

Ministerul Sănătății al Republicii Moldova
Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie
„Nicolae Testemițanu”

Vasile Galearschi

**ULTRASONOGRAFIA INTRAOPERATORIE ÎN
TRATAMENTUL CHIRURGICAL
AL TUMORILOR CEREBRALE**

(Recomandare metodică)

CHIȘINĂU, 2013

Introduce re

Nivelul contemporan al asistenței medicale, ce include metode de diagnostic și tratament de înaltă tehnologie, permite dar și impune respectarea principiilor invazivității minimale în cadrul neurooncologiei. La baza acestor principii stă tendința de efectuare a rezecției totale cu o lezare minimală a substanței cerebrale intacte.

Tendința necontrolată imagistic de efectuare a rezecției maxime a tumorii majorează semnificativ riscul apariției deficiențelor neurologice suplimentare, fapt cauzat atât de lipsa hotarelor clare între tumoare și țesutul cerebral intact, cât și de apariția edemului și dislocării cerebrale cauzate de procesul tumoral. Vom menționa că chiar și în cazurile de înlăturare macroscopică totală a tumorii, radicalitatea rezecției este confirmată prin IRM de control la mai puțin de 30% pacienți [7]. Existența problemelor menționate a și impus elaborarea și implementarea sistemelor de navigare care permit cu exactitate de a determina localizarea tumorii, gradul rezecției și care facilitează preîntâmpinarea leziunilor cerebrale intraoperatorii.

Cu toate că pe parcursul ultimilor ani au fost elaborate sistemele de neuronavigare de ultima generație bazate pe IRM intraoperatorie, rămîne actuală dezvoltarea și implementarea metodelor simple și efective cum ar fi ultrasonografia intraoperatorie (USIO). Mai mult ca atât, toate sistemele de navigare bazate pe datele CT și IRM preoperatorii posedă un mare neajuns: deschiderea largă a durei mater, tumefierea parenchimului cerebral, rețacția cerebrală excesivă, crearea cavității rezecționale produc modificări anatomice intraoperatorii, ce nu mai corespund cu datele relevate de IRM/CT preoperatorii [12]. Cu toate că ultrasonografia face parte din metodele adiționale operației și nu poate substitui cunoștințele și dexteritățile chirurgului cât și soluționa problemele neurooncologiei, după părerea unor autori aceasta este una dintre puținele metode ce permit de a determina dimensiunile și profunzimea tumorii în regim de timp real [15]. În pofida faptului că USIO este pe larg utilizată în multe clinici neurochirurgicale de peste hotare, există probleme nesoluționate ce țin de posibilitățile de utilizare și veridicitatea acestei metode în cadrul intervențiilor chirurgicale neurooncologice.

Crearea și înnoirea permanentă a utilajului ultrasonografic face posibilă aplicarea acestora în cadrul intervențiilor neurochirurgicale. Toate acestea impun necesitatea creării noilor metode de navigare ultrasonografică cât și aprecierea posibilităților acestora pentru neoplazii de diversă localizare și structură histologică.

Bazele fizice și metodele navigării intraoperatorii ultrasonografice

Ecografia intraoperatorie este o examinare imagistică în timp real care ajută neurochirurgul la identificarea, localizarea și caracterizarea patologiilor intracraniene cât și la orientarea sa în spațiu. Cu ajutorul acestei investigații sunt definite caracteristici de ecogenitate, dimensiune și pot fi configurate diverse structuri intracerebrale alături de rapoartele între procesul patologic intracranian cu alte structuri anatomice.

Procesul de căpătare a imaginii ultrasonografice este divizat în două etape: 1 - emiterea impulsurilor ultrasonore și direcționarea acestora în țesuturi – țintă, 2 - formarea imaginii din semnalul reflectat. Undele ultrasonore trimise spre un țesut sunt supuse anumitor legități ale fizicii cum ar fi refracția și reflexia. Refracția se referă la porțiunea de fascicul care trece în cel de al doilea mediu, cu schimbarea unghiului de deplasare. Reflexia presupune întoarcerea fasciculului ultrasonic către sursa de emisie. Refracția și reflexia undelor ultrasonore apar la suprafața țesuturilor de diferită densitate. Intensitatea ecoului depinde de diferența caracteristicilor acustice a suprafețelor limitrofe: cu cât e mai mare diferența cu atât mai multă energie sonoră este reflectată [4]. Astfel sectoarele acustic omogene, cum ar fi spațiile lichidiene vor avea o intensitate joasă, și din contra țesuturile cu conținut mare de particule mici de densitate diferită vor avea intensitate înaltă. La suprafața țesut-aer are loc reflexia completă a undei ultrasonore, de aceea aerul se prezintă ca obstacol pentru ultrasunet. Același fenomen de reflexie are loc și la suprafața țesutului osos. Astfel reperajul ultrasonografic în neurochirurgie poate fi efectuat prin defect osos.

La întoarcere în transductor semnalul reflectat este transformat în undă electromagnetică care stă la baza obținerii imaginii pe monitorul aparatului ultrasonografic.

La momentul de față practic orice aparat de scanare ultrasonografică este utilat cu transductoare cu diferită configurație a suprafeței de lucru și diapazon larg a frecvenței de emisie (Figura 1). Este importantă selectarea condițiilor optime pentru depistarea certă a patologiei și excluderea artefactelor. Pentru aceasta, crucială devine selectarea corectă a frecvenței transductorului. De frecvența transductorului depind adâncimea de pătrundere a semnalului ultrasonor și rezoluția imaginii. Adâncimea de pătrundere a semnalului este indirect proporțională cu frecvența transductorului. Astfel este calculată distanța de la transductor la care, cu o anumită frecvență este efectuată examinarea unei structuri anatomice.

În mod contrar, rezoluția imaginii este direct proporțională cu frecvența transductorului. Astfel, la frecvența sondei de 3 MHz este vizualizat tot conținutul cutiei craniene la o rezoluție de calitate joasă și îndeosebi de prost sunt vizualizate regiunile localizate nemijlocit sub sondă. Dimpotrivă, utilizarea frecvenței înalte va da o imagine perfectă doar a regiunilor superficiale

[3]. Această legitate este de importanță majoră în practica neurochirurgicală când procesul patologic este localizat la o adâncime de la câți-va milimetri la peste 10 cm de la punctul de scanare. Astfel, sonda de frecvență joasă nu va vizualiza o metastază subcorticală de dimensiuni mici [9].

Un alt moment important în aprecierea capacității de rezoluție a sistemelor de vizualizare bazate pe ultrasunet este dependența rezoluției longitudinale și transversale de coordonatele spațiale. În țesuturile biologice se constată o împrăștiere și deviație suplimentară a fascicolului acustic, fapt legat de dispersarea undelor ultrasonore. Dar cauza de bază a distorsiunii canalului acustic este, totuși, interdependența frecvență / atenuare a undei sonore. Acest efect este destul de complicat deoarece influență au așa factori ca dimensiunile suprafeței de contact a transductorului, distanța focală, lărgimea spectrului impulsului emanat (date de parametrele de setare a aparatului) cât și adâncimea focarului patologic, diferența vitezei de propagare a ultrasunetului prin țesuturile corpului uman și mediul de contact [19].

În afară de momentele pur tehnice de utilizare a anumitor tipuri de transductoare, este foarte importantă interpretarea corectă a imaginii căpătate. În dependență de poziția transductorului sunt obținute nu numai secțiuni coronare, sagitale și axiale, pe care în mod tradițional le oferă IRM dar și oblice. De aceea se recomandă de a stabili corelația obiectului patologic vizualizat cu structurile anatomice normale, cum ar fi coasa cerebrală, tentoriul cerebelar, ventriculele cerebrale [17].

Юова А.С. a propus metoda de navigare ultrasonografică intraoperatorie care poate servi drept bază pentru dezvoltare ulterioară. Aceasta este compusă din următoarele etape [18].

Orientarea intraoperatorie. Sarcinile acestei etape diagnostice a intervenției chirurgicale sunt: precizarea stereo-topografiei obiectului (adică relația spațială a acestuia cu alte structuri endocraniene), selectarea regiunii optimale pentru efectuarea corticotomiei și aprecierea direcției abordului chirurgical.

Țintirea intraoperatorie. Această etapă determină traiectoria de introducere a instrumentului chirurgical în cadrul efectuării puncției obiectelor endocraniene.

Monitoring-ul intraoperator. Acesta reprezintă o examinare în regim de timp real efectuată concomitent unei manipulari cu scop de apreciere a eficacității acesteia. Monitoring-ul intraoperator permite determinarea relației instrumentului chirurgical față de procesul patologic situat profund cât și orientarea în limitele acestuia, mai ales în acele situații când hotarele procesului patologic nu pot fi determinate cu ochiul liber.

Limitările în interpretarea dimensiunilor și structurii proceselor patologice cât și apariția artefactelor este condiționată de caracteristicile fizice de răspândire ale ultrasunetului prin

țesuturi de diversă densitate și de particularitățile tehnice ale utilajului folosit [8]. Astfel, la trecerea ultrasunetului prin medii biologice are loc absorbția acestuia de către țesuturi, ca rezultat sectoarele situate la distanță mai mare a formațiunilor relativ omogene apar pe imagine mai întunecate.

După cum s-a mai menționat reflexia ultrasunetului are loc la hotarul suprafețelor de densitate diferită, astfel dacă suprafața de la care se reflectă ultrasunetul este neregulată, adică diverse puncte ale acesteia se află la distanță diferită de la sondă, atunci această suprafață apare ca heteroecogenă. Determinarea exactă a diametrului unei formațiuni patologice depinde de capacitatea de rezoluție laterală a sondei [4]. Această eroare este cauzată și de interval diferit de trimitere – captare a undelor ultrasonore de diferite regiuni ale sondei utilizate. În prezent sunt implementate transductoare de generație nouă cu focusare digitală care permit aprecierea corectă a dimensiunilor obiectului – țintă [16]. Implementarea acestora exclude necesitatea aplicării sondelor de diferită frecvență pentru formațiuni patologice de diversă adâncime [5, 11, 13].

Ca și osul și aerul, obiectele metalice sunt un obstacol pentru undele ultrasonore, căpătarea imaginii obiectelor situate distal de acestea este imposibilă: apare așa numitul fenomen „coadă de cometă”, care constă în suprapunerea imaginilor false repetate și confluența acestora într-un complex hiperecogen cu răspîndire la distanță considerabilă de obiectul de studiu [2]. Un șir de artefacte apar inevitabil și la scanarea obiectelor ce conțin cavități lichidiene: în primul rînd apare fenomenul de „amplificare dorsală” adică majorarea ecogenității peretelui distal al cavității, și reflexia de la pereții laterali induce apariția umbrelor laterale care pot fi greșit interpretate ca țesut patologic [18]. Un alt artefact e reprezentat de umbra acustică, care apare atunci cînd fascicolul ultrasonic întîlnește o suprafață puternic reflectantă (cu impedanță acustică mare). Undele nu trec dincolo de acest „obstacol” și zona subiacentă nu poate fi vizualizată. Apariția acestor artefacte pot influența obiectivitatea aprecierii gradului de rezecție a tumorilor cerebrale.

Vorbind de principiile generale de utilizare a USIO, vom aminti și efectele ultrasunetelor asupra țesuturilor. Explorarea ultrasonică este considerată una non-invazivă, totuși ultrasunetele nu sunt lipsite de efecte biologice. Acestea sunt reprezentate de efectele termice și efectele non-termice. Efectele termice derivă din conversia energiei mecanice în energie termică, fenomen ce duce la atenuarea fascicului de ultrasunete pe măsură ce străbate țesuturile. Din efectele non-termice cel mai important este efectul de cavitație, fenomen care descrie formarea și mobilizarea unor bule într-un lichid. Cavitația poate fi stabilă, situație care descrie oscilația bulelor la trecerea ultrasunetelor datorită variațiilor de presiune; nu există efecte nocive ale acestei forme de cavitație. Mai importantă este cavitația tranzitorie în care oscilația bulelor poate deveni foarte

ampă, ducând la spargerea bulelor și la apariția unor variații de presiune denumite „unde de șoc” [1]. În literatura de specialitate apar publicații despre utilizarea acestui efect și în neurochirurgie [6]. Fenomenul este folosit în domeniul terapeutic pentru litotritie și nu apare la frecvențele utilizate în scop diagnostic.

Vom menționa unele dezavantaje ale USIO. Imaginile obținute sunt, uneori, dificil de interpretat. Efectuarea scanărilor cere anumite dexterități practice. Deseori imaginile necalitative se datorează faptului că majoritatea scanerelor din sala de operație sunt de linia a doua, decontate din departamentele de radiologie. Dar contra suma de bani necesară pentru procurarea IRM intraoperatorie și remodelarea întregului bloc de operații pot fi cumpărate câteva scanere ultrasonore de cel mai înalt nivel cu tot setul de sonde. Ar avea loc un salt în imagierea intraoperatorie [14]. Mai mult ca atât majoritatea neurochirurgilor sunt deprinși cu metodele imagistice clasice (IRM și CT) și pot necesita anumit timp pentru a se familiariza cu natura și interpretarea informației oferite de USIO [8].

Este important de menționat că chiar cel mai bun sistem de neuronavigare nu poate înlocui judecata clinică și ochiul antrenat al unui neurochirurg experimentat. Interpretarea intraoperatorie a culorii și consistenței țesutului tumoral în combinație cu o cunoaștere a anatomiei rămân factorii importanți în aprecierea rezecției tumorale [10].

Ultrasonografia intraoperatorie - echipament, metodologie

Introducerea echipamentului de reperaj ultrasonografic intraoperator nu reduce semnificativ spațiul liber din sală. Este importantă amplasarea acestei aparaturi într-un mod în care să nu jeneze activitatea neurochirurgicală principală, și să nu afecteze activitatea asistenței și a echipei de anestezie.

