

DOI: 10.5281/zenodo.4070041

UDC: 616.831-006.484-085.84-089



STIMULAREA CORTICALĂ DIRECTĂ ÎN ABLAȚIA TUMORILOR CEREBRALE GLIALE DIN ZONELE MOTORII

DIRECT CORTICAL STIMULATION IN THE ABLATION OF GLIAL CEREBRAL TUMORS IN THE MOTOR AREAS

Viorel Maxian¹

¹ Institutul de Neurologie și Neurochirurgie "Diomid Gherman", Chișinău, Republica Moldova

Rezumat

Obiective. Geneza tumorilor este necunoscută în zilele noastre. Chirurgia reprezintă un tratament eficient al acestor patologii. Conform multor studii privind chirurgia tumorilor cerebrale, s-a observat o rată de deficit motor de 30%, postoperator, după intervenții chirurgicale asupra tumorilor cerebrale, în zonele motorii. Scopul lucrării a fost de a evalua stimularea corticală directă în tratamentul chirurgical al tumorilor cerebrale gliale, din zonele elocvente motorii, din regiunea parasilviană, pentru evitarea deficitului neurologic postoperator.

Material și Metode. Grupul de examinare a constituit 35 de pacienți cu tumori cerebrale, cu localizare în regiunea parasilviană. Pentru determinarea zonelor elocvente motorii a fost utilizată, intraoperator, stimularea corticală directă. Pentru evaluarea deficitului neurologic s-a efectuat analiza comparativă a deficitului motor pre- și postoperator.

Rezultate. Stimularea corticală directă a fost efectuată la 35 pacienți. În timpul stimulării corticale directe, au fost depistate zone motorii la 32 pacienți. Sub controlul stimulării directe corticale, rezecția subtotală și parțială a tumorii a fost efectuată la 31 pacienți, iar, din cauza localizării tumorii în zona motorie, la 1 pacient a fost efectuată doar biopsia. Agravarea deficitului motor postoperator a fost înregistrat în ablația parțială la 2 pacienți și biopsia la 1 pacient, la care tumora a fost localizată nemijlocit în aria motorie. Stimularea corticală directă, în gradul de ablație totală și subtotală, a prevenit deficitul motor postoperator la externare la 22 de pacienți.

Concluzii. În scopul evitării consecințelor neurologice postoperatorii și îmbunătățirii calității vieții pacienților, este oportună utilizarea stimulării corticale directe intraoperatorii.

Cuvinte cheie: tumori cerebrale, zone motorii, stimulare directă corticală.

Abstract

Objectives. The genesis of tumors is unknown in our days. Surgery represents an effective treatment of this disorder. According to many studies of brain tumor surgery, a motor deficit rate of 30% has been observed, postoperatively, after surgeries on brain tumors in the motor areas. The aim of the study was to evaluate the direct cortical stimulation in the surgical treatment of glial brain tumors, in motor areas.

Material and Methods. The examination group included 35 patients with brain tumors, localized in the parasilvian region. Direct cortical stimulation was used intraoperatively, in order to establish the motor areas. For the evaluation of the neurological deficit, a comparative analysis of the pre- and postoperative motor deficit was performed.

Results. Direct cortical stimulation was performed in 35 patients. During its stimulation, the motor areas were detected in 32 patients. Under the control of Direct Cortical Stimulation, subtotal and partial tumor resection was performed in 31 patients and, due to the location of the tumor in the motor area, biopsy was performed in 1 patient. The worsening of the postoperative motor deficit was recorded in the partial ablation for 2 patients and biopsy for 1 patient, where the tumor was directly localized in the motor area. Direct cortical stimulation, in the extent of total and subtotal ablation, prevented postoperative motor deficit at discharge in 22 patients.

Conclusions. In order to avoid postoperative neurological consequences and improve the patients' quality of life, it is appropriate to use intraoperative direct cortical stimulation.

