

Wakkere craniotomieën met ‘asleep-awake-asleep’ anesthesie

T R E F W O O R D E N

‘ASLEEP-AWAKE-ASLEEP’ ANESTHESIE, DIRECTE CORTICALE ELEKTRISCHE STIMULATIE, WAKKERE TAALMONITORING, PALPA, TUMORRESECTIE

H. Colle, P. Muller en E. Robert

Samenvatting

Door verbeteringen in de preoperatieve beeldvorming en de operatietechnieken in de laatste decennia, kunnen tijdens een resectie van een laesie de grenzen tussen abnormaal weefsel en functionele zones beter gedefinieerd worden.

Noch de hoogtechnologische preoperatieve onderzoeken noch de peroperatieve neurofysiologische monitoringstechnieken zorgen momenteel voor een afdoende corticale en vooral subcorticale mapping. Daarentegen kunnen de hogere functionele centra optimaal gelokaliseerd worden met directe corticale elektrische stimulatie bij een wakkere coöperatieve patiënt. Voor chirurgie in de nabijheid van essentiële taalcentra bestaat overigens geen alternatief.

In deze bijdrage wordt de uitgebreide preoperatieve voorbereiding beschreven qua beeldvorming, neuro-linguïstiek en anesthesie alsook de peroperatieve methodologie. Hierbij ligt de nadruk op de taalmonitoringstechnieken.

Ten slotte worden indicaties en contra-indicaties voor wakkere craniële chirurgie besproken.

(Tijdschr Neurol Neurochir 2005;106:170-6)

Inleiding

De belangstelling voor wakkere neurochirurgische ingrepen kent de laatste jaren internationaal een opmerkelijke opleving. De redenen hiervoor zijn velerlei.¹⁻⁴

In de jaren negentig van de vorige eeuw ontstond duidelijk een vernieuwde interesse voor het functionele aspect van hersenchirurgie. Dit aspect is

ietwat parallel verlopen met de heropbloei van de stereotaxie voor diepehersensstimulatie. Deze ingrepen vergden overigens doorgaans wakkere monitoring van de patiënt.

Verder heeft de spectaculaire ontwikkeling van de medische beeldvorming met CT-scan en later MRI, en de verwerking hiervan in neuronavigatietechnieken bijgedragen tot een significante verbetering van de accuratesse van de pre- en peroperatieve planning.⁵

De verfijning van de anesthesiologische technieken waaronder de ‘tuning’ met propofol en remifentanyl, heeft bovendien de narcosemogelijkheden uitgebreid.

Ten slotte kende de neurolinguïstiek in de laatste decennia een opmerkelijke opleving.

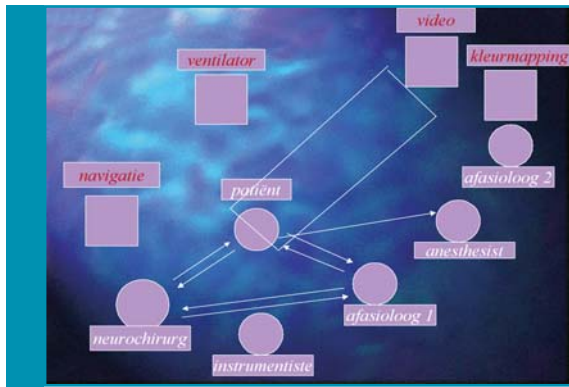
Doelstelling

De uiteindelijke bedoeling van elke chirurgische ingreep is totale of maximale verwijdering van abnormaal weefsel. Hierbij dient behoud van de functie van de omliggende structuren gewaarborgd te blijven en bijkomende permanente morbiditeit vermeden te worden.

Dit geldt uiteraard voor de neurochirurgie en in het bijzonder voor de resectie van intra-axiale tumoren of abnormale vasculaire structuren, die gelegen zijn in de nabijheid van hoogfunctionele corticale centra. Deze hoogfunctionele corticale centra zijn de sensore-motore centrale regio’s, de zogenaamde taalcentra, de temporale regio’s geïmpliceerd in auditieve en mnestiche circuits, en de occipitale visuele centra.

