

Minimalno invazivna neurokirurgija u liječenju intrakranijskih aneurizmi

mr. sc. Goran Mrak, prof. dr. sc. Josip Paladino

Klinika za neurokirurgiju Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, KBC, Rebro, Zagreb

Minimalno invazivni keyhole pristup danas je uvriježeni operacijski postupak koji se koristi u Klinici za neurokirurgiju KBC Zagreb u operacijskom liječenju intrakranijskih patoloških promjena. U proteklih sedam godina u Klinici za neurokirurgiju keyhole pristupom je operiran 631 bolesnik s različitom intrakranijskom patologijom. Najveći broj bolesnika operiran je zbog intrakranijskih aneurizmi, a ostali zbog različitih patoloških procesa u području orbite i lubanjske osnovice. Sve operacije su načinjene uporabom standardnog mikrokirurškog postupka, a u pojedinih je bolesnika primijenjen endoskopski potpomognuti operacijski postupak. Minimalno invazivni keyhole pristup u liječenju intrakranijskih aneurizmi ima značajne prednosti kao što su skraćivanje trajanja operacije, manji kraniotomijski otvor, manje izlaganje mozga izvanskim čimbenicima, brži poslijeoperacijski oporavak i izvrstan kozmetski učinak.

Većina neurokirurških zahvata početkom dvadesetoga stoljeća obavlјana je putem opsežnih kraniotomijskih otvora. Nekoliko je valjanih razloga za to: ograničeni dijagnostički postupci nisu otkrivali intrakranijske promjene sve dok oni nisu dosegнуli značajne razmjere; osvjetljenje operacijskog područja je bilo oskudno, pa su kraniotomije morale biti velike kako bi dovoljno svjetla doprlo u operacijsko područje; instrumenti nisu bili načinjeni za neurokirurgiju, nego za opću kirurgiju, te su bili značajno veći; neurokirurški tim su redovito činili operater s jednim ili dva asistenta, čije su ruke često ometale pristup operacijskom polju.

Unatrag 30-ak godina prvi značajniji pomak u operacijskoj tehnici neurokirurških bolesnika bio je uvođenje operacijskog mikroskopa u svakodnevni neurokirurški rad. Operacijski mikroskop se ranije počeo rabiti u drugim medicinskim disciplinama: urologiji, otorinolaringologiji i ginekologiji, a tek naknadno je prihvaćen i u neurokirurgiji. Neurokirurške su operacije tako uz dovoljnu osvjetljenost i uvećanja postale preciznije i sigurnije. Stoga je do danas mikrokirurški postupak postao opće prihvaćen za mnoge inkranjanijske i spinalne operacije.

Daljnji razvoj neurokirurgije išao je u dva smjera. S jedne strane razvijani su prošireni bazalni pristupi procesima obično većih dimenzija i napose u središnjem dijelu lubanjske osnovice i baze mozga, koji su nekoć smatrani nedostupnima.¹⁻⁵ Istodobno su razvijani i pristupi ograničene eksponzicije, utemeljeni na *keyhole* principima.

Minimalno invazivna neurokirurgija *keyhole* pristupima

Sklop neurokirurških tehnika se razvijao uz nastojanje za smanjenjem traumatiziranja tkiva prije, za vrijeme i nakon operacije. Vodeća postavka u svakodnevnom radu postala je povećanje učinkovitosti, uz smanjeno oštećivanje zdravih tkiva. Pritom naziv minimalne invazivnosti znači nježno postupanje sa svim tkivima tijekom neurokirurškog zahvata, a ne samo uz minimalna oštećenja u intrakranijskom prostoru.

Poboljšanje dijagnostičkih postupaka omogućuje preciznu lokalizaciju intrakranijskih patoloških promjena i određivanje topografskih odnosa među anatomske strukturama. Suvremene dijagnostičke tehnike često otkrivaju male, asimptomatske pro-

mjene i olakšavaju nam preoperacijsko planiranje uz procjenu najboljeg i najmanje traumatskog pristupa bilo kojoj intrakranijskoj promjeni (SLIKA 1). Napretkom dijagnostike, razvijaju se i bolji i precizniji mikroskopi, mikroinstrumenti, neuronavigacijski i stereotaktički uredaji, endoskopi. Sva poboljšanja u dijagnostici i instrumentariju omogućuju obavljanje posebnih kirurških postupaka koji uz maksimalnu učinkovitost u uklanjanju patološke promjene osiguravaju maksimalnu sigurnost za bolesnika i minimalnu invazivnost, čime se ubrzava i olakšava poslijeoperacijski oporavak. Smanjenje kožnih rezova, veličine kraniotomijskih otvora, te opsežnosti mozgovne retrakcije na nužno potrebnu mjeru glavne su minimalno invazivne zasade suvremene neurokirurgije.



