

*Aktuelne teme/
Current topics*

PRIMENA METODA VIRTUELNE
REALNOSTI U NEUROHIRURGIJI I
NEUROANATOMIJI

APPLICATION OF METHODS OF VIRTUAL
REALITY IN NEUROSURGERY AND
NEUROANATOMY

Correspondence to:

Dr med. **Dušica Popović**

21000 Novi Sad

Beogradski Kej 29

Tel. 021 527566

e-mail: dpop333@yahoo.com;

jovapop@neobee.net

Dušica J. Popović, Kosta J. Popović

Univerzitet u Novom Sadu, Medicinski fakultet, 21000 Novi Sad,
Hajduk Veljkova 3

Sažetak

Ključne reči

virtuelna realnost; neurohirurgija;
neuroanatomija; softver; simulacija

Key words

virtual reality; neurosurgery;
neuroanatomy; software; simulations

Intraoperativnu orijentaciju na cerebralnoj površini često ograničava manjak vidljivih anatomskih detalja, gde u mnogome pomaže tehnologija imidžinga i virtuelne realnosti. Virtuelna realnost u neurohirurgiji služi za dobijanje: anatomskih podataka, specijalističku obuku i učenje kroz specifične hirurške probe pre operacija uz upotrebu simulatora za proveru sposobnosti hirurga i kontinuiranu edukaciju. Cilj rada bio je da se prikaže razvoj metoda virtuelne realnosti, njen uticaj na neuroanatomiju i neurohirurgiju i praktična primena. Deo toga je trodimenzionalna metoda vizualizacije koja predstavlja značajan doprinos, i obuhvata postupke primene naprednih tehnologija računarskog analiziranja podataka u slikama, koji su od neposredne praktične važnosti u preventivnim, dijagnostičkim i procedurama lečenja.

UVOD

Virtuelna realnost (VR) je kompjuterski napravljena simulacija fizičke prisutnosti ⁽¹⁾. VR se koristi u neurohirurgiji za:

- razumevanje anatomskih odnosa,
- specijalističke obuke i učenja,
- hirurške probe postupaka na virtuelnim modelima koje bi ispitale tehničku izvodljivost ili predvidele moguće teškoće,
- proveru sposobnosti pojedinca u bezbednom obavljanju neurohirurških procedura i za
- kontinuiranu edukaciju ⁽²⁾.

Softveri virtuelne realnosti u neurohirurgiji su ⁽²⁾:

1. virtuelni projekat mozga - softver zasnovan na audio-vizuelnoj simulaciji ventrikulostomije,
2. dekstroskop- 3D manipulacija individualizovanog anatomskog pristupa,
3. robo-sim - endoskopski neurohirurški simulator,
4. „ImmersiveTouch“ - simulator za plasman ventrikulostomije
5. temposurg - simulator bušenja / disekcije slepoočne kosti ^(2,3).

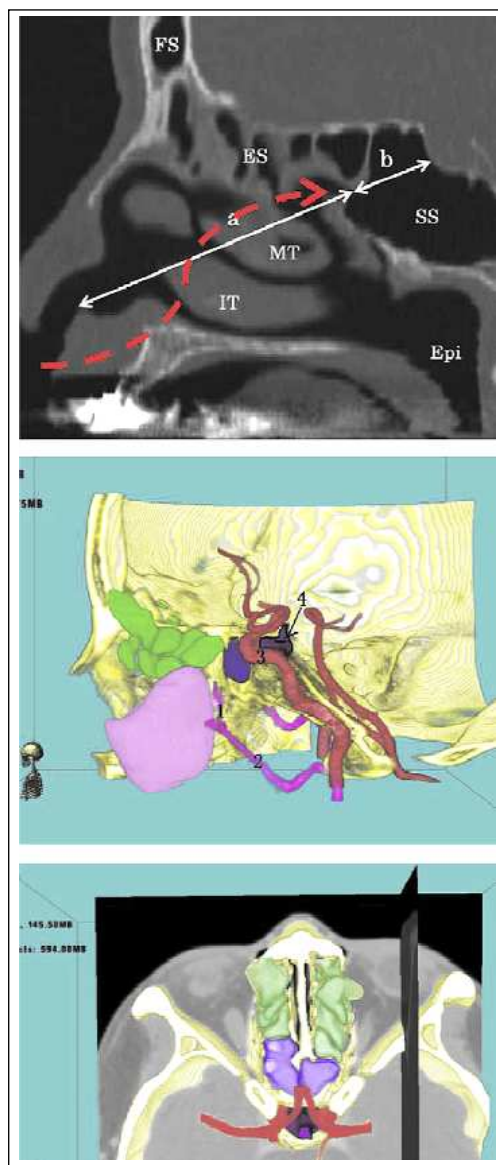
Najčešće virtuelizovane hirurške operacije

