

De chirurgische behandeling van perifere zenuweschwannomen

The surgical treatment of peripheral nerve schwannoma

drs. A. Kloet¹, dr. G.C.W. de Ruiter¹

SAMENVATTING

Het schwannoom is het meest voorkomende type tumor van de perifere zenuwschede. Vaak is de zwelling asymptomatisch, maar aanraking kan door patiënten als zeer hinderlijk worden ervaren. Daarom wordt in veel gevallen overgegaan tot chirurgische verwijdering. Door middel van een intracapsulaire resectie kan de laesie in zijn geheel worden verwijderd zonder verdere beschadiging van de zenuw. In dit artikel wordt deze techniek beschreven, alsook het klinisch beeld, de diagnostiek en differentiaaldiagnose van het schwannoom.

(TIJDSCHR NEUROL NEUROCHIR 2020;121(6):242-8)

SUMMARY

Schwannoma is the most frequent type of peripheral nerve sheath tumor. Frequently, the mass lesion is asymptomatic, but patients can be bothered by pressure on the lesion. Surgical resection therefore frequently is the choice of treatment. The lesion can be removed completely through an intracapsular approach avoiding further damage to the nerve. In this article, the results for this technique are discussed, and in addition the symptoms, diagnostics and differential diagnosis for schwannoma.

INLEIDING

Het schwannoom is de meest voorkomende tumor van het perifere zenuwstelsel. Perifere zenuweschwannomen worden steeds vaker in de neurochirurgische praktijk gezien, mede ten gevolge van het vaker toepassen van MRI.¹ De resultaten met chirurgische behandeling zijn verbeterd, waardoor zeker bij patiënten met klachten steeds vaker wordt overgegaan tot operatie in plaats van een afwachtend beleid.^{2,3} In dit artikel worden de resultaten gepresenteerd van 66 schwannomen die tussen begin 2013 en eind 2019 in het Haaglanden Medisch Centrum zijn geopereerd (zie *Tabel 1* op pagina 243). Hierbij wordt specifiek ingegaan op de presentatie, het aanvullend onderzoek, de differentiaaldiagnose, en de techniek van operatie door middel van intracapsulaire resectie.

ANATOMIE EN PATHOGENESE

Schwannomen kunnen overal in het perifere zenuwstelsel

voorkomen, waarbij er predilectieplaatsen zijn, enerzijds veroorzaakt door de natuurlijke beknellingspunten, waardoor de tumor zich makkelijker openbaart, anderzijds door de grotere hoeveelheid zenuwweefsel ter plaatse (zoals de plexus brachialis).

De meeste enkelvoudige schwannomen komen sporadisch voor. Dat wil zeggen dat er geen bekende onderliggende genetische afwijking is. Bij het ziektebeeld schwannomatosis heeft de patiënt meerdere schwannomen en is een genetische origine aangetoond.^{4,5} Bij het andere, veel minder vaak voorkomende type zenuwtumor, het neurofibroom, is er een sterke relatie met NF1 (ziekte van Von Recklinghausen).^{6,7} Schwannomen komen bij dit niet-zeldzame tumorpredilectiesyndroom niet vaker voor (zie *Tabel 2* op pagina 244).

Karakteristiek voor het schwannoom is dat de tumor van een enkele fascikel uitgaat en erg langzaam groeit. Daardoor is het schwannoom met een pseudokapsel afgeschermd van

¹neurochirurg, afdeling Neurochirurgie, Haaglanden Medisch Centrum, Den Haag.

Correspondentie graag richten aan: dhr. drs. A. Kloet, Haaglanden Medisch Centrum, afdeling Neurochirurgie, Postbus 432, 2501 CK Den Haag, tel.: 088 797 97 00, e-mailadres: f.kloet@haaglandenmc.nl

Belangenconflict: geen gemeld. Financiële ondersteuning: geen gemeld.

Trefwoorden: neurofibroom, neurofibromatose, operatietechniek, perifere zenuwschedetumor, schwannoom.

Keywords: neurofibroma, neurofibromatosis, operation technique, peripheral nerve sheath tumors, schwannoma.

Dankwoord: de auteurs bedanken Maartje Kunen voor de anatomische tekeningen.

ONTVANGEN 3 APRIL 2020, GEACCEPTEERD 13 JULI 2020.

