

# Koponyasebészeti robotrendszerek fejlesztése

Beszélgetés Haidegger Tamás műegyetemi PhD-hallgatóval

*„Hinnünk kell, hogy tehetségesek vagyunk valamiben, és azt a valamit bármi áron el kell érniünk.”*

*(Marie Curie)*

– Mondjon néhány szót magáról! Műszaki egyetemi hallgatóként hogyan került kapcsolatba az orvosi robotika témakörével?

– Harmadéves doktorandusz vagyok a Villamosmérnöki Kar Irányítástechnika és Informatika Tanszék Orvosi Informatika laborjában Benyó Zoltán professzor irányítása alatt. 2006-ban végeztem a villamosmérnöki szakon, utána pedig 2008 nyarán orvosbiológiai mérnök-ként. Kezdetben az úrkutatásnál használt robotkarokkal foglalkoztam, öt évvel ezelőtt azonban egy cikkben találtam egy utalást rá, hogy az újtechnológiára alapozva agysebészeti robotok fejlesztését kezdték meg Kanadában. Egyből felkeltette az érdeklődésemet a téma, mivel már korábban is foglalkoztatott a mechanikai eszközök, robotok alkalmazhatósága egészségügyi környezetben. Hamarosan kiderült, hogy amerikai, japán és nyugat-európai kutatóintézetek két évtizede foglalkoznak a kérdéskörrel, és 2000 óta piaci terméként is létezik komplett teleoperációs (sebész által távolról irányított) robotrendszer. Ahogy mélyebbre ástam magam a témában, egyre több európai és tengerentúli labor munkásságával ismerkedtem meg.

Egyértelmű, hogy a robotokkal támogatott egészségügyi beavatkozások előtt fényes jövő áll, és nem véletlenül foglalkoznak annyian a kérdéssel. Ugyanakkor még rengeteg megoldatlan műszaki probléma van a területen, mint például a megfelelő 3D látórendszer, az automatizált irányítás, a pontos anatómiai alapokon történő tájékozódás (anatómiai atlaszok felhasználása), mozgáskompenzálás, miniatürizált robotok alkalmazása, és még sorolhatnánk.

– Az elmúlt évet az egyesült államokbeli Baltimore-ban töltötte a Johns Hopkins Egyetemen vendégkutatóként. Mivel foglalkozott?

– A Magyar–Amerikai Vállalkozási Alapítvány (HAESF) hallgatói ösztöndíjával jutottam ki a Hopkins (Johns Hopkins University – JHU) több mint 10 éve működő egyetemi robotsebészeti tudásközpontba (Center for Computer-Integrated Systems and Technology – CISST). Jelenleg ez a legnagyobb ilyen kutatóközpont a világon, és gyakorlatilag a számítógéppel integrált sebészet (Computer-Integrated Surgery – CIS) teljes spektrumát lefedik. Készítenek például a piacon lévő egyetlen teleoperációs multimanipulátor rendszerhez (da Vinci) új intelligens eszközöket, szoftver-infrastruktúrát, bővített ergonómiai funkciókat. Évek óta szorosan együttműködnek a gyártó Intuitive Surgical Inc. céggel. Ezen felül számos saját fejlesztésű eszközük is van, a retinát érintő mikrosebészeti beavatkozásokat támogató Steady-hand robottól kezdve az ultrahangalapú biopsziás roboton át a teljesen MR-kompatibilis prosztatata-brachyterápiás készülékekig. Elkészítettek egy általános C++ programozási nyelv alapú, nyílt forráskódú könyvtárostályt, amelyet gyakorlatilag a világ bármely kutatója használhat a saját robotjainak irányítására vagy rendszerépítésre. A kutatásaikról bővebben a [www.cisst.org](http://www.cisst.org) oldalon lehet olvasni.