Keywords: brain tumors, eloquent motor areas, direct cortical stimulation

Introducere

Promovarea neurochirurgiei moderne, în secolul XXI, este însoțită de dezvoltarea tehnologiei intraoperatorii, neuronavigării și neuromonitoringului funcțional al stării creierului [1]. Tumorile cerebrale constituie 1,8-2,3% din numărul total de pacienți oncologici, iar frecvența lor este de 14,1 cazuri la 100 000 populație [2]. Glioblastomul este cea mai frecventă tumoră cerebrală, reprezentând 50-60% din tumorile astrocitare și, aproximativ, 12-20% din toate neoplasmalele intracraniene, vârsta medie de apariție fiind de 55 de ani, bărbații

fiind mai frecvent afectați. Tumorile cerebrale de origine glială, depistate primar, constituie 40-50% din cazuri, 90% din ele cu localizare în emisferele cerebrale mari, iar 55-60% din ele sunt de origine malignă [2]. Astfel, 60% din oligodendrogliomuri și 11% din glioblastomuri sunt localizate în regiunea parasilviană [3]. La moment, strategia optimă acceptată în chirurgia tumorilor cerebrale este considerată intervenția neurochirurgicală cu eliminarea totală sau subtotală a tumorii, combinată cu radioterapie și chimioterapie postoperatorie [4]. Intervențiile chirurgicale în tumorile cerebrale, cu

localizare în ariile elocvente motorii, au demonstrat o rată de deficit motor permanent și sever, care variază între 13% și 27,5% [5, 6, 7]. Tendința de înlăturare radicală a tumorilor cu localizare în regiunea cortexului motor, în combinație cu cea de minimizare a deficitului neurologic postoperatoriu, necesită identificarea intraoperatorie a centrelor motorii și optimizarea accesului chirurgical către tumorile din aceste localizări. Astfel, determinarea intraoperatorie a zonelor motorii ale creierului, va permite o planificare mai reușită a ablației tumorii din zonele elocvente motorii, iar, în consecință, se va reduce riscul de creștere a deficitului neurologic postoperator [8]. Scopul studiului a fost de a evalua stimularea directă corticală în tratamentul chirurgical al tumorilor cerebrale gliale din zonele elocvente motorii, din regiunea parasilviană, pentru evitarea deficitului neuromotor postoperator. Obiectivele studiului nostru au fost următoarele: 1. Determinarea rolului stimulării corticale directe în tratamentul neurochirurgical al pacienților cu tumori cerebrale în zonele elocvente motorii; 2. Identificarea intraoperatorie a cortexului motor, în elaborarea căii de acces către tumoare; 3. Evaluarea datelor electrofiziologice obținute intraoperator, în timpul stimulării corticale directe; 4. Studiarea eficacității stimulării corticale directe, în dependență de rezultatele obținute intraoperator.

Material și metode

Tehnica: Pentru efectuarea stimulării corticale directe (SCD), Institutul de Neurologie și Neurochirurgie "Diomid Gherman", Chișinău, Republica Moldova, este dotat cu un aparat performant de monitoring intraoperator – sistemul ISIS (Inomed Co, Germania) (Figura 1), posedând mai multe posibilități tehnice de înregistrare, cum ar fi potențiale evocate somatosenzoriale, motorii, acustice, stimulare directă corticală, stimularea directă a nervilor periferici.



Figura 1. Sistemul de MNI (Inomed Co ISIS IOM Compact System), utilizat în studiu

Noi am utilizat tehnica stimulării corticale directe, care este considerată o procedură standardizată și sigură în stabilirea ariilor motorii.

Grupul de examinare a constituit 35 de pacienți cu tumori

cerebrale cu localizare în regiunea parasilviană, operați în cadrul Institutului de Neurologie și Neurochirurgie "Diomid Gherman", Chișinău, Republica Moldova. SCD, cu cartografierea intraoperatorie a zonelor elocvente motorii, a fost efectuată sub anestezie generală, cu intubare și ventilație mecanică, în poziție culcat pe spate. Fixarea rigidă a capului în timpul SCD nu este recomandabilă, deoarece pot apărea complicații în timpul SCD, cum ar fi apariția crizelor epileptiforme, care, ulterior, pot provoca leziuni ale scalpului, ale oaselor craniului, și nu este exclusă apariția unui hematom intracranian. În unele intervenții a fost utilizată fixarea rigidă a capului (scoaba Myfield-Kiss). După craniotomie și incizia durei mater, se determina, vizual, localizarea tumorii, mărimea ei și zonele elocvente motorii posibile adiacente cu tumoarea. Prin palpate se evidențiază consistența tumorii, precum și delimitarea ei (hotarele) de țesutul cerebral normal. În cazul în care tumoarea nu se determina vizual, în scopul depistării virtuale a localizării acesteia se utiliza ultrasonografia intraoperatorie.