1. Virtuelna hirurgija na CTu ima jedinstvene prednosti u vizualizaciji (slika 1), ali ona takođe ima određena ograničenja, kao što su zahtevi za kontrastnim agensima za

vizuelizaciju krvnih sudova pacijenta. Ako je krvni sud previše tanak, siva skala razlike na CT slikama nije adekvatna za prepoznavanje malih krvnih sudova i rekonstrukciju 3D slike. Uvek je potrebno koristiti što više CT snimaka prilikom rekonstrukcije završne slike da bi se dobio što verniji prikaz patološke promene kod pacijenata. Takođe postoje bitne razlike u manipulisanju i upravljanju tkivima u virtuelnoj hirurgiji i stvarnoj hirurgiji ⁽³⁾. (*Slika 1 na sledećoj strani*)

2. Virtuelna endoskopija, se bazira na primenjivanju složene tehnologije. Na primer, jedna od endoskopskih operacija, sprovodi se uz pomoć virtuelnog prikaza slike endoskopom, endomikrokamerom, hladnim izvorom svetla i videoopremom. Ovaj pristup omogućuje veću sigurnost, uspešniji tok operacije, naročito u manjim, udaljenim medicinskim ustanovama. Ovo je od najvećeg značaja za hitne hirurške intervencije koje moraju biti izvedene u udaljenim medicinskim institucijama gde usluga iskusnog hirurga (npr. specijaliste za određenu granu hirurgije i/ili anatomije) nije dostupna ⁽⁴⁾.

3. 3D metoda vizualizacije predstavlja značajan naučni doprinos, definiše postupke primene naprednih tehnologija računarskog analiziranja podataka u slikama, koji su takođe od neposredne praktične važnosti u hirurgiji i anatomiji. Tokom izvođenja operacije, računar sa prikazom operacionog polja omogućuje hirurgu, uz pomoć naprednih tehnologija, povezivanje hirurških instrumenta na prostorne



Slika 1. CT prikaz sella turcica i okolnih struktura (2)

digitalizatore koji su povezani na sam računar. Nakon obavljene operacije hirurg upoređuje i analizira 3D modele operacionog polja pre i posle operacije i posmatra videozapise samog zahvata iz različitih uglova (5).

Razvoj metoda virtuelne realnosti

Vojna istraživanja praktične uloge simulatora poslužila su kao pokretačka snaga za najveći deo tehnologije virtuelne realnosti koje imamo danas. Evolucija virtuelnih hirurških i neurohirurških uređaja sledila je put od 3-dimenzionalnih i virtuelnih okruženja iz ranih simulatora letenja korišćenih tokom Drugog svetskog rata, pa do složenih simulatora za obuku u savremenoj vojsci. Shvatajući evoluciju vojnih simulatora i poređenjem i razlikovanjem od sadašnjih i budućih hirurških simulatora, moguće je da se ubrza razvoj odgovarajućih uređaja i njihove vrednosti kao efektivni alat za trening. Vojna lica su odavno shvatila paralele između opasnosti na bojnopolju i rizike od hirurških procedura i samim tim bili prvi koji su adaptirali simulator za obuku hirurga. U ranim 1980-im, grafički dizajneri u saradnji sa

anatomima i hirurškim timovima su pokušali da iskoriste napredak u grafici računara za uređivanje planova neurohirurških zahvata.

Agencija Obrane razvijenih istraživačkih projekata, SAD vojnomedicinska istraživanja i „Materiel Commandhave“ programi posvetili su se prilagođavanju obuka i razvoju VR. Zbog složenosti problema sa kojima se suočavaju medicinski i vojni timovi, i njihove duge istorije u unapređivanju simulatora i tehnologije VR, kontinuirani napredak u vojnomedicinskim uređajima može pomoći da se popune sadašnji nedostaci VR kao instrumenta za obuku. Bez obzira na sve, iako virtuelno okruženje obezbeđuje odličnu početnu vežbu i upoznavanje neuroanatomije u neurohirurgiji, njegova prednost se smanjuje proporcionalno sa iskustvom hirurga (6).