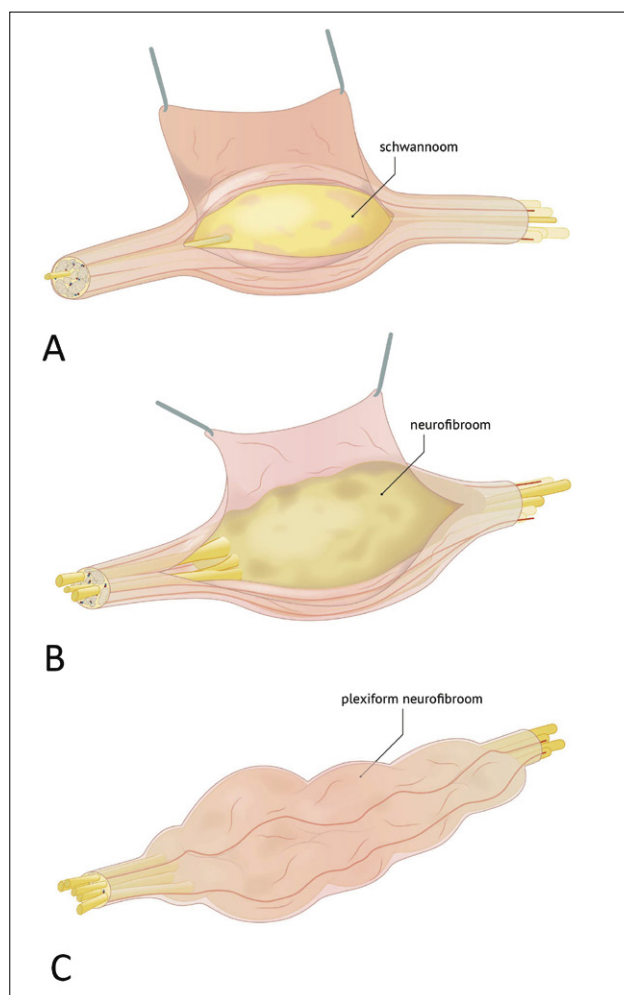
TABEL 1. Lokalisaties van de 66 schwannomen geopereerd tussen begin 2013 en eind 2019 in het Haaglanden Medisch Centrum.

Lokalisatie schwannoom	aantal
Hoofd-halsgebied	2
n. vagus	1
n. hypoglossus	1
Bovenste extremiteit	24
plexus brachialis	4
n. ulnaris	9
n. medianus	5
n. radialis	1
n. radialis superficialis	1
subcutaan	3
overig (diep)	1
Onderste extremiteit	40
n. ischiadicus	3
n. tibialis	2
n. peroneus	9
n. femoralis cutaneus lateralis	1
n. suralis	3
n. peroneus superficialis	3
n. tibialis posterior	6
n. calcaneus	1
n. plantaris medialis	2
n. plantaris lateralis	1
subcutaan	5
overig (diep)	4

de rest van de zenuw, wat de chirurgische verwijdering vergemakkelijkt. Bij het neurofibroom daarentegen groeit de tumor meestal rond meerdere zenuwbundels en bij het plexiform neurofibroom (vrijwel uitsluitend voorkomend bij NF1) is er een convoluut van neurofibromen dat de architectuur van de zenuw verstoort (zie *Figuur 1*). Het onderscheid tussen de diverse typen zenuwschedetumoren is soms met MRI te maken, maar de definitieve diagnose wordt verkregen met pathologisch onderzoek.⁸ In dit artikel worden de verschillende histopathologische beelden niet verder in detail behandeld, omdat in 2003 in dit tijdschrift reeds een overzicht hierover is verschenen.⁸

KLINISCH BEELD

Een perifere zenuwschwannoom uit zich meestal met lokale zwelling, vaak in combinatie met een positief teken van Tinel (in ongeveer 80% van de gevallen).⁹⁻¹¹ Bij deze test - oorspronkelijk door Jules Tinel beschreven voor de evaluatie van zenuwherstel (regeneratie) van beschadigde zenuwen - wordt door middel van percussie op de huid over het traject van de onderliggende zenuw elektrische sensatie in het ver-



FIGUUR 1. Anatomische tekening van verschillende typen zenuwtumoren. **(A)** Het schwannoom is een ellipsoïde of bolronde, opvallend geel gekleurde tumor, scherp afgegrensd, omgeven door een dun vlies en een collageen pseudokapsel waarin zich functionerende zenuwfascicels bevinden. **(B)** Het neurofibroom is een vaak wat onregelmatiger begrensde zwelling die uitgaat van meerdere fascikelbundels. **(C)** Het plexiform neurofibroom is een convoluut van neurofibromen dat meestal de gehele architectuur van de zenuw verstoort.