A saját munkámat illetően az elmúlt évben egy agyalapi sebészeti rendszer fejlesztésébe kapcsolódtam be. Számos agyalapi tumor (meningioma, adenoma), aneurysma vagy egyéb elváltozás esetén lehetőség van minimálisan invazív beavatkozással (Minimally

Invasive Surgery – MIS) eltávolítani a szöveteket. Már a klasszikus laparoszkópos eszközökkel is elérhető az agyalap mindhárom árka, a megfelelő műtéti megközelítést választva (transnasal, transsphe-noidal, transethmoidal, suboccipitalis stb.). A koponyán az érintett terület eléréséhez szükség lehet egyes csontdarabok eltávolítására, ami a hagyományos esetben több óráig is eltartó, rendkívüli odafigyelést igénylő beavatkozás, mivel a fúrás közvetlen szomszédságában futó erek és idegek (különösen az agyidegek) esetleges sérülése nagy kockázattal jár. A sebészek lehetőség szerint nagytőlencsét és különleges kézi eszközöket használnak a feladat végrehajtásához.

A kutatásunk célja a koponyafúrással járó beavatkozások pontosabbá és biztonságosabbá tétele egy NeuroMate sztereotaktikus robot és StealthStation intraoperációs navigációs rendszer integrálásával. A robot és a rászertelt csontfúró erő/nyomaték irányítás révén folyamatosan követi a sebész kezének mozgását a manipulátorhoz illesztett érzékelő segítségével. Mivel a fúró egy robothoz van rögzítve, az egész szerkezet stabil és robosztus, szinte teljesen kiküszöbölve a kézremegést. A robot végig kooperatív irányítási módban van, azaz mozgását a sebész közvetlenül befolyásolja az eszközre kifejtett erő segítségével. A rendszer legfontosabb jellemzője és egyben igazi újdonsága, hogy lehetővé teszi virtuális határokat (virtual fixture – VF) definiálását. Az orvos a műtétet megelőzően a CT-felvételeken azonosítja az eltávolítani kívánt koponyacsontszegmenst, majd eköré felépíti a virtuális határokat, amelyek később védelmet nyújtanak a sérülékeny anatómiai képleteknek. A robot a beavatkozás során (a regisztrációs eljárásnak köszönhetően) képes ezeket a VF-korlátozásokat a 3D térben értelmezni, lassítani a fúró mozgását, ha a fúrófej a közelükbe ér, és megakadályozni, hogy az orvos behatoljon a védett területre.



**Haidegger Tamás az Országos Rehabilitációs Intézetben, a Reharob gyógytornász robottal**

Az én feladatomban a rendszer pontosságának felmérése, a robot kalibrálása és a navigációs rendszer zajmentessé tétele volt. Végeztem fúrási tesztek ipari mérőpaneleken, műanyag fantomokon és emberi hullákon is. Ezen felül kidolgoztam egy algoritmust, amely lehetőséget ad a beteg esetleges műtét közbeni elmozdulásának automatikus kompenzálására. Az eredményekből öt nemzetközi publikációt készítettünk, a diplomamunkámat is ebből írtam.

*– Itthon még kevésbé ismert ez a terület. Általában*

*mit kell tudni a sebészeti robotokról? Miért van szükség rájuk egyáltalán?*

– Komoly orvostechonikai előny származik a sebészrobotok alkalmazásából. Gyakorlatilag a világon folyó több száz különböző kutatásnak az a lényege, hogy hatékonyabbá tegye a sebészeti eljárásokat. Ehhez számos különböző koncepciót dolgoztak ki. Egyszerűbb esetben például csak egy apró, a biopsziás tűhöz épített motor kompenzálja a sebész kezének fiziológiás remegését, míg más rendszereknél (például az Amerikai Védelmi Minisztérium DARPA részlege által finanszírozott TraumaPod esetében) a cél egy integrált, intelligens, mobil sebészrobotikai központ megépítése, amely magas színvonalú ellátást nyújthat a harcéri sebesülteknek. Vitathatatlanul a legismertebb és legelterjedtebb sebészrobot a da Vinci rendszer (1. ábra). Ez valójában egy nagyon kifinomult, távirányítású eszköz, amelyet a beavatkozás minden pillanatában a sebész irányít. Ehhez szükség van egy olyan mester- (master) konzolra, amely képes az orvos kezének minden mozdulatát 3D térben rögzíteni, és megfelelő leképezések után ugyanezt a mozdulatsort végrehajtattja a robottal (szolga – slave). Mindeközben a sebész egy nagy felbontású, 3D videoképet néz, amely az egyik robotkarra szerelt sztereoszkóptól származik. A robotoknak négy, cserélhető eszközzel ellátott karjuk van, amelyeket karokkal, pedálokkal és hanggal felváltva tud irá-