VR je simulacija i korišćena je duže vremena u različitim oblastima. Prednost obuke u virtuelnom okruženju bez rizika dobro je prihvaćena. Simulacije VR obezbeđuju dobar način za preoperativna planiranja i vežbu. Uređaji za simulaciju virtuelne realnosti su razvijeni za obuku u laparoskopskoj hirurgiji, endoskopiji i interventnoj radiologiji (7).

Primena metoda virtuelne realnosti u hirurgiji i posebno neurohirurgiji

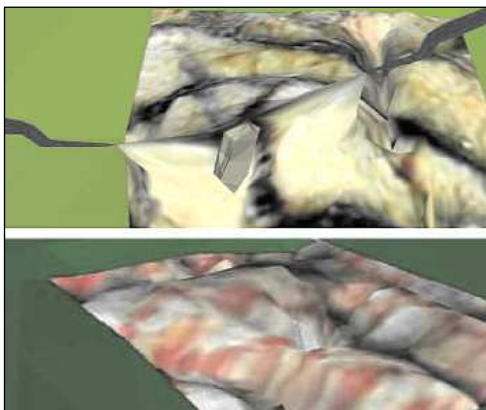
Telehirurgija- kombinacija laparoskopskih tehnika, robotike i virtuelne realnosti predstavljaju najnovija dostignuća u hirurgiji nakon uvođenja minimalno invazivnih procedura. Istorijski razvoj VR počinje 1994. godine (8) konstrukcijom robota pod imenom AESOP 1000, čija mehanička ruka sa tri zgloba, kao imitacija ljudske, je služila za vođenje teleskopa sa ciljem povećanja sigurnosti i smanjenjem potrebe za izvežbanim kamera-operatorom. Nekoliko sledećih godina je vršeno kontinuirano unapređivanje funkcionalnosti robota AESOP. Robot AESOP 2000 pojavio se 1996, a robot AESOP 3000 – 1998. godine (8). Daljim napretkom tehnologije, 2001. godine (9) konstruisan je novi robot Zeus sa tri mehaničke ruke sa dodatkom mikrozgloba čime je omogućeno upravljanje nad 28 različitih instrumenata. Zeus sadrži robotske ruke koje oponašaju standardnu hiruršku opremu i monitor sa slikom operacionog polja. Najnovija generacija robota, sistem Da Vinci, odobren 2000. od strane FDA (Food and Drug Administration) danas je najzastupljeniji robot u rutinskoj hirurškoj praksi (10). Četiri glavne komponente telehirurških sistema su radna stanica hirurga, robot koji radi na telu pacijenta, vrhunski 3D sistem za prikaz slika i specijalni dodatak Endowrist, mehanička šaka sa različitim dodacima za specijalne hiruške operacije. U sistemu Da Vinci hirurg kontroliše robota rukama, a sistem za snimanje nogama. Ovakva robotska telehirurgija moći će da se primenjuje za obavljanje operacija na teško pristupačnim mestima. Prva laparoskopna procedura uživo preko Interneta – transatlantska holecistektomija izvedena je 7. septembra 2001. godine (10, 11). To je prva preokookeanska telehirurška intervencija i nazvana je Lindbergova procedura. Tim hirurga se nalazio u Njujorku, dok je pacijent bio u Strazburu u Francuskoj. Iako udaljen od pacijenta nekoliko hiljada kilometara, hirurg je mogao da vrši intervenciju precizno i pouzdano. Robotski sistem Zeus primao je komande

od hirurškog tima i pretvarao ih u pokrete hirurških instrumenata koji su radili na pacijentu. Slike pacijenta, dobijene pomoću digitalne kamere i endoskopa, slate su medicinskom timu u Njujork (10, 11).