zorgingsgebied van de zenuw opgewekt. Deze test wordt frequent toegepast bij de diagnostiek van schwannomen.¹² Patiënten ervaren de aanraking veelal als zeer hinderlijk, wat voor hen reden is om te kiezen voor chirurgische verwijdering. De klachten kunnen niet alleen door aanraking worden uitgelokt, maar ook door beweging (wanneer het schwannoom gelokaliseerd is rondom een gewricht) of tijdens zitten of liggen op de aangedane plek. Spontaan optreden van pijnklachten (dus niet gerelateerd aan een bepaalde beweging of positie) past minder goed bij een schwannoom. In dat geval dient men alert te zijn op de mogelijkheid van een ander type tumor, waaronder een maligne zenuwsche-

TABEL 2. Kenmerken van NF1, NF2 en schwannomatosis (ook wel NF3 genoemd).

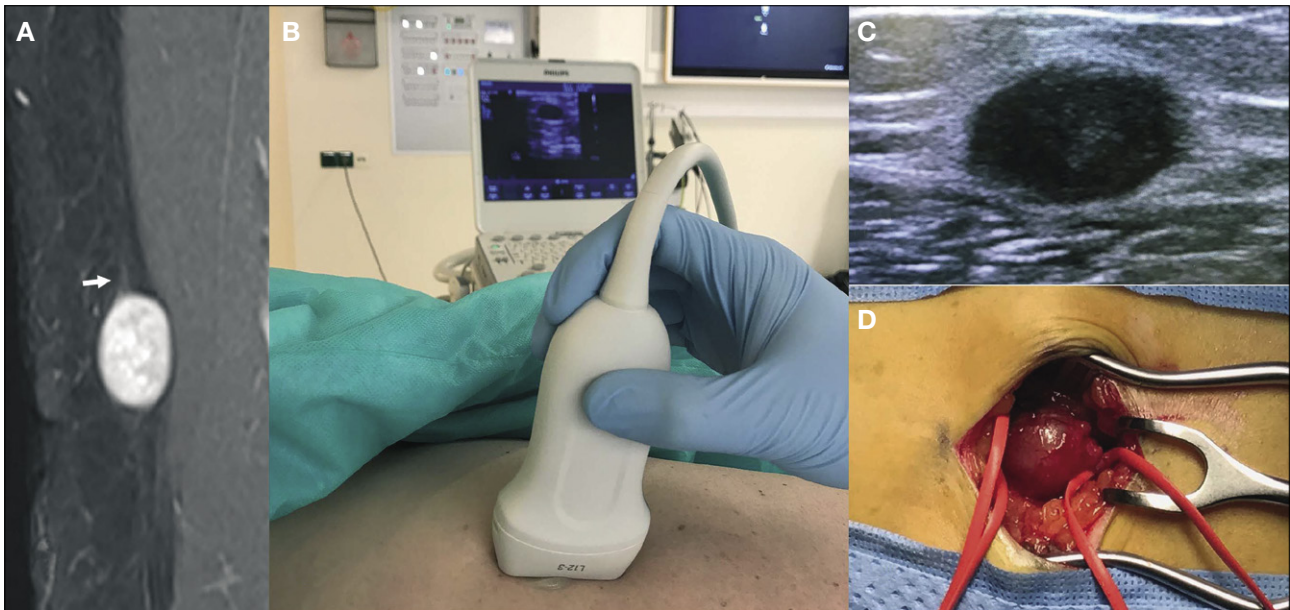
	NF1	NF2	NF3
Synoniem	Von Recklinghausen		schwannomatosis
Voorkomen	1:2500 – 1:3600	1:40.000 – 1:87.000	0,58/1.000.000 2-4% schwannomen
Overerfelijkheid	50% (AD)	50% (AD)	20-50% (AD), soms mozaïek en segmentaal voorkomend
Varianten		Wishart	
		Gardner	
Mutatie	NF1-gen: chr 17q11.2	NF2-gen: chr 22q12	SMARCCB1-gen
Stof	neurofibromin	merlin	
Perifere zenuwtumoren	neurofibroom	bilateraal vestibulair schwannoom	multiple schwannomen in perifere zenuwen
	plexiform neurofibroom	schwannoom andere HZ	geen intradermale schwannomen
		schwannoom perifere zenuwen	plexiform schwannoom
		plexiform schwannoom	
CNS-tumoren	opticusglioos	meningeoom	soms vestibulair schwannoom
	ponsglioos	ependymoom	
	astrocytoom	glioos	
		opticusmeningeoom	
Overige tumoren	feochromocytoom	intradermale schwannomen	
	JCML		
	rhabdomyosarcoom		
	fibrosarcoom		
	plaveiselcelcarcinoom		
	carcinoïd		
Overige afwijkingen	café-au-lait-vlekken	cataract	chronische pijn
	'freckling' axillair inguinaal	epiretinaal membraan	
	Lish-noduli		
	ossale laesie		
	scoliose		
	klein postuur		
	macrocefalie		
	xanthogranulomen		
	hypertensie		