nyítani a sebész. Két fontos tulajdonsága a rendszernek, hogy képes az ember kézremegését kiküszöbölni (frekvenciatartománybeli szűréssel), és lehetőség van a mozgások skálázására, amikor is a robot csak a vezérlő általi mozdulatok töredék részét hajtja végre.

Az USA-ban a Food and Drug Administration (FDA) elsőként prosztataműtéteknél engedélyezte a da Vinci robot használatát 2001-ben, mivel a prosztatata mentén futó idegek gyakran megsérülnek a beavatkozásnál (vizelettartási problémákat vagy akár impotenciát okozva). Megmutatták, hogy a pontosabb sebészetet lehetővé tevő robot használata jelentős kockázatcsökkenéssel jár. 2007-ben az USA-ban a prosztatataeltávolítások nagyjából 50%-át robottal végezték. Azóta több beavatkozás kapott zöld utat, és összesen már több mint százezer műtétet hajtottak így végre. A robot alapára 1,3 millió dollár, az igazi többletköltséget azonban a (csak nagyon limitált alkalommal használható) sterilizálható eszközök jelentik. Mindemellett eddig 1200 darabot adtak el világszerte, és ehhez jön még az egyéb rendszerek száma. (A da Vinci nagy konkurenciája volt a 2000-ben debütáló Zeus teleoperációs manipulátor, de az Intuitive Surgical 2003-ban felvásárolta a gyártó céget, és megszüntette a terméket.)

A technológia másik vitathatatlan előnye az igazi távsebészet megvalósítása. Mivel csak számítógépes hálózatra van szükség a mester és a szolgálodal között, már a jelenlegi internetes infrastruktúrával is biztonságosan lehet műteni a távolból, a fél világot átszelve. Szakorvos hiánya vagy közvetlen veszélyeztetettség esetén a robotok még mindig alkalmazhatók távirányítással, akár elzárt településeken, űrmissziók vagy katonai bevetések során is. Hosszú távon a robotok költsége a fejlett országokban összemérhető lesz a sebészek munkadíjával. Ha hozzávesszük, hogy a lerövidült felépülési idő révén is pénzt takaríthat meg a társadalom, a robotok anyagi előnyt jelenthetnek majd (1).

A robotsebészet másik sikeres alkalmazási területe a csontfúrások automatizálása. Ízületi protézisek, implantátumok beépítésénél kritikus, hogy az idegen elem minél pontosabban illeszkedjen az élő csontszövethez (az esetleges kopás miatt). Ennek biztosítására már az 1990-es évek első felében fejlesztettek olyan

robotot, amely a beteg preoperatív képe alapján, pontos regisztrációt követően, magától fúrja ki a femurt milliméter alatti pontossággal teljes csípőízület-beültetés esetében. Hasonló koncepció alkalmazható az agysebészetben is.

A koponya szilárdsága és rögzíthetősége jelentős előnyt jelent a műtét során, ezért már a legelső robotsebészeti beavatkozás is egy agyszöveti mintavétel volt bő húsz évvel ezelőtt. A CIS-beavatkozások jelentős előnyökkel járnak mind a beteg, mind pedig az orvos szempontjából. A stabilabb és megbízhatóbb eszközökkel lehetőség nyílik valódi mikrosebészetre, a beavatkozások minden korábnál nagyobb pontossággal való elvégzésére. A fejlett képkalkoló technikák révén sokkal részletesebb betekintés nyerhető a műtéti területre, valamint számos ergonómiai funkció válik elérhetővé. A irányítójelek és a vizuális visszacsatolás együttes rögzítése módot ad az operációk későbbi elemzésére, oktató jelleggel való felhasználására, valamint a robotokon végezhető élethű szimuláció révén kockázat nélkül gyakorolhatnak az orvostanhallgatók.