Voor hooggradige gliomen bestaan er, ondanks afwezigheid van gerandomiseerde prospectieve studies, aanwijzingen dat de uitgebreidheid van tumorresectie de meest determinerende factor is voor de prognose. Dit geldt zowel voor overlevingsduur als voor levenskwaliteit.

Chirurgie in deze zogenaamde eloquente zones heeft echter een hoog risico op definitieve neurologische uitval indien geen peroperatieve mapping wordt toegepast. Preoperatieve neurofunctionele beeldvorming geeft hierbij een aanwijzing, maar blijft onvoldoende betrouwbaar. De meest gebruik-



Figuur 1. Schema van de opstelling in de operatiezaal tijdens de 'awake-asleep-awake' procedure.

beeldvormende techniek, met name functioneel MRI (fMRI)-onderzoek, heeft weliswaar een hoge selectiviteit, maar slechts een geringe sensitiviteit van 66% ten opzichte van de peroperatieve technieken.⁶⁻⁸ Bovendien kan een f-MRI geen onderscheid maken tussen de 'essentiële' en de 'vervangbare' centra. Ten slotte kan deze techniek in de witte stof de functionele banen niet visualiseren, en dient gewacht te worden tot routinematige toepassing van de 'diffusion tensor imaging' technieken mogelijk is gemaakt.⁹

In tegenstelling tot PET- en SPECT-scan wordt met magneto-encefalografie een goede anatomische functionele resolutie verkregen. De toepassing van deze methode blijft echter momenteel nog beperkt tot een klein aantal centra.

Transcraniële magnetische stimulatie biedt ongetwijfeld mogelijkheden voor functielokalisatie. Dit geldt echter meer voor sensorische-motorische functies dan voor complexere functies zoals taal.

De huidige neurofunctionele beeldvorming, hoe nuttig ook, is dus niet in staat om maximale veiligheid te bieden tijdens de eerder vermelde ingrepen.

Corticale stimulatie

De directe elektrische corticalestimulatietechnieken zijn momenteel nog steeds de gouden standaard in de peroperatieve mapping. Deze technieken worden routinematig toegepast sinds de werken van Penfield en later van Ojemann.¹⁰⁻¹¹ Het principe is sindsdien feitelijk hetzelfde gebleven met het aanbrengen van een elektrische stimulus, mono- of bipolair, met impulsen van +/- 1 msec, 60 Hz en amplitudes tussen 2 en 10 mA.

De eerste vereiste van de toepassing van een elektrische prikkel is het gestimuleerde weefsel niet te

beschadigen. Dit wordt gedeeltelijk bereikt door bifasische impulsen te gebruiken. Hiermee worden laesies door opstapeling van negatieve lading ter hoogte van de actieve kathode of door productie van metaalionen aan de anode, vermeden.

Gebruik van rechthoekige impulsen vermijdt accommodatiefenomenen die bij sinusoidale impulsen zouden kunnen optreden en hierbij de stimuleerbaarheid drempel zouden verhogen.

Gemyeliniseerde axonen beantwoorden homogeen aan elke stimulus tussen 50 en 100 Hz. Doorgaans worden frequenties van 50 of 60 Hz gebruikt.

Rekeninghoudend met de chronaxie is voor een impulsduur van 1 msec gekozen. De chronaxie is namelijk zelf sterk afhankelijk van de impedantie (gemiddeld 250 ohm voor de cortex en 500 ohm voor de witte stof), van de myelinisatiegraad van de zenuwbanen (beduidend kortere chronaxie bij gemyeliniseerde vezels), en van de diameter van de zenuwbanen (hogere prikkelbaarheid van dickere vezels).

Bij monopolaire stimulatie wordt de actieve kathode op het te prikkelen weefsel aangebracht en de referentianode op afstand. Dit heeft als nadeel dat elk weefsel tussen beide elektroden gestimuleerd kan worden en op deze manier fout positieve resultaten zou kunnen opleveren. Dit geldt in het bijzonder indien de depolarisatiedrempel lager is dan de aangeraakte zone. Ten gevolge hiervan wordt doorgaans voor bipolaire stimulatie gekozen.