Slika 1. Suvremena dijagnostika 3-D CT angiografija

Smanjenje kraniotomijskih otvora u odnosu na standardne preporučili su Scoville i Ore još 1960., a 1971. godine Donald H. Wilson je među prvima uporabio naziv "keyhole kirurgija".⁶ Iako su osnovni principi keyhole kirurgije koje je Wilson postavio bili ispravni, sljedećih dvadesetak godina većina neurokirurga ih nije prihvaćala, sve dok Takanori Fukushima i sur. nisu objavili rad o interhemisferičnom keyhole pristupu na aneurizme prednje cerebralne arterije.⁷ Razlog tako kasnom prihvaćanju tog važnog neurokirurškog koncepta jest u značajnom razvoju dijagnostičkih "imaging" tehnika i mikroneurokirurškog instrumentarija.

Principi minimalno invazivne neurokirurgije ujedno su i osnovne postavke "keyhole mikroneurokirurgije". Keyhole koncept se temelji na postojanju određenih anatomske prozora koji omogućuju prolazak do patoloških promjena, a istodobno uključuju i važne anatomske tvorbe. Suvremene dijagnostičke pretrage omogućuju prikaz svih anatomske i patološke detalja, te je u svakog pojedinog bolesnika moguće doprijeti do patološke promjene kroz mali kraniotomijski otvor. Današnji operacijski mikroskopi i mikroinstrumenti ipak ne dopuštaju stvaranje kraniotomijskih otvora manjih od 2 cm, ali keyhole pristupi osiguravaju optimalni pogled na promjene nasuprot kraniotomijskom otvoru. S obzirom na uski vidni kut, tijekom takvih zahvata, svi detalji skriveni iza anatomske ili patološke strukture ostaju u sjeni i izvan pogleda operacijskog mikroskopa.

Keyhole kraniotomijski otvori najčešće su smješteni supraorbitalno s operacijskim rezom u obrvi, zatim temporalno, interhemisferično i retrosigmoidno, a lokalizacija pojedinih kraniotomijskih otvora ovisi o položaju intrakranijske promjene (SLIKA 2).

Sve izložene prednosti keyhole pristupa pridonose poboljšanju postoperacijskih rezultata. Time se osigurava skraćenje boravka u bolnici zbog smanjenja rizika postoperacijskih komplikacija, kao što su krvarenje, likvoreja, infekcija, ožiljne promjene, kozmetske promjene i neurologijska oštećenja.

Uski vidni kut, smanjena osvijetljenost kroz male kraniotomijske otvore i potreba za posve okomitim položajem instrumenata nedostaci su keyhole pristupa. Stoga je u operacijski postupak uvedena i upotreba endoskopa, koji povećanim intenzitetom svjetlosti u dubini i uvećanjem osigurava bolje razlučivanje detalja i skrivenih struktura. Te prednosti značajno pomažu tijekom operacija duboko smještenih procesa na uskom prostoru.

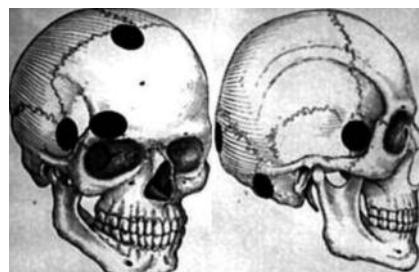
Endoskop u mikroneurokirurgiji

Endoskop se u neurokirurgiji upotrebljava od 1910. godine kada je Lespinasse endoskopom liječio dvoje djece s hidrocefalusom. On je kroz mali trepanacijski otvor uveo endoskop, odnosno cistoskop u mozgovne klijetke i načinio koagulaciju koroidnog pleksusa. Budenje pak interesa za neuroendoskopijom uvjetovano je napretkom u optičkoj tehnologiji. Harold Hopkins je najviše pridonio razvoju fleksibilnog i rigidnog endoskopa. On je 1960. godine razvio sustav "solid rod" leča, koje su bile znatno manjeg promjera, a imale su prednost šireg kuta promatrana, veće propusnosti svjetla i bolje rezolucije slike uz manju kromatsku aberaciju, što je omogućilo maksimalno osvjetljenje i rezoluciju ciljne točke te precizan rad u malom prostoru.