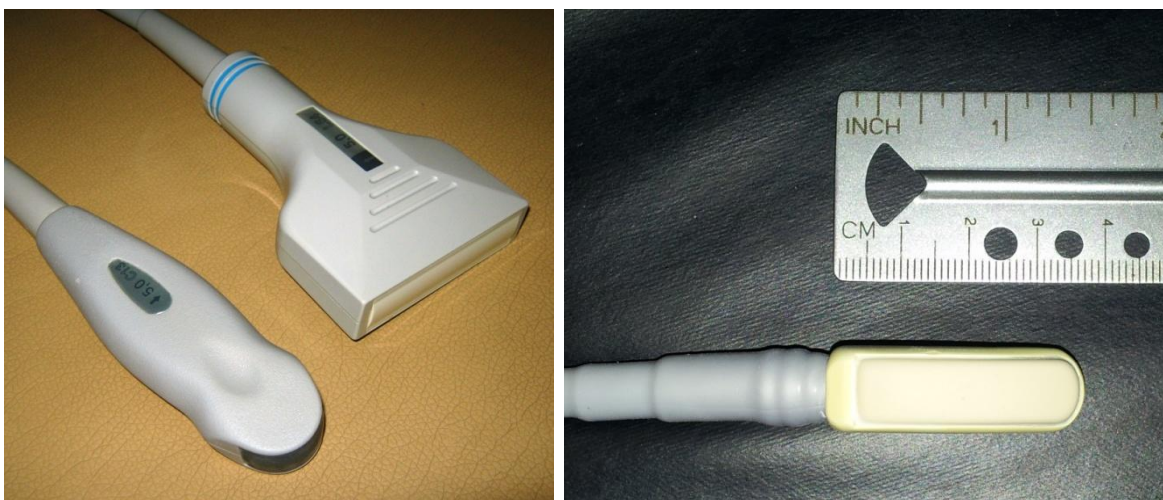


Fig. 1. Transductor microconvexital 5,0 MHz, liniar 5 MHz și microconvexital 7,5 MHz

Din cauza complexității lor, majoritatea transducerilor nu pot fi sterilizați, în mod special cei mecanici. De aceea pentru a se putea folosi intraoperator, este necesară “îmbrăcarea” acestor transductori într-o husă sterilă. În absența huselor de polietilenă prefabricate cea mai comună metodă este de a plasa transductorul într-o mănușă sterilă de latex, în care în prealabil se pune o cantitate mică de gel ecografic.

A fost utilizată metoda scanării etapizate: 1) pînă la durotomie, 2) după deschiderea durei mater, în cadrul căreia s-a determinat localizarea tumorii, raportul acesteia cu structurile adiacente și reperele anatomice, determinarea proiecției și direcției optime a encefalotomiei pentru abordarea țesutului – țintă, 3) de etapă, care are ca scop determinarea modificărilor anatomice ce au loc pe durata procesului de rezecție tumorală, 4) de control, pentru aprecierea gradului de ablație [17].

Conform protocolului standardizat sunt studiate: 1) hotarele tumorale (clare, relativ clare, șterse), 2) forma (rotund-ovoidă, neregulată), 3) conturul (regulat, neregulat), 4) ecogenitatea (anecogenă, hipoecogenă, izoecogenă, hiperecogenă), 5) structura (omogenă, neomogenă), 6) adîncimea, 7) dimensiunile maxime, 8) raportul cu reperele anatomice [17].

Scanarea ultrasonografică transdurală se efectuează în toate cazurile imediat după craniotomie (Figura 2). După durotomie în unele cazuri este efectuată și scanarea transcorticală. Pentru excluderea artefactelor date de contactul imperfect între transductor și suprafața de contact, dura mater sau cortexul cerebral se irigă cu ser fiziologic sau soluție de Furacilină (1:5000). Planul de scanare se alege într-un mod liber, dar pentru facilitarea interpretării rezultatelor scanarea se începe cu una din secțiunile standarde (axială, coronariană sau sagitală), ceea ce corespunde cu secțiunile oferite de CT și IRM. Ulterior, modificînd localizarea și unghiul transductorului se capătă o imagine optimă a procesului patologic.

Localizarea este definită după cum urmează: bine localizată (localizarea tumorii era bine determinată prin USIO) și prost localizată (localizarea tumorii nu a fost determinată suficient). Hotarele sunt considerate drept bine definite în acele cazuri cînd acestea sunt clar vizualizate, separate de edemul perifocal și țesutul cerebral; moderat definite – cînd acestea sunt vizualizate prin USIO dar nu se determină o limită certă între tumoare și țesut cerebral în anumite regiuni; prost definite – vizualizare incertă a hotarelor sau lipsa unei limite între neoplazie și țesut adiacent.

Orientarea în plan axial. Imaginea în plan axial este obținută în cadrul scanărilor pe regiunea temporală, occipitală și frontală. Transductorul este plasat în așa mod ca secțiunea suprafeței de lucru a acestuia să fie paralelă cu baza craniană. Reperele de bază sunt reprezentate de fisura inter-emisferică și coasa cerebrală hiperecogenă, ventriculele laterale anecogene, osul

controlateral hiperecogen. Dacă scanările se efectuează într-un plan mai caudal decât ventriculele laterale, drept reper servește mezencefalul.

Orientarea în plan coronar. Imaginea în plan coronar este obținută prin plasarea transductorului pe regiunea frontală, parietală și temporală. Reperele de bază sunt reprezentate de ventriculele laterale anecogene cu septul pelucid moderat hiperecogen între ele, plexurile coroidale, ventriculul III, coasa cerebrală și fisura interemisferică moderat hiperecogenă.

Orientarea în plan sagital. Obținerea unei imagini în plan sagital pe linia medie este destul de dificilă. Scanarea se efectuează pe regiunile superioare ale lobilor frontal și parietal. Reper de bază sunt ventriculul lateral omolateral cu plexul coroid și structurile osoase ale fosei craniene anterioare.

Pentru aprecierea exactă a structurii, conturului, dimensiunilor și raportului tumorii cu structurile adiacente, sunt efectuate scanări în planuri reciproc perpendiculare.

Monitoring-ul intraoperator ne permite să vizualizăm propulsarea instrumentului chirurgical prin țesutul cerebral și nimerirea acestuia în obiectul – țintă, fapt important în caz de prezență a componentului tumoral chistic.

Se determină distanța de la locul corticotomiei preconizate până la polul lateral al tumorii. Abordul transcortical se selectează dependent de localizarea regiunilor elocvente, particularitățile de localizare a vaselor corticale și datele despre distanța cea mai mică până la tumoare. În caz de localizare profundă a procesului expansiv cât și în caz de prezență a componentului chistic se efectuează puncție ghidată ultrasonografic. Utilizând tehnica microchirurgicală, tumoarea este ablațiată maximal posibil dependent de localizare și caracterul creșterii.



Fig. 2. Ultrasonografie intraoperatorie.

Pentru aprecierea gradului de rezecție, pe parcursul și la sfârșitul operației, după finisarea etapei de rezecție se efectuează scanări de control. Cavitata de lucru se umple cu lichid fără bule și transductorul este plasat nemijlocit asupra cavității sau pe cortex adiacent intact.

Gradul rezecției tumorale este considerat drept bine definit atunci când nu se mai determina țesut tumoral rezidual pe motiv de excizie totală sau USIO determină clar țesut rezidual dar excizia totală nu este efectuată din diferite motive; prost definit – metoda nu permite de a determina dacă excizia a fost completă.

Pentru documentare toate manoperele de navigare sunt fost înregistrate pe DVD-video. La fișa de observație se anexează protocolul de investigare sonografică.

Calcularea volumului tumoral conform datelor oferite de CT, IRM și USIO se efectuează conform formulei:

$$V=4/3\pi R^3$$

Deoarece în multe cazuri sunt disponibile doar două dimensiuni ale procesului expansiv, presupunem că odată cu creșterea tumorală se constată o mărire a tuturor dimensiunilor, astfel raza se calculează:

$$R=(A+B)/4$$

unde A și B sunt valori cunoscute.

Astfel, formula finală de calculare a volumului tumoral este:

$$V=4,187((A+B)/4)^3$$

Toate aceste dimensiuni pot fi de asemenea calculate însăși de aparatul ultrasonografic.

În cazul ecografiei timpiei operatori noi sau modificările lor sunt: necesitatea unei craniotomii cu suprafață mai mare pentru a permite o examinare ecografică mai detaliată și pentru a avea suficient spațiu operator atât pentru transductor cât și pentru instrumentarul neurochirurgical, mai ales când se dorește efectuarea unor manevre sub control ecografic direct. Un alt timp suplimentar este îmbrăcarea transductorului în mănușă sterilă, care durează aproximativ 5 minute cât și explorarea ultrasonografică etapizată propriu zisă – 5-10 minute. Dar toate acestea nu majorează durata intervenției chirurgicale, mai ales în caz de neoplazii profunde, prin excluderea etapei de explorare cerebrală inutilă.

Caracterele ultrasonografice ale tumorilor cerebrale.

Pentru orice neurochirurg, la orice etapă de investigare sau tratament a pacientului este importantă obținerea informației despre structura histobiologică a tumorii. Pe lângă datele clinice această informație este oferită de metodele neuroimagistice. Întrucât USIO face parte din metodele de vizualizare a structurilor cerebrale în timpul operației, ea permite de a aprecia caracterul neoplaziei în regim de timp real. Termenul „în regim de timp real” adesea folosit în

literatura străină subînțelege că imaginea de pe monitor corespunde modificărilor topografiei cerebrale anume în acel moment când acestea au loc, chirurgul vedea exact ce se întâmpla la nivel intracranian în orice moment al intervenției chirurgicale, și nu de pe înregistrare.

USIO permite în toate cazurile de a identifica rapid și cert focarul patologic, a determina localizarea și relația cu structurile adiacente. Astfel, sensibilitatea metodei în materia determinării localizării tumorii este de 100%.

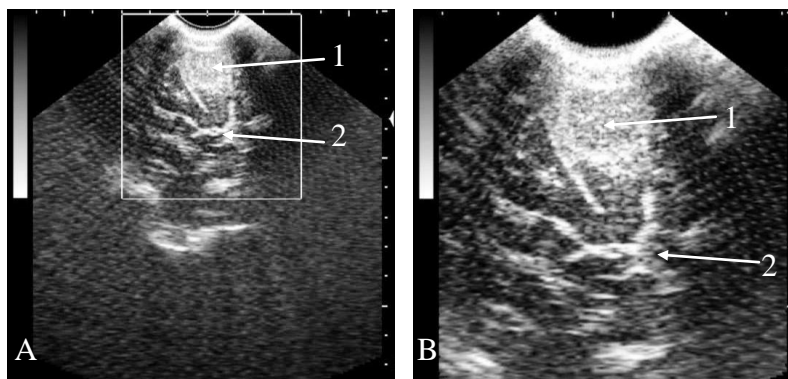


Fig. 3. Adenocarcinom parietal dreapta. Scanare cu transductor 4 MHz (A) și 6,5 MHz (B): 1 – tumorare subcorticală. 2 – imagine obișnuită a circumvoluțiunii cerebrale.

Vorbind de caracterele generale ultrasonografice ale tumorilor cerebrale, putem menționa: componentul tumoral solid se prezintă întotdeauna hiperecogen în comparație cu țesutul cerebral intact, petrificatele intratumorale sunt intens hiperecogene; chisturile, din contra, sunt reprezentate de niște formațiuni rotund-ovoide, anecogene cu contururi clare hiperecogene. Dar nici într-un caz din studiul nostru imaginea ultrasonografică a tumorilor cerebrale nu a fost absolut omogenă. De rînd cu alte metode neuroimagistice, USIO permite de a vizualiza detalii intratumorale cum ar fi punțile intratisulare, trabeculele, microchisturile. Cel mai detaliat eterogenitatea structurii tumorale este vizualizată folosind transductoare de frecvență înaltă (Figura 3).

Aprecierea detaliilor structurii intratumorale are valoare practică deosebită în anumite cazuri. Astfel, cu toate că CT și IRM oferă date certe despre prezența cavităților chistice, uneori este dificil de a interpreta natura regiunilor hipodense din centrul tumorii. Cu alte cuvinte, CT și IRM nu întotdeauna permit de a diferenția necroza centrală de degenerescența chistică intratumorală. În asemenea cazuri USIO facilitează efectuarea diagnosticului diferențiat, fapt important pentru selectarea tacticii de ablație a tumorii.

Utilizarea USIO ne permite să vizualizăm pînă la efectuarea corticotomiei chistul tumoral bicameral, pe cînd la IRM acesta apărea ca zonă hipodensă (Figura 4). Acest fapt influențează

selectarea tacticii operatorii: după puncția și evacuarea conținutului chistului se crează spațiu de lucru de rezervă ceea ce facilitează ablația microchirurgicală a tumorii.