Visoki tehnički zahtevi trenutno ograničavaju primenu hirurškog virtuelnog okruženja, kompjuterski simulirane okoline koja dočarava prisutnost hirurškog polja (1, 11). Neurohirurzi su suočeni sa izazovom učenja, planiranja, i izvođenja sve složenijih hirurških procedura u kojima ima malo prostora za greške. Sa poboljšanjima u računarskoj snazi i napretkom u vizuelnim i haptičkim tehnologijama prikazivanja, hirurška virtuelna okruženja sada mogu da ponude potencijalne koristi za hiruršku obuku, planiranje, i probu u bezbednom, simuliranom okruženju (11).

Dobro je prihvaćeno da je neurohirurzima potrebna obuka u novim hirurškim procedurama da bi dostigli određeni nivo kompetentnosti, pre izvođenja na pacijentima. Stara izreka „triput meri jednom seci“ naročito važi na neurohirurgiji. Klasična metoda hirurške obuke koju koriste Halsted i drugi pre njega (o aseptičnim tehnikama operativnih zahvata) je sada široko u upotrebi (10, 11). Pored toga, ona je dopunjena posmatranjem operacija stručnih hirurga, direktno ili kroz video i praksom na leševima. Vreme koje se provodi u operacionoj sali i rad na leševima su ograničeni, pa virtuelne simulacije nadopunjuju i pomažu u vežbanju i treniranju u neurohirurgiji u većini razvijenih zemalja. Obuka zasnovana na virtuelnoj realnosti i robotikom potpomognuta neurohirurgija su najnovije tekovine. Od njih se očekuje da budu deo napretka u neurohirurgiji u 21. veku, zajedno sa molekularnom neurohirurgijom i poboljšanim imidžing metodama (12).

Simulacije znatno pomažu da se mladi hirurg upozna sa veštinama koje se od njega očekuje da nauči i nadvlada inicijalni nedostatak iskustva. Simulator koristi tehnologiju realističnog modela ljudskog mozga koji je deformabilan i liči na živi model. Simulator uključuje inkorporaciju hirurškog probijanja, vučenja i sečenja. Napredne verzije uključuju odvajanje isečene površine retraktorima i destrukcije posle sečenja (slike 2 i 3). Iskustvo virtuelne operacije je unapređeno primenom 3D stereo slike i korišćenjem dva ručna uređaja slična onim što se koriste kod konzola za video igrice (13).



Slika 2. Primeri vučenja (gore) i pritiskanja (dole) pri simulaciji (11)



Slika 3. Fizički izgled simulacionog hardvera virtuelne realnosti (11)

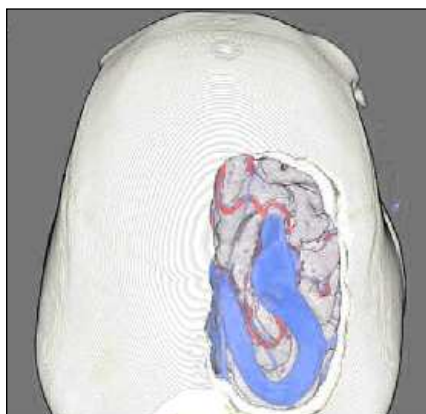
Iako se ova tehnologija VR simulacije koristi u drugim oblastima, predstavlja relativno novu granu u okviru neurohirurgije, gde se u realnom vremenu prikazuje sečenje, vučenje, čupanje, ugnuće i pomeranje tkiva. Virtuelna realnost još uvek ne može da prikaže sve parametre i svojstva ljudskog mozga, jer bi to zahtevalo mnogo truda, analize i ekonomskog ulaganja. Praksa pokazuje da se ovi programi moraju razvijati i praviti novi kako bi se što vernije prikazale pojedinosti tokom operacije. Simulatori igraju korisnu ulogu u obuci početnika neurohirurga.