In de primaire motore cortex verwekt een gelijkaardige stroomstoot een contractie in de corresponderende musculatuur heterolateraal. Deze techniek kan toegepast worden onder narcose. De intensiteit van de stimulus is hierbij beduidend hoger dan bij wakkere toestand, waardoor er dus een hoger risico bestaat op epileptisch insult. De tuningsmogelijkheden zijn overigens beduidend grover.

Analyse van sensorische, auditieve, visuele of taal- en geheugenfuncties vereist uiteraard een wakkere coöperatieve patiënt.

In de praktijk zal men een stimulatie toepassen van één seconde op de primaire motore cortex en een stimulatie van vier seconden op gebieden waar essentiële taalzones worden vermoed. Hierbij dient de prikkel te worden aangebracht voor de presentatie van het te benoemen voorwerp of van de opdracht. Dit dient overigens afgewisseld te worden met een opdracht zonder stimulatie, om een basistoestand te kunnen realiseren.

Ten slotte vermijdt men opeenvolgende stimuli aan te brengen op dezelfde of vlakbij gelegen locaties.

De preoperatieve fase

Een nauwgezette preoperatieve selectie op basis van psychische, neurologische en anesthesiologische criteria is van cruciaal belang om peroperatieve problemen te vermijden.

De neurologische status dient adequaat geëvalueerd te worden omdat te uitgesproken motore of fatische uitval, sufheid en confusie de wakkere monitoring onmogelijk maken. Indien een duidelijke preoperatieve parese aanwezig is, kan een stimulatie een onafdoende motorisch antwoord opwekken. Een taaluitval met een percentage fouten dat hoger is dan 25% bij de basisbenoemingstests sluit aangepast taalonderzoek uit.

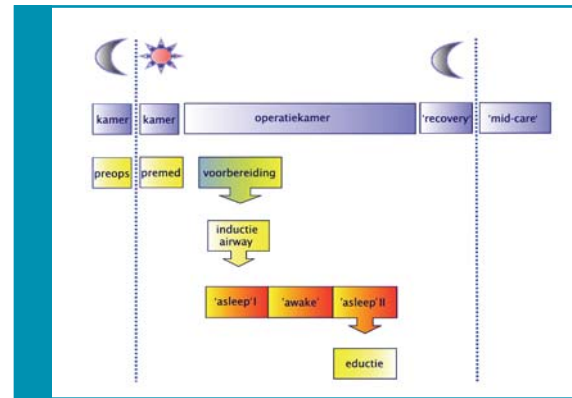
De neurolinguïst-afasiespecialist brengt preoperatief de gestoorde taalmodules in kaart aan de hand van de 'psycholinguistic assessments of language processing in aphasia' (PALPA).¹² Hierbij wordt een geïndividualiseerde testbatterij opgesteld voor evaluatie tijdens de peroperatoire stimulatietaken. Elk van de overgebleven taken moet bovendien in het vooropgestelde tijdsparadigma van 4 seconden worden ingepast. Dit valt uiteraard tijdsintensief uit. De reële mogelijkheden van de patiënt worden bepaald om wakkere chirurgie te ondergaan. Bovendien wordt zijn vertrouwen gewonnen door herhaalde aanbidding van de testprocedure. De belangrijkste boodschap blijft evenwel het leren beseffen dat hij op bepaalde ogenblikken gedurende de elektrische stimulatie kortstondig niet goed zal kunnen spreken en dat dit net de momenten zijn waarnaar de neurochirurg op zoek is.

Voorafgaande evaluaties door de anesthesist en de afasiespecialist zijn dus onontbeerlijk. Tegelijkertijd is dit nuttig voor het informeren van de patiënt over wat hem tijdens de ingreep te wachten staat, wat van hem verwacht wordt, en wat de eventuele risico's tijdens de procedure zouden kunnen zijn, in het bijzonder een epileptisch insult.