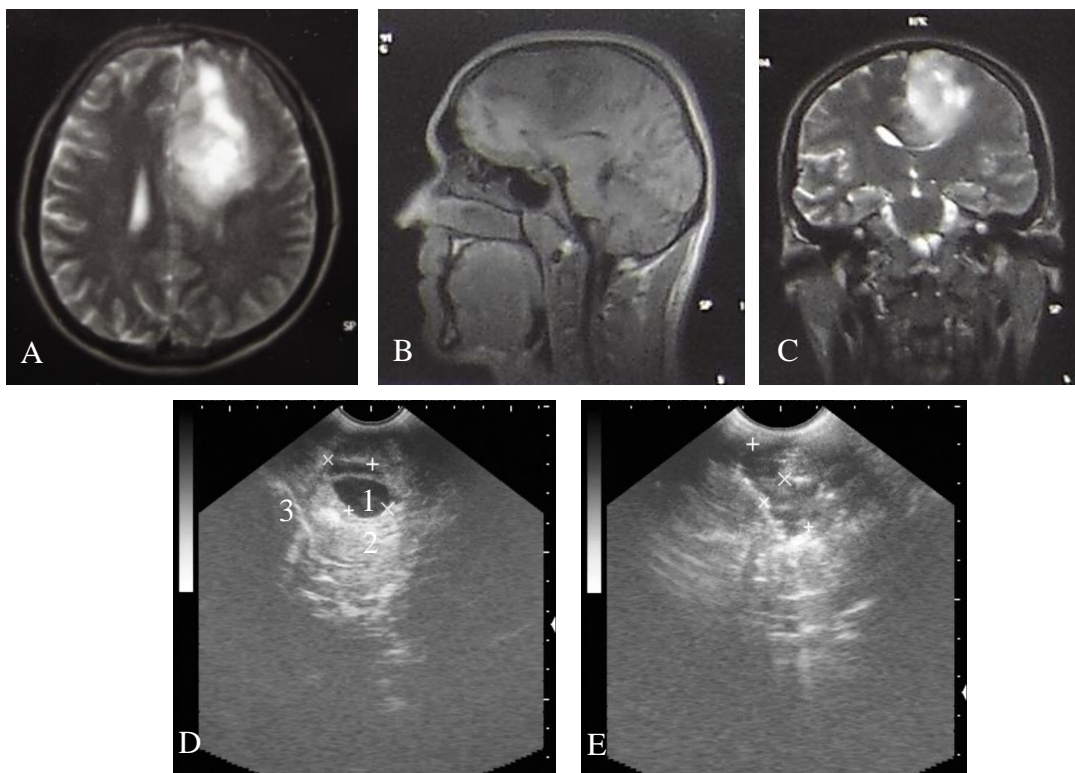


Fig. 4. Oligodendrogliom fronto-parietal stînga: A - IRM axială; B - IRM sagitală; C - IRM coronariană; D - USIO transcorticală: 1 - chist tumoral bicameral. 2 - component tumoral solid. 3 - coasa cerebrală; E - USIO de control, cavitatea postexcizională.

Analiza comparativă a imaginilor USIO obținute în cadrul diverselor intervenții chirurgicale a constatat că pe lângă caracterele ultrasonografice tipice pentru neoplaziile cerebrale există și multe deosebiri, ceea ce condiționează variabilitatea înaltă a imaginilor USIO în această patologie.

Unul din caracterele ecografice de bază este hotarul tumoral. Aprecierea acestuia se răsfrînge și asupra determinării gradului de radicalitate a operației prin depistarea sectoarelor reziduale. Dependent de hotarele tumorale, toate neoplaziile cerebrale sunt clasificate ultrasonografic în 3 categorii: cu hotar clar, relativ clar și șters (Figurile 5, 6).

Cele mai multe leziuni sunt încadrate în categoria 1, cu hotare clare. În această clasă intră metastaze cerebrale, tumori chistice, cavernoame, glioblastoame și astrocitoame anaplastice cu inel hiperecogen. În încadrarea în categoria doi domină glioblastoamele, iar în categoria 3 – tumorile gliale infiltrative (non-chistice) benigne (astrocitoame), și recidivele de glioame.

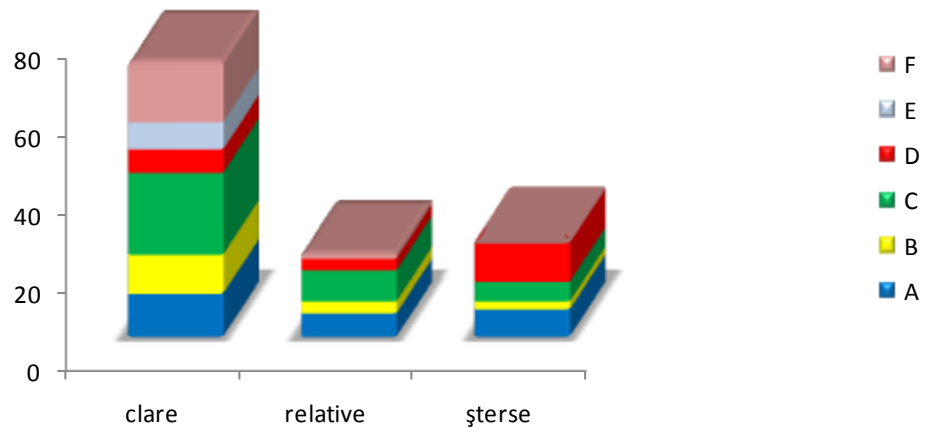


Fig. 5. Clasificarea ultrasonografică a hotarelor tumorale (date generale), (abs.).

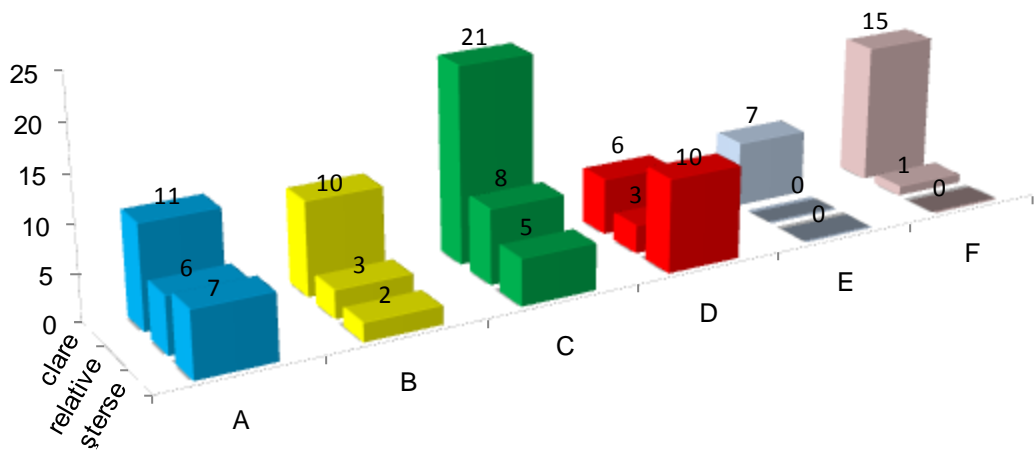


Fig. 6. Clasificarea ultrasonografică a hotarelor tumorale (pe grupuri histologice), (abs.).

Tumorile gliale, independent de gradul de anaplazie apar în toate cele trei grade de vizibilitate datorită diferitelor tipuri histopatologice. Astrocitomul chistic apare ca bine delimitat, cu cavitatea hipoecogenă și tumoarea ușor hiperecogenă, pe când cel infiltrativ apare discret hiperecogen față de țesutul cerebral normal (Figurile 7, 8).

Astfel, în linii generale putem menționa posibilitatea delinării a trei tipuri de imagini USIO ale tumorilor cerebrale:

tip I – zone rotund-ovoide, bine delimitate de țesutul cerebral adiacent, margini regulate, caracteristic pentru metastazele cerebrale și alte neoplazii cu creștere nodulară (cavernoame, hemangioblastoame);

tip II – formațiuni moderat delimitate, reprezentate de glioblastoame și astrocitoame anaplazice;

tip III – formațiuni heteroecogene, prost delimitate de țesutul cerebral, caracteristic pentru tumorile cu creștere infiltrativă (glioame de grad mic și recidive de glioame).

La particular, criteriile statistice veridice de diferențiere a neoplaziilor nodulare de cele infiltrative sunt hotarele și marginile tumorale. Astfel, pentru tumorile nodulare sunt caracteristice hotarele clare și marginile regulate, pentru tumorile infiltrative sunt specifice hotarele șterse sau relativ clare și marginile neregulate.

Analizând tumorile neuroepiteliale constatăm că este imposibilă aprecierea gradului de anaplazie tumorală în baza imaginilor USIO. Se determină, totuși, pentru glioame, unele legități care permit de a presupune gradul de diferențiere tumorală. Astfel, odată cu creșterea gradului de anaplazie se constată o tendință de majorare a heterogenității structurii tumorii.

Având o viteză de creștere mult mai mică glioamele de grad mic seamănă foarte mult cu un creier normal în timpul intervenției chirurgicale și uneori este extrem de dificil de localizat și de definit. CT oferă de obicei o imagine preoperatorie statică, dar glioamele de grad mic sunt de regulă de densitate mică și cu limite foarte prost definite. IRM arată leziunea ca hiperintensă de obicei, dar edemul perilezional deseori maschează marginea adevărată. În experiența noastră toate glioamele de grad mic puteau fi văzute la explorarea ultrasonografică intraoperatorie. Remarcăm că aceste tumori sunt întotdeauna hiperecogene comparativ cu creierul, chiar dacă imaginea este hipodensă la examenul CT și independent de gradul de captare a remediilor de contrast. Acest fapt denotă repetat diferența principiilor fizice de obținere a imaginii între CT (raze X), IRM (timp de relaxare a electronilor) și USIO (propagarea undei ultrasonore). Ultrasonografia oferă o vizualizare mai bună a marginilor tumorale și identifică invazivitatea tumorii, care nu neapărat este suspectată pe studiile imagistice preoperatorii și în plus, atunci când este necesară o biopsie neurochirurgul are siguranța absolută că biopsia este luată din interiorul porțiunii centrale a tumorii. Forma astrocitoamelor de grad mic este mai frecvent rotund-ovoidă (83,3%), marginile – regulate (70,8%), structura este omogenă în 62,5% dar fără hotare clare în 54,2%, incluziuni hipocogene sunt determinate în doar 8,3%. În 25,0% de astrocitoame de grad mic sunt depistate chisturi. În caz de oligodendroglioame sunt de asemenea vizualizate calcificările intrastromale în formă de arii intens hiperecogene. Tumorile gliale de grad mic sunt, deci, ușor hiperecogene comparativ cu țesutul cerebral normal, greu vizibile

ecografic și fără limite clare (Figurile 7, 8). Ele sunt încadrate în tipul 3. În astfel de leziuni ecografia intraoperatorie este utilă pentru localizarea tumorii sau pentru biopsia ei sub control ecografic. Fără folosirea ecografiei localizarea acestui tip de leziune în regiunile elocvente sau cu risc vital crescut necesită o explorare considerabilă și este cauza unui deficit neurologic sever.

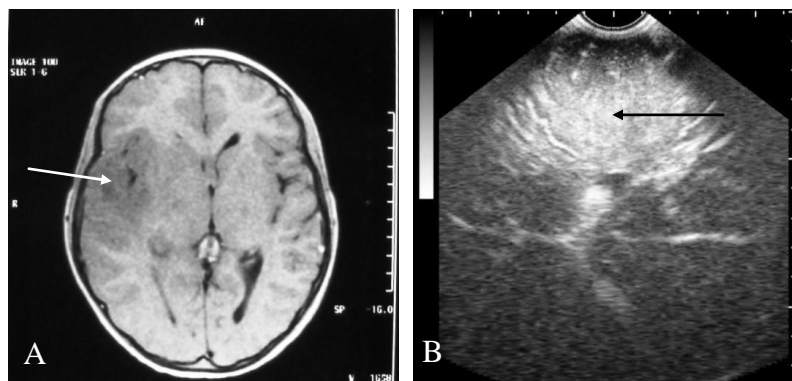


Fig. 7. Astrocitom de grad mic, infiltrativ parieto-temporal dreapta. A - IRM T1 cu contrast: arie lezională cu caracter infiltrativ, răspuns negativ la administrarea AK-Magnevist; B - USIO: formațiune hiperecogenă, forma ovoidă, relativ omogenă, hotar șters, prost delimitată de țesutul cerebral.

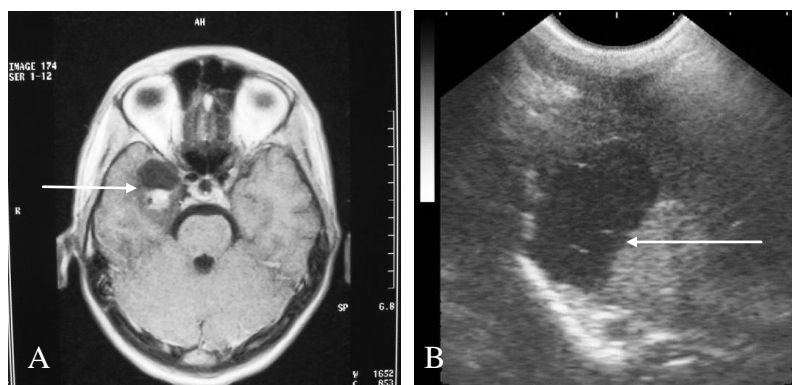


Fig. 8. Astrocitom de grad mic, chistic, temporal dreapta. A - IRM T1 cu contrast: formațiune de volum solido-chistică, introducerea remediei de contrast atestă accentuare patologică a semnaltății RM la nivelul sectorului tumoral solid; B - USIO: formațiune bicomponentă, anterior - un chist ovoid, contur clar, bine delimitat, anecogen, dorsal – o formațiune hiperecogenă, formă ovoidă, relativ omogenă, relativ clar delimitată de țesutul cerebral adiacent.

Imaginea USIO a tumorilor maligne este mai variabilă, polimorfă, conturul acestora este neregulat, șerpuit, pe alocuri nu poate fi vizualizat hotarul tumoral. Regiunea perifocală, de obicei, este mai masivă, moderat hiperecogenă. Mai frecvent se constată prezența chisturilor intratumorale (52,9% pentru glioblastoame). Pentru tumorile neuroepiteliale de gradul III-IV edemul perifocal este vizualizat în formă de arii hiperecogene în comparație cu țesutul cerebral intact. Ecogenitatea tumorii este mai înaltă decât cea a edemului; pe motiv de particularități

histologice (necroză, hemoragii, chisturi) aceste tumori sunt, de obicei, neomogene. În unele cazuri acestea sunt înconjurată de un inel intens hiperecogen, ceea ce corespunde cu zona proliferării endoteliale și neovascularizării (regiunile ce captează intens remediile de contrast) (58,8% pentru glioblastoame). Hemoragia intratumorală se dovedește a fi hiperecogenă. În unele cazuri edemul cerebral alterează aprecierea hotarelor tumorale. Astrocitoamele anaplazice sunt rotund-ovoide în 66,7%, structura este neomogenă în 60,0%, hotarele sunt clare în 66,7%, marginile regulate se determină în 53,3% (Figura 9).

