



Neuronavigacija kod operativnih zahvata na mozgu

Adila Delić, Mirza Moranjkčić

Klinika za Radiologiju i nuklearnu medicinu UKC Tuzla

Corresponding author: Adila Delić, Klinika za Radiologiju i nuklearnu medicinu UKC Tuzla, Trnovac bb 75000 Tuzla

Email: delicadila@gmail.com

Abstract

Medical imaging has been used primarily for diagnosis.

This process requires three-dimensional localization devices, the ability to register medical images to physical space, and the ability to display position and trajectory on those images. Neuronavigation provides intraoperative orientation to the surgeon and helps in planning a precise surgical approach to the targeted lesion and defines the surrounding neurovascular structures. Incorporation of the functional data provided by computed tomography and magnetic resonance imaging or ultrasound with neuronavigation renders neurosurgeons to avoid the vital areas of the brain during surgery.

Key words: Neuronavigation, brain imaging, MRI, CT, neurosurgery

Apstrakt

Medicinsko snimanje je upotrijebljeno za dijagnosticiranje.

Onaj proces zahtijeva trodimenzionalne aparate lokalizacije, mogućnost registriranja medicinskih snimaka na fizički prostor, te mogućnost prikazivanja pozicije putanje na tim snimcima. Neuronavigacija hirurgu pruža intraoperativnu orijentaciju i pomaže u planiranju preciznog hirurškog pristupa ciljanoj leziji i definiše okolne neurovaskularne strukture. Uključivanje funkcionalnih podataka koji su dobijeni na kompjuterizovanoj tomografiji i magnetnoj rezonansi, ili ultrazvuku sa neuronavigacijom omogućuje neurohirurzima da izbjegnju vitalna područja mozga tokom operacije.

Ključne riječi: Neuronavigacija, snimanje mozga, MRI, CT, neurooperacija

Uvod

Neuronavigacija obezbjeđuje intraoperativnu orijentaciju hirurga i pomaže im u planiranju preciznog hirurškog pristupa ciljanoj leziji i definiše okolne neurovaskularne strukture. Sam pojam neuronavigacija je sinonim za hirurški zahvat pod kontrolom slike, tj. operacija uz pomoć kompjutera. Neuronavigacija pruža hirurgu mogućnost da vidi pacijentovu anatomiju u tri dimenzije i precizno odredi lokaciju u mozgu ili kičmenoj moždini uz pomoć dijagnostičkih metoda prikaza kao što su kompjuterizovana tomografija (CT) i magnetna rezonanca (MRI), ili intraoperativne načine prikaza kao što je ultrazvuk, MRI itd.

Neuronavigacija omogućava hirurzima i da prate instrumente u odnosu na pacijentovu anatomiju, kao i da prate samu anatomiju tokom hirurške procedure (1).

Neuronavigacija koristi princip stereotaksije. Mozak se posmatra kao geometrijski volumen koji se može podijeliti s tri zamišljene prostorne

ravni koja se presijecaju, ortogonalno jedan prema drugom (vodoravno, frontalno i sagitalno) na temelju kartezijskog koordinatnog sistema. Svaka tačka unutar mozga može se odrediti mjerenjem njene udaljenosti u tri presijecajuće ravnine. Neuronavigacija obezbjeđuje precizno hirurško vođenje povezivanjem ovog koordinatnog sistema mozga sa paralelnim koordinatnim sistemom trodimenzionalnih podataka slikovnog prikaza anatomije pacijenta koji se prikazuje na konzoli kompjuterske radne stanice tako da medicinske slike postanu tačkaste mape odgovarajućih lokacija unutar mozga (2).

Integracija funkcionalnih modaliteta snimanja, posebno određeni dijagnostički modaliteti kao što su magnetoencefalografija, funkcionalna MRI i pozitronska emisiona tomografija (PET) sa neuronavigacijom omogućili su operacije u blizini vitalnih područja mozga sa minimalnim morbiditetom (2). Prostorna tačnost modernog neuronavigacijskog sistema dodatno je poboljšana upotrebom intraoperativnog MRI koji daje slike u realnom vremenu za



dokumentiranje rezidualne lezije i za procjenu pomijeranja mozga tokom operacije (3).