Preoperatief worden routinematig anatomisch MRI-(T1-gewogen met i.v. contrast en eventueel T2-gewogen) en f-MRI-onderzoek uitgevoerd en in het neuronavigatiesysteem tot fusie gebracht. De contouren van de laesie en van de vermoede functionele zones worden afgetekend om tijdens de ingreep in de optiek van de microscoop constant geprojecteerd te worden ('head's up display').

De huidige anesthesiologische technieken laten een vlotte overgang toe van wakkere toestand naar narcose en omgekeerd, met behoud van goede analgesie en vigilantie.^{13,14}

Hierbij wordt gebruik gemaakt van propofol als



Figuur 2. Schema van de procedure en het tijdsverloop van de 'awake-asleep-awake' chirurgie.

anesthetica en een opioïd, remifentanyl, in een continu infuus. Perioperatieve antiepileptica zijn onontbeerlijk gezien het relatief hoge insultrisiko bij corticale stimulatie. Meestal wordt valproïnezuur i.v. gebruikt.

De patiënt wordt zo comfortabel mogelijk op soepele (Tempur®)-kussens geïnstalleerd. De patiënt bepaalt de optimale houding, met goede ondersteuning van rug en bekken, en een ontspannen positionering van armen en benen. Doorgaans wordt gekozen voor (rechter) zijligging. Enerzijds gezien de frequentste linkerhemisfeerdominantie, anderzijds doordat in deze houding de anesthesist vrij vlotte toegang heeft tot de luchtwegen, en het visueel en verbaal contact met de neurolinguïst optimaal kan plaatsvinden. Voor een schematische weergave van de opstelling zie *Figuur 1*. Dorsale decubitus wordt ook toegepast, uiteraard geen ventrale.

In de gekozen ligging wordt de patiënt onder narcose gebracht. Het hoofd wordt dan gefixeerd in de 'head rest'. Ter hoogte van de pinnen wordt de huid lokaal verdoofd, evenals overvloedig langs het incisie-traject en aan de basis van de huidflap. Er wordt gebruik gemaakt van een combinatie van snelwerkend lidocaïne 2% met adrenaline en het langwerkend ropivacaïne, met een maximum dat afhankelijk is van het gewicht van de patiënt.

Het is wel een vereiste dat de stembanden tijdens de wakkere fase optimaal kunnen functioneren. Daarom wordt ervoor gekozen tijdens de initiële slaapfase een larynxmasker type ProSeal™ in te brengen, in combinatie met een maagsonde. Meteen voert de anesthesist ook een fibroscopische evaluatie van de luchtwegen uit, om indien nodig vlot tot klassieke endotracheale intubatie te kunnen overgaan.

Het vervolg van de procedure verloopt klassiek, met de navigatie als gids. Er wordt bij het maken

Tabel 1. Stimulatieparameters en -voorwaarden (gewijzigd naar Duffau).¹⁵

Stimulatieparameters

- bipolaire stimulatie
- bifasische rechthoekige impulsen
- impulsduur 1 ms
- frequentie 60 Hz
- intensiteit: progressief op te voeren met 0,5-1 mA van 1 tot 15 mA
- stimulatie-duur: 1 sec ter hoogte van motorische cortex, 4 sec ter hoogte van taalcentra

Stimulatievoorwaarden

- observatie van hetero-laterale lichaamshelft (been, arm, faciaal) wat het beste met video en microfoon kan plaatsvinden
- indelen van de cortex in zones van 1/2-1 cm² volgens de structuur van de gyri
- niet-geëxposeerde cortex kan gestimuleerd worden met subdurale elektrode type Resume
- drie proefstimulaties van elke zone (>indien twijfel)
- geen opeenvolgende stimulatie van dezelfde of nabije zone
- voor taalmonitoring:
 - presentatie van preoperatief opgestelde taken (aangepast aan de lokalisatie)
 - stimulus aanbrenge voor itemaanbieding
 - afwisselend item met en zonder stimulatie
 - minstens 1 essentiële taalzone kunnen aanduiden
- bij subcorticale stimulatie: hogere intensiteiten
- bij epileptische aanvallen: irrigatie van cortex met ijskoude Ringer-oplossing

van het botluik rekening gehouden met de noodzaak van monitoring van de nabije corticale zones, om een reële mapping of cartografie te kunnen uitvoeren van het normale brein.