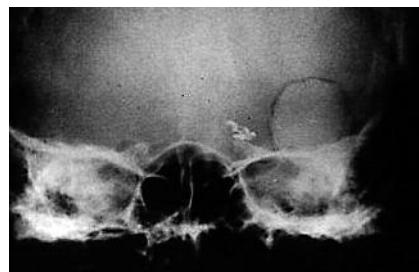
Pratt, Oppel, te Apuzzo i suradnici prvi su razradili posebnu neuroendoskopsku tehniku otvorenog mikrokirurškog postupka, koju je kasnije Perneczky nazvao "endoskopski asistirana mikrokirurgija".⁸ Međutim, bila su potrebna dva desetljeća da endoskopski asistirana mikrokirurgija postane opće prihvaćeni operacijski postupak. Razlog tome je što su neurokirurzi često koristili mala zrcala za prikaz skrivenih područja operacijskog polja. Uz daljnja tehnološka poboljšanja današnji pak endoskopi pokazuju mnogo više anatomske detalja nego nekoć zrcala.

Bolesnici i metode

Od svibnja 1996. godine do prosinca 2003. godine ukupno je u Klinici za neurokirurgiju operirano 562 bolesnika s intrakranijskim aneurizmama. Keyhole pristup korišten je za kirurško liječenje



Slika 2. Položaj pojedinih keyhole pristupa



Slika 3. Rendgenski snimak nakon supraorbitalnog keyhole pristupa s vidljivom aneurizmatiskom klemom, te kraniotomijskim otvorom

427 bolesnika s 493 intrakranijske aneurizme. Bolesnici su bili životne dobi od 18 do 75 godina, 314 (56%) žena i 248 (44%) muškaraca. Najčešće je korišten supraorbitalni keyhole pristup, premda su kadšto korišteni i drugi keyhole pristupi. U većine bolesnika je kraniotomijski otvor načinjen s jedne strane i katkad je istim pristupom operirano više intrakranijskih aneurizmi (SLIKA 3). U šestero bolesnika s multiplim aneurizmama, koje nisu mogle biti zaklemane s jedne strane, načinjene su dvije supraorbitalne keyhole kraniotomije. Nakon operacije bolesnici su redovito kontrolirani Rtg snimanjem, CT-om, EEG-om te neuropsihologiskim testiranjem.

Supraorbitalni keyhole pristup

Supraorbitalni keyhole pristup je najprimjereniiji pristup u liječenju intrakranijskih aneurizmi.⁹⁻¹⁴ Tijekom zahvata se načini mali kraniotomijski otvor iznad supraorbitalnog ruba, a kožni je rez postavljen u obrvi. Kao i ostali keyhole pristupi zahvat se obavlja sukladno principima minimalno invazivne kirurgije, te se nastoje sačuvati supraorbitalni živac i krvne žile.

Položaj bolesnika. Glava je učvršćena u trošiljnom samodržaru u blagoj ekstenziji i rotaciji na suprotnu stranu za 15 do 30 stupnjeva ovisno o smještaju aneurizme.

Incizija kože se načini u lateralne dvije trećine obrve. Medijalna granica kožnog reza je supraorbitalna incizura jer tu prolaze supraorbitalni živac, arterija i vena, koje se nastoje sačuvati. Gdjekad nije moguće izbjegići istezanje supraorbitalnoga živca, a očuvanje njegova kontinuiteta daje veće mogućnosti za naknadni opravak senzibiliteta čela. Lateralna granica incizije je lateralni rub obrve. Ožiljak se lako skrije u obrvi u većine muškaraca, u kojih su obrve obično široke, međutim u žena, koje zbog kozmetskih razloga čupaju obrve, ožiljak nakon operacije može biti vidljiv.