AD=autosomaal dominant, chr=chromosoom, CNS=centraal zenuwstelsel, HZ=hersenzenuw, JCML=juvenile chronische myeloïde leukemie.

detumor ('malignant peripheral nerve sheath tumor': MPNST).¹¹

Doordat een schwannoom langzaam groeit en normaal zenuwweefsel opzij drukt, treedt sensibele of motorische uitval nauwelijks op, en als het optreedt, dan pas in een late fase. In sommige artikelen wordt gerapporteerd dat neurologische uitvalsverschijnselen optreden bij 10-30% van de gevallen, en dan vooral gevoelsstoornissen, maar dit betreffen vaak retrospectieve series vanuit tertiaire centra. In die centra worden over het algemeen grotere tumoren geopereerd, die soms al eerder zijn gebiopteerd en zelfs geopereerd. Deze vormen geen goede afspiegeling van de stan-

daard neurochirurgische praktijk.^{6,13} In de serie van 62 patiënten met in totaal 66 schwannomen die in het Haaglanden Medisch Centrum zijn geopereerd had niemand motorische uitval. Van deze 62 patiënten waren er 2 eerder geopereerd en was slechts bij 1 patiënt preoperatief een percutane biopsie verricht. Sensibele stoornissen voor de operatie werden bij 20% van de Haagse serie gevonden, met name bij patiënten met een schwannoom in de nervus ulnaris in de bovenarm, de n. peroneus ter hoogte van de knie, de n. tibialis posterior ter hoogte van de tarsale tunnel, en bij de patiënt die zich presenteerde met klachten van meralgia paresthetica (zie Figuur 2 op pagina 245). Motori-



FIGUUR 2. Casus van een schwannoom in de nervus cutaneus femoralis lateralis. **(A)** Transversale T1-gewogen opname na contrast toont een 'string sign' (pijl). **(B)** Preoperatieve lokalisatie van het schwannoom met behulp van een echo-apparaat op de operatiekamer. **(C)** Foto van het scherm van de echo toont een echo-arme laesie met een evidente fasciculaire opbouw van de zenuw proximaal en distaal van het schwannoom. **(D)** Intra-operatieve foto van het schwannoom, voordat de intracapsulaire resectie is uitgevoerd. De zenuw is proximaal en distaal van de zwelling geteugeld met behulp van rode vaatteugels.

sche uitval treedt zelden op en zeker wanneer deze in korte tijd is ontstaan dient men bedacht te zijn op de mogelijkheid van afwijkende pathologie, zoals een MPNST.

Verder is het tijdens het lichamelijk onderzoek, naast het teken van Tinel, van belang te beoordelen of de zwelling los ligt van de onderlaag; kenmerkend voor een schwannoom is dat de tumor wel gemakkelijk opzij te bewegen is, maar niet in het lengteverloop van de zenuw.⁷ Het laatste is natuurlijk ook afhankelijk van de grootte en lokalisatie. Zo zal een tumor bij beperkte ruimte, zoals in de tarsale tunnel, minder mobiel zijn en eerder reden tot klachten geven. De in het Haaglanden Medisch Centrum geopereerde patiënten hadden doorgaans kleine schwannomen (gemiddeld 1,9 cm), maar er waren ook patiënten met een grotere tumor die vaak al jaren klachten gaf. De gemiddelde duur van klachten was 2 jaar. De gemiddelde leeftijd waarop het schwannoom optrad was 53 jaar, waarbij driekwart van de patiënten viel in de leeftijdscategorie 30-60 jaar. Er was geen verschil in voorkomen bij mannen of vrouwen, zoals ook eerder gerapporteerd in de literatuur.¹³

AANVULLENDE DIAGNOSTIEK, DIFFERENTIAALDIAGNOSE EN HET NUT VAN BIOPSIE

Alhoewel veel patiënten worden verwezen naar aanleiding van echografisch onderzoek, geven wij er de voorkeur aan

om bij alle patiënten met een verdenking op een schwannoom ook een MRI-scan te verrichten. De reden hiervoor is dat MRI niet alleen van belang is in de differentiaaldiagnose, maar ook om de relatie met omgevende structuren te beoordelen. Dit is belangrijk voor een eventuele operatie. Indien wordt besloten tot een afwachtend beleid, wordt de voorkeur gegeven aan controle met MRI.

