140(50): 2805-2809.
6. Balogh A, Donauer N, Vancsisin L, Miklósi M, Nyáry I. (2001) Hemisphaerialis dominancia és a kognitív működések lateralitási

mintázata – tanulmány funkcionális transcranialis Doppler  
vizsgálattal. Ideggyogy Sz, 54:228-237.