Kraniotomija. Nakon trepanacije kosti u supraorbitalnom području ostatak kosti se uklanja osteoklastički i načini se mali kraniotomijski otvor veličine 25x30 mm. Važno je prilagoditi otvor kraniotomije tako da bude u ravnini lubanske osnovice prednje lubanske jame. Katkad je potrebno izbrisuti koštana ispupčenja krova orbite radi lakšeg pristupa u intrakranijski prostor. U trećine

se bolesnika mora otvoriti i frontalni sinus, koji je katkad tako velik da operacijski pristup u cijelosti prolazi kroz frontalni sinus, a radi proširenja pristupa, poglavito za pristupe u orbitu, moguće je proširenje kraniotomije i na supraorbitalni rub.

Mikrokirurški postupak. Tvrda mozgovna opna se izreže polukružno tako da je otvor na njoj veličine 20x15 mm. Nježno se odmakne frontalni režanj od lubanjske osnovice i time se stvara prostor za pristup u cisterne na bazi mozga ispunjene likvorom. Nakon otvaranja bazalnih cisterni i ispuštanja likvora stvara se značajan prostor i uz minimalnu retrakciju mozga, čime je otvoren put za pristup patologiskim promjenama u području mozgovne baze.

Endoskopski potpomognuta mikrokirurgija primjenjena je u trećine bolesnika jer se endoskopom poboljšava osvijetljenost i vizualizacija u dubini operacijskog područja. Endoskop je posebice koristan u preparaciji aneurizme i njezina vrata, inspekcije sitnih perforantnih ograna, te za kontrolu pozicije aneurizmatske kleme (SLIKE 4 i 5).

Supraorbitalni *keyhole* pristup smo koristili u liječenju aneurizmi arterije karotis interne, te arterije *cerebri interne*, pojedinih aneurizmi na arteriji *cerebri mediji*, na bazilarnoj bifurkaciji, te proksimalnim dijelovima arterije *cerebri posteriori* i *cerebri superiori*.

Zatvaranje. Tvrda mozgovna ovojnica se sašije vodonepropusno, a koštani se otvor rekonstruira metilmetakrilatom. Nakon intrakutanog šivanja kože operacijski rez je gotovo nevidljiv.

Rezultati

UKupno je 331 bolesnik operiran supraorbitalnim *keyhole* pristupom, od kojih se 266 bolesnika (80,36%) prezentiralo subarahnoidnom hemoragijom, a u 65 (19,64%) bolesnika se bolest očitovala neurologijskim simptomima ili su aneurizme slučajno pronađene. Većina aneurizmi u prednjem cirkulacijskom području, te pojedine aneurizme stražnjeg cirkulacijskog područja uspješno su operirane supraorbitalnim *keyhole* pristupom. U većine bolesnika bilo je dovoljno prostora za postavljanje privremene kleme, te za rad u slučaju intraoperacijskog krvarenja iz aneurizme. U aneurizama stražnjeg cirkulacijskog područja radi ograničene vizualizacije preporučljiva je uporaba endoskopa.

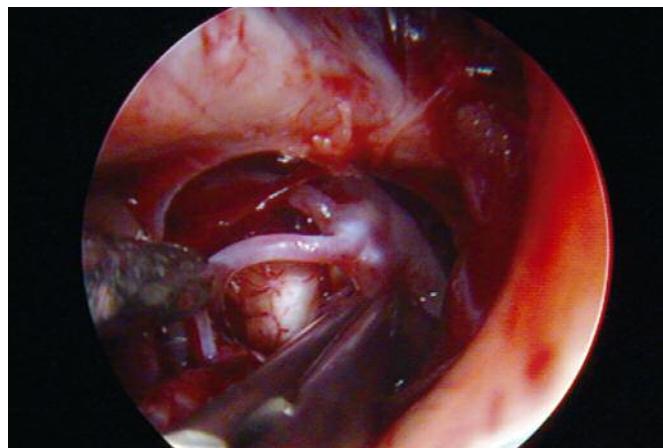
U bolesnika operiranih različitim *keyhole* pristupom rezultat liječenja je bio izvrstan ili dobar (GOS 5 i 4) u 351 (82,2%) bolesnika. Četvero bolesnika je umrlo (0,93%), i to dvojica zbog razvoja teškog poslijepooperacijskog vazospazma i cerebrovaskularnog inzulta, a dvojica zbog uzroka koji nisu posljedice operacijskog pristupa. Jedan od njih je preminuo zbog teškog refrakternog bronhospazma, a drugi zbog infarkta miokarda.