Voor een schematisch overzicht van de procedure en het tijdsverloop van de 'awake-asleep-awake' chirurgie zie *Figuur 2*, pagina 172.

Corticale taalmonitoring

Net voor het openen van de dura mater laat de anesthesist de patiënt rustig wakker worden. Hoestbuien bij het ontwaken kunnen bij een open dura mogelijk cortexbeschadiging veroorzaken. Op het moment dat de cortex is blootgelegd, kan de echte mapping plaatsvinden (zie *Tabel 1*). Dit gebeurt met een directe elektrische bipolaire stimulator (Ojemann-stimulator, Radionics, Burlington, MA, Verenigde Staten).

Als eerste wordt de stimulusdrempel bepaald waarbij de motore cortex wordt geprikkeld met impulsen van ongeveer één seconde. De locatie van de motore cortex is op basis van anatomische en functionele MRI's preoperatief bepaald. De laagst mogelijke stroomwaarde waarbij een motorisch antwoord kan worden uitgelokt, wordt bepaald. In het geval

van een fronto-temporo-pariëtaal botluik (de meest frequente) worden ter hoogte van de onderste helft van de precentrale gyrus contracties opgewekt. Deze zijn heterolateraal faciaal, linguaal of in de handzone en niet pijnlijk.

Vervolgens dient de patiënt cijferreeksen op te sommen, bij 'speech arrest' zonder mond- of farynxbeweging wordt op deze manier aldus de 'zone van Broca' gedetermineerd.

Nu volgt de fase van identificatie van de essentiële taalzones. Het gaat hier met name om corticale loci van ongeveer 1 cm² waarbij de stimulatie bij minimaal twee van de drie pogingen fouten induceert. Het basisparadigma is hierbij objectbenoeming. Hierbij wordt een afbeelding van een voorwerp of dier, in de vorm van een zwart-wit lijntekening, vier seconden aan de patiënt voorgelegd en voorafgegaan door de zin "dit is een ...". Bij de onmogelijkheid tot benoemen (wel met behoud van de inleidende zin) of parafasie, wordt de gestimuleerde zone als essentiële taalzone beschouwd indien minimaal twee fouten bij drie testen optreden.

De geteste zones worden aangeduid met cijfertjes of letterkaartjes en op de hersenschors gelegd of met een roostersysteem geprojecteerd op een videobeeld van de cortex. De afasiespecialist geeft

de resultaten rechtstreeks aan op de grid met een kleurcode (groen bij normale benoeming, rood bij spraakonderbreking).

Taalmonitoring kan uitsluitend als betrouwbaar beschouwd worden als minstens één essentiële taalzone wordt geïdentificeerd. Dit betreft doorgaans ten minste één zone postero-inferior in de frontale kwab en één tot twee zones temporaal (eerder supero-posterior; T1). Indien deze 'essentiële taalzones' zijn geïdentificeerd, dient een afstand van 1 cm in acht genomen te worden bij de tumorresectie. De belangrijkste factor voor het vermijden van postoperatieve taaluitval blijkt immers de afstand tussen de resectierand en de meest dichtbij gelegen taalzone. Er bestaat een beduidend hoger risico voor langdurige of definitieve uitval indien de afstand minder dan 1 cm bedraagt.

Het behoud van de vascularisatie, vooral arterieel maar ook veneus, is uiteraard primordiaal.

Subcorticale monitoring

Indien de corticale incisie verricht is, wordt ter hoogte van de onderliggende witte stof, in het bijzonder in de nabijheid van functionele centra, systematisch subcorticale monitoring uitgevoerd. Doorgaans vindt dit plaats met stimulatiewaarden die iets hoger liggen dan bij de corticale mapping.^{16,17} Hierbij kan gebruik gemaakt worden van dezelfde bipolaire Ojemann-stimulator.