Trening i obuka na VR u okviru neurohirurškog simulatora: operacije su izabrane pregledom programa neurohirurške onkologije i analizom osnovnih tehnika i reprezentativnih operacija. Zadaci su potom razrađeni u module obuke uključujući ciljeve učenja, instrukcije, nivoe težine i ocene performansi. Istraživanja i razgovori su vođeni sa ekspertima u toj oblasti da bi se ograničila, pregledala, diskutovala i odobrila svaka faza. Pet zadataka su odabrani kao predstavnici osnovne i napredne neurohirurške veštine. Ovi zadaci jesu:

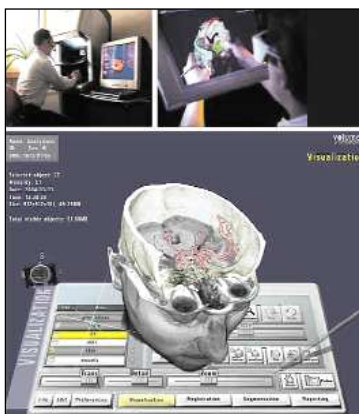
- 1) ventrikulostomija,
- 2) endoskopska navigacija nosa,
- 3) uklanjanje tumora,
- 4) hemostaza i
- 5) mikrodisekcija.

Treninzi su strukturirani u lake, srednje i napredne. Simulatori daju povratnu informaciju o ishodu, efikasnosti i greškama. Nacionalni istraživački savet iz Kanade trenutno razvija NeuroTouch, simulator virtuelne realnosti za kranijalnu mikroneurohirurgiju. Simulator trenutno uključuje pet modula u različitim fazama realizacije. Dalji rad će potvrditi potrebne komponente i koristiti u programu obuke. NeuroTouch je sredstvo koje obećava u okviru treninga i vežbi neurohirurških veština (14).

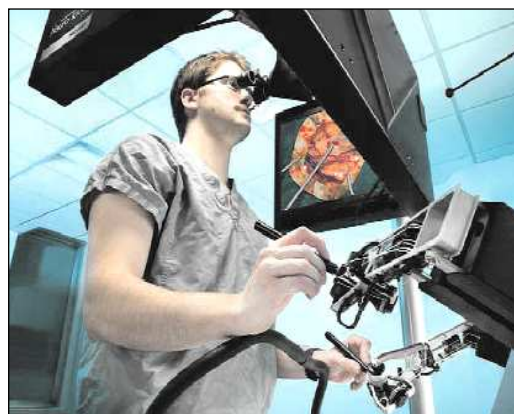
Primene u neurohirurgiji - Dekstroskopa (slika 4) specifično za registrovane radiološke skupove podataka individualnog pacijenta koji mogu da se posmatraju i stereoskopski manipulišu u okruženju virtuelne realnosti. Tabla za 3-dimenzionalna podešavanja boja omogućava individualna podešavanja boja i transparentnosti moždane kore, arterija, vena, kosti lobanje. Strukture mogu biti izabrane, oblikovane i obojene po potrebi. Korisnik može vizuelizovati anatomiju sa različitim dostupnim funkcijama poput zumiranja, rotiranja, pomeranja, sečenja, odsecanja. Primena Dekstroskopa (slika 5) i NeuroTouch-a (slika 6) za operativno planiranje i obuku u kraniotomiji i mikrohirurškom uklanjanju intrakranijalne aneurizme se pokazala dobro i omogućila je savladavanje izazova za koje je potrebno razumevanje anatomskog odnosa nutritivnih arterija, krvnih sudova i odvodnih vena u odnosu na okružujuće žlebove i vijuge mozga (15).



Slika 4. Primena Dekstroskopa u neurohirurgiji kod planiranja operacije aneurizme. Prikaz patološke promene i krvnih sudova u odnosu na mozak i lobanju. (15)



Slika 5. Planiranje operacije na Dekstroskopu (15)



Slika 6. NeuroTouch simulator kranijalne mikrohirurgije (15)

DISKUSIJA

U aplikaciji VR u okviru hirurgije ili anatomije moramo koristiti međunarodne standarde regulisane zakonom, kao npr. licence, akreditacije i pitanja privatnosti medicinskih podataka (16).

Neurohirurgija i anatomija imaju koristi od neuroimidžinga. Poznato je da često intraoperativnu orijentaciju na cerebralnoj površini ograničava manjak vidljivih anatomskih detalja, gde u mnogome pomaže tehnologija imidžinga i VR. Obeležja se koriste u vidu tački ili oblika za orijentaciju, npr. tačke orijentacije na slikama i VR modelima su: Commissura ant. et post., Foramen interventricularis Monroi, Foramen magnum, a oblici za orijentaciju u VR modelima su: Sulcus centralis, Cuneus, ventriculus-i, kao i koštane strukture: Clivus, Sella turcica, i dr. (17-21).