Ezekből több különböző típus létezik, egyesek valóban hasonlítanak egy videojátékhoz, de a legtöbb esetben azért jóval kiforrottabb rendszerekről van szó, erő-visszacsatolással, 3D látórendszerrel szerelik fel őket. A valódi beavatkozások során rögzített képanyagok és mozgássorozatok visszajátszhatók, így közvetlen az eszközön is lehetőség van tréningre. A CIS-idegsebészet további előnyeivel foglalkozó összefoglalás (2) mellett mi is jelen lehetünk a világirodalomban (3).

– *Az itthoni körülményekhez képest mennyire volt más kint kutatni? Milyen tapasztalatokat szerzett a Johns Hopkins Kórházban?*

– Nagyon jó volt a légkör és a hangulat. A CISST-központban nagyjából 50 hallgató dolgozik 8 professzor irányítása alatt. A hallgatók a világ minden tájáról származnak, Indiától Dél-Afrikáig. A labort úgy rendezték be, hogy a különböző robotokon dolgozó hallgatók egy térben vannak, így folyamatosan együttműködnek, segítik egymást. A kutatásvezetők rendkívül jó szakemberek, és emberileg is kiválóak. Az itthoni viszonyokhoz képest legszembetűnőbb az anyagi források bősége. Különösen az ilyen újszerű kutatások eszköz- és pénzigényesek, de a CISST különösen sikeres mind pályázati források, mind ipari partnerek

bevonásában. Nagyon jó struktúrában dolgoznak, a kutatási feltételeket maximálisan biztosítják a hallgatóknak. Sok olyan szervezési dolgot tapasztaltam, amit itthon is meg lehetne valósítani, még akkor is, ha a forrásaink korlátozottak. Ilyen például, hogy minden héten továbbképzés jellegű szemináriumot tartanak a hallgatóknak, ahol az éppen az intézetet meglátogató, tárgyalásokat folytató szakembereket kéri fel előadónak, így a hallgatóság folyamatosan jól informált a világban zajló fejlesztéseket illetően, és sokkal több lehetőség is adódik együttműködések kialakítására. Emellett fontos, hogy kint a konzulensek érdemben is sokkal jobban részt vesznek a kutatásban, ezáltal lényegesen hatékonyabban tudják irányítani a diákokat (kitűzni és elérni a célokat).

Érdekes tapasztalat volt kicsit belelátni a nagy múltú Hopkins Kórház életébe. Az egész egyetemet és a hozzá tartozó kórházat, nyomdát, zenetanodát Johns Hopkins iparmágnás alapította 1873-ban barátai tanácsára, hogy halhatatlanná tegye a nevét. Ez nagyjából sikerült is, a jó alapokra építkező Johns Hopkins Medical Institute a US News szerint 17 éve az USA legjobb kórháza. Évi 400 000 betegnap az átlagos teljesítményük, és a hangsúlyt mindig a sebészeti beavatkozás minőségére helyezik. Emellett a kutatásra is sok pénzt költenek, és már 14 Nobel-díjat szereztek eredményeikkel. A kinti egészségügyi rendszer teljesen más alapokon működik, mint a hazai. Egyrészt megengedi, hogy a beteg maga válassza ki a neki legszimpatikusabb kezelési formát (tehát választhatja a robotos beavatkozást, ha állja a költségét), ugyanakkor a biztosítás nélkülieknek tényleg csak az életben maradáshoz legszükségesebb ellátást nyújtják.

Amellett, hogy a munkám miatt sokszor be kellett mennem a kórházba, és így láthattam kívülről a munkaszervezést, lehetőségem nyílt hagyományos és robotos műtét megtekintésére is, valamit részt vettem az általuk kínált egyedi „Sebészet mérnököknek” kurzuson. Itt a megfelelő elméleti ismeretek elsajátítása után

sertéseken gyakorolhattunk hagyományos és laparoskopos beavatkozásokat, és modelleken kipróbálhattuk a da Vinci robotot is.