StealthStation® S7® Navigation Technology

Kako radi sistem neuronavigacije







1 - Radiološki inženjer izvodi CT ili MRI skeniranje pacijenta

Obično večer prije ili na dan operacije, radiološki inženjer pravi prvi bitan korak - CT ili MRI skeniranje pacijentove anatomije. CT sken, koji prikazuje koštane strukture, najčešće se koristi za operaciju kičme, dok se MRI, koji stvara jasnu sliku mekog tkiva, preferira za operacije mozga (4). Baš kao što navigirate u gradu na osnovu znamenitosti kao što je posebno visoka zgrada ili mali kip, tako i hirurg koristi orijentire za skeniranje slika. U slučaju kičme, prirodne znamenitosti tijela kao što su dio kostiju kralježnice (spinous process, itd) se prikazuju na CT-u.

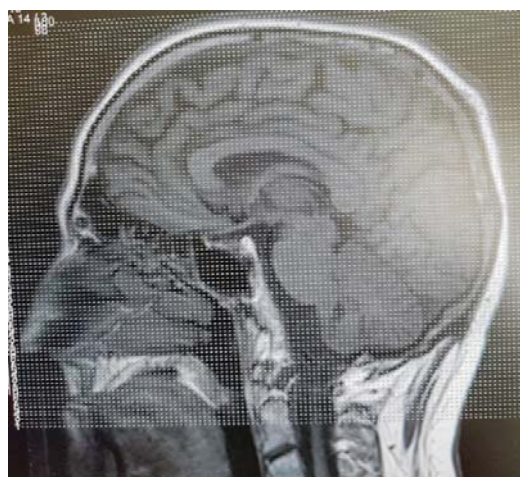
Ono što je bitno da radiološki inženjer ispoštuje neke tehničke aspekte. Debljina sloja ne bi smjela bit deblja od 1mm. Moraju biti obuhvaćene sve anatomske strukture na glavi. CT serija se obično radi uz aplikaciju kontrastnog sredstva. Izvodi se tako što se nakon urađenog topograma aplicira kontrastno sredstvo i izvrši snimanje.

Kod magnetne rezonance, FOV (field of view) mora biti dovoljno velik da pokrije sve anatomske strukture. Distanca faktor treba da je nula, te debljina sloja ispod 2 mm.

Protokol koji koristimo u našoj kući, a koji je napravljen u saradnji s neurohirurzima.

- 1 t2_trufi_scout
- 2  t1_se_sag
- 3  t1_se_tra
- 4  t2_tse_tra_320
- 5  t2_tirm_tra_dark-fluid
- 6  pd_tse_tra_4mm_320
- 7 Pause
- 8  t1_se_tra

MRI protokol za neuronavigaciju



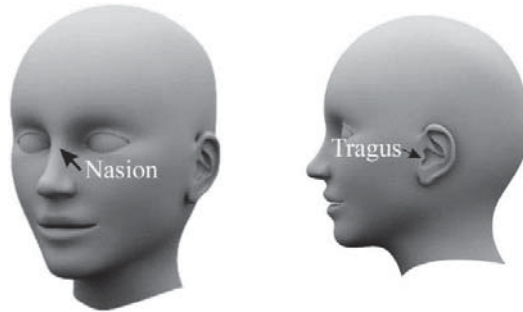
FOV (field of view)

2 - Hirurg gradi 3D model pacijenta na kompjuteru.

Hirurg unosi slikovne podatke dobivene skeniranjem anatomije u kompjuter. Za operaciju mozga, hirurg koristi podatke za izgradnju trodimenzionalnog modela jedinstvene anatomije pacijenta koji se može prikazati na monitoru kompjutera. Za operaciju kičme, hirurg može proći kroz ovaj proces izgradnje modela, osim ako bolnica koristi softver od proizvođača. Ovaj softver čini slike dostupnim za hitnu upotrebu od strane hirurga i automatski ih registrira u tijelo pacijenta.

3 - Hirurg mapira model kompjutera na tijelo pacijenta.

Nakon primene anestezije, ali prije početka operacije, hirurg povezuje pacijentovu anatomiju sa 3D modelom skeniranih informacija. Ovaj proces se naziva registracija. Hirurg ovo čini tako što prvo dodirne orijentir na pacijentu pomoću pokazivača ili sonde. Ovo može biti ili prirodni orijentir kao što je rub oka ili spoj dva prednja zuba, ili umjetni marker u obliku krofne.