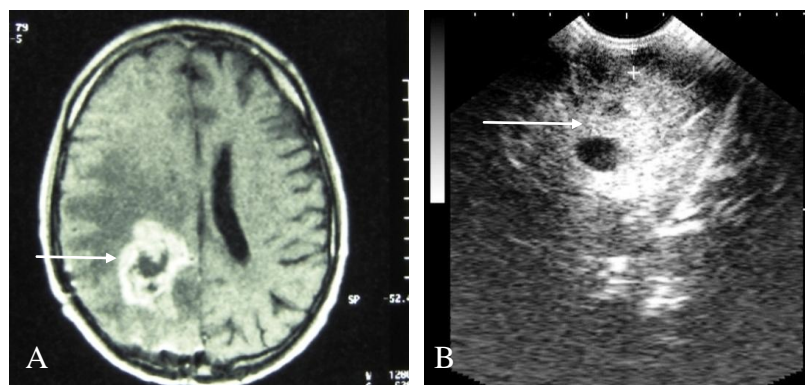


Fig. 9. Astrocitom anaplazic parietal posterior parasagital dreapta. A- IRM T1 cu contrast: formațiune neoplazică, textual heterogenă, solid-chistică, captare difuz-neomogenă a remediului de contrast; B- USIO: formațiune hiperecogenă, formă neregulată, neomogenă (sectoare hiperecogene și hipoecogene), hotare relativ-clare, margini neregulate; intrastromal se determină chistul anecogen.

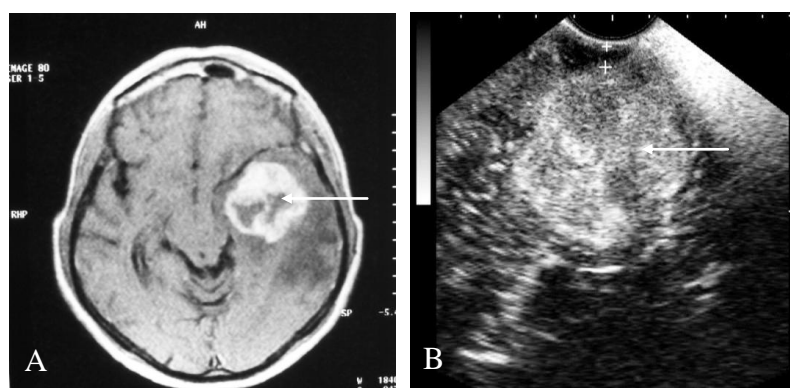


Fig. 10. Glioblastom temporal stînga. A- IRM T1 cu contrast: formațiune textual heterogenă, contururi nete, neregulate; administrarea agentului de contrast atestă accentuarea semnaltății preponderent inelar-periferic; B- USIO: formațiune hiperecogenă, forma ovoid-neregulată, neomogenă, relativ clar delimitată de țesutul adiacent, margini neregulate, cu incluziuni hipoanecogene.

Glioblastomul se prezintă ca o leziune hiperecogenă, poate avea ecogenitate heterogenă în glioblastoame cu porțiuni chistice și necrotice (94,1%) (Figura 10). Este bine vizibil la examinarea în modul B însă fără a avea margini bine delimitate ecografic în toate cazurile. Marginile sunt neregulate în 73,5%. După clasificarea propusă, de rînd cu astrocitomul anaplastic, este încadrat în leziune care aparține tipului 2. În astfel de leziuni ecograful este util atunci cînd este necesitate de a localiza leziunea înaintea rezecției ei, sau atunci cînd se face biopsie cu ghidare ecografică. Utilizarea ecografiei pentru controlul gradului de rezecție este uneori mai dificilă din cauza îmbibării pereților cavității restante cu sînge, modificării structurii pereților datorită procedurilor de hemostază (coagulare, materiale hemostatice) care au de asemenea un aspect hiperecogen. Deși majoritatea gliomelor maligne nu sunt dificil de localizat în timpul intervenției chirurgicale, ultrasonografia intraoperatorie ajutată la definirea limitelor tumorale și la identificarea cavităților chistice intratumorale, și este în mod special utilă în localizarea leziunilor profunde, acoperite de creier normal.

Recidivele de glioame sunt atribuite tipului 3 de imagine ecografică prin forma sa preponderent neregulată, parenchim ecografic neomogen, hotare șterse în 52,6% și margini neregulate în 78,9% (Figura 11).

Caracterele indirecte a malignității tumorale oferite de USIO sunt similare cu datele CT și IRM, adică odată cu creșterea gradului de anaplazie se constată majorarea heterogenității, tendință de creștere infiltrativă, lipsa hotarului clar, accentuarea edemului perilezional.

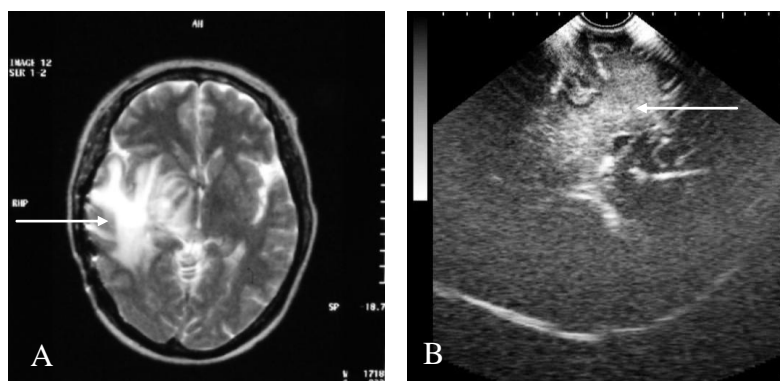


Fig. 11. Recidivă de glioblastom de nuclei bazali dreapta. A-IRM nativă T2: neoplazie recidivantă incert delimitată, însoțită de edem perilezional vădit; B- USIO: formațiune hiperecogenă, formă neregulată, neomogenă, hotare șterse, margini neregulate.

Un anumit grad de nespecificitate a USIO este condiționat de faptul că glioză, distrofia celulelor cerebrale, regiunile ischemice și alte de asemenea sunt hiperecogene comparativ cu țesutul cerebral intact, deci imaginea ultrasonografică a acestora nu se deosebește de cea a

procesului neoplazic. Se va ține minte, totuși, că în unele cazuri nici IRM nu poate stabili natura procesului expansiv.

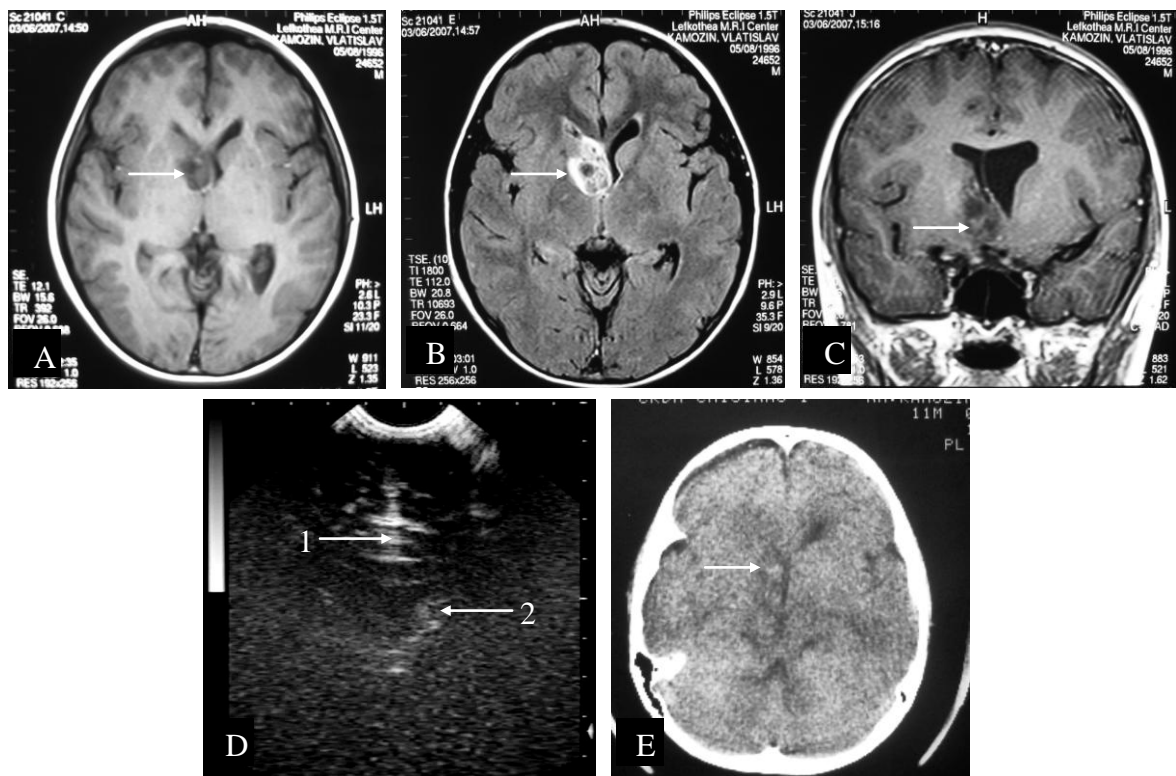


Fig. 12. Formațiune de volum în regiunea nucleilor bazali pe dreapta: A,B IRM axială; C. IRM coronariană; D. USIO transcorticală: 1 - coasa cerebrală. 2 - formațiune de volum de nuclei bazali; E. CT de control. Transductor 5,0 MHz.

Modificările morfologice ale substanței cerebrale chiar în lipsa unui proces neoplazic ca atare pot imita o tumoare pe imaginile USIO (Figura 12). Este evident că în asemenea cazuri lipsesc astfel de caractere tipice unei tumori cum ar fi prezența unei formațiuni clar delimitate, hiperecogene. Dar, pe de altă parte este imposibilă definirea unor criterii ultrasonografice certe care ar diferenția o tumoare cu creștere infiltrativă de sectoare de distrucție și hemoragie și modificări cerebrale nespecifice cauzate de ischemie, dereglări trofice.

La această etapă a analizei caracterelor ultrasonografice a tumorilor gliale este rațională atingerea problemei specificului imagistic al regiunii peritumorale. Există păreri contradictorii de explicare a imaginii USIO a zonei perifocale. Este cunoscut faptul că în caz de tumori gliale, regiunea perifocală este reprezentată de țesut cerebral modificat, caracterizat prin hipertrofie astrocitară, edem vasogen și hiperplazie glială.

În ceea ce privește nespecificitatea și sensibilitatea USIO este logic presupunerea că și modificările peritumorale posedă caractere acustice majorate. Este de menționat că interpretarea imaginii USIO poate fi dificultată de sectoarele de tranziție prost deslușibile între tumoare și

edem perifocal sau substanță cerebrală adiacentă. Dar asemenea situații nu apar în toate cazurile. În 33,3% cazuri de astrocitoame anaplastice, 58,8% glioblastoame și 31,6% recidive de gliome pe imaginea USIO este determinat un inel fin hiperecogen care delimitează clar nodulul tumoral de zona perifocală sau substanța cerebrală (Figura 13). Fenomenul este explicat, în opinia noastră, prin hiperplazie endotelială și neovascularizare de la periferia neoplaziei; acestea fiind caractere morfologice ale malignității tumorale, inelul hiperecogen poate fi considerat drept factor de pronostic nefavorabil pentru tumorile gliale.

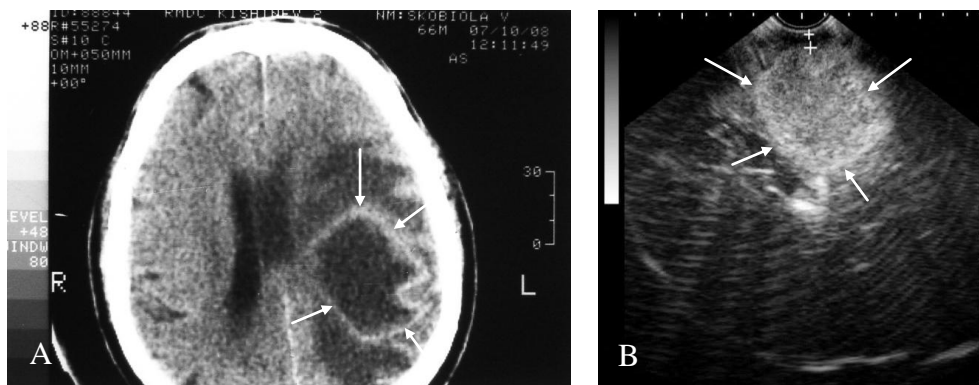


Fig. 13. Astrocitom anaplastic parieto-temporal stînga. A - CT cu contrast denotă captare periferică; B - USIO relevă un inel hiperecogen marginal.

Analizînd cele expuse, putem menționa, că în general se determină o corelare între CT, IRM preoperatorii și USIO în ceea ce privește localizarea, structura internă a tumorii, corelațiile anatomo-topografice. Dar pentru aprecierea eficacității și certitudinii USIO este importantă juxtapunerea datelor oferite de CT, IRM preoperatorii și USIO în materia aprecierii hotarelor și dimensiunilor tumorale. Capacitatea USIO de a determina hotarele tumorale se va discuta în compartimentul consacrat experienței noastre în aprecierea gradului rezecției tumorale. Aici se vor atenționa doar rezultatele comparării dimensiunilor tumorale, obținute prin diferite metode neuroimagistice.

Diferența valorilor volumului tumoral calculat în baza CT/IRM și USIO la pacienții operați pentru tumori gliale primare, metastaze cerebrale și alte neoplazii este nesemnificativă. În caz de gliome recidivante sau radioterapie preoperatorie, valorile volumului tumoral oferite de USIO frecvent sunt mai mari decât cele calculate în baza CT/IRM preoperatorii. Acest fapt este explicat prin: 1) dispersarea undelor ultrasonore dată de capacitățile fizice ale probei; 2) creșterea rapidă a tumorii în perioada între efectuarea CT/IRM și operație; 3) dezvoltarea gliozei cerebrale ce se caracterizează, cum a fost expus mai sus, prin semnal acustic majorat. De asemenea dificultăți de apreciere a volumului tumoral în baza USIO sunt întâlnite și în unele cazuri de

neoplazii cu creștere infiltrativă. Totuși diferențe statistic veridice între volumele oferite de USIO și CT/IRM nu au fost determinate.