– *A baltimore-i Hopkinson kívül volt alkalma más helyeket is meglátogatni?*

– Szerencsére igen. A konzulensem rendkívül rugalmas és megértő volt, hagyta, hogy a saját beosztásom szerint dolgozzak, teret engedve számos szakmai és esetenként turisztikai utazásnak. A kintlétem alatt így több szakmai konferencián és szakkiallításon vettem részt. Ezekre már jó előre jelentkeztem, hiszen odaátrol lényegesen könnyebben elérhetőek ezek a rendezvények. Utazásaim során figyel-



A da Vinci-S teleoperációs sebészrobot (Intuitive Surgical Inc.) mesterkonzolja és az általa irányított manipulátorok a beteg oldalán

met fordítottam arra, hogy előzetes kapcsolatfelvétel után meglátogathassam a helyi egyetemek és kórházak kutatórészlegeit. Los Angelesből Seattle-ig számos intézményt kerestem fel, és mindenhol nyitott és barátságos emberekkel találkoztam, akik szívesen veszik a lelkes fiatalok érdeklődését, igyekeznek segítségükre lenni.

– *Mik az itthoni tervei? Hogyan tudja a kinti tapasztalatait hasznosítani?*

– Itthon jelenleg nagyon kicsi még az érdeklődés az orvosi robotok iránt. Mivel bármilyen mű eszköz beszerzése és üzemeltetése hatalmas költségekkel jár, mind a mai napig nem telepítettek teleoperációs robotrendszereket. A probléma az, hogy közben egyre jobban maradunk le a nyugati országoktól. Nyugat-Európában már több mint 170 da Vinci van, de a hozzánk hasonló kapacitású Csehországban is 7 rendszer üzemel. Itthon problémát jelent az is, hogy a társadalom és az orvosi közösség

sem ismeri még eléggé ezeket az új technológiákat, nem született még meg az általános igény az alkalmazásukra, így persze forrásokat sem könnyű találni. Még mindig olcsó a szakképzett munkaerő (bár a végzett orvosok tömeges kivándorlása hamarosan komoly hiányt fog okozni), így a döntéshozók nehezen szánják rá magukat a nagy költségekkel járó beruházásokra.

Arra azonban így is van lehetőség, hogy nemzetközi együttműködéssel, sebészek, mérnökök és kutatók összefogásával itthon is felépítsünk robotsebészettel foglalkozó laborokat.

A kinti munkát szeretném folytatni a Johns Hopkins Egyetemen megkezdett együttműködés keretében. Ehhez igyekszünk itthoni források bevonásával további hallgatókat és kutatókat is mobilizálni. Bár arra nincsenek anyagi kereteink, hogy saját eszközt vegyünk vagy építsünk, a kinti eszközökre különösebb probléma nélkül tudunk szoftvert fejleszteni távmunkában. Ezen felül lehetőség van kisebb részfeladatok átvállalására, megvalósítására, később pedig európai uniós forrásokból akár komolyabb fejlesztésekre is. Addig is konferenciákat, szimpóziumokat, bemutatókat szervezünk, hogy összegyűjtsük a téma iránt érdeklődő vagy elköteleződni vágyó embereket. Szerencsére itthon is van sok szakember, aki szeretne bekapcsolódni.

Ezen felül lehetőség van olyan elméleti koncepciókon önállóan dolgozni, amelyek nem igényelnek fizikai eszközt. Az elmúlt két évben például az űrtávsebészet lehetőségét vizsgáltam, és kidolgoztam egy koncepciót a NASA (és a kínaiak által is tervezett) másfél évig tartó, emberes Mars-expedíció sebészrobotok-

kal történő támogatására. Ilyen esetben számos mérnöki probléma merül fel, amelyekre igyekeztem megoldásokat találni. Legfontosabb a rádióhullámok véges sebességű terjedéséből adódó jelkésleltetés. Míg mondjuk a Nemzetközi Űrállomásra néhány tizedmásodperc alatt megérkezik a jel, a Holdig már egy másodperc körül van az átviteli idő, és ez a Mars esetében akár 20–30 perc is lehet (4). Ez persze kizárja a valós idejű távsebészeti megoldásokat, de a távolságtól függően lehetőség van a telementorálásra, a telekonzultációra és számos egyéb műszaki trükk alkalmazására, amely lehetővé teszi a bajba került űrhajósok szakszerű sebészeti ellátását.