Anatomski orijentir koji pomaže hirurgu prilikom registracije

Onda neko dodirne istu tačku na ekranu. Kamera hirurškog sistema za navigaciju slikom potom prenosi signal sa sonde na kompjuter da bi registrovala dotičnu lokaciju. Dodirujući tačku po tačku na tijelu pacijenta, a zatim na monitoru, hirurg gradi korelaciju između tijela i slike na ekranu. Uparivanjem skena sa stvarnom anatomijom i korištenjem specijalnih instrumenata vođenih slikom, hirurg može da precizno locira vrh instrumenta u odnosu na tijelo pacijenta tokom operacije.



Mapiranje pacijenta

4 - Hirurg koristi sistem za vođenje slike tokom operacije.

Tokom operacije, vrh hirurških instrumenata će biti dinamički prikazan kao presjek u tri anatomske ravni na monitoru. Dok hirurg pomijera instrumente, prikaz se brzo mijenja kako bi pokazao novu poziciju. Ovim se omogućava hirurgu i da se prikaže blizina instrumenta kritičnim anatomskim strukturama, kao što su optički nerv, bazilierne arterije itd.

Diskusija

Neuronavigacija je korisna u pružanju dovoljno precizne orijentacije hirurgu. Olakšava precizno planiranje kraniotomije do ciljnih malih ili subkortikalnih lezija. Golfinos et al. takođe su razjasnili njenu ulogu u hirurgiji epilepsije u predviđanju dužine razdvajanja corpus callosuma u calloselotomiji korpusa, procjenjujući stražnju granicu prednje temporalne resekcije, kao i lokalizaciji hipokampusa; također, u endoskopskoj hirurgiji, gde je obezbijedena orijentacija unutar ventrikularnog sistema (8).

Neuronavigacija daje hirurzima preciznost vođenu slikom pri delikatnim procedurama uklanjanja tumora, liječenje distonije ili dubokoj stimulaciji mozga. Tokom uklanjanja tumora, navigacija i intraoperativno snimanje omogućavaju hirurgu da vidi da li je uspješno uklonio cijeli tumor i da istovremeno izbegne oštećenje okolnog zdravog tkiva. Tokom duboke stimulacije mozga, hirurg je u stanju da pouzdano i precizno odredi tačnu tačku na mozgu neophodnu za liječenje Parkinsonove bolesti ili drugih neuroloških poremećaja. Precizna i pouzdana neuronavigacija zahtijeva nisku sistemsku grešku i visoku stopu podudarnosti između preoperativnih trodimenzionalnih slika pacijenta i hirurške anatomije. Ova registracija snimaka može se postići ili koreliranjem karakterističnih markera na koži ili kostima, ili uparivanjem vanjskih rigidnih markera (6). Da bi se povećala preciznost registracije, može se izvršiti uparivanje kontura površine glave sa konturama glave vidljivim na MRI. Tokom operacije, sistemska provjera se vrši lokaliziranjem dubokih koštanih markera. Ukupna tačnost sistema se utvrđuje upoređivanjem markera koordinata na prikazanim slikama sa stvarnim koordinatama dobijenim iz fizičke registracije glave pacijenta i bilježenjem iznosa odstupanja od svakog registriranog markera. Zinreich i saradnici su definisali granice najbolje tačnosti (prosječno 1-2mm) koje se mogu očekivati in vivo, testiranjem sistema štapića za posmatranje na plastičnom modelu lobanje. Golfinos i ostali, postigli su tačnost od 2 mm kod 82% njihovih pacijenata koristeći CT slike i 92% korištenjem MR snimaka. Njihov zaključak je bio da je tačnija registracija korištenjem MRI nego CT bila posljedica boljeg poznavanja pravljenja rekonstrukcije slike u više ravni uz korištenje MRI.