Radiografska dijagnostika pacijenta sa kranio cerebralnim povredama (KCP) obuhvata nativne radiografije i kompjuterizovanu tomografiju mozga (CT) (22-24). Nativne radiografije obuhvataju snimanje glave, vratne kičme, grudnog koša, karlice i ekstremiteta. Kod KCP su posebno bitne prve dve grupe radiografija. Standardne radiografije lobanje su: anteriorno-posteriorni, lateralni i poluaksijalni (Towne) snimak u cilju prikazivanja skvame okcipitalne kosti do velikog potiljačnog otvora (25-27). Radi se i radiografija kičme, pre svega vratnog dela, a prema potrebi i ostalih delova. Najčešća mesta povređivanja C1-C2, C5-C7 i C7-Th1 treba da se vide na lateralnom snimku (28-29). CT je standardna dijagnostička metoda u dijagnostici povreda glave i dovoljno je uraditi je i bez kontrasta, a u slučaju teških KCP, u slučaju neurološkog pogoršanja ili neobjašnjivog rasta intrakranijalnog pritiska, CT snimanje treba ponavljati češće. Nuklearna magnetna rezonanca (NMR) je od koristi tek u kasnijoj fazi u evaluaciji traumatskih promena u moždanom stablu i beloj moždanoj masi (21). Prema statističkim podacima u našoj i većini evropskih zemalja traumatizam je treći po učestalosti uzrok opšte smrtnosti. Kranio cerebralne povrede jesu najčešći uzrok smrti povređenih u okviru traume (26 % slučajeva), zbog čega se radi na stalnom poboljšavanju i uvođenju novih tehnologija i VR u dijagnostici i terapiji (30-33). VR u hirurškoj neuroanatomiji je unapredila metode učenja i vežbanja i samim tim obezbedi-

la potrebne veštine i obučenosť hirurga i medicinskog osoblja. VR omogućava minimalno invazivne operativne zahvate. Uvođenje 3D metoda VR u neurohirurgiju, radi lakšeg upoznavanja sa metodama i postupcima u okviru specifičnih zahvata i operacija, pomoći će u dijagnostici, kako bi ona bila što efikasnija, a lečenje bez ikakvih neželjenih posledica.

U Srbiji, PACS (Picture Archiving and Communication System) je uveden u cilju rešavanja problema nepotrebnih troškova u zdravstvenim institucijama u Institutu za Onkologiju i Radiologiju u Beogradu. PACS server namenjen je za arhiviranje, pretraživanje i analiziranje dijagnostičkih slika, a glavna uloga je obezbeđenje centralizovane arhive medicinskih slika i predstavlja tačku povezivanja svih dijagnostičkih uređaja na jednom mestu. Povezuje bolničke, radiološke, ehokardiografske i druge informacije i snimke. Obezbeđuje i telemedicinske servise, dakle moguće povezivanje Instituta za Onkologiju i Radiologiju Srbije sa drugim zdravstvenim institucijama (34-37).

Virtualni slajdovi (VS) digitalizovanih celih snimaka doprinose razvoju patološke neuroanatomije. VS su digitalne slike potpuno preuzete sa staklenih histoloških mikroskopskih preparata. Mogu se posmatrati kao osnovni elementi za nov opisa tkiva – u okviru osnovne dijagnoze ili dijagnostičke hirurške patologije. Digitalna patologija ima korene u telepatologiji, gde se komunikacija obavlja preko računara sa dijagnostičkim patolozima. Telepatologija je deo specijalizovanih foruma u konsultacijama sa ekspertima, ili je u obliku virtuelne mikroskopije ako se aplikuje u servisima sa fiksnim snimcima. Značaj VS je u analizi slika na bazi sadržaja, kako bi se automatski dobila dijagnoza. U osnovi dijagnostike se nalazi integrisan algoritam o sadržaju slike kako bi se mogla predvideti dijagnoza patološkog tkiva na osnovu VS (38).

ZAKLJUČAK

Analiza zapisa VR pre, za vreme i posle operacije je od velikog značaja za lekare i pacijente, pre svega u smanjenju invazivnosti, povećanju brzine i uspešnosti hirurških zahvata. VR doprinosi boljim anatomskim studijama i razumevanju individualne neuroanatomije, omogućava lakšu specijalističku obuku i učenje. VR omogućuje hirurške probe pre operacija, upotrebu simulatora za proveru sposobnosti hirurga i kontinuiranu edukaciju u neuroanatomiji i neurohirurgiji.

