

Functionele Neurochirurgie

Inleiding

Onder functionele neurochirurgie wordt verstaan het operatief ingrijpen in structuren van het zenuwstelsel (hersenen, het ruggenmerg of de zenuwen) met het doel om de werking ervan te beïnvloeden. Er hoeft geen structurele afwijking in de hersenen aanwezig te zijn. Vaak gaat het om delen van de hersenen die niet goed functioneren:

- bij ziekten die gepaard gaan met bewegingsstoornissen (ziekte van Parkinson, dystonie, spasticiteit)
- bij bepaalde vormen van epilepsie ([epilepsie](#) chirurgie)
- bij bepaalde psychische ziekten (psychochirurgie)
- bepaalde vormen van (chronische) pijn (bijvoorbeeld [aangezichtspijn](#)).

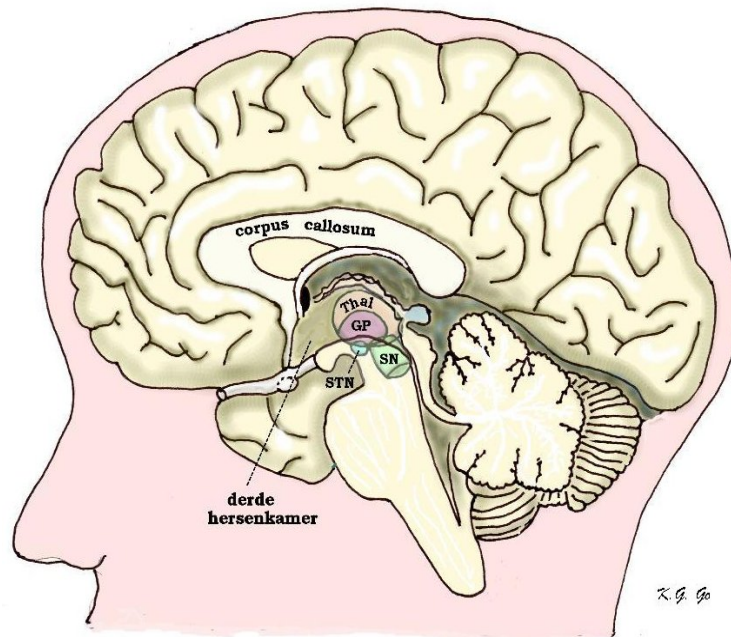
In de meeste gevallen is dan sprake van een zogenaamde "destructieve ingreep", dat wil zeggen een operatie waarbij doelbewust een specifiek gedeelte van het zenuwstelsel wordt *uitgeschakeld* door het (onherstelbaar) te beschadigen.

Een andere vorm van functionele neurochirurgie is de zogenaamde neuromodulatie, waarbij door middel van implantatie van micro-elektroden bepaalde delen van het zenuwstelsel selectief worden *gestimuleerd*. De bedoeling is om hierbij met behulp van elektrische signalen de functie en de werking van bepaalde delen van het zenuwstelsel te veranderen, zodat de patiënt als geheel beter kan gaan functioneren. De toepassingsgebieden op het terrein van de neuromodulatie nemen de laatste jaren sterk toe, waardoor het mogelijk is om ook bepaalde patiënten die lijden aan de ziekte van Parkinson te behandelen. Daarnaast zijn er toepassingen bij de behandeling van epilepsie, en ook voor patiënten met chronische pijn (bijvoorbeeld chronische angina pectoris (pijn op de borst), pijn ten gevolge van beschadiging van zenuwen en dwarslaesies.

De belangrijkste toepassingen op het gebied van de functionele neurochirurgie zullen hieronder in het kort worden besproken:

Ziekte van Parkinson.

De ziekte van Parkinson is het gevolg van het afsterven van bepaalde zenuwcellen in de hersenstam. Deze cellen zijn verantwoordelijk voor de productie van een bepaalde overdrachtsstof (transmitter), dopamine genaamd, die een belangrijke rol speelt bij de regulatie van de activiteit in de diepe delen van de grote hersenen. Deze delen worden de thalamus en de basale ganglia genoemd.