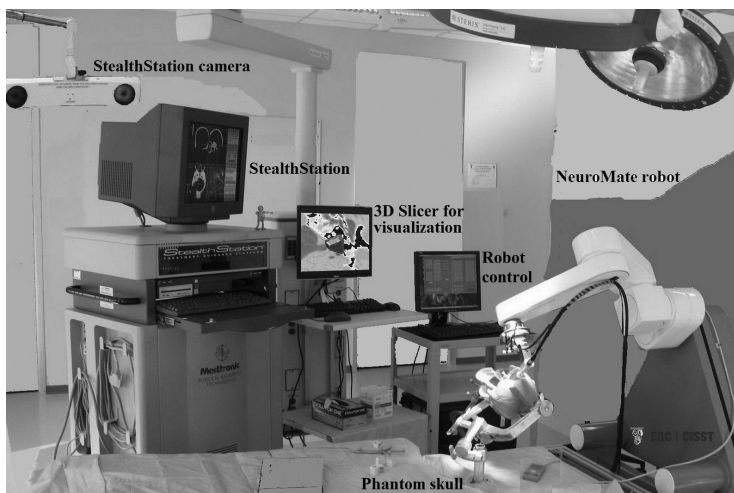
– Az érdeklődő közösség megtalálásának egyik eszközeként elindított egy blogot, vagyis internetes naplót. Ezt fenn kívánja tartani?

– Mindenképp szeretném folytatni a megkezdett munkámat ezen a téren. Valójában két blogot indítottam, az egyik inkább személyes napló- és beszámolójellegű, a másik egyértelműen a szakmai közösségnek szól. Itt igyekszem részletesen beszámolni a kint látott fejlesztésekről, kutatásokról. Tudomásom szerint nemzetközi szinten is hiánypótló ez a blog, mert nincs olyan nyilvános hírportál vagy fórum, amit kizárólag a robotsebészetnek szenteltek. Az elmúlt egy évben sok pozitív visszajelzést kaptam a világ minden tájáról. A [surg-rob.blogspot.com](http://surg-rob.blogspot.com) címen minden érdeklődő elolvashatja ezeket az írásokat.

– Mit vár az elkövetkező 10–20 évtől az orvosi robotika terén?

– A sebészrobotika az orvostechika egyik legdinamikusabban fejlődő területe. A technikai eszközök fejlődésével egyre bonyolultabb operációk hatékony robotizált támogatására nyílik lehetőség, többek között az idegsebészet területén.

Ma már bizonyosnak látszik, hogy a robotika be fog törni az emberi mindennapokba. Kísérleti stádiumban léteznek már olyan szervizrobotok, amik képesek szinte minden feladatot elvégezni a ház körül, és nagy segítségére lehetnek az idős vagy magatehetetlen embereknek akár a reha-



**Kép által vezetett koponyaalapi sebészetet támogató robotrendszer a Johns Hopkins Egyetemen**

bilitációban is. Az orvosi alkalmazások során számos esetben lenne szükség arra a pontosságra és hatékonyságra, amire a számítógépezérelt robotok képesek, miközben meg tudjuk őrizni az emberi irányítás biztonságosságát. Ugyanakkor sebészeti beavatkozások terén számos olyan folyamat van, amit automatizálni lehetne, a vérzéscsillapítástól a varratok elkészítéséig.

A következő években várhatóan több tucatnyi fejlesztés kerül majd kereskedelmi forgalomba, amelyek az elmúlt 10–15 év laboratóriumi eredményeit hasznosítják a gyakorlatban. Ezek hasznosítani fogják az anyagtechnológia, a szabályozásemélet, a szenzor- és méréstechnika és az orvosi képfeldolgozás legújabb eredményeit.