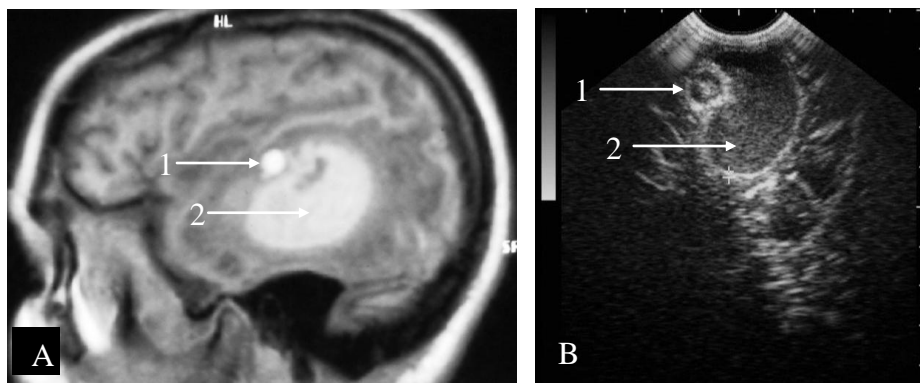


Fig. 14. Cavernom erupt temporo-parietal stînga. A - IRM nativă T1 : traiect vascular anevrismatic (1) cu ruptură cauzînd formarea unui hematom cronic (2) justificat prin prezența și distribuția uniformă a methemoglobinei; B - USIO : formațiune inelară anizoecogenă, rotundă, clar delimitată, margini regulate (1); concomitent se determină cavitatea hematomului (2).

În ceea ce privește neoplaziile incluse în categoria „alte tumori” cît și metastazele cerebrale vom menționa că datorită conturului său cel mai des bine delimitat, consistenței parenchimatoase acestea sunt intens hiperecogene și bine delimitate în marea majoritate (Figura 14).

Dependent de varianta histologică acestea pot fi neomogene: metastazele chistice posedă doar un inel hiperecogen înconjurînd chistul anecogen. Țesutul cerebral adiacent edemat este ceva mai hiperecogen decît creierul normal. În 100% cazuri tumoarea este bine vizualizată. Neoplazia se prezintă ca o formațiune hiperecogenă cu hotare clare. Cel mai des metastazele nu sunt evidente la suprafața cerebrală, chiar dacă pe imaginile IRM aceste leziuni par corticalizate. De aceea localizarea lor poate fi uneori dificilă fără tehnici de reperaj intraoperator. După reperajul lor se poate alege calea optimă pentru abordarea lor (de exemplu – a alege sulcusul care ducea direct către metastaza, fără lezarea inutilă a parenchimului cerebral). Deși există cazuri în care folosirea unei metode de reperaj intraoperator nu este strict necesară, sunt unele intervenții în care folosirea ecografiei este de un real folos. Există numeroase situații în care ultrasonografia intraoperatorie face intervenția neurochirurgicală să fie mai sigură atît pentru neurochirurg, cît mai ales pentru pacient, iar durata manoperei de ablație în general este mai scurtă. Imaginile ultrasonografice obținute în cadrul intervențiilor de ablație a metastazelor cerebrale sunt asemănătoare cu cele oferite de IRM și nu le cedează acestora ca grad de informativitate (Figura 15).

Metastazele cerebrale și „alte neoplazii” se prezintă, deci ca leziuni care la examenul ecografic în modul B au aspect hiperecogen, de formă rotund-ovoidă, margini regulate și bine delimitate. Sunt încadrate în tipul 1 iar ecografia intraoperatorie este utilă atât în localizarea lor, planificarea abordului optim cât și controlul rezecției tumorale.

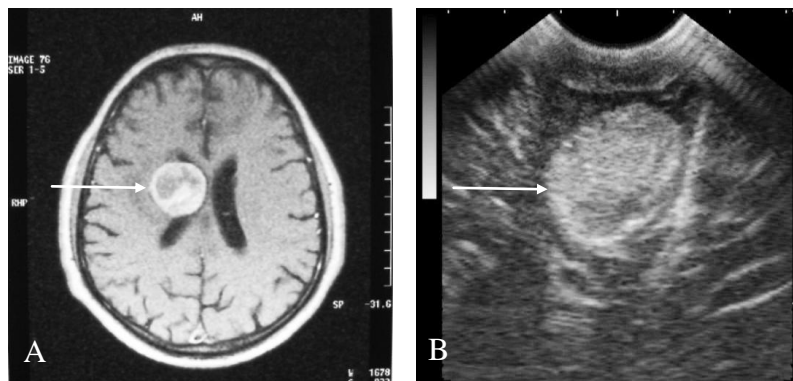


Fig. 15. Metastază de melanom apigmentat în regiunea nucleilor bazali pe dreapta. A - IRM T1 cu contrast: formațiune tumorală nodulară însoțită de edem perilezional, neuniform gadolino filă; B - USIO: formațiune hiperecogenă, rotund-ovoidă, neomogenă, clar delimitată de țesutul cerebral adiacent, margini regulate.

Regimul B de scanare oferă posibilitatea depistării lichidului. Din legile fizice ale ultrasunetului este cunoscut că cavitățile ce conțin lichid sunt anecogene. Cavitățile depistate în interiorul sau în intima adiacență neoplaziei sunt reprezentate de chisturi tumorale sau cavități restante după suportarea unei hemoragii intrastromale, acestea sunt prezente atât în tumori de tip nodular cât și infiltrativ. Leziunile chistice sunt de regulă hipoecogene la examinarea ecografică în modul B datorită conținutului lichidian, care totuși atunci când are conținut proteic crescut face ca leziunea să aibă o ecogenitate mai crescută. Pereții sunt bine delimitați iar leziunea este încadrată în tipul 1. Ecografia intraoperatorie în astfel de cazuri este utilă atât pentru reperajul leziunii cât și pentru controlul rezecției.

USIO completează tabloul imagistic intraoperator al tumorilor intracerebrale și oferă posibilitatea modificării strategiei de tratament. Conform clasificării propuse, pentru neoplaziile de tipul 1 este efectuată rezecția totală a acestora; pentru tipul 2 - în caz de respectare a hotarelor tumorale oferite de USIO este efectuată rezecția radicală fără risc de accentuare a deficiențelor neurologice; pentru tipul 3 este posibilă planificarea unei rezecții în limitele vizibilității ultrasonografice.

Navigarea ultrasonografică, selectarea abordului transcortical.

Se constată ca cea mai valoroasă este utilizarea USIO pentru tumorile profunde. Astfel, USIO într-o mare măsură favorizează, și în unele cazuri are rol decisiv în selectarea abordului

transcortical, ceea ce este foarte important pentru tumori localizate în regiunile cerebrale elocvente. În toate cazurile am reușit să determinăm rapid și cert localizarea tumorii și să selectăm un abord minimal traumatizant către aceasta. Cu scop de navigare USIO este utilizată atât transdural cât și transcortical fără diferență în calitatea imaginii obținute. USIO transdurală favorizează orientarea preventivă și selectarea locului durotomiei. În ceea ce privește selectarea locului optimal pentru corticotomie, această problemă se soluționează individual dependent de localizarea regiunilor elocvente, particularităților vaselor corticale și datelor oferite de USIO despre distanța de la suprafața cortexului pînă la tumoare. Aici se va menționa că pentru efectuarea cu succes a USIO este principial importantă selectarea corectă a frecvenței transductorului. Astfel tumorile profunde sunt mai bine vizualizate cu transductorul de 4 MHz, ceea ce facilitează nu doar determinarea localizării neoplaziei și proiecției acesteia pe cortex, dar și aprecierea stării structurilor adiacente. Probele cu frecvență mai mare, în asemenea cazuri sunt utilizate doar pentru studierea mai detaliată a structurii interne a tumorii. Pentru neoplazii subcorticale cel mai util este transductorul de 6,5 MHz. Se va menționa că USIO depistează și tumori de dimensiuni mici cu diametrul mai mic de 1 cm (Figura 16).

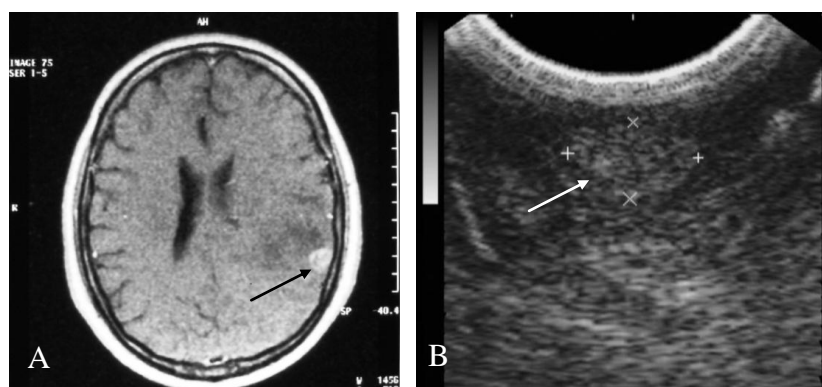


Fig. 16. Astrocitom anaplastic gigan-to-celular parietal stînga marginal. A - IRM T cu contrast; B - USIO transdurală.

La general vorbind, cu excepția cazurilor de localizare a tumorii în regiuni elocvente, noi ne conducem de principiul selectării unui abord direct și cel mai scurt. USIO ne permite să apreciem destul de exact distanța de la punctul de scanare pînă la polul lateral al tumorii. În unele cazuri corticotomia a fost anticipată de puncție ghidată ultrasonografic în regim de timp real și acul atinge polul lateral al neoplaziei la adîncimea indicată de USIO.

Este inadmisibilă efectuarea unui abord direct spre o tumoare situată într-o regiune elocventă, aceasta subînțelege lezarea inevitabilă a structurilor anatomice importante, ceea ce poate cauza invalidizarea pacientului. În asemenea cazuri apare necesitatea efectuării abordurilor transcorticale non-proiecționale prin disecarea țesutului cerebral în regiuni nefuncționale la o

anumită distanță de la neoplazie. Trebuie de menționat că frecvent lungimea unui asemenea abord este semnificativă și executarea oarbă a acestuia inducea dificultăți de țintire. USIO facilitează soluționarea acestei probleme în chirurgia tumorilor intracerebrale. Astfel, USIO ne permite să calculăm distanța pînă la tumoare și să selectăm traiectoria abordului chirurgical din diverse puncte ale cortexului cerebral (Figura 17).

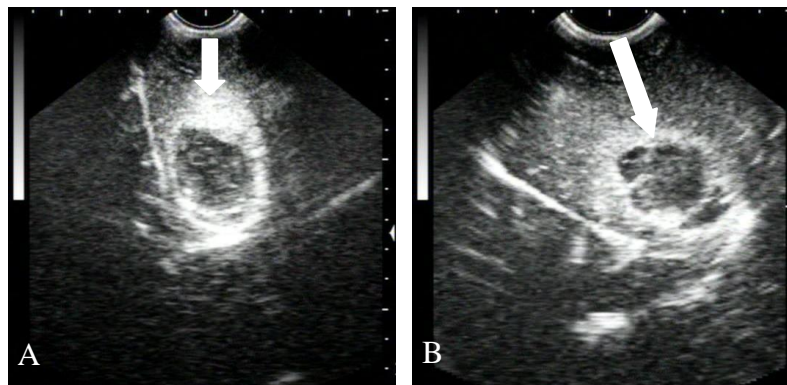


Fig. 17. Tumoare localizată în proiecția cortexului senzorial primar. A - scanare de pe girusul postcentral; B - scanare de pe lobulul parietal superior, transductorul este mișcat dorso-lateral, lungimea coridorului chirurgical este de 2 ori mai mare.

Mai mult ca atât, însuși abordul este efectuat sub control ultrasonografic continuu, deci toate manipulațiile chirurgicale sunt vizualizate pe monitor. Efectuarea puncției diagnostice facilitează determinarea traiectoriei abordului către tumoare, particularitățile acustice ale canulei ne permit identificarea acesteia pe monitor și direcționarea către neoplazie (Figura 18). Vom menționa că pentru efectuarea ghidării unui instrument chirurgical, planul de scanare este aliniat în așa mod, ca instrumentul să fie vizualizat permanent. Această procedură este una dificilă chiar pentru un utilizator experimentat.

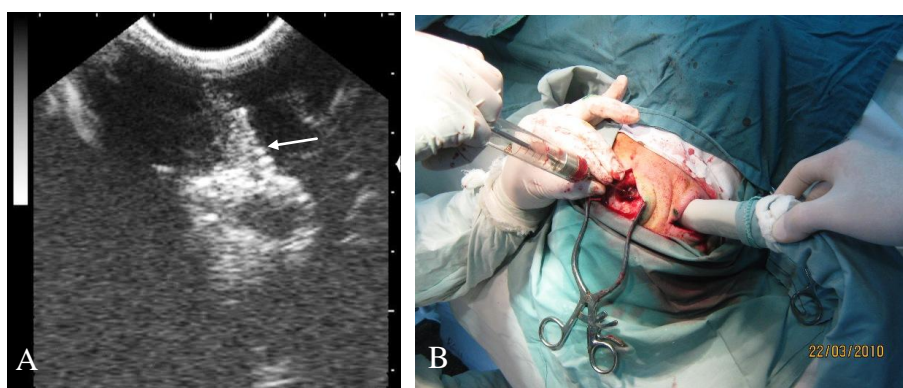


Fig. 18. Puncția ghidată a tumorii solido-chistice: A – imagine USIO, canula ghidată spre chist; B – imagine din exterior, sonda introdusă prin craniotomie suplimentară

Următoarea etapă a investigației ultrasonografice este monitoringul US, care subînțelege vizualizarea în regim de timp real a modificărilor topografice ce au loc pe parcursul procesului

de ablație tumorală, cum ar fi colabarea unui chist, modificarea gradului de dislocare a structurilor liniei medii, modificarea configurației sistemului ventricular.