Rasprrava

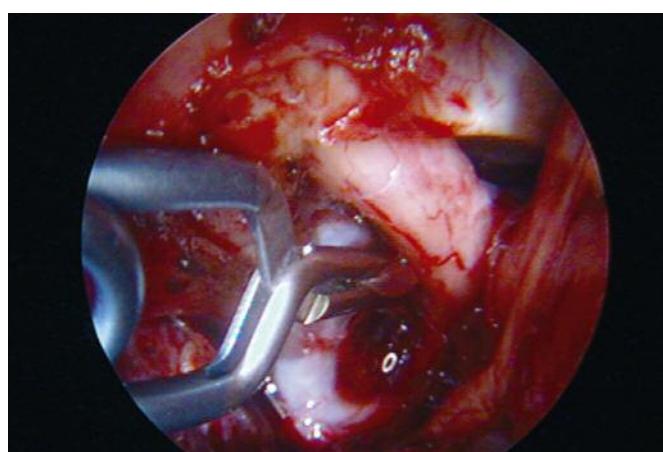
Značajan napredak u neurokirurgiji tijekom protekla dva desetljeća rezultat je brojnih čimbenika, od kojih su najznačajniji razvoj mikroneurokirurgije i poboljšanje neuroradiologičkih tehnika. Uz *keyhole* koncept ili koncept minimalno invazivne neurokirurgije zadovoljena je potreba za što manjom eksponicijom mozga tijekom operacijskog liječenja intrakranijskih patologičkih promjena. Takve preventivne mjere omogućuju bolje ili barem jednake rezultate liječenja od onih u do sada uvriježenim postupcima, a istodobno se skraćuje trajanje neurokirurškoga zahvata, smanjuju troškovi liječenja i bolji su kozmetski rezultati.

U *keyhole* pristupu mali su kraniotomijski otvori načinjeni točno iznad područja najkraćeg pristupa na ciljano intrakranijsko područje. Uspoređujući *keyhole* pristup i standardni pristup, u dubini se intrakranijskog prostora dobiva posve jednak prostor za operacijski rad. Jedina je razlika što neurokirurg ne može mijenjati kut pristupa tijekom operacije, ali se zato najpovoljniji pristup isplanira već tijekom neuroradiologičke pripreme za zahvat.

Ravan i uski pristupni put unekoliko smanjuje osvijetljenost u dubini, što se može nadoknaditi osvjetljenjem ksenonskim svjetiljkama, koje osiguravaju značajno bolju osvijetljenost, te uvećanom



Slika 4. Endoskopski prikaz okludirane aneurizme stražnjeg cirkulacijskog područja



Slika 5. Endoskopski prikaz okludirane aneurizme arterije karotis interne

slikom koju daje operacijski mikroskop, a prema potrebi i primjenom operacijskih endoskopa.^{8,15,16}

U trećine naših bolesnika smo tijekom operacije koristili endoskop. Njegova primjena posebno je indicirana u operacijskom liječenju aneurizmi stražnjega cirkulacijskog područja, za bolju procjenu anatomskih odnosa, kontrolu položaja aneurizmatske kleme i položaja perforantnih krvnih žila. Pritom je zbog boljih optičkih karakteristika uvriježena uporaba rigidnih ravnih endoskopa (0°) ili endoskopa pod kutom (30°).

Broj se *keyhole* kraniotomija postupno povećava od 1996. godine, od kada je uveden *keyhole* postupak pa je u odnosu na standardne pristupe u 1996. godini načinjeno 34% *keyhole* kraniotomija, a 2002. godine 95,6% *keyhole* kraniotomija. Veće i opsežnije pristupe danas koristimo u liječenju orijaških aneurizmi, kada se planira resekcija aneurizme i trombektomija, ili se poduzima premošćenje pojedinih krvnih žila premosnicama.

Medu svim *keyhole* pristupima u pojedina intrakranijska područja, najčešće se rabi supraorbitalni *keyhole* pristup s operacijskim rezom kroz obrvu. Taj pristup je zamjenio standardni pterionalni pristup i koristimo ga za liječenje patologičkih promjena u području orbite, u selarnom području, pa čak i za pojedine aneurizme na rašljistu bazilarne arterije. Štoviše, i kroz tako mali kraniotomijski otvor moguće je pristup na klinoidalni segment arterije karotis interne, odnosno na prednji dop kavernoznog sinusa, poput standardnog Dolencovog pristupa.¹⁷ U referentnoj literaturi postoje nekoliko modifikacija supraorbitalnog pristupa.^{9-13,19-21}