Boven: Om een indruk te geven waar de genoemde structuren in de hersenen liggen, is hier een mediane hersendoorsnede getekend, dat wil zeggen de binnenzijde van een hersenhelft. Opvallend is het Corpus Callosum (hersensnede) dat zenuwvezels bevat, die beide hersenhelften verbinden (dus loodrecht op het vlak van de tekening verlopen). Deze kunnen bij de behandeling van bepaalde vormen van epilepsie worden gekliefd (callosotomie). Daaronder ziet men de Thalamus (Thal) in de zijwand van de derde hersenkamer. Daaronder bevindt zich de Nucleus Subthalamicus (STN), waarvan elektrische stimulatie hoopgevende effecten heeft gegeven voor de behandeling van bewegingsstoornissen. Boven de STN en achter de Thalamus bevindt zich de Globus Pallidus (GP), (die men vanuit de mediane hersendoorsnede dus pas kan zien als men de Thalamus voor een deel heeft weggehaald). Thalamus en Globus Pallidus zijn de structuren waarop zich van oudsher de operatieve behandeling van de ziekte van Parkinson heeft gericht. Achteronder de Thalamus bevindt zich de Substantia Nigra (SN) als een wat scheef naar boven staande plaatvormige structuur, waarvan degeneratie van de cellen de oorzaak vormt van de ziekte van Parkinson.

In de basale ganglia (figuur boven) vindt verwerking plaats van impulsen uit de hersenen die van belang zijn voor de besturing van bewegingen zoals lopen en andere "automatische" handelingen. Door het tekort aan dopamine dat optreedt bij de ziekte van Parkinson kan de regulatie van deze bewegingen niet goed plaatsvinden. De patiënt krijgt daardoor verschijnselen zoals beven (tremoren), bewegingsarmoede (schuifelende gang, strakke mimiek, moeite met draaien, problemen bij het op gang komen) en stramheid. De ziekte van Parkinson is op zich niet te genezen, en de verschijnselen zijn in het verloop van de ziekte progressief. Vaak is het echter mogelijk in het beginstadium van de ziekte de verschijnselen te behandelen door het toedienen van medicijnen, zoals dopamine-achtige stoffen. Wanneer de reactie op de medicijnen afneemt, de bijwerkingen van de medicijnen erg hinderlijk worden of indien reeds in een vroeg stadium sprake is van ernstige stramheid of tremoren, bestaat er de mogelijkheid om door middel van een operatie aan de hersenen deze verschijnselen te verminderen. Ook indien reeds in een vroeg stadium van de ziekte sprake is van ernstige stramheid of tremoren kan een operatie

overwogen worden. Er zijn verschillende operaties mogelijk, en welk type ingreep wordt uitgevoerd is sterk afhankelijk van de individuele verschijnselen van de patiënt:

- *Destructieve (beschadigende) ingrepen.* Dit zijn behandelingen waarbij bepaalde delen van de hersenen, waarvan men weet dat die een rol spelen bij de verschijnselen die gepaard gaan met de ziekte van Parkinson, worden uitgeschakeld. Dat gebeurt door een dunne elektrode via een klein boorgat aan de hand van tevoren zorgvuldig berekende coördinaten (zie [stereotaxie](#)) in bijvoorbeeld de globus pallidus of de thalamus te plaatsen. Nadat eerst met behulp van elektrostimulatie de exacte positie van de sonde (=electrode) is geverifieerd, wordt vervolgens het uiteinde hiervan verhit en worden aldus de beoogde cellen definitief uitgeschakeld. Men noemt dit dan pallidotomie respectievelijk thalamotomie (tomie = doorsnijding). Indicaties voor deze behandeling zijn vooral ernstige stramheid en bewegingsarmoede.
- *Stimulatie.* Hierbij wordt op dezelfde wijze als bij de -tomie (zie bovenstaande) een elektrode in delen van de hersenen geplaatst waarvan bekend is dat die invloed hebben op bepaalde verschijnselen bij de ziekte van Parkinson (zoals bijvoorbeeld de globus pallidus en de nucleus subthalamicus). Via deze elektrode worden vervolgens vanuit een onderhuids geïmplanteerde elektronstimulator (net zoals bij een hartpacemaker) elektrische impulsen naar de beoogde hersencellen gestuurd. Ook dit heeft als doel de verschijnselen van stramheid en bewegingsarmoede te verminderen.
- *Weefsel transplantatie.* Deze behandeling, waarbij het de bedoeling is om gezonde dopamine producerende cellen verkregen uit hersenweefsel (donorweefsel) of uit bijnierweefsel (donor of patiënt zelf) te implanteren in de hersenen van een Parkinson patiënt, is nog experimenteel. De resultaten zijn tot nu toe matig, onder andere door de grote technische problemen die bestaan bij het verkrijgen van goede en vitale dopamine producerende cellen, maar vooral ook vanwege de afstoting en het afsterven van het ingebrachte weefsel.