Ulterior, se efectua SCD paratumoral pentru depistarea ariilor motorii pe girusul precentral. În acest scop, chirurgul atinge cu electrodul bipolar pentru 2-3 secunde cortexul cerebral (Figura 2) (cel puțin de două ori în fiecare loc), cu o intensitate selectivă mărită treptat, începând cu 2 mA.

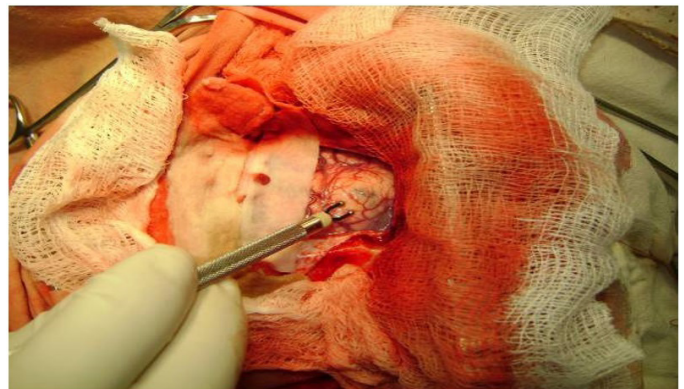


Figura 2. Stimulare corticală directă (Institutul de Neurologie și Neurochirurgie "Diomid Gherman", Chișinău, Republica Moldova, 2009).

Cel mai des, pragul de excitare a ariilor motorii variază între 10 și 15 mA. SCD s-a efectuat pas cu pas, la o distanță de 1-3 cm de la sulcusul central și girusul precentral. Intensitatea curentului a fost ajustată sub controlul electromiografiei. În același timp, au fost analizate două răspunsuri motorii (dacă au fost prezente): primul răspuns – de pe monitor, unde au fost înregistrate electromiografic, și al doilea – mișcările de pe mușchii extremităților, în care au fost plasate acele electrode. La atingerea electrodului bipolar de cortexul non-motor, nu s-a înregistrat niciun răspuns motor (Figura 3A).

La depistarea zonelor motorii, pe monitor s-au înregistrat răspunsuri sub formă de valuri ascuțite și romboide (Figura 3B: electromiografia (EMG) a mâinii). Paralel, asistentul și anestezistul urmăreau membrele controlaterale stimulării (se vizualiza mișcarea mâinii sau a piciorului, care se opreau după încetarea stimulării). După depistarea zonelor cortexului motor primar (girusul precentral) ale mâinii și piciorului, se începea cartografierea pe cortex. Zonele motorii se marcau pe cortex cu tifon steril, în formă de pătrat colorat în verde, iar cele non-motorii (somato-senzoriale, girusul postcentral) – cu tifon alb (Figura 4).