Operacijski kožni rez se postavlja u obrvi kako bi kasniji ožiljak bio što manje vidljiv. Potom redovito slijedi oseklastično uklanjanje kosti, a otvor se na kosti naknadno zatvara precizno modeliranim

metilmekrilatom. Za takav postupak postoji nekoliko razloga:

1. tvrda mozgovna ovojnica u frontalnom području obično je tanka i zalijepljena za kost, posebno u starijih osoba, pa se tako prijeći neplanirano otvaranje ovojnica, čime bi kasnija rekonstrukcija bila nemoguća;

2. kraniotomijski otvor mora naknadnim brušenjem biti izravan s ravninom lubanjske osnovice prednje lubanjske jame kako bi se smanjila kompresija na frontalni dio mozga;

3. kraniotom obično ostavlja relativno širok kanal, što može biti razlogom nezadovoljavajućeg kozmetskog učinka nakon vraćanja koštanog režnja.

Nakon standardnog pterionalnog pristupa često nastaje atrofija temporalnog mišića. Supraorbitalnim *keyhole* pristupom incidira se temporalni mišić uzduž gornje temporalne linije, te se nikada ne primjećuje takav deformitet. Tijekom supraorbitalne *keyhole* kraniotomije često je nemoguće izbjegći napinjanje supraorbitalnoga živca uz medijalni rub kraniotomijskog otvora. Stoga mnogi bolesnici nakon operacije imaju prolazni poremećaj osjeta u području čela. Široki frontalni sinus često komplicira *keyhole* pristup, pa je katkad nemoguće izbjegći njegovo otvaranje tijekom zahvata, posebice u muškaraca. Pomicanjem pak kraniotomijskog otvora za 0,5 do 1 cm lateralno, katkad je moguće izbjegći otvaranje frontalnog sinusa.

Bolesnici sa subarahnoidnom hemoragijom operirani su neposredno nakon dijagnosticiranja hemoragije ili odgodeno, ovisno o neurologijskom statusu, mozgovnom edemu, količini krvi u subarahnoidnim cisternama ili smještaju aneurizme. Unatoč otežanu pristupu u akutnoj fazi nakon subarahnoidne hemoragije, *keyhole* se pristup može primijeniti s dobrim operacijskim rezultatom kao i u standardnih opsežnijih pristupa. Anesteziološka potpora sa svrhom smanjivanja mozgovnog edema u tijeku zahvata ima posebnu važnost. U našoj skupini operirano je 23% bolesnika *keyhole* pristupom u akutnom stadiju nakon subarahnoidne hemoragije, a ostalih je 77% operirano uz odgodu od 10 do 14 dana nakon hemoragije u vrijeme kada se pogibao vazospazma smanjuje.

U svih bolesnika operiranih zbog intrakranijskih aneurizmi poslijeoperacijski se obavlja psihologičko testiranje. Usporedba bolesnika operiranih standardnim većim pristupima i bolesnika s minimalno invazivnim pristupima pokazala je značajno bolje kognitivne funkcije u bolesnika operiranih minimalno invazivnim *key-hole* pristupom.²² Kako je *keyhole* pristup manje invazivan i kratkotrajan napose je prikladan za stare osobe u kojih svako produljenje neurokirurškog zahvata može dovesti do povećanog morbiditeta. Smanjenje operacijske traume je i psihološki prihvativije, napose u preosjetljivih ljudi, te može pridonijeti bržem oporavku.

U posljednje su vrijeme razvijeni endovaskularni postupci liječenja intrakranijskih aneurizmi, koji su u dijelu bolesnika primjenjeni nego neurokirurški zahvat. No mikrokirurški zahvat, pogotovo uz smanjenu invazivnost *keyhole* pristupom, ima i nadalje brojne komparativne prednosti. Štoviše, cijena je endovaskularnog postupka značajno veća nego cijena mikrokirurškog postupka, pa se u svakog pojedinog bolesnika moraju razmotriti prednosti svakog od navedenih postupaka. Stoga na posljetku naglašavamo da budućnost mikrokirurških operacija u neurokirurgiji neprijeporno pripada minimalno invazivnim zahvatima, a daljnje unapređenje postupka će zasigurno poboljšati današnje rezultate.