Spasticiteit

Bij spasticiteit is er sprake van het onwillekeurig gelijktijdig aanspannen van tegengestelde spiergroepen (zoals bijvoorbeeld de strekspieren en de buigspieren van een arm of een been). Daardoor bestaat er meestal ernstige stijfheid van één of meerdere ledematen, waardoor het vrijwel onmogelijk kan zijn om gerichte, willekeurige bewegingen uit te voeren. Er is een groot aantal oorzaken van spasticiteit. Zo kan spasticiteit het gevolg zijn van:

- een beschadiging van de hersenen (hersenvloeding, herseninfarct, multipale sclerose (MS), hersenletsel door een ongeval, hersentumor, etc.)
- een beschadiging van het ruggenmerg (ongevalletsel, ruggenmerg tumor, MS, etc.).

Spasticiteit kan gepaard gaan met pijn (door de hoge spierspanning en de verkrampte houding) en de patiënt belemmeren bij het zitten, liggen of het gebruik van een rolstoel. De chirurgische behandeling van spasticiteit is erop gericht om hinderlijke, invaliderende of pijnlijke spasmen te verminderen, en daardoor het functioneren van de patiënt (binnen de beperkingen van de bestaande handicap) te verbeteren. Deze behandelingen hebben uiteraard geen genezende invloed op de beschadiging van het hersenweefsel of het ruggenmerg die ten grondslag ligt aan de spasticiteit. Chirurgische behandeling van spasticiteit wordt over het algemeen pas toegepast als allerlei vormen van behandeling met medicijnen zijn mislukt. Er zijn verschillende operaties mogelijk, en de keuze hangt af van de oorzaak en de mate van de spasticiteit. Bij de behandeling van spasticiteit dient men zich te realiseren dat enige stijfheid ook nuttig kan zijn, bijvoorbeeld als steun bij het staan. Volledig opheffen van de spasticiteit zou dan het verliezen van deze steunfunctie kunnen betekenen, waardoor de mobiliteit en zelfstandigheid van de patiënt niet toeneemt maar juist vermindert. Mogelijke behandelingsvormen zijn:

- Intrathecale toediening van Baclofen: deze behandeling bestaat uit het onderhuids implanteren van een medicijnpomp die er voor zorgt dat er continue via een dun slangetje dat tijdens de operatie in het wervelkanaal ter hoogte van het ruggenmerg is aangebracht (dit noemt men intrathecaal) een vastgestelde hoeveelheid van de stof Baclofen wordt toegediend. Baclofen remt de spastische activiteit en werkt tevens als pijnstillert. Het voordeel van plaatselijke toediening via een pomp boven het innemen van Baclofen in tabletvorm (ook wel bekend als Lioresal) is dat de algemene lichamelijke bijwerkingen niet optreden. Dit type behandeling is vooral geschikt bij patiënten die lijden aan spasticiteit ten gevolge van beschadiging van het ruggenmerg.
- Dorsale rhizotomie (worteldoorsnijding): deze techniek bestaat uit het selectief uitschakelen van achter-zenuwwortels vlak bij het ruggenmerg. Het gaat hier om zenuwwortels die zorg dragen voor de geleiding van gevoelsprikkels naar het ruggenmerg. Door deze zenuwen uit te schakelen worden de overmatige reflexen die de oorzaak zijn van de spasticiteit vormen onderbroken, waardoor de spasticiteit aanzienlijk kan afnemen. Zie voor een afbeelding het stuk over de [perifere zenuwen](#).
- Anterieure rhizotomie: deze techniek bestaat uit het uitschakelen van de voorzenuwwortels vlak bij het ruggenmerg. Deze zenuwwortels bevatten de vezels die voor de motoriek verantwoordelijk zijn. Doorsnijding van deze wortels resulteert in een volledig slappe verlamming.
- [Stereotactische](#) thalamotomie: deze behandeling kan effectief zijn bij aangeboren spasticiteit die wordt veroorzaakt door een beschadiging van de hersenen. Hierbij wordt met behulp van een stereotactische techniek een specifiek deel van de thalamus door het aanbrengen van een thermolaesie (verhitting) uitgeschakeld. Deze behandeling wordt daarnaast ook toegepast bij speciale vormen van dystonie (dat is een soort "draaispasme").