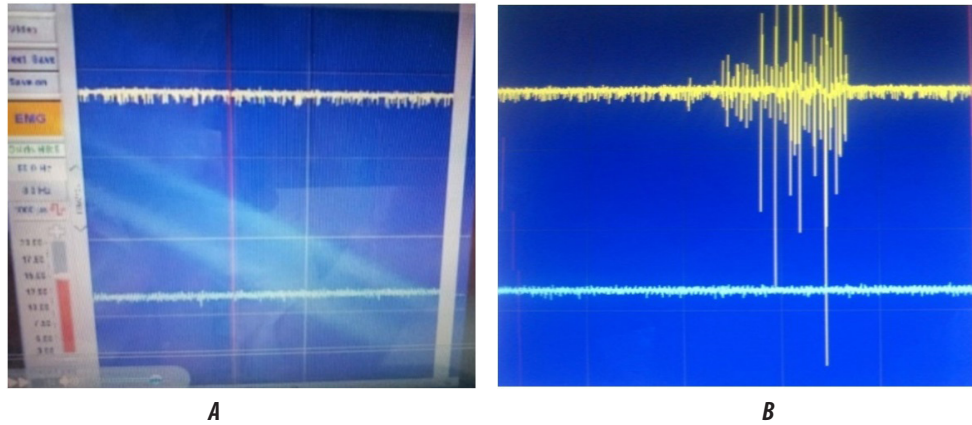


Figura 3. Electromiografie (EMG), înregistrare intraoperatorie: A – EMG în timpul atingerii electrodului de cortex, aria non-motorie; B – EMG la depistarea zonei motorii (mână) (înregistrare în timpul intervenției operatorii).

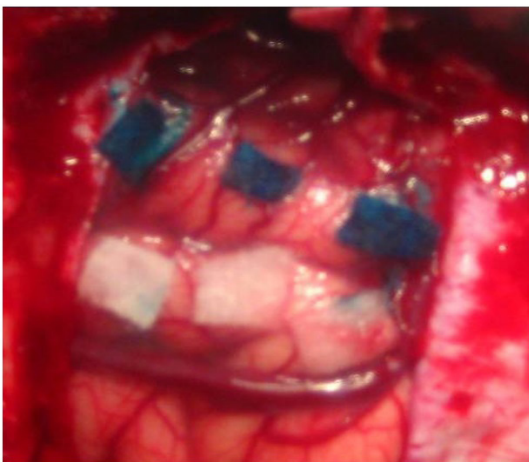


Figura 4. SCD intraoperator în diferite zone ale girusului pre- sau postcentral; Zonele marcate după electrostimulare: verde – ariile cortexului motor primar (girus precentral), alb – cortexul somato-senzitiv primar (girus postcentral) (înregistrare în timpul intervenției operatorii).

În timpul SCD, la majorarea treptată a intensității curentului electric peste pragul potențialului de postacțiune, sau la stimularea pe cortex mai mult de 4-6 secunde, au fost provocate crize tonico-clonice focale, care, după încetarea electrostimulării, dispăreau treptat.

Pe monitor s-au putut vizualiza răspunsurile electromiografice din timpul crizelor tonico-clonice: continue, cu o activitate ritmică, de amplitudine diferită, sub formă de valuri ascuțite, care treptat dispăreau sau reapăreau după deconectarea electrostimulării (Figura 5).

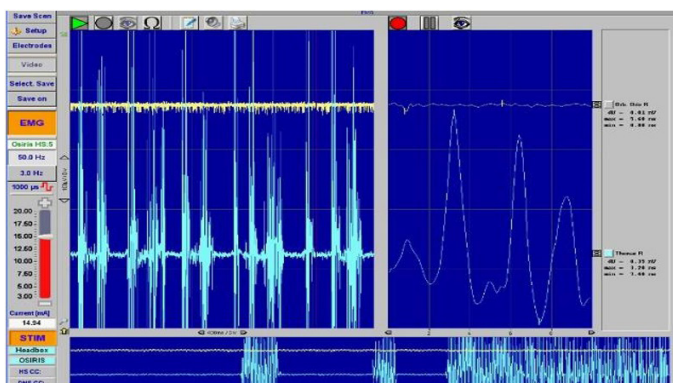


Figura 5. EMG în timpul crizelor tonico-clonice (înregistrare în timpul intervenției operatorii)

La această etapă, stimularea putea fi oprită pentru a oferi neurofiziologului posibilitatea de a analiza datele EMG. Este necesar de a preveni medicul-anestezist despre probabilitatea apariției unui acces focal tonico-clonic. Aceste crize trebuie evitate, deoarece, după cuparea lor medicamentoasă, cu relaxare musculară excesivă, cartografierea cortexului ar putea deveni extrem de greu de realizat. După identificarea zonelor elocvente motorii ale cortexului, pentru siguranța accesului către tumoarea intracerebrală, este necesar de a efectua incizia cortexului nu mai aproape de 1,5–2 cm de la aceste zone. Suplimentar, poate fi utilizată ultrasonografia pentru determinarea segmentului mai potrivit al inciziei cortexului, ținându-se cont de rezultatele SCD. Dacă tumoarea și localizarea ei permit, se alege, preventiv, un abord chirurgical optimal de ablație totală a tumorilor supratentoriale, din zonele elocvente.