USIO se dovedește a fi deosebit de valoroasă în selectarea abordurilor de ocolire pentru tumorile de regiuni elocvente (Figura 19).

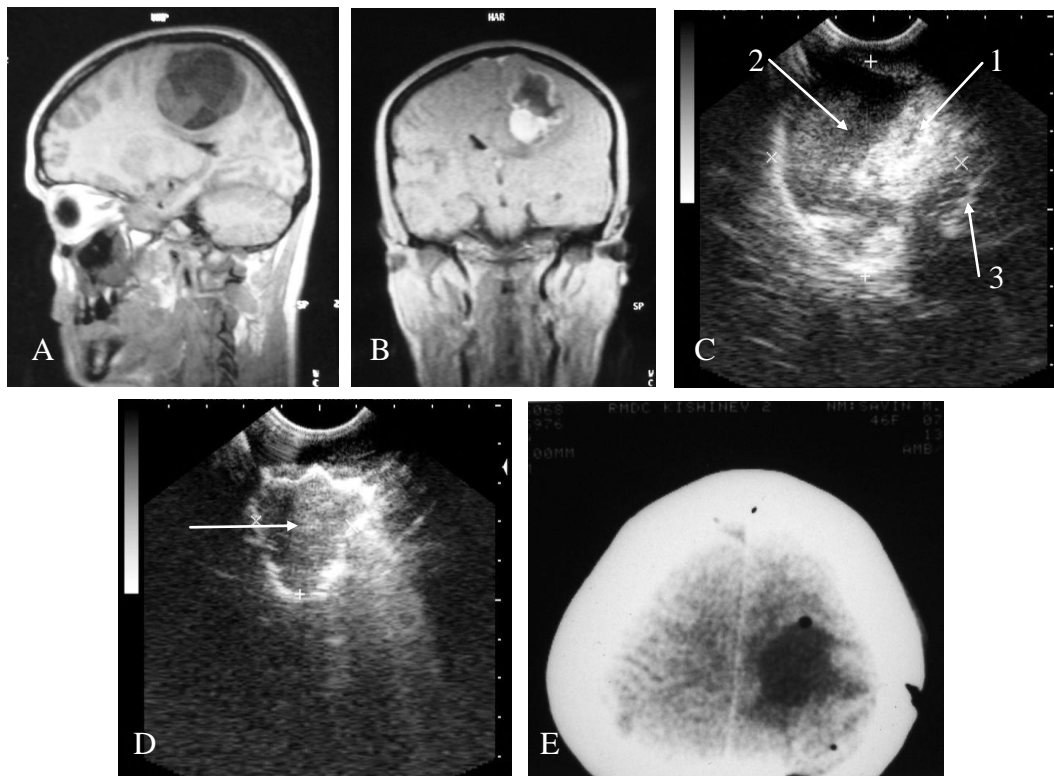


Fig. 19. Formațiuni de volum în regiunea parietală pe stînga: A - IRM nativă sagitală; B - IRM cu contrast coronariană; C - USIO transcorticală: 1 - component solid, 2 - component chistic, 3 - coasa cerebrală; tumoarea este accesată printr-un abord non-proiecțional prin lobulul parietal inferior și ulterior este ablatată în întregime. Transductor 5,0 MHz; D – USIO, cavitate postrezețională; E - CT de control: stare după ablația tumorii parietale stînga, țesut tumoral nu se determină.

Aprecierea gradului de radicalitate a intervenției chirurgicale.

Analizînd capacitatea diferitor metode neuroimagistice în materia de determinare a hotarelor tumorale clare constatăm că pentru gliome USIO cedează metodelor cu contrast (atît IRM cît și CT, dar este mai exactă decît IRM și CT native, în special în neoplaziile chistice. Tumorile cu creștere nodulară prezintă hotare clar definite atît prin CT și IRM (nativă și cu contrast) cît și prin USIO.

Controlul intraoperator prin ultrasonografie al gradului de rezecție este efectuat dacă se respectau următoarele reguli. În primul rînd, USIO poate oferi informație despre radicalitatea operației doar dacă aceasta este efectuată pînă la rezecție, pe motiv că este foarte important de a

compara ecogenitatea sectoarelor restante suspecte cu ecogenitatea tumorii de pînă la rezecție (regulă valabilă pentru orice metodă neuroimagistică). În al doilea rînd, locul craniotomiei este locul cel mai înalt al capului pentru umplerea cavității postrezecționale cu lichid. Este importantă și lipsa hemostaticelor în loja tumorii; cu scop de hemostază nu se utilizează peroxid de hidrogen. La etapa vizualizării inelului hiperecogen al cavității postrezecționale, suspecte sunt sectoarele cu ecogenitate similară cu cea a tumorii de la începutul operației vizualizate în planuri reciproc perpendiculare. Ca alternativă este efectuată lărgirea craniotomiei sau chiar crearea unei craniotomii suplimentare și scanare prin creier intact.

Pentru aprecierea gradului de ablație și depistarea fragmentelor tumorale reziduale, după rezecție în limitele țesutului macroscopic nemodificat, se efectuează scanare US repetată. Există diverse variante de efectuare a scanărilor de control. Cea mai optimă se dovedește a fi scanarea de pe cortex intact în afara zonei de encefalotomie. În unele cazuri, totuși, este necesară efectuarea scanărilor paralele cu traiectul canalului de lucru, procedură mai dificilă pe motivul prezenței artefactelor din loja tumorală. Pentru un grad maximal de informativitate, sunt efectuate scanări de control în planuri apropiate celor de la începutul operației. Drept criteriu de rezecție tumorală totală este prezența unei cavități anecogene fără semnal sonor patologic.

În materia de apreciere a sectoarelor tumorale, cea mai valoroasă USIO se dovedește a fi pentru astrocitoamele diferențiate care deseori au un hotar macroscopic. Valoarea cea mai nesemnificativă este pentru tumorile cu creștere pur nodulară (metastazele cerebrale și alte neoplazii).

Rata pentru determinarea sectoarelor reziduale prin USIO în comparație cu CT postoperatorie se dovedește a fi de 89,0%, iar sensibilitatea – de 92%. Se creează impresia inutilității USIO pentru aprecierea sectoarelor reziduale în caz de neoplazii nodulare, concordanța cu datele oferite de CT a fost de 100%. Dificultăți de apreciere a sectoarelor nerezecate sunt întâlnite în special în caz de astrocitoame diferențiate (18,7%) și recidive de gliome (18,3%).

USIO facilitează determinarea localizării exacte a tumorii, oferă informație despre particularitățile anatomo-topografice în regim de timp real și depistează sectoare neoplazice restante atunci cînd ablația pare a fi macroscopic totală. Caracterul neoplazic al sectorului rezidual se confirmă prin inspecție vizuală minuțioasă, apoi și histologic (Figura 20, 21).

Trebuie de menționat totuși, că în unele cazuri interpretarea gradului de rezecție tumorală în baza USIO este dificilă. Aceasta este condiționat de faptul că cheagurile sanguine mici din loja tumorii generează imagini similare cu țesutul patologic.

În cazuri dubioase, pentru verificarea datelor oferite de USIO, se colectează probe histologice suplimentare din acele sectoare în care ultrasonografic se depistează țesut tumoral restant. În 91,3% cazuri rezultatele USIO sunt fost confirmate histologic.

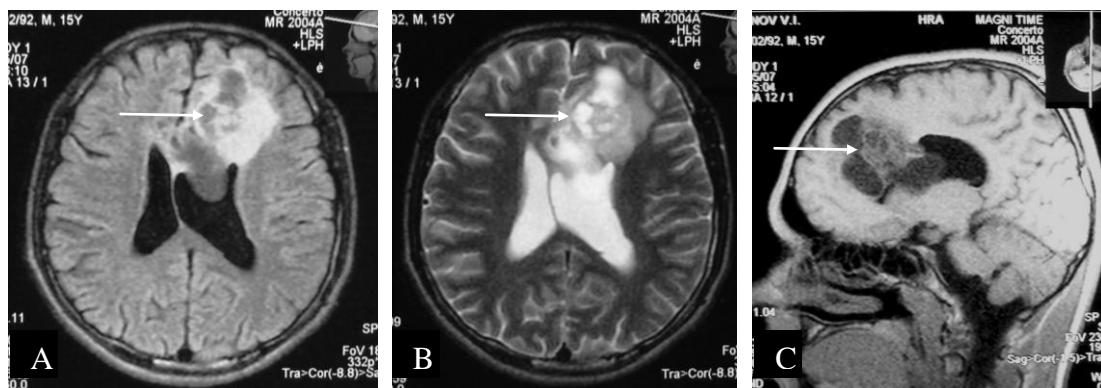


Fig. 20. Astrocitom fibrilar frontal stînga: A,B - IRM axiale; C - IRM sagitală.

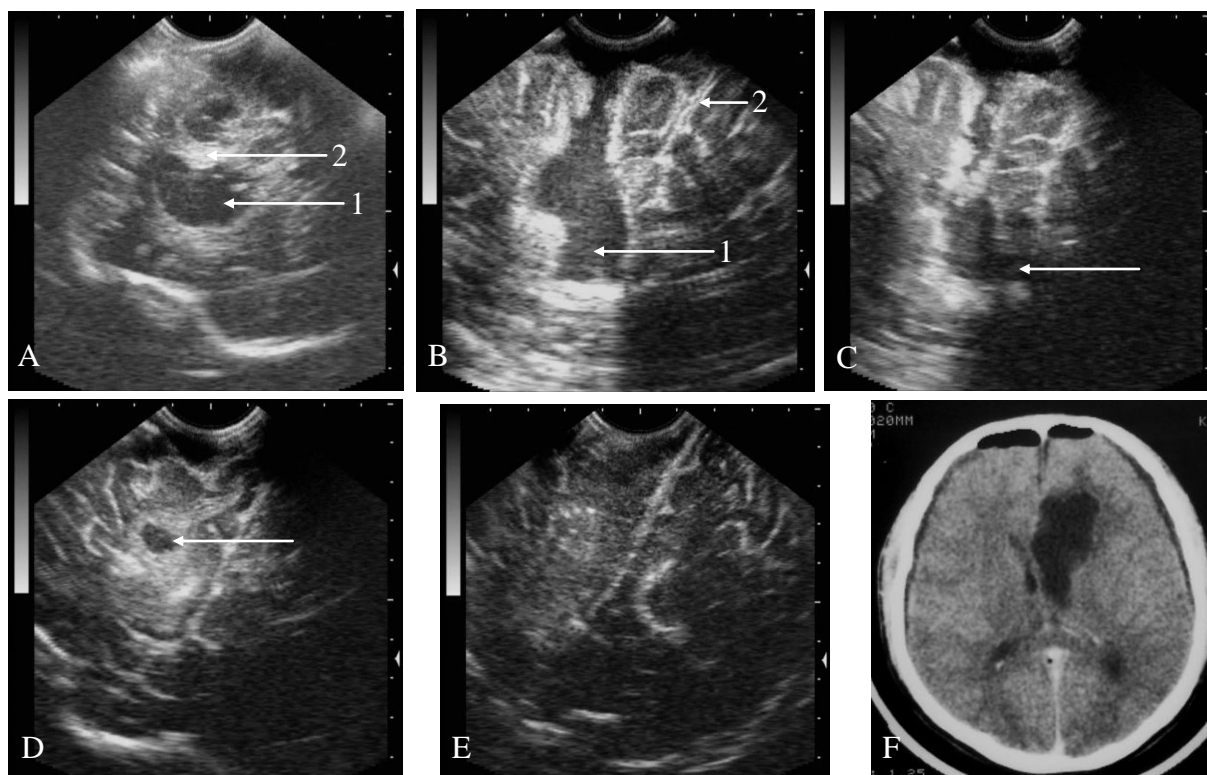


Fig. 21. Astrocitom fibrilar frontal stînga: A - USIO transdurală: 1 - chist tumoral, 2 - component solid; B - USIO de control: 1 - cavitatea postexcizie, 2 - coasa cerebrală; C - USIO de control, săgeata indică comunicarea cavității postexcizie cu VL; D - USIO de etapă, săgeata indică sector tumoral restant; E - USIO de control nu determină țesut patologic; F - CT cerebrală la 2 zile postoperator: stare după ablația totală a tumorii.

Astfel, navigarea ultrasonografică intraoperatorie în cadrul tumorilor cerebrale permite de a determina localizarea exactă a neoplaziei, relația acesteia cu structurile anatomice. Măsurările efectuate relevă dimensiunile reale în momentul efectuării operației, ceea ce permite de a selecta un abord adecvat către tumoare, caracterizat prin encefalotomie cruceătoare.

Sensibilitatea metodei în comparație cu CT de control se dovedește a fi de 92%.

Navigarea ultrasonografică intraoperatorie în cadrul rezecției tumorilor infratentoriale.

Crearea principiilor noi de tratament chirurgical al tumorilor infratentoriale impune elaborarea metodelor corespunzătoare de navigare și compararea eficacității acestora cu metodele aplicate pentru neoplazii emisferiale. Compartimentul dat este consacrat valorii USIO pentru intervenții chirurgicale pe structurile fosei craniene posterioare.

Spre deosebire de tumorile supratentoriale pentru care, dependent de localizare, se efectuau diverse aborduri, neoplaziile infratentoriale sunt rezecate printr-un singur abord – trepanarea fosei craniene posterioare.