Međutim, postoje određeni tehnički nedostaci koji njegovu korisnost čine neoptimalnom. Sonda za registraciju je glomazna, što ograničava mogućnost manipulacije pod mikroskopom i njezino uvođenje u uska operativna polja poput cerebelopontinskog ugla ili petrozne kosti. Pogled hirurga mora se mijenjati od mikroskopa do konzole radne stanice, dok lokaliziranje anatomska struktura sondom može uzrokovati neželjene neurološke traume. Pacijentova glava se ne može pomicati kako bi se dobila povoljnija



radna pozicija jer bi to dovelo do gubitka registracije (5). Pomak ruba dubokog tumora ne utječe na tačnost neuronavigacije tijekom operacije lezija baze lubanje. Stoga je u tim slučajevima procjena pomaka važnih neurovaskularnih struktura koje okružuju tumore korisnija od mjerenja pomaka površine mozga (7).

Strukture mozga su vrlo delikatne i složene i lako mogu biti slučajno oštećene hirurškim instrumentima. Šteta može biti pogubna za pacijenta ako se čak i mali dio zdravog tkiva ozlijedi, s mogućim posljedicama koje uključuju gubitak pamćenja, govorne ili motoričke poteškoće, promjenu osobnosti, različite intelektualne nedostatke, komu i smrt. Neuronavigacija pomaže u sprečavanju tih posljedica povećanjem točnosti operacije, omogućujući ljekarima da odrede ciljno područje. Neurohirurzi se vode neuronavigacijom, ali ona nije zamjena za bilo koji aspekt operacije mozga. Odabir kompetentnog hirurga i dalje je od ključne važnosti za dobar ishod neurohirurgije. Hirurzi također trebaju iskustvo rada s neuronavigacijom, budući da i slika na monitoru i fizička situacija treba pratiti istovremeno, zahtijevajući koncentracija i pažljiv pristup.

Prema tome, korištenje neuronavigacije pomaže hirurgu da točno odredi gdje radi u tijelu pacijenta u svakom trenutku tijekom operacije. Ova sposobnost omogućuje hirurgu da napravi manje rezove i točnu ulaznu točku. Kad se smanji opasnost od ozlijede tijela pacijent treba manje vremena za oporavak i može imati manje komplikacija. Omogućujući hirurgu da se kreće kroz osjetljiv krajolik mozga preciznije, hirurg može lako ukloniti leziju, uz manji rizik utjecaja na zdravo tkivo. Tokom zatvaranja rane, neuronavigacija pomaže hirurgu da poravna kosti u anatomske pravilan položaj. Ova precizna tehnologija omogućuje i hirurgu da se usmjeri direktno na problem, što može značiti da pacijent provodi manje vremena na

operacijskom stolu. Traume, bolove i ožiljke moguće je svesti na najmanju mjeru zbog manjih rezova i povećane sposobnosti hirurga da izbjegne oštećenje zdravog tkiva. Precizna tehnologija također može značiti bolje dugoročne rezultate i smanjiti potrebu za ponovnim operacijama.

Reference:

1. Ganslandt O, Bebari S, Gralla J, Fablbusch R, Nimsky C. *Neuronavigation : concept, techniques and applications. Neurol India 2002;50:244.*
2. Nimsky C, Ganslandt O, Kober H et al. *Integration of functional magnetic resonance imaging supported by magnetoencephalography in functional neuronavigation. Neurosurgery 1999; 44: 1249-1256.*
3. Ganslandt O, Fablbusch R, Nimsky C et al. *Functional neuronavigation with magnetoencephalography outcome in 50 patients with lesions around the motor cortex. J Neurosurg 1999; 91: 73-79.*
4. Black P McL, Alexander E III, Martin C et al. *Craniotomy for tumor treatment in an intraoperative magnetic resonance imaging unit. Neurosurgery 1999; 45 : 423-433.*
5. Golfinos JG, Fitzpatrick BC, Smith LR et al. *Clinical use of a frameless stereotactic arm: results of 325 cases. J Neurosurg 1995; 83: 197-205.*
6. Bucholz RD, Yeh DD, Trobaugh J et al. *The correction of stereotactic inaccuracy caused by brain shift using an intraoperative ultrasound device. In: Medicine and Medical Robotics and Computer-assisted Surgery, Grenoble, France 1997, Troccaz J, Grimson E, Mosges R (eds): Springer-Verlag, Berlin 1997; 459-466.*
7. Nabavi A, Black PM, Gering DL et al. *Serial intraoperative magnetic resonance imaging of brain shift. Neurosurgery 2001; 48: 787-798.*