Pentru evaluarea deficitului neurologic s-a efectuat analiza comparativă a deficitului motor pre- și postoperator.

Rezultate și discuții

SCD a fost efectuată în scopul identificării zonelor elocvente și determinării distanței până la aceste zone. Media intensității SCD intraoperatorii a fost de $13,05 \pm 3,47$ mA, cu minimumul de 7 mA și maximumul de 20 mA.

Media intensității SCD, stratificată după sex, a constituit $13,19 \pm 3,43$ mA la bărbați și $12,91 \pm 3,61$ mA la femei. Media intensității SCD stratificată după emisfera afectată a determinat că pacienții cu emisfera cerebrală dreaptă afectată au prezentat intensitatea de $12,03 \pm 3,00$ mA, comparativ cu $14,75 \pm 3,64$ mA la pacienții cu emisfera stângă afectată ($p=0,029$).

SCD a fost efectuată la 35 ($62,5 \pm 6,47\%$) de pacienți. În timpul SCD, au fost depistate zone motorii la 32 ($57,1 \pm 6,61\%$) de pacienți, iar la 3 ($5,4 \pm 3,01\%$) aceste zone nu au fost depistate (Tabelul 1).

Tabelul 1
Pacienții cu stimulare corticală directă (abs, %)

Datele SCD intraoperatorii	Abs.	P±ES, %
Zone motorii depistate	32	$5,4 \pm 3,01$
Zone motorii nedepistate	3	$57,1 \pm 6,61$
Total SCD efectuate	35	$62,5 \pm 6,47$

În diferite etape ale operației, era posibilă apariția unei activități epileptice, care era direct dependentă de gradul de acțiune asupra țesutului cerebral. La 6 ($10,7\%$) pacienți, la SCD

a fost dificilă determinarea cortexului motor din cauza apariției activității epileptiforme, care s-a declanșat, posibil, din cauza pragului de excitabilitate scăzut. Uneori, în funcție de localizarea tumorii față de zona elocventă depistată, SCD a fost efectuată în loja ablației tumorii.

SCD a influențat direct gradul de rezecție a tumorii cerebrale supratentoriale, situate în zonele elocvente. Rezecția subtotală sau parțială a tumorii, sub controlul SCD, a fost efectuată la 31 (55,4%) pacienți. SCD nu a identificat cortexul elocvent motor, ceea ce a însemnat că tumoarea se afla în afara zonei funcționale și a fost posibilă ablația radicală a tumorii, efectuată la 3 (5,4%) pacienți, iar, din motivul localizării tumorii în zona motorie, la 1 (1,8 %) pacient, a fost efectuată doar biopsia (Tabelul 2). Ablația tumorii a fost realizată la o distanță nu mai mică de 1,5 cm de la zona funcțională.

Tabelul 2

Datele obținute intraoperator prin SCD, în raport cu gradul de rezecție a tumorii (abs,%)

	Abs.	P±ES, %
Identificarea mai multor (3) zone motorii, din care cauză calea de acces nu a fost identificată și a fost posibilă doar biopsia tumorii	1	1,8±1,77
Identificarea zonelor motorii și a căii de acces a făcut posibilă ablația subtotală sau parțială a tumorii	31	55,4±6,64
SCD nu a identificat cortexul elocvent motor (ablația totală a tumorii).	3	5,4±3,01
Total	35	62,5±6,47