- Myelotomieën: deze behandeling bestaat uit het uitvoeren van een kleine insnijding in het ruggenmerg. Het doel is het onderbreken van de reflexbogen die verantwoordelijk zijn voor de spasmen. De insnijding kan op verschillende manieren worden uitgevoerd, bijvoorbeeld aan de zijkant van het ruggenmerg (de zogenaamde myelotomie volgens Bischof) of in het midden aan de achterzijde van het ruggenmerg.
- Cordotomie (of chordotomie): dit is het overdwars doorsnijden van het ruggenmerg. Deze methode wordt zelden toegepast.
- Cordectomie: hiermee wordt het verwijderen van een deel van het ruggenmerg bedoeld. Deze behandeling wordt alleen in bepaalde gevallen uitgevoerd bij patiënten die op geen enkele andere behandeling hebben gereageerd. Het resultaat van deze operatie is een totale slappe verlamming onder het niveau van de operatie.

Epilepsie

[Epilepsie](#) is een verzamelnaam van stoornissen in de hersenen die gepaard gaan met in aanvallen optredende verschijnselen. Ongeveer 1 op de 150 mensen in Nederland lijdt aan epilepsie. Er worden verschillende vormen van epilepsie onderscheiden. Bij epilepsie is er sprake van een verstoring van de elektrische activiteit in de hersenen, waarbij een soort "kortsluiting" met ongecontroleerde uitbreiding van elektrische activiteit op kan treden. De storing kan beperkt blijven tot een bepaald gebied of zich door de gehele hersenen uitbreiden. In het eerste geval ontstaan verschijnselen die horen bij het gebied waar de abnormale activiteit optreedt, b.v. trekkingen van een arm of been (focale epilepsie). In het laatste geval zal de aanval zich uitbreiden tot een gegeneraliseerde aanval. Die kortsluiting kan vele oorzaken hebben, en epilepsie is dan ook niet specifiek voor een bepaalde oorzaak. Meestal is epilepsie het gevolg van een beschadiging van de hersenschors. Dat kan zijn door littekenweefsel dat is ontstaan door infectie (bijvoorbeeld na hersenvliesontsteking), een ongeval, een hersenbloeding. Littekenweefsel in de hersenen, dat ontstaat ten gevolge van een neurochirurgische ingreep, is vrijwel nooit de oorzaak van epilepsie. Andere oorzaken zijn [vaatmisvormingen](#) in de hersenen (zoals een arterioveneuze malformatie, of een caverneus angioom), [hersentumoren](#) (laaggradig astrocytoom, ganglioglioom, DNET), en aangeboren afwijkingen van de hersenen. De behandeling van epilepsie bestaat in eerste instantie uit het voorschrijven van medicijnen (anti-epileptica zoals Diphantoine, Depakine, Rivotril of Tegretol) die tot doel hebben de epileptische activiteit in de hersenen te onderdrukken. Vaak lukt het om de patiënt hiermee min of meer vrij van aanvallen te krijgen. Een goede discipline bij de patiënt is essentieel voor een optimaal resultaat (regelmatig leven, bijtijds innemen van de medicijnen, zorgen voor goede (nacht)rust, overmatig gebruik van alcohol achterwege laten). Voor de behandeling van epilepsie is in principe de neuroloog de aangewezen persoon. Als er sprake is van epilepsie die niet goed met anti-epileptica kan worden onderdrukt, of als het gebruik van anti-epileptica gepaard gaat met ernstige bijwerkingen, kan in

speciale geselecteerde gevallen neurochirurgische behandeling uitkomst bieden. We spreken in dit geval van epilepsiechirurgie, hetgeen een onderdeel is van de [functionele neurochirurgie](#). De behandeling kan bestaan uit:

- (a) Resectie van het epilepsiefocus: het chirurgisch verwijderen van dat gedeelte van de hersenen waar de bron van de epileptische activiteit zich bevindt. Dit is alleen mogelijk als in dat gebied geen belangrijke hersenfunctie zoals spraak of geheugen gelokaliseerd is.
- (b) Functionele hemisferectomie: het chirurgisch uitschakelen van één hersenhelft indien deze niet meer functioneert, maar wel epilepsie veroorzaakt. Dit is een behandeling die met name bij jonge kinderen kan worden uitgevoerd.
- (c) Nervus vagus stimulatie: een behandeling waarbij een kleine elektrode rondom de nervus vagus (een belangrijke, grote zenuw die onder andere in de hals verloopt) wordt aangebracht en die wordt gekoppeld aan een onderhuids geïmplanteerde stimulator. Door stimulatie van de bewuste zenuw blijkt het in bepaalde gevallen mogelijk om de epileptische aanvallen die op een andere wijze niet zijn te onderdrukken, enigszins te verminderen.