Abstract

Often intraoperative orientation of the cerebral surface is constrained by lack of visible anatomical details, where imaging technology and virtual reality help considerably. Virtual reality has the potential in neurosurgery for anatomical studies, specialized training and teaching, patient specific surgical trials before the operation, the use of simulators for checking the capability and skills, in continued education, where anatomy and neurosurgery are continuing to grow. The aim of this paper was to present a brief development of virtual reality technology through history, its impact on the neuroanatomy and surgery and its practical applications. By defining the procedure of applying advanced computer technology to analyze data in images, threedimensional visualization method represents a significant scientific contribution, which has also practical importance in preventive, diagnostic and therapeutic procedures.

LITERATURA

1. Davis E. Techgnosis: myth, magic and mysticism in the information age. Harmony books, New York;1998.
2. Robison RA, Liu CY, Apuzzo MLJ. Man, mind, and machine: the past and future of virtual reality simulation in neurologic surgery. *World Neurosurg.* 2011; 76:419-30.
3. Wang SS, Xue L, Jing JJ, Wang RM. Virtual reality surgical anatomy of the sphenoid sinus and adjacent structures by the transnasal approach. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery.* 2012; 40: 494-99.
4. Klapan I, Šimičić Lj. Telerobotika u hrvatskoj medicini : klinička primjena virtualne realnosti. U: Klapan I, Čikeš I. *Telemedicina u Hrvatskoj.* Medika Zagreb; 2002.s. 263-74.
5. Klapan I, Šimičić Lj. Prijenos video slike i 3D-modela kirurškog polja u realnom vremenu tijekom tele-3D-računalom potpomognute kirurgije: televirtualna kirurgija u realnom vremenu. U: Kurjak A, Richter B. *Telemedicina u Hrvatskoj.* AMZH, Zagreb; 2001.s.163-80.
6. Schmitt PJ, Agarwal N, Prestigiacomo CJ. From planes to brains: parallels between military development of virtual reality environments and virtual neurological surgery. *World Neurosurg.* 2012; 78:214-9.
7. Wong GKC, Zhu CXL, Ahuja AT, Poon WS. Stereoscopic virtual reality simulation for microsurgical excision of cerebral arteriovenous malformation: case illustrations. *Surg Neurology.* 2009; 72:69–73.
8. Saxena AK, Höllwarth ME. *Essentials of Pediatric Endoscopic Surgery.* Springer – Verlag, Berlin Heidelberg; 2009. p. 500.
9. Lavini C, Ruggiero C, Morandi U. History of minimally invasive thoracic and cardiac surgery. U: Inderbitzi RGC, Schmid RA, Melfi FMA, Casula RP, urednici. *Minimally Invasive Thoracic and Cardiac Surgery: Textbook and Atlas.* , Springer – Verlag, Berlin Heidelberg; 2012. p. 13.
10. Radojčić B, Jokić R, Grebeldinger S, Meljnikov I, Radojčić N. Istorija medicine: istorijat minimalno invazivne hirurgije. *Med Pregl.* Novi Sad. 2009; 72:597-602.
11. Chan S, Conti F, Salisbury K, Blevins NH. Virtual reality simulation in neurosurgery: technologies and evolution. *Neurosurgery.* Congress of Neurological Surgeons. 2013;72(51):154-64.
12. Kennedy RB. Halstead: giant of surgery. *J Miss State Med Assoc.* 1961; 2:521-2.
13. Laligam NS, Farzana T, Louis JK, Pridgeon J, Hannaford B. Commentary: Virtual reality and robotics in neurosurgery. *Neurosurg. Congress of Neurological Surgeons* 2013; 51:1-6.
14. Wang P, Becker AA, Jones IA, Glover AT, Benford SD, Greenhalgh CM, Vloeberghs M. A virtual reality surgery simulation of cutting and retraction in neurosurgery with force-feedback. *Computer methods and programs in biomedicine* 2006; 84:11–18.