Het nadeel is echter dat de instrumenten die klassiek gebruikt worden tijdens de tumorresectie, met name het bipolaire coagulatiepincet en de ultrasone aspirator, vervangen dienen te worden door de stimulatieprobe. Dit veroorzaakt extra manipulaties en tijdsverlies. Daarom wordt gebruik gemaakt van het monopolaire circuit op het ultrasone handvat, om op deze manier een stimulatiestroom aan te wenden tijdens de resectie zonder noodzaak van verandering van instrumenten.¹⁸

Ter hoogte van de pyramidebaan, onder de primair motorische cortex kan bij subcorticale stimulatie een beweging uitgelokt worden in de radiatio optica fosfenen. Dit gebied ligt in de nabijheid van essentiële taalcentra. De resectie dient hier zéér progressief en met frequente controles te gebeuren.

Een constante wisselwerking tussen patiënt, neurochirurg en neuroloog en/of neurolinguïst is dus vereist. Gezien de visuele barrière tussen neurochirurg en patiënt worden diens gelaat en eventuele rechterhand in de wakkere fase met video bewaakt. Op deze wijze kan ook de chirurg constant de faciale

contracties of expressies observeren. Het beste is om bovendien een microfoon te gebruiken die het soms lage stemvolume kan versterken.

Vermeldenswaardig is wel dat peroperatief de bloeddruk vaak beduidend hoger is bij wakkere procedures dan tijdens narcose. Dit veroorzaakt echter zelden een bemoeilijkte hemostase.

Indicaties en contra-indicaties

De indicaties en contra-indicaties voor wakkere taalmonitoring komen feitelijk voort uit de vermelde technieken en hun beperkingen.

Absolute indicaties vormen resecties van laesies die in of in de nabijheid van hoogfunctionele cortex of subcorticale banen gelegen zijn. Dit zijn de centrale, precentrale regio's waaronder de 'supplementary motor area', de gyri frontalis inferior, temporalis superior en medius, supramarginalis en angularis aan de dominante zijde, en de visuele cortex (met voorbehoud gezien de positioneringsmoeilijkheden).

Het gaat hierbij om verwijdering van intra-axiale tumoren, met name van het gliale type, infiltrerende tumoren, metastasen, epileptische foci, cavernieuze angiomen, en eventueel kleinere arterioveneuze malformaties.

Een bijkomende indicatie is volgens de mening van de auteurs motor-cortexstimulatie voor de behandeling van neuropathische pijn. Hier kunnen bij een wakkere patiënt de betrokken pijnlijke zone en diens motore component veel nauwkeuriger bepaald worden dan wanneer er uitsluitend neurofysiologische monitoring wordt toegepast.

De patiënten blijken na 'asleep-awake-asleep' procedures vaak vlotter te herstellen dan wanneer een klassieke narcose wordt toegepast. Dit leidde tot een relatieve uitbreiding van de indicaties tot ruimere dan de eerder vermelde zones, en ook tot niet-intra-axiale tumoren. In sommige centra leidt dit tot het toepassen van wakkere neurochirurgie bij alle supratentoriële tumoren behoudens de occipitale. De toekomst zal uitwijzen of het postoperatieve snellere herstel opweegt tegen de vermindering van peroperatief comfort voor patiënt en voor de chirurg. De belangrijkste aanleidingen voor contra-indicaties liggen namelijk hierin dat de wakkere procedure zowel voor patiënt als chirurg een beduidende beperking van het comfort meebrengt. Bij narcose wordt van de patiënt uiteraard geen medewerking gevraagd en blijven angstgevoelens beperkt tot preoperatieve.

Voor de neurochirurg en medewerkers brengt de

- 1 Patiënten met een te reseceren letsel ter hoogte van of in de nabijheid van hoogfunctionele, corticale regio's en subcorticale banen, in het bijzonder in de buurt van de taalcentra, komen in aanmerking voor een operatie onder deels lokale anesthesie. Hierbij worden de betrokken functies in kaart gebracht en gevolgd.
- 2 Een grondige selectie van patiënten, op basis van goede coöperatie en afwezigheid van uitgesproken uitval, is onontbeerlijk. Dit geldt voor zowel de neurochirurg als voor de anesthesist en de afasiespecialist. Dit impliceert teamwerk, pre- en peroperatief, en ook een goede wisselwerking tussen de behandelaars.
- 3 Taalmonitoring gebeurt met elektrische stimulatie van de hersenschors en de subcorticale banen, waarbij inhibitie optreedt van de taalfuncties, met name van benoemingstaken.
- 4 Voor comfort- en veiligheidsredenen is een 'asleep-awake-asleep' techniek te verkiezen. Hierbij kan op elk ogenblik overgestapt worden naar klassieke narcose met intubatie.