Dwarslaesie

Bij een dwarslaesie is er sprake van een definitieve onderbreking van de elektrische verbindingen (de zenuwbanen) tussen de hersenen en het ruggenmerg. Ten gevolge van die onderbreking van de zenuwbanen komen signalen (bijvoorbeeld over het gevoel in de benen) niet meer in de hersenen aan. Daardoor voelt de patiënt dus niets van zijn of haar benen en komen signalen vanuit de hersenen (bijvoorbeeld om een been te laten bewegen) niet meer op de plaats van bestemming (de spieren van dat been) aan. De benen van de patiënt zijn dus verlamd. Hoe "hoog" en uitgebreid de dwarslaesie is hangt af van de plaats in het ruggenmerg waar die onderbreking is opgetreden. Het kan zijn dat alleen de benen verlamd en gevoelloos zijn (men noemt dat een lage dwarslaesie), maar als er sprake is van een hoge dwarslaesie (ter hoogte van de nek) zijn bovendien (delen van) de armen gevoelloos en verlamd. Bij dwarslaesie patiënten zijn er bovendien vaak ernstige problemen met de besturing van de sluitspieren van de anus en de blaas, hetgeen met ernstige medische en sociale problemen gepaard kan gaan (infectie risico's, doorligplekken van de billen, dragen van luiers, gebruik van catheters, etc.).

Door middel van neuromodulatie technieken is het tegenwoordig mogelijk om in bepaalde gevallen delen van de verloren functies te besturen en te stimuleren:

- *Elektrostimulatie* voor herstel van de motoriek van de benen (functionele elektrostimulatie (FES)): dit is een methode waarbij wordt getracht een zinvolle beweging te veroorzaken in de benen van de dwarslaesie patiënt. Dat kan doormiddel van elektrische stimulatie van de juiste spiergroepen op het juiste moment en in het juiste tempo. Dit is een zeer complexe techniek, waarmee op dit moment maar zeer beperkte ervaring bestaat. De elektrische stimulatie kan van buitenaf gebeuren (via elektroden die op specifieke plaatsen op de huid boven bepaalde spieren en zenuwen worden geplaatst), of van binnenuit.

In dat geval is er door middel van een operatie op verschillende zenuwwortels nabij het ruggenmerg een elektrode geplaatst, die vervolgens worden gekoppeld aan een uitwendige elektronstimulator, die in verbinding staat met een computer. Deze computer moet ervoor zorgen dat de elektrische impulsen op het juiste moment, op de juiste plaats en in het juiste tempo worden afgegeven, waardoor een zinvolle beweging van de benen kan worden opgewekt.

- *Kunstmatige herstellen van de blaascontrole*: dit is een neuromodulatie techniek waarbij langs operatieve weg stimulatie elektroden om dié zenuwwortels van het ruggenmerg worden aangebracht die een rol spelen bij het activeren van de blaasspier. De elektroden worden naar een onderhuids gelegen ontvanger/stimulator gevoerd, en deze stimulator kan vervolgens worden geactiveerd door middel van een uitwendige zender die de signalen uitzendt die tot ontspanning van de sluitspier van de blaas en gelijktijdige aanspanning van de spier van de blaaswand moeten leiden. Het doel van deze vorm van stimulatie is verbetering van de continentie en verbetering van de blaasontleding. In bepaalde gevallen kunnen op deze wijze ook de controle over de ontlasting worden verbeterd, en erecties worden opgewekt. De toepassing van deze techniek is nog volop in ontwikkeling, en op medisch-technische gronden komt slechts een klein aantal dwarslaesie patiënten voor deze vorm van behandeling in aanmerking.