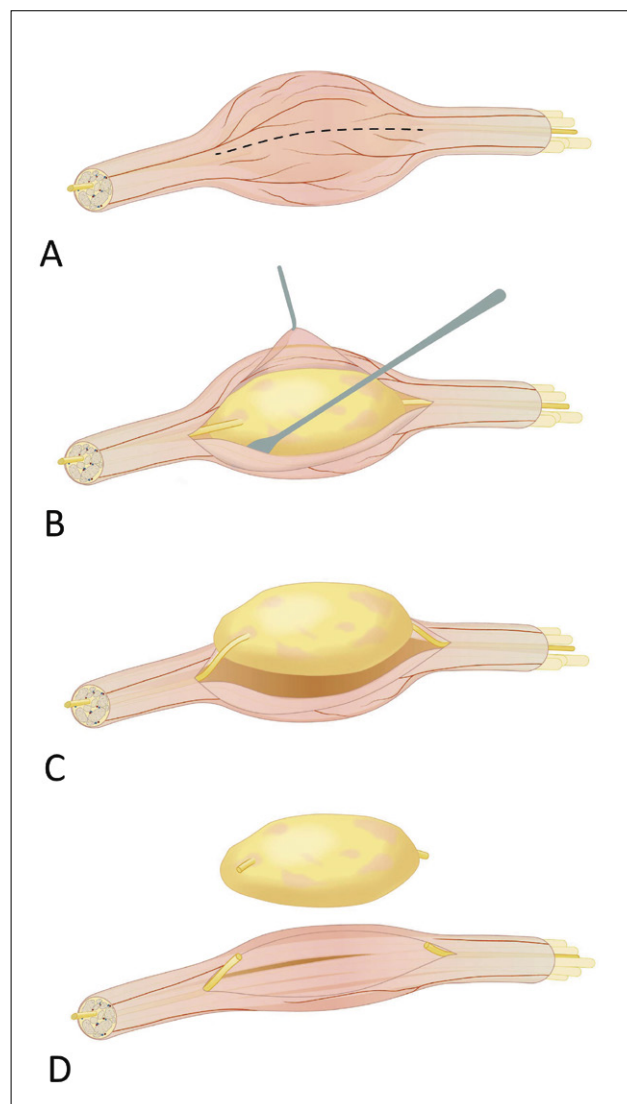
Het kenmerkende beeld van een schwannoom is een ronde of ovale tumor in het verloop van een zenuw, hypo-intens op de T1- en hyperintens op de T2-gewogen opnamen. Er is sterke aankleuring na toediening van intraveneus contrast; dit in tegenstelling tot bij een neurofibroom, waarbij vaak een zogenoemd 'target sign' wordt gevonden (een hyperintense ring met een hypo-intens centrum). Daarnaast kunnen ook een 'split fat sign' (een rand met de dichtheid van vet aan de polen van de tumor taps toelopend) en/of een 'string sign' (ook 'fascicular sign' genoemd; hypo- en hyperintense strengen als visualisatie van uitgespreide fascikels) worden gevonden (zie *Figuur 2A*).¹⁴ Bij afwijkende aankleuring (hypo-intense partijen en een irregulair aspect) dient men bedacht te zijn op de mogelijkheid van een MPNST, maar ook bij benigne schwannomen kan dit voorkomen. FDG-PET/CT heeft dan aanvullende waarde. Deze methode heeft een hogere specificiteit dan een MRI-scan bij MPNST, waardoor de beslissing voor het verdere beleid beter kan worden genomen.^{15,16}