'asleep-awake-asleep' ingreep behoorlijk meer stress en discomfort mee. Bij narcose wordt de positionering van de patiënt bepaald door de optimale verhouding tussen de toegangsweg naar het letsel en het 'comfort' van de chirurg. Bij wakkere chirurgie overheerst echter het comfort en de veiligheid van de patiënt. De toegangsweg voor de chirurg wordt gelimiteerd door het vermijden van flexie-, extensie-, lateroflexie- of rotatiehoudingen in de hals want intubatie moet altijd mogelijk blijven.

Het gezichtsveld van de patiënt dient vrijgehouden te worden voor visueel contact met de anesthesist, neurolinguïst of neuroloog. Dit brengt enige limitatie ter hoogte van de orbito-temporale overgang regio, vooral bij anterieur-temporaal of laag-laterofrontaal letsel, gezien de lokalisatie van de taalcentra uiteraard frequent voorkomen.

Voor de patiëntselectie zijn absolute contra-indicaties op psychisch, neurologisch-afasiologisch en anesthesiologisch vlak al eerder vermeld. Een uitermate angstige of claustrofobe patiënt komt voor een dergelijke ingreep niet in aanmerking. Uitsluitingscriteria zijn eveneens te lage of te hoge leeftijd (voor zover er gebrek is aan samenwerking), mentaal, auditief of visueel handicap, of lokale orale (beperkte mondopening, retrognathie), faryngeale of cervicale pathologie (beperkte halsmobiliteit), en ook pulmonaire pathologie in de zin van COPD en obesitas. Het is overigens evident dat een goede voorbereiding en voldoende informatie over het verloop van de ingreep bepalend kunnen zijn voor het verleggen van de grens van het al dan niet kunnen toepassen van wakkere procedure.

In dat opzicht werden voor de geopereerde patiënten vragenlijsten opgesteld met tevredenheidsscores. Hieruit bleek geen enkele patiënt te willen afzien van de wakkere procedure indien de situatie zich opnieuw mocht voordoen.

Conclusie

Wakkere craniotomietechnieken zijn zeker niet nieuw. Vanwege vernieuwingen op het gebied van cerebrale beeldvorming en diens incorporatie tijdens de operatie, verfijndere anesthesietechnieken en betere monitoringsmogelijkheden tijdens de ingreep, zijn de wakkere craniotomieën opnieuw in de belangstelling gekomen. Het einddoel van verdergaande resectie van abnormaal weefsel met maximaal behoud van de functies van het omgevende weefsel blijkt hiermee nog dichterbij, en dit zonder beduidend verlies van comfort voor de patiënt.

Prospectieve gerandomiseerde studies zijn nodig om dit te bewijzen maar blijken ethisch moeilijk uitvoerbaar. In de toekomst kunnen snellere mappingstechnieken ontwikkeld worden zodat peroperatief minder 'wakkere tijd' verloren gaat die zou kunnen worden aangewend voor de monitoring tijdens de resectie van de tumor. Partiële preoperatieve mapping met transcraniale magnetische stimulatie blijkt hierbij veelbelovend.