Zaključak

Minimalno invazivni *keyhole* pristupi su u liječenju intrakranijskih aneurizmi sigurni, a imaju značajne prednosti kao što su skraćivanje trajanja operacije, manji kraniotomijski otvor, manje izlaganje mozga izvanjskim čimbenicima, brži poslijeoperacijski oporavak i izvrstan kozmetski učinak. Radi boljeg osvjetljenja i vizualizacije preporuča se i dodatna uporaba endoskopa tijekom neurokirurškoga zahvata *keyhole* pristupom. M

LITERATURA

1. Al-Mefty O. The supraorbital-pteryonal approach to skull base lesions. Neurosurgery 1987; 21:474-7.
2. Dolenc WV, Skrap M, Susteric J, et al. A transcavernous-transellar approach to the basilar tip aneurysms. Br J Neurosurg 1987; 1:251-9.
3. Hakuba A, Lui SS, Nishimura S. The orbitozygomatic infratemporal approach: a new surgical technique. Surg Neurol 1986; 26:271-6.
4. Yasargil MG, Cravens GC, Roth P. Surgical approaches to inaccessible brain tumors. Clin Neurosurg 1988; 34:42-110.
5. Sekhar LN, Nanda A, Sen C, et al. The extended frontal approach to tumors of the anterior, middle, and posterior skull base. J Neurosurg 1992; 76:198-206.
6. Wilson DH. Limited exposure in cerebral surgery. Technical note. J Neurosurg 1971; 34:102-6.
7. Fukushima T, Miyazaki S, Takusagawa Y, et al. Unilateral interhemispheric keyhole approach for anterior cerebral artery aneurysms. Acta Neurochir 1991 Suppl; 53:42-7.
8. Pernezky A, Fries G. Endoscope-assisted brain surgery. Part 1. Evolution, basic concept, and current technique. Neurosurgery 1998; 42:219-25.
9. Dare AO, Landi MK, Lopes DK, Grand W. Eyebrow incision for combined orbital osteotomy and supraorbital minicraniotomy: application to aneurysms of the anterior circulation. J Neurosurg 2001; 95:714-8.
10. Jane JA, Park TS, Pobereskin LH, Winn HR, Butler AB. The supraorbital approach: Technical note. J Neurosurg 1982; 11:537-42.
11. Jho HD. Orbital roof craniotomy via an eyebrow incision: A simplified anterior skull base approach. Minim Invasive Neurosurg 1997; 40:91-7.
12. van Lindert E, Pernezky A, Fries G, Pierangeli E. The supraorbital keyhole approach to supratentorial aneurysms: concept and technique. Surg Neurol 1998; 49:481-90.
13. Paladino J, Pirker N, Stimac D, Stern-Padovan R. Eyebrow keyhole approach in vascular neurosurgery. Minim Invasive Neurosurg 1998; 41:200-3.
14. Paladino J, Rotim K, Pirker N et al. Minimally invasive Treatment of cavernous angioma of the optic chiasm: Case report. Minim Invas Neurosurg 2001; 44:121-3.
15. Paladino J, Rotim K, Heinrich Z. Neuroendoscopic fenestration of arachnoid cysts. Minim Invas Neurosurg 1998; 41(3):137-40.
16. Paladino J, Rotim K, Štimac D et al. Endoscopic third Ventriculostomy with ultrasonic contact microprobe. Minim Invas Neurosurg 2000; 43:132-4.
17. Dolenc WV. A combined epi- and subdural direct approach to carotid-ophthalmic artery aneurysm. J Neurosurg 1985; 62:667-72.
18. Brock M, Dietz H. Small frontolateral approach for microsurgical treatment of intracranial aneurysms. Neurochirurgia 1978; 21:185-91.
19. Czirjak S, Szefert GT. Surgical experience with frontolateral keyhole craniotomy through a superciliary skin incision. Neurosurgery 2001; 48:145-50.
20. Ramos-Zuniga R. The trans-supraorbital approach. Minim Invasive Neurosurg 1999; 42:133-6.
21. Reisch R, Pernezky A, Filippi R. Surgical technique of the supraorbital key-hole craniotomy. Surg Neurol 2003; 59(3):223-7.
22. Pačić Turk Lj, Paladino J. Neuropsychological assessment after the operation of intracranial aneurysms: eyebrow keyhole approach. Proceedings of the 11th European Congress of Neurosurgery, Copenhagen, Denmark, September 1999.