15. Choudhury N, Gélinas-Phaneuf N, Delorme S, Del Maestro R. Fundamentals of neurosurgery: virtual reality tasks for training and evaluation of technical skills, *World Neurosurg.* 2012; 78:641-9.
16. Bhatia N. *Telesurgery and the Law.* U: Kumar S, Marescaux J. *Telesurgery.* Springer Berlin Heidelberg; 2008. s. 171-7.
17. Obradović D, Mijatov-Ukropina Lj, Stojšić Lj. *Osteologija za studente medicine.* Novi Sad: Zmajeva biblioteka znanja; 2002.
18. Riva A, Conti G, Solinas P, Loy F. The evolution of anatomical illustration and wax modelling in Italy from the 16th to early 19th centuries. *J Anatomy.* 2009; 216:209-22.
19. Seeger W, Zentner J. *Navigated Brain Surgery — an Introduction.* U: Seeger W, Zentner J. *Neuronavigation and Neuroanatomy.* Springer Vienna; 2002. p. 3-5.
20. Seeger W, Zentner J. *Neuronavigatory Landmarks and Neuroanatomy — a Survey.* U: Seeger W, Zentner J. *Neuronavigation and Neuroanatomy.* Springer Vienna; 2002. p.7-89.
21. Samardžić M. *Osnovi neurohirurgije za sve lekare.* Zavod za udžbenike i nastavna sredstva: Beograd; 1998.
22. Grujičić D, Đurović B. *Kraniocerebralne povrede.* U: Maksimović ŽV, urednik. *Hirurgija udžbenik za studente.* Beograd: Medicinski fakultet univerziteta u Beogradu Katedra hirurgije sa anesteziologijom: CIBID; 2008. s. 538-51
23. Vuleković P, Popović Lj, Papić V. *Kraniocerebralne povrede.* U: Vuleković P, Cigić T, Kojadinović Ž, urednici. *Osnove neurohirurgije.* Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu Medicinski Fakultet; 2012. s. 68-100.
24. Bongartz G et al. *European guidelines for multislice computed tomography;* 2004.
25. Gasco J, Nadler R. *The Essential Neurosurgery Companion.* Thieme Germany: 1st edition; 2012.
26. Greenberg MS. *Handbook of neurosurgery.* New York: JP medical publisher London; 2012.
27. Loftus C.M. *Neurosurgical emergencies.* Thieme Germany; 2008.
28. Lumenta CB, Rocco DC, Haase J, Mooij JJA. *Neurosurgery.* Springer USA; 1st edition; 2010.
29. Tandon NP, Ramamurthi R. *Text book of neurosurgery.* New York; JP medical publisher London; 2012.
30. Vaccaro AR, Albert TJ. *Spine Surgery.* Thieme Germany; 2009.
31. Weber JT, Maas AIR. *Neurotrauma-New Insights.* Amsterdam: Elsevier; 2007.
32. Winn R. *Youman's neurological surgery.* Philadelphia; Saunders; 2004.
33. The American Association of Neurological Surgeons. *Computed tomography scan features.* The Brain Trauma Foundation; The Joint Section on Neurotrauma and Critical Care; *J Neurotrauma;* 2000; 17(6-7):597-627.
34. Mitrović Z, Spasić-Jokić V. *Introduction in Picture Archiving and Communication System (PACS) in Medicine: DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine).* MD-Medical Data. 2010; 2(2): 123-6.
35. Trkuljić N, Babić Z, Marković-Tesla R, Peruničić G, Sarić M, Spasić-Jokić V, Mitrović Z. *Uvođenje savremenog PACS sistema u Institutu za onkologiju i radiologiju Srbije.* MD-Medical data. 2011; 3(1):69-72.
36. Paskaš M, Gavrovska A, Jevtić D, Slavković M, Dujković D, Reljin I, Reljin B. *Segmentacija ehokardiograma korišćenjem aktivnih kontura sa predobradom.* MD-Medical data. 2011;3(2):205-7.
37. Spasić-Jokić V, Nišević G. *Određivanje izlazne radioterapijske doze pomoću elektronskih uređaja za portal imidžing.* MD-Medical data. 2011; 3(1):25-7.
38. Kayser K. *Virtual slides in tissue –based diagnosis – a review.* MD-Medical data. 2011; 3(2):151-7.

■ Rad je primljen 03.03.2014. Revidiran 14.03.2014. Prihvaćen 15.03.2014.