Rezultatele cercetării noastre corespund rezultatelor obținute în studiile internaționale. Marea majoritate a studiilor efectuate au demonstrat că intervenția chirurgicală în tumorile cerebrale supratentoriale, cu implicarea zonelor elocvente și utilizarea SCD, îi permite neurochirurgului să realizeze o rezecție mai amplă a focarului, cu păstrarea funcțiilor postoperatorii [9]. În acest studiu, la 31 (77,8%) din pacienți a fost posibilă rezecția subtotală și parțială a tumorii. Alte studii raportează grade diferite de rezecție: 73,3% rezecție totală [5], 75% [10], 93% [11]. Lima și coaut., în 2016, raportează o medie a procentului de rezecție de 96,4%, supratotală – 26,3%, totală – 26,35%, subtotală – 36,8%, parțială – 36,8% [12]. O cercetare efectuată de Moiyadi și coaut., în 2018, a raportat că rezecția maximă a fost obținută în 70% din cazuri, iar în 35% – operația

a fost stopată din motivul anomaliilor potențialelor înregistrate în cursul SCD. Crize convulsive intraoperatorii s-au dezvoltat la 2% din pacienți. În lotul nostru, 6 (10,7%) pacienți au dezvoltat crize convulsive generate de stimularea electrică a creierului. În studiile recent publicate, din totalul de pacienți stimulați cortical direct, doar la 11% s-au înregistrat crize tonico-clonice, care, de altfel, pot fi jugulate prin aplicarea apei reci (soluție fiziologică) sterile, direct pe cortex. SCD nu provoacă leziuni neuronale și nu prezintă o cauză a epilepsiei secundare postoperatorii pozitive [6, 13].

Obermueller și coaut., în anul 2014, au operat 56 de pacienți cu tumori în zonele elocvente și au menționat că au efectuat rezecție totală în 92,5% cazuri și subtotală – în 7,5% cazuri. Rezonanța magnetică nucleară postoperatorie a confirmat rezecția totală în 72,0% cazuri. Un studiu din Federația Rusă a prezentat rezecție totală în 60% cazuri, subtotală – 24%, parțială – 16% [14]. În acest studiu, distanța minimă de rezecție a fost de 0,5 cm, iar alte studii raportează că utilizarea MNI scade distanța sigură de rezecție a tumorii (de la 8-10 mm la 2 mm) [15]. Shibani raportează o distanță minimă de 5 mm, desigur cu folosirea neuronavigării și a imagisticii intraoperatorii [16].

SCD are nu doar un rol protector al zonelor elocvente, dar și permite precizarea deficitului neurologic postoperator. Au fost efectuate mai multe studii pentru a evalua gradul de predictibilitate a diferitor tehnici de monitorizare neurofiziologică intraoperatorie [17, 18]. Nuwer și coaut. (2012) au evaluat valoarea predictivă a MNI în deficitul neurologic postoperatoriu [19]. Acești parametri sunt calculați conform criteriilor stabilite de Societatea Internațională de Neurofiziologie, unde se menționează că pot fi considerate criterii de alarmă următoarele modificări:

- scăderea amplitudinii SCD cu 30-40% [155] (clasa III, tipul C);
- creșterea pragului de excitare (clasa III, tipul U);

Breitkopf și coaut., în anul 2017, într-un studiu pe 110 pacienți cu tumori în zonele elocvente, cu utilizarea SCD plus MRI-f, au raportat modificarea intraoperatorie a PES și PEM în 52,9% cazuri, fiind posibilă precizarea apariției deficitului neurologic postoperator, iar în 25,8% cazuri deficitul a apărut fără modificări ale amplitudinii undeii EMG. În 47,1% a fost înregistrată, intraoperator, o modificare a amplitudinii undeii EMG, dar fără apariția deficitului postoperator. Datorită SCD, în 13 cazuri a fost decisă modificarea gradului de rezecție, iar, în 25,5% cazuri, intervenția a fost stopată din motivul agravării