Pijn

Pijn is een sensatie die allerlei oorzaken kan hebben. De pijn waarvan sprake is in de context van de functionele neurochirurgie is over het algemeen het gevolg van beschadiging van zenuwweefsel. Men noemt dit ook wel "neuropathische pijn" (neuron = zenuw, pathos = ziek). Voor de neurochirurgische behandeling van chronische pijn staan een aantal technieken ter beschikking:

- *Doorsnijding* van de zenuw of zenuwbanen die verantwoordelijk worden geacht voor de geleiding van de pijnprikkel. Voorbeelden hiervan zijn:
 - Neuroectomie, waarbij bijvoorbeeld een tussenribzenuw wordt doorgesneden bij patiënten die lijden aan heftige pijn door ingroei van kanker in de borstkas of de ribbenboog.
 - Rhizotomie, waarbij een gedeeltelijke doorsnijding van een zenuwwortel wordt uitgevoerd, met als doel min of meer selectieve uitschakeling te bewerkstelligen van dié zenuwvezels die een rol spelen bij de geleiding van pijn prikkels. Deze techniek kan langs operatieve weg, maar ook door middel van een punctie door de huid (percutane techniek) plaatsvinden (zie ook [aangezichtspijn](#)).
 - DREZ laesie (Dorsal Root Entry Zone), waarbij doelbewust een letsel wordt aangebracht in het ruggenmerg, precies op de plaats waar de zenuwvezels die de pijnprikkels geleiden (de achter-wortel) het ruggenmerg zijn binnengekomen. Ook deze techniek kan via een operatie, maar ook door middel van een punctie (percutane techniek) plaatsvinden.

- Cordotomie (of chordotomie), waarbij een gedeeltelijke doorsnijding in het ruggenmerg wordt uitgevoerd. Deze techniek kan ook worden uitgevoerd via een punctie door de huid, waarbij dan door middels van verhitting van het uiteinde van een dunne elektrode het letsel in het ruggenmerg wordt aangebracht (percutane chordotomie).
 - Myelotomie, waarbij door middel van een gedeeltelijke overlangse doorsnijding in het ruggenmerg de pijnbanen op een tevoren gekozen plaats worden onderbroken.
 - Mediale thalamotomie, waarbij op [stereotactische](#) wijze een thermolaesie in de mediale thalamus wordt aangebracht.
- *Elektrische stimulatie* van delen van de hersenen of het ruggenmerg. Ruggenmerg stimulatie is een techniek die steeds meer toegepast wordt. Er zijn verschillende indicatiegebieden, zoals pijn ten gevolge van vroegere rugoperaties, pijn bij multipele sclerose, chronische angina pectoris ("pijn-op-de-borst"), pijn na zenuwontstekingen of bij reflex dystrofie, etc. Het principe van deze behandeling bestaat uit het aanbrengen van een elektrode aan de achterzijde van het ruggenmerg, op een tevoren (afhankelijk van de plaats van de klachten) bepaalde plek, die wordt verbonden aan een onderhuids geïmplanteerde stimulator (zoals een hartpacemaker), die weer kan worden geprogrammeerd en geactiveerd via een buiten het lichaam te besturen zendertje.
 - *Locale toediening van medicijnen* (pijnstillers). Intrathecale infusie via een rondom het ruggenmerg aangebrachte catheter, die (net zoals de Baclofen-pomp bij spasticiteit, zie boven) is gekoppeld aan een onderhuids reservoir van waar uit door middel van een programmeerbare elektrische pomp een continue of intermitterende aanvoer van een sterke pijnstiller (bijvoorbeeld morfine) wordt verzorgd.

Tenslotte

In het bovenstaande stuk worden een groot aantal technieken genoemd die de werking van het zenuwstelsel kunnen beïnvloeden. Er vindt nog veel onderzoek plaats, zodat de verwachting gerechtvaardigd is dat er nog meer behandelingen bij zullen komen. Toch is er niet voor ieder probleem een oplossing. Vooral de z.g. chronische benigne (goedaardige) pijn, d.w.z. pijn waarvoor geen oorzaak zoals een tumor of zenuwbeschadiging valt aan te wijzen, blijkt in de praktijk een van de moeilijkst te beïnvloeden toestanden. De beperkingen maken dat diverse vormen van functionele chirurgie slechts in geselecteerde gevallen kunnen worden toegepast en dat niet iedere neurochirurg er ervaring mee heeft. Functionele neurochirurgie is dan ook typisch iets wat in een beperkt aantal neurochirurgische centra een aandachtsgebied is. In het algemeen zijn de neurologen, die de patiënten in de regel verwijzen, goed met de mogelijkheden van de diverse centra op de hoogte. Zij kunnen een keuze maken welke patiënt gebaat kan zijn met verwijzing naar een dergelijk gespecialiseerd centrum.