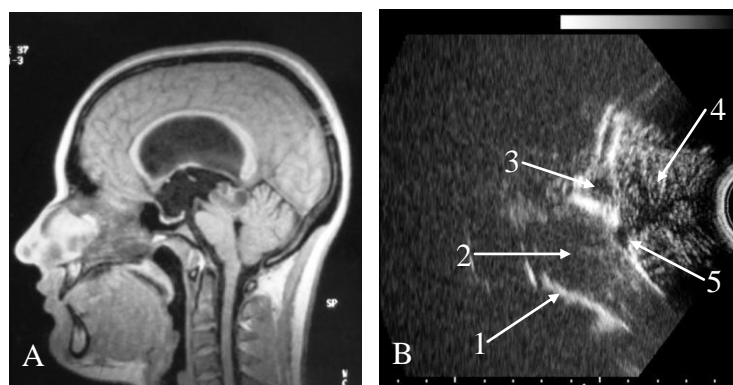


Fig. 22. Ependimom solido-chistic de regiune pineală. A - IRM nativă; B - USIO în plan sagital: 1 - clivus, 2 - trunchi cerebral, 3 - tumoare solido-chistică, 4 - cerebel, 5 - cavitatea ventriculului

IV.

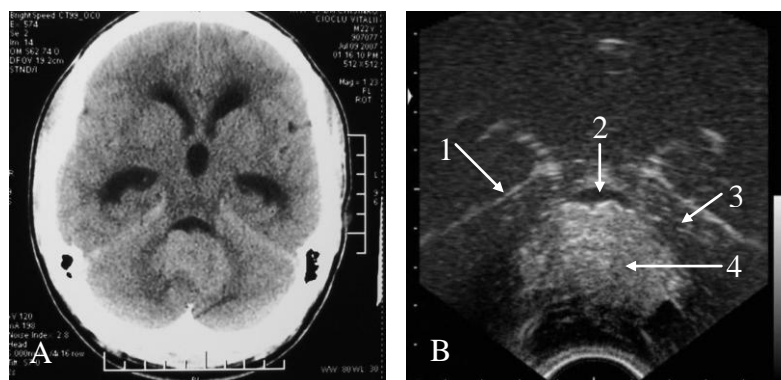


Fig. 23. Meduloblastom de vermis cerebelos. A - CT nativă; B - USIO în plan axial: 1 - tentoriu, 2 - cavitatea ventriculului IV, 3 - cerebel, 4 - tumoare.

Pentru accesarea tumorilor de regiune pineală este efectuat abordul infratentorial supracerebelos. Tumorile de emisferă cerebeloasă sunt accesate prin cerebelotomie. Abordul transvermian este efectuat pentru tumorile de vermis și/sau emisferă cerebeloasă. Rezecția parțială a emisferei cerebeloase este necesară pentru abordarea tumorilor de trunchi cerebral. După efectuarea craniotomiei transductorul ultrasonor se aplică pe suprafața durei mater pentru determinarea localizării procesului patologic în raport cu alte structuri anatomice. Dar examinarea ultrasonografică a fosei craniene posterioare este însoțită de anumite dificultăți. Dimensiunile defectului osos sunt semnificativ mai mici decât cele pentru craniotomiile supratentoriale. Suprafața emisferelor cerebeloase are curbura diferită de cea a durei mater supraiacentă, structurile cerebeloase sunt mai convexe. Aceste particularități anatomice fac imposibilă examinarea cu transductor liniar, astfel, pentru vizualizarea conținutului fosei craniene posterioare este aplicat transductorul convex cu suprafața mică și frecvență de 5 MHz.

O altă particularitate a scanării ultrasonografice a conținutului fosei posterioare, spre deosebire de examinările supratentoriale, constă în cantitatea mică de structuri anatomice cert vizualizate. Drept repere anatomice servesc clivusul, trunchiul cerebral, cavitatea ventriculului IV, tentoriul cerebral (Figurile 22, 23).

În cadrul examinărilor ultrasonografice în plan sagital clivusul este reprezentat de o panglică intens hiperecogenă. Clivusul este vizualizat și utilizat drept reper pentru navigare în toate cazurile incluse în studiul nostru.

Structurile ventriculului IV se vizualizează cert în caz de tumori ce nu provoacă compresie sau deformare a cavității ventriculare. În aceste cazuri, pe secțiunile sagitale se determină planșeul ventriculului IV, reprezentat de suprafața dorsală a trunchiului cerebral, velumul cerebelar și cavitatea ventriculară propriu zisă.

Trunchiul cerebral este reprezentat de o formațiune izocogenă, situată, pe secțiunile sagitale, paralel cu clivusul. În unele cazuri este posibilă chiar vizualizarea diferențiată a punții și bulbului rahidian.

Pe secțiunile axiale se vizualizează tentoriul cerebelar în formă de panglică hiperecogenă care separă imaginea cerebelului (mai aproape de transductor) de cea a emisferelor cerebrale.

În cadrul ablației tumorilor de fosă craniană posterioară în poziție culcată a pacientului sunt utilizate aceleași etape ale USIO ca și pentru neoplaziile supratentoriale. Dacă operația este efectuată pe șezute scanările de control se fac cu transductor microconvexital de pe suprafața cerebelului în nemijlocita apropiere de zona corticotomiei dar fără umplerea cavității postrezecționale cu lichid.

La sfârșitul operației se efectuează scanări de control. Spre deosebire de intervențiile chirurgicale supratentoriale aprecierea ultrasonografică a gradului de rezecție a unei tumori infratentoriale este mai dificilă. Aceste dificultăți sunt reprezentate de dimensiunile mici ale craniotomiei, ceea ce exclude posibilitatea scanărilor de control de pe o suprafață corticală intactă. După cum s-a menționat anterior pentru excluderea artefactelor date de aerul din loja tumorii aceasta se umple cu ser, manoperă imposibil de efectuat în caz de poziționare șezută a pacientului.

Valoarea ultrasonografiei intraoperatorii pentru tumorile infratentoriale este reprezentată deci, de capacitatea de apreciere a localizării neoplaziei și relației acesteia cu trunchiul cerebral, și la necesitate – corijare a tacticii chirurgicale.

Metode de soluționare a dificultăților întâmpinate în timpul ecografiei intraoperatorii

Ultrasonografia intraoperatorie se dovedește a fi o metodă de investigație sigură, atractivă prin informația imagistică oferită și în cazul în care se respectă toate măsurile de asepzie-antisepsie nu se cunosc complicații majore în utilizarea acestei tehnici de reperaj.

În experiența noastră complicația cea mai nedorită a fost ruptura intraoperatorie a mănușii în care a fost îmbrăcat transductorul. Ruptura este provocată de regulă de atingerea de către transductor îmbrăcat în mănușă sterilă a marginilor osoase de la nivelul craniotomiei sau de atingerea transductorului de către un instrument ascuțit. O condiție importantă care facilitează ruptura mănușii este tensionarea și întinderea prea puternică a mănușii atunci când era îmbrăcată steril. În cele cazuri la care se întâmplă un astfel de incident transductorul este reîmbrăcat în condiții sterile, câmpul operator cu care a intrat în contact transductorul este decontaminat.

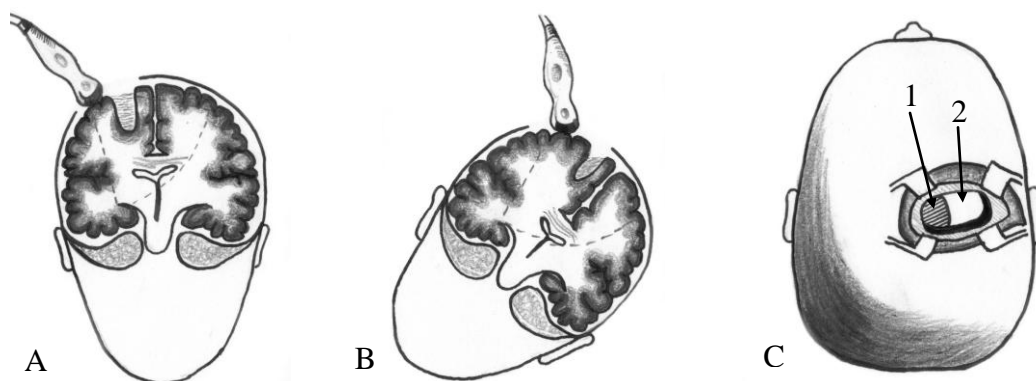


Fig. 24. Poziționarea capului pentru scanare ultrasonografică. A - poziția verticală a canalului de lucru este benefică pentru efectuarea USIO; B - poziție incorectă; C - locul durotomiei (1) și loc pentru transductor (2).

Un factor primordial ce afectează în unele cazuri calitatea imaginilor ultrasonografice este poziționarea pacientului pe masa de operație. Poziția pacientului influențează unghiul cavității de rezecție în raport cu linia verticală a forțelor de gravitație și respectiv cantitatea de aer ce pătrunde în cavitate pe durata rezecției tumorale (Figura 24).

Un alt moment la care va fi atent chirurgul este modul cum se ține sonda. La mulți chirurghi există tendința subconștientă de a aplica un grad de presiune prin transductor pe creier, în speranța de a obține o calitate mai bună a imaginii. Această calitate a imaginii nu se schimbă prin apăsarea pe creier, în schimb poate crea un traumatism inutil al creierului, care, mai ales la leziunile tumorale maligne ar putea majora într-un mod semnificativ edemul cerebral. Deci, pentru o examinare corectă este efectuată o glisare ușoară pe suprafața creierului.

Una din problemele întâlnite frecvent este poziționarea transductorului pentru a obține o imagine de calitate maximală cu scop de a monitoriza manopera chirurgicală în regim de timp real și a direcționa, la necesitate, instrumentul chirurgical spre țesutul țintă. Au fost încercate diverse poziții ale probei ultrasonore în raport cu cavitatea de rezecție și cu localizarea neoplaziei. Soluția este în crearea unor craniotomii lărgite, ce asigură loc pentru transductor în afara cavității de lucru sau crearea unei craniotomii suplimentare (Figura 25).

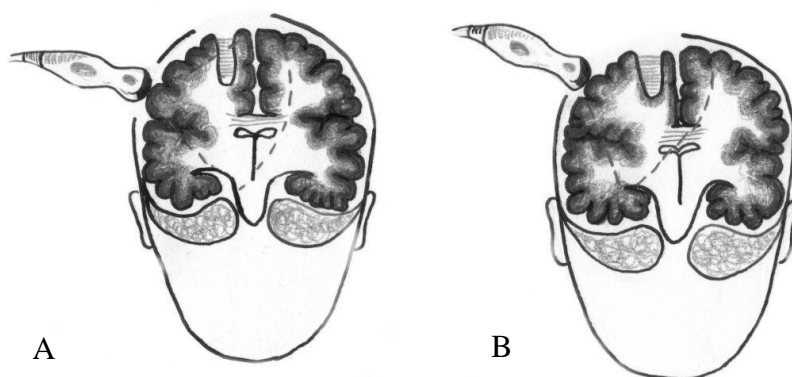


Fig. 25. Variante de poziționare a transductorului pentru scanări transdurale la un unghi de la 10 la 90 grade față de canalul de lucru: A - prin craniotomie suplimentară; B - prin craniotomie lărgită.

Orientarea în spațiu dar și ghidarea instrumentului chirurgical este dificilă pentru utilizatorii neexperimentați. Direcționarea sus-jos și dreapta-stînga redade de monitor de obicei nu corelează cu direcția în care este propulsat instrumentul chirurgical în plagă (Figura 26). Astfel, aplicînd USIO pentru ghidare, mișcarea instrumentului nu poate fi intuită în baza imaginilor de pe monitor. Pentru a facilita această orientare pe transductor de regulă există un indicator care atunci cînd este orientat în stînga, pe imaginea de pe monitor acest punct la fel va fi în stînga.

Un alt punct care ajută la orientarea în spațiu este examinarea inițială în planurile anatomice stricte, cu care chirurgul este deja obișnuit, și anume pe cât se poate într-un plan axial, coronal sau sagital, în funcție de poziția craniotomiei.

Dificultățile legate de artefacte au fost descrise la capitolul de prezentare generală, unde au fost redată toate artefactele legate de ecografie. Cel mai frecvent artefact se datorează materialelor hemostatice din cavitatea tumorală. Pentru a obține o imagine optimă, se efectuează scoaterea acestora din cavitatea tumorală și umplerea ei cu ser fiziologic fără bule de aer.

Calitatea imaginilor ultrasonografice este alterată și de reverberația dată de prezența în canalul de lucru a instrumentelor metalice sau artefactele induse de alt utilaj electric din sala de operație (coagulator electric, aspirator ultrasonor) (Figura 27). La necesitate acest utilaj este deconectat.

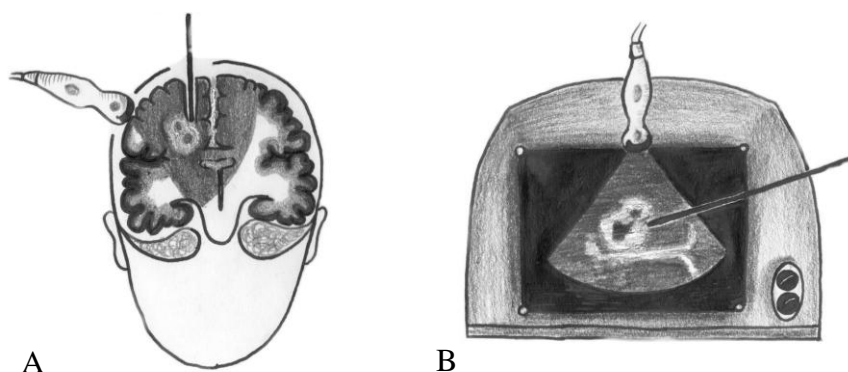


Fig. 26. Reprezentarea complexității orientării imaginii în raport cu poziția de facto a capului. Instrumentul chirurgical este introdus de sus (A), pe când imaginea de pe monitor sugerează că acțiunea are loc din partea dreaptă (B). Dependent de orientarea transductorului imaginea pe monitor poate apărea ca în oglindă, ceea ce dificultează orientarea.