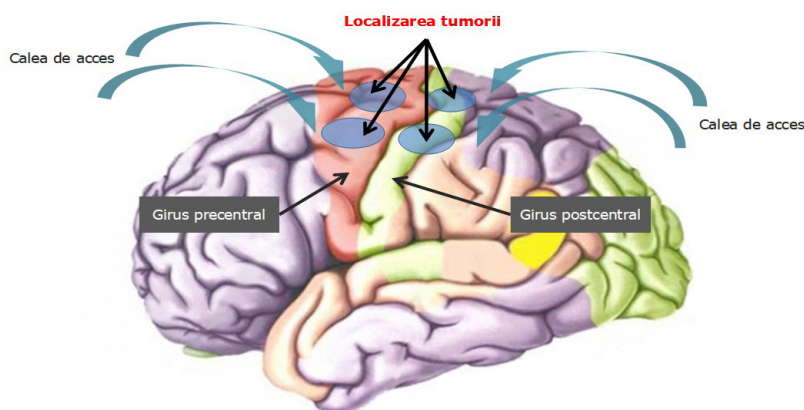


Figura 6. Schemă de ablație a TCSZE în funcție de localizarea tumorii, în raport cu zona senzitivo-motorie: pentru girusul precentral (cortexul motor) și girusul postcentral (cortexul somatosenzitiv)

potențialelor evocate. În acest studiu, în 21,4% din cazuri, cursul intervenției a fost modificat din cauza schimbărilor patologice înregistrate pe durata SCD [5].

Ținându-se cont de datele monitorizării neurofiziologice intraoperatorii, de localizarea anatomotopografică a tumorii, în scopul evitării apariției deficitului senzitivo-motor postoperatoriu, am propus o schemă de evitare a acestor complicații, în care recomandăm de a începe ablația tumorii, cât mai lateral posibil, de zonele elocvente și perpendicular cortexului cerebral (Figura 6).

În cazul tumorilor din regiunea precentrală, este recomandat de a începe ablația tumorii din partea regiunii frontale, pas cu pas spre zonele motorii, iar în tumorile din regiunea postcentrală – din partea regiunii parietale. Pentru tumorile din regiunea centrală, recomandăm de a începe ablația din zonele premotorii spre tumoră. În timpul ablației tumorii din apropierea zonelor

motorii, se recomandă de efectuat manevra perpendicular țesutului cerebral, în scopul evitării afectării cailor motorii.

Concluzii

1. Prin intermediul SCD au fost identificate zone în care răspunsul motor este prezent și acela în care nu a evocat niciun potențial miogen.

2. SCD a contribuit la definitivarea căii de acces, pentru rezecția optimală a tumorii, în același timp diminuând riscul unui deficit motor postoperator.

3. Din cauza creșterii pragului de excitabilitate și a potențialului de postacțiune SCD, în zonele funcționale a provocat accese tonico-clonice la 6 pacienți.