Bizonyos, hogy a következő évtizedekben drasztikusan fog csökkenni ezeknek az eszközöknek az ára, így egyre szélesebb körben terjedhetnek el, miközben újabb és újabb praktikus alkalmazási lehetőségeket találnak majd.

Az egész gyógyászatot alapjaiban változtatják meg azok a nanorobotok, amelyek kis méretüknél fogva képesek az erekben közlekedni, és megadott helyen gyógyszeres kezelést vagy fizikai beavatkozást végezni. Képesek például a szíven belül operálni úgy, hogy nem kell a beteget feltárni, hanem mondjuk a combartérián keresztül juttatják be az eszközt, a mai katéterekhez hasonlóan.

Azonban a technikával párhuzamosan a társadalmi gondolkodásnak, szabályozásnak, jogalkotásnak is követnie kell a fejlődést. Az embereken végzett közvetlen beavatkozások automatizálása számos etikai és jogi problémát vet fel. Mindazonáltal az orvosi robotok olyan műszaki eredményt jelentenek, amelyek közvetlenül az emberiség szolgálatába állíthatók.

- Végezetül meséljen pár szóban a kinti életéről!
- Nagyon változatos volt az USA-ban töltött

egy év. A fantasztikus hangulat és a nyitott emberek révén számos baráttra tettem szert egészen rövid idő alatt, és a munkával töltött éjszakák mellett jutott időnk szórakozásra, világlátásra és sportra is. Ez utóbbi kapcsán megemlíteném, hogy az amerikai egyetemeken nagyon nagy hagyománya van a diáksportnak, és szinte minden fajta sporttevékenységet lehet végezni egészen magas szinten is. (Egy nagyobb egyetem amerikaifoci-mérkőzésére minden héten 80–90 ezer ember kíváncsi.) Sokszor főztem a kinti barátoknak, és nagyon megkedvelték a magyar konyhát, legyen szó gulyásról vagy lángosról. Különösen népszerű voltam a pogácsával, mivel kint teljesen hiányoznak a sós sütemények. Összességében egy csodálatos év volt, amelyről csak pozitív emlékeket őrzök, és remélem, hogy még sokáig kihatása lesz az itthoni szakmai életemre.

DR. DERVADERICS JÁNOS

Haidegger Tamás hazai kutatását az NKTH OTKA T69055 pályázat támogatta.

#### Elérhetősége

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Orvosi Informatika Laboratórium  
1117 Budapest, Magyar tudósok krt. 2.  
E-mail: haidegger@iit.bme.hu

#### Referenciák

1. Kazanzides, P. et al.: Surgical and Interventional Robotics; Core Concepts, Technology, and Design. *IEEE Robotics and Automation Magazine* 2008, 15, 122–130.
2. Nathoo, N. et al.: In Touch with Robotics: Neurosurgery for the Future. *Journal of Neurosurgery* 2005, 56, 421–433.
3. Haidegger, T. et al.: *Future Trends in Robotic Neurosurgery*. Proc. of 14th Nordic-Baltic Conf. on Biomedical Engineering and Med. Phys, 2008.
4. Haidegger, T., Benyó, Z.: Surgical Robotic support for Long Duration Space Missions. *Acta Astronautica* 2008, 63, 996–1005.

### ÚJ SZERZŐK E SZÁMUNKBAN

#### Dr. Balla László

pszichiáter,  
Budapest

#### Dr. Csiba László

neurológus, pszichiáter  
klinikaigazgató, Debrecen

#### Dr. Emed Alexander

ny. orvos,  
Haifa

#### Dr. Donáth Judit

a reumatológia és fizioterápia  
szakorvosa, Budapest

#### Dr. Horváth Ágnes

neurológus, pszichiáter,  
Szombathely

#### Dr. Koncz Ágnes

laboratóriumi szakorvos,  
Budapest

#### Dr. Szeberényi Szabolcs

farmakológus,  
Budapest