Referenties

1. Jaaskelainen J, Randell T. Awake craniotomy in glioma surgery. *Acta Neurochir* 2003;88(Suppl):31-5.

2. Meyer FB, Bates LM, Goerss SJ, Friedman JA, Windschitl WL, Duffy JR, et al. Awake craniotomy for aggressive resection of primary gliomas located in eloquent brain. *Mayo Clinic Proc* 2001;76:677-87.
3. Ojemann GA, Ojemann JG, Lettich E, Berger MS. Cortical language localization in left, dominant hemisphere. An electrical stimulation mapping investigation in 117 patients. *J Neurosurg* 1989;71:316-26.
4. Signorelli F, Guyotat J, Isnard J, Schneider F, Mohammadi R, Bret P. The value of cortical stimulation applied to the surgery of malignant gliomas in language areas. *Neurol Sci* 2001;22:3-10.
5. Reithmeier T, Krammer M, Gumprecht H, Gerstner W, Lumenta CB. Neuronavigation combined with electrophysiological monitoring for surgery of lesions in eloquent brain areas in 42 cases: a retrospective comparison of the neurological outcome and the quality of resection with a control group with similar lesions. *Minim Invasive Neurosurg* 2003;46:65-71.
6. Quinones-Hinojosa A, Ojemann SG, Sanai N, Dillon WP, Berger MS. Preoperative correlation of intraoperative cortical mapping with magnetic resonance imaging landmarks to predict localization of the Broca area. *J Neurosurg* 2003;99:311-8.
7. Roux FE, Boulanouar K, Lotterie JA, Mejdoubi M, LeSage JP, Berry I. Language functional magnetic resonance imaging in preoperative assessment of language areas: correlation with direct cortical stimulation. *Neurosurgery* 2003;52:1335-45.
8. Steinmeier R, Sobottka SB, Reiss G, Bredow J, Gerber J, Schackert G. Surgery of low-grade gliomas near speech-eloquent regions: brainmapping versus preoperative functional imaging. *Onkologie* 2002;25:552-7.
9. Witwer BP, Moflakhar R, Hasan KM, Deshmukh P, Haughton V, Field A, et al. Diffusion-tensor imaging of white matter tracts in patients with cerebral neoplasm. *J Neurosurg* 2002;97:568-75.
10. Penfield W, Boldrey E. Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. *Brain* 1937;60:389-443.
11. Ojemann GA. Individual variability in cortical localization of language. *J Neurosurg* 1979;50:164-9.
12. Bastiaanse R, Bosje M, Visch-Brink E. *Psycholinguistic assessment of language processing in aphasia (Dutch edition)*. East Sussex. Hove: Lawrence Erlbaum Associates. 1995.
13. Huncke K, Van de Wiele B, Fried I, Rubinstein EH. The asleep-awake-asleep anesthetic technique for intraoperative language

- mapping. *Neurosurgery* 1998;42:1312-7.
14. Sarang A, Dinsmore J. Anesthesia for awake craniotomy; evolution of a technique that facilitates awake neurological testing. *Br J Anaesth* 2003;90:161-5.
15. Duffau H. Cartographie fonctionnelle per-opératoire par stimulations électriques directes; aspects méthodologiques. *Neurochirurgie* 2004;50:474-83.
16. Duffau H, Capelle L, Sichez N, Denvil D, Lopes M, Sichez JP, et al. Intraoperative mapping of the subcortical language pathways using direct stimulations. An atomo-functional study. *Brain* 2002;125:199-214.
17. Duffau H, Capelle L, Denvil D, Sichez N, Gatignol P, Taillandier L, et al. Usefulness of intraoperative electrical subcortical mapping during surgery for low-grade gliomas located within eloquent brain regions: functional results in a consecutive series of 103 patients. *J Neurosurg* 2003;98:764-78.
18. Colle H, Lemmerling M, Müller P, Robert E. *The Speaking Brain. Waakchirurgie en functionele MRI. Ghuislain-instituut, Gent, België. 2004.*

Ontvangen 10 januari 2005, geaccepteerd 13 juni 2005.

Correspondentieadres auteurs:

Dr. H. Colle, neurochirurg
Dr. P. Muller, neuroanesthesist
E. Robert, logopedist en afasioloog

A.Z. St. Lucas
 Afdeling Neurochirurgie
 Groene Briel, 1
 B-9000 Gent
 Tel: +32 9 224 65 20
 E-mail: henry.colle@azstlucas.be

Correspondentie graag richten aan de eerste auteur.

Belangenconflict: geen gemeld.
 Financiële vergoeding: geen gemeld.