4. SCD, în gradul de ablație totală și subtotală, a prevenit deficitul motor postoperator la externare la 31 pacienți.

Bibliografie

1. Sandalcioğlu I.E., Schoch B., Rauhut F., et al. Hemispherectomy for large middle cerebral artery territory infarction: Do these patients really benefit from this procedure? (multiple letters). *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*. 2003;74(11):1600.
2. Fisher J.L., Schwartzbaum J.A., Wrensch M., Wiemels J.L. Epidemiology of Brain Tumors. *Neurol. Clin.* 2007;25(4):867-90, vii.
3. Meshkini A, Shahzadi S, Alikhah H, Naghavi-Behzad M. Role of stereotactic biopsy in histological diagnosis of multiple brain lesions. *Asian J Neurosurg*. 2013;8(2):69-73.
4. Claus EB, Horlacher A, Hsu L, Schwartz RB, Dello-Iacono D, Talos F, et al. Survival rates in patients with low-grade glioma after intraoperative magnetic resonance image guidance. *Cancer*. 2005;103(6):1227-33.
5. Breitkopf M, Bisdas S, Liebsch M, Behling F, Bender B, Tatagiba M, et al. Safety, Utility, and Clinical Results of Continuous Intraoperative Electrophysiologic Monitoring in 1.5T iMRI-Guided Surgery. *World Neurosurg*. 2017;106:198–205. Doi: 10.1016/j.wneu.2017.06.054
6. Deletis V. Intraoperative Neurophysiology and Methodologies used to monitor the functional integrity of the motor system. In: *Neurophysiology in Neurosurgery: A modern intraoperative approach*. USA; 2002. p. 25–51.
7. Vlieger EJ, Majoie CB, Leenstra S, den Heeten GJ. Functional magnetic resonance imaging for neurosurgical planning neurooncology. *European Radiology*. 2004;14(7):1143-53.
8. Holdefer RN, MacDonald DB, Skinner SA. Somatosensory and motor evoked potentials as biomarkers for post-operative neurological status. *Clin Neurophysiol*. 2015;126(5):857-65.
9. Motomura K, Chalish L, Ohka F, Aoki K, Tanahashi K, Hirano M, et al. Supratotal Resection of Diffuse Frontal Lower Grade Gliomas with Awake Brain Mapping, Preserving Motor, Language, and Neurocognitive Functions. *World Neurosurg*. 2018;119:30–9. Doi: 10.1016/j.wneu.2018.07.193
10. Shibani E, Krieg SM, Obermueller T, Wostrack M, Meyer B, Ringel F. Continuous subcortical motor evoked potential stimulation using the tip of an ultrasonic aspirator for the resection of motor eloquent lesions. *J Neurosurg*. 2015;123(2):301-6.
11. Krieg SM, Sollmann N, Obermueller T, Sabih J, Bulbas L, Negwer C, et al. Changing the clinical course of glioma patients by preoperative motor mapping with navigated transcranial magnetic brain stimulation. *BMC Cancer*. 2015;15:231.
12. Lima GLO, Dezamis E, Corns R, Rigaux-Viode O, Moritz-Gasser S, Roux A, et al. Surgical resection of incidental diffuse gliomas involving eloquent brain areas. Rationale, functional, epileptological and oncological outcomes. *Neurochirurgie*. 2017;63(3):250-258.
13. Möller AR. *Intraoperative Neurophysiological Monitoring*. 2nd ed. Springer; 2006.
14. Pedyash N.V., Korotchenko EN, Ivanova DS, Teplykh BA, Zuev AA. Surgical treatment of eloquent brain area tumors using neurophysiological mapping of the speech and motor areas and conduction tracts. *Vopr neirokhirurgii Im NN Burdenko*. 2017;81(1):39-50.
15. Cortés V., González-Darder J.M., García-March G., et al. Multimodal navigation in the functional microsurgical resection of intrinsic brain tumors located in eloquent motor areas: role of tractography. In: *Neurosurg. Focus*. 2010;28(2):E5.
16. Shibani E, Krieg SM, Obermueller T, Wostrack M, Meyer B, Ringel F. Continuous subcortical motor evoked potential stimulation using the tip of an ultrasonic aspirator for the resection of motor eloquent lesions. *J Neurosurg*. 2015;123(2):301-6.
17. Sanai N, Berger MS. Mapping the horizon: techniques to optimize tumor resection before and during surgery. *Clinical neurosurgery*. 2008;55:14-9.
18. Duffau H. Brain plasticity and tumors. *Adv Tech Stand Neurosurg*. 2008; 33:3-33.
19. Nuwer MR, Emerson RG, Galloway G, Legatt AD, Lopez J, Minahan R, et al. Evidence-based guideline update: Intraoperative spinal monitoring with somatosensory and transcranial electrical motor evoked potentials – Report of the therapeutics and technology assessment subcommittee of the American Academy of Neurology and the American Neurological Association. *Neurology*. 2012;78(8):585-9.

Recepționat – 05.09.2020, acceptat pentru publicare – 06.10.2020

Author correspondent: Viorel Maxian, e-mail: vmaxian@yandex.ru

Declarația de conflict de interese: Autorii declară lipsa conflictului de interese.

Declarația de finanțare: Autorii declară lipsa de finanțare.

Citare: Maxian V. Stimularea corticală directă în ablația tumorilor cerebrale gliale din zonele motorii [Direct cortical stimulation in the ablation of glial cerebral tumors in the motor areas]. *Arta Medica*. 2020;76(3):71-75.