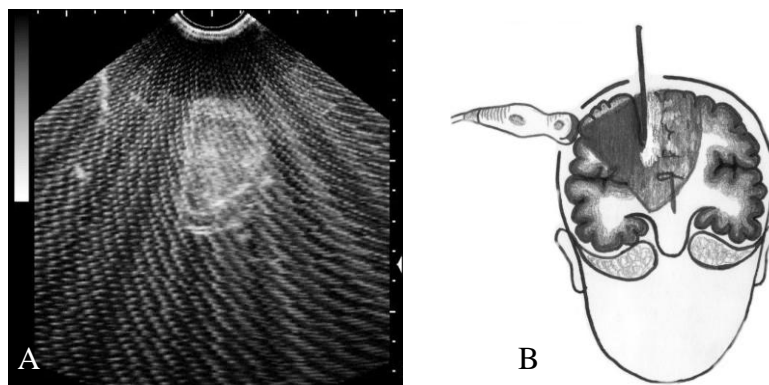


Fig. 27. Artefacte date de coagulator electric activat (A) și de obiect metalic în plagă (B).

O altă particularitate a utilizării USIO pentru ghidarea instrumentului chirurgical este selectarea corectă a poziției și orientării sau unghiul planului de scanare în raport cu capătul instrumentului. Ghidarea instrumentului chirurgical într-un spațiu tridimensional în baza imaginilor bidimensionale impune anumite abilități tehnice. Utilizatorii neexperimentați

interpretează greșit reverberația neînsemnată drept capăt al instrumentului, dar această reverberație este cauzată doar de intersectarea cu planul de scanare. Această eroare de interpretare poate avea consecințe nefaste deoarece capătul instrumentului poate fi departe de planul de scanare și poate leza, într-un scenariu rău, parenchimul cerebral intact. Pentru o ghidare sigură este obligatorie vizualizarea permanentă a capătului instrumentului. Aceasta se obține prin ajustarea planului imaginii ultrasonografice astfel încât umbra longitudinală dată de instrumentul chirurgical să fie permanent redată pe monitor. În studiul nostru, reverberația longitudinală dată de instrumentul chirurgical pe imaginea ultrasonografică a garantat o vizualizare adecvată a capătului instrumentului (Figura 28).

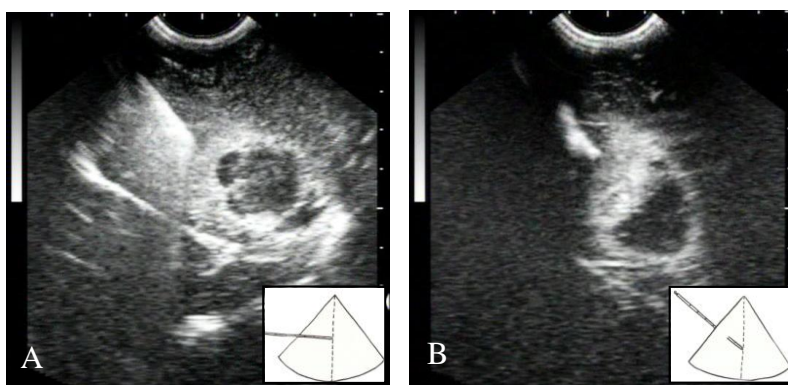


Fig. 28. Reprezentare grafică și imagini intraoperatorii a ghidării instrumentului chirurgical: corespunderea planului de scanare cu axa instrumentului (A). Instrumentul intersectează planul de scanare (B).

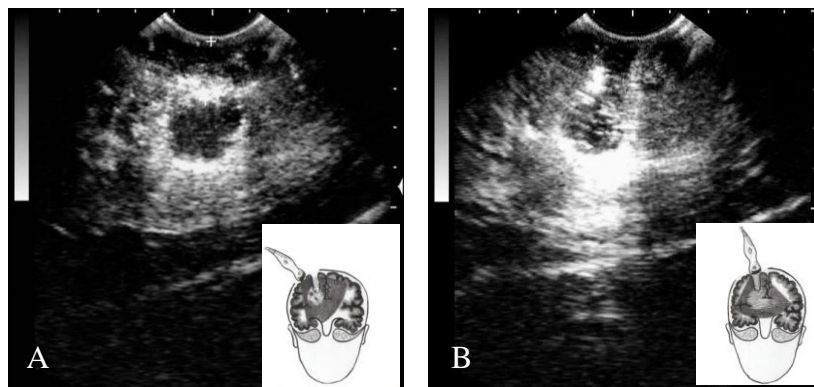


Fig. 29. Calitatea imaginii diferă dependent de poziția transductorului față de cavitatea de lucru și a tumorii. A - Imagine ultrasonografică obținută prin dura mater intactă la un unghi de aproximativ 45 grade față de cavitatea de rezecție; B - Imagine ultrasonografică obținută prin canalul de lucru. Poziția transductorului este reprezentată în dreapta jos. Numărul artefactelor este considerabil mai mare în B, respectiv în acest caz interpretarea hotarelor tumorale și a fragmentelor restante este mai dificilă.

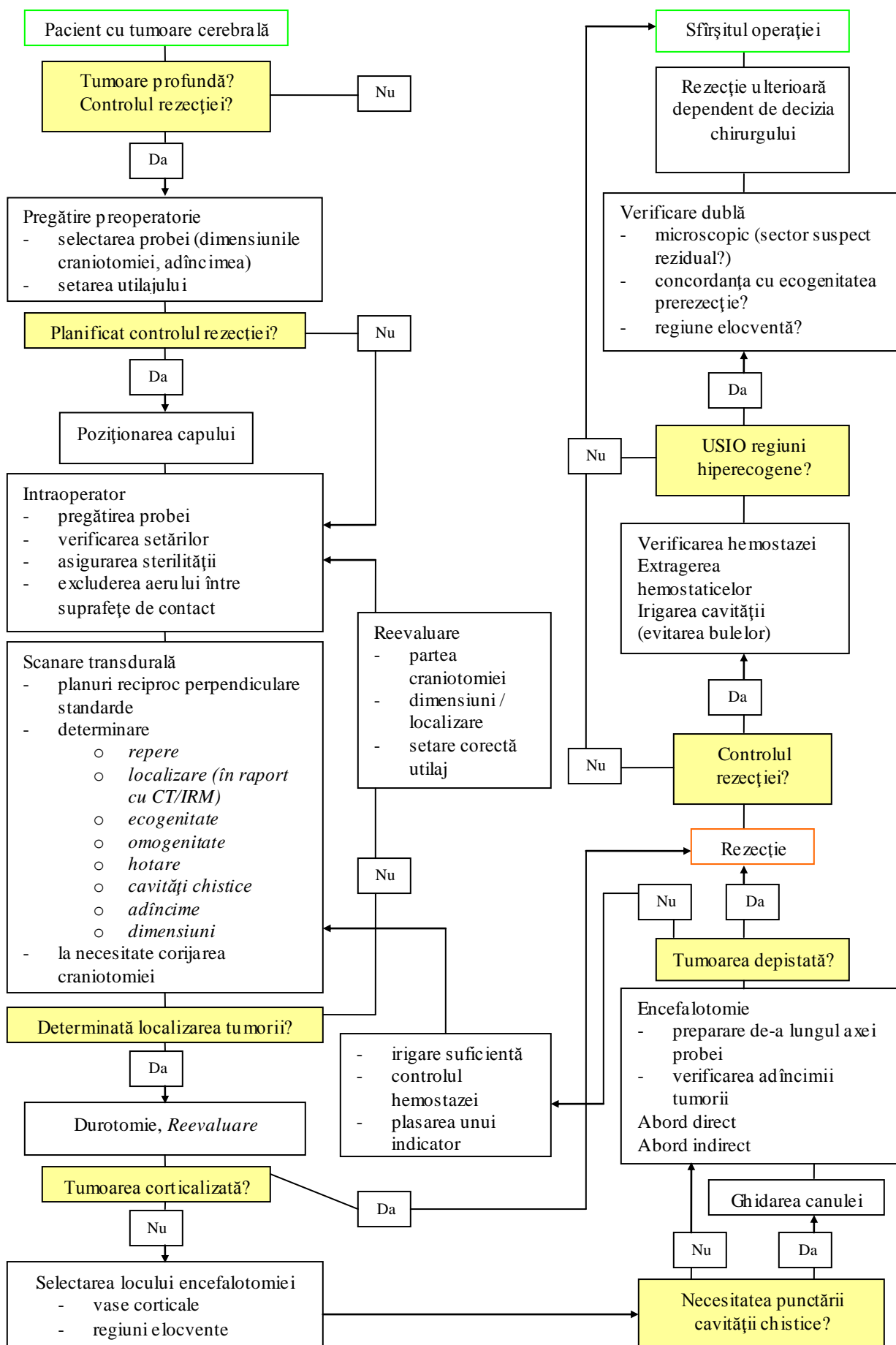
La etapele de monitorizare a procesului de rezecție tumorală cât și de apreciere a prezenței sectoarelor restante de preferință este scanarea transdurală prin creier intact. Prioritățile: calitatea imaginii nu suferea din cauza artefactelor, umbrelor acustice și reverberațiilor date de instrumentele chirurgicale și pereții cavității rezecționale; obținerea imaginilor prin canalul de lucru este deseori însoțită de reverberații date de peretele distal al cavității de lucru ceea ce diminuează informativitatea metodei; transductorul nu jenează activitatea chirurgului, nu stă în calea instrumentelor; manoperele pot fi monitorizate în regim de timp real, chirurgul poate urmări propulsarea instrumentului în plagă (Figura 29).

Concluzii

Ultrasonografia intraoperatorie facilitează determinarea exactă a procesului patologic, independent de localizarea acestuia. Utilizarea monitoring-ului discret cât și în regim de timp real asigură controlul manipulațiilor chirurgicale și permite de a aprecia gradul rezecției tumorale. Efectuarea abordurilor crucețoare, conform datelor USIO, diminuează traumarea țesutului cerebral intact, astfel micșorând gradul de manifestare a modificărilor ischemice și a edemului cerebral în perioada postoperatorie la pacienții cu tumori supratentoriale. Navigarea intraoperatorie ultrasonografică este o metodă de obținere a imaginii discrete a structurilor cerebrale în orice moment a intervenției chirurgicale, țintire a obiectului de cercetat și control etapizat al manipulațiilor chirurgicale inclusiv și în regim de timp real.

Mai jos este expus algoritmul de aplicare a investigației ultrasonografice intraoperatorii în cadrul intervențiilor chirurgicale de rezecție a tumorilor cerebrale.

Algoritmul etapizat de scanare ultrasonografică pentru neoplazii cerebrale



BIBLIOGRAFIE

1. Ivanov M. Metode moderne de reperaj intraoperator și căi de abord a leziunilor cerebrale din arii elocvente și zone cu risc vital crescut. Teză de dr. șt. medicale. Iași, 2008. 283 p.
2. Tiu C., Antochi F. Neurosonologie. Bucuresti: Editura Semne, 2006. 256 p.
3. Auer L.M., Van Velthoven V. Intraoperative ultrasound (US) imaging. Comparison of pathomorphological findings in US and CT. In: Acta Neurochir (Wien), 1990, nr 104, p. 84-95.
4. Auer L.M., Van Velthoven V. Intraoperative ultrasound imaging in neurosurgery. Comparison with CT and MRI. In: Acta Neurochir (Wien), 1990, nr 104, p. 147-151.
5. Bozinov O. et al. Advantages and limitations of intraoperative 3d ultrasound in neurosurgery. Technical note. In: Acta Neurochir Suppl, 2011, nr 109, p. 191-196.
6. Bradley W.G. Mr-guided focused ultrasound: A potentially disruptive technology. In: J Am
7. Erdogan N. et al. Ultrasound guidance in intracranial tumor resection: Correlation with postoperative magnetic resonance findings. In: Acta Radiol, 2005, nr 46, p. 743-749.
8. Gronningsaeter A. et al. Sonowand, an ultrasound-based neuronavigation system. In: Neurosurgery, 2000, nr 47, p. 1373-1379; discussion 1379-1380.
9. Knake J.E. et al. Neurosurgical applications of intraoperative ultrasound. In: Radiol Clin North Am, 1985, nr 23, p. 73-90.
10. Litofsky N.S. et al. Image-guided resection of high-grade glioma: Patient selection factors and outcome. In: Neurosurg Focus, 2006, nr 20, p. E16.
11. Malkarov M.S. et al. Methods of intraoperative control in resection of intraparenchymal brain tumors. In: Zh Vopr Neirokhir Im N.N. Burdenko, 2010, nr p. 20-25; discussion 25.
12. Marinho A.M. et al. Enhanced anatomic visualization with ultrasound-assisted intracranial image-guidance in neurosurgery. In: Technol Cancer Res Treat, 2002, nr 1, p. 181-186.
13. Rohde V., Coenen V.A. Intraoperative 3-dimensional ultrasound for resection control during brain tumour removal: Preliminary results of a prospective randomized study. In: Acta Neurochir Suppl, 2011, nr 109, p. 187-190.
14. Rubin J.M., Quint D.J. Intraoperative US versus intraoperative MR imaging for guidance during intracranial neurosurgery. In: Radiology, 2000, nr 215, p. 917-918.
15. Tirakotai W. et al. A novel platform for image-guided ultrasound. In: Neurosurgery, 2006, nr 58, p. 710-718; discussion 710-718.
16. Wong J. et al. The use of a simple internal fiducial as an adjunct to enhance intraoperative ultrasound assisted guidance: Technical note. In: Neurosurgery, 2011, In press.
17. Иова А.С. Минимально инвазивные методы диагностики и хирургического лечения заболеваний головного мозга у детей (возможности и перспективы): Дис. Д-ра мед. Наук. 1996. 285 с.
18. Иова А.С. и др. Ультрасонография в нейрорпедиатрии: Новые возможности и перспективы. СПб: 1997. 160 с.
19. Уэбб С. Физика визуализации изображений в медицине. В 2 т. М.: Мир, 1991. 408 p.