Het verrichten van een percutane biopsie bij een verdenking op een schwannoom, zonder aanwijzingen voor een ander type zenuwtumor, wordt over het algemeen in de literatuur afgeraden.^{15,17} Naast het feit dat patiënten een biopsie vaak als zeer pijnlijk ervaren, kan zenuwschade optreden en wordt chirurgische resectie moeilijker na een biopsie, met een groter risico op postoperatieve uitval en een onvolledige resectie.¹⁵ Tegenstrijdig hiermee is dat in de richtlijn Wekdelentumoren wordt geadviseerd om een biopsie te verrichten bij een grootte van meer dan 3 cm.¹⁸

Bij de keuze van behandeling ('wait and scan', biopsie of chirurgische resectie) spelen de wensen van de patiënt een belangrijke rol; het betreft immers een goedaardige aandoening. Maligne ontaarding komt bij schwannomen niet voor. Daarbij is het belangrijk te realiseren dat bij de keuze voor operatie, er tijdens de operatie altijd nog een open biopsie kan worden verricht bij een macroscopisch afwijkend aspect. Het is wel verstandig om deze besluitvorming door een ervaren specialist te laten uitvoeren, zoals een recente studie uit de Mayo Clinic aantoonde.¹⁷

INTRACAPSULAIRE RESECTIE

In 1905 beschreef Verocay de eerste resectie van een schwannoom die bij het nog niet bestaan van de neurochirurgie aan een algemeen chirurg was voorbehouden en gepaard ging met opoffering van de zenuw. Geleidelijk aan werd selectiever geopereerd, maar werd nog vaak een deel van de zenuw opgeofferd.¹⁹ Dankzij de ontwikkeling van de microscoop en microchirurgische technieken kan een schwannoom tegenwoordig worden verwijderd met een relatief laag risico op postoperatieve uitval (4-6% motorische en 30% sensibele uitval met veelal geleidelijk aan herstel).^{20,21} De operatie wordt onder algehele anesthesie uitgevoerd, waarbij geen verslapping wordt gebruikt in het geval van geplande zenuwstimulatie. De locatie van de tumor (bij dieper gelegen schwannomen) kan worden bepaald met behulp van echografie (zie Figuur 2B), waarmee zowel de lengte van de incisie als de duur van de exploratie kan worden gereduceerd. In eerste instantie wordt de zwelling rondom vrijgeprepareerd, waarbij ook de zenuw proximaal en distaal van de zwelling voldoende wordt vrijgelegd. Dit laatste is van belang om uiteindelijk goed overzicht te hebben over de proximale en distale fascikelbundel waar het schwannoom van uitgaat en manipulatie van normale fascikelbundels tijdens de enucleatie zoveel mogelijk te voorkomen. Vervolgens wordt - eventueel onder microscopische vergroting - het epineurium over het zichtbare gedeelte van de zwelling rondom gestimuleerd met een bipolaire prikkelgeleider met een stroomsterkte van 1 mA, om zo de locatie van eventuele motorische fascikelbundels te bepalen. Op deze manier wordt de plek bepaald waar het epineurium op een veilige manier in de



FIGUUR 3. Techniek van de verschillende stappen bij intracapsulaire resectie van een schwannoom. **(A)** Stippellijn toont opening van het epineurium in de lengterichting. **(B)** Losmaken van het pseudokapsel van het schwannoom met behulp van een taster. **(C)** Nadat het schwannoom rondom is vrijgemaakt kunnen de proximale en distale uitgaande fascikelbundel worden geïdentificeerd. **(D)** In toto resectie na doornemen van proximale en distale uitgaande fascikelbundel.

lengterichting kan worden geopend (zie Figuur 3A). Ook hierbij is het van belang de opening niet te klein te maken, zodat voldoende overzicht kan worden gekregen over de proximale en distale uitgaande fascikelbundels. Vervolgens wordt het pseudokapsel over de tumor (een vlies waar zich ook normale fascikelbundels in kunnen bevinden), met een stomp instrument van het schwannoom losgemaakt (zie Figuur 3B). Het kan soms lastig zijn om hierbij het juiste vlak te vinden, maar vaak heeft het schwannoom een opvallend gele kleur.²² Daarbij kan een schwannoom in het juiste vlak vaak gemakkelijk

AANWIJZINGEN VOOR DE PRAKTIJK

- 1** Bij hinderlijke klachten (gevoelsstoornissen of pijn ten gevolge van aanraking) dient resectie van een schwannoom te worden overwogen. Bij voorkeur dient de operatie te worden uitgevoerd door een chirurg met ervaring in de techniek van intracapsulaire resectie, eventueel in samenwerking met andere specialismen, afhankelijk van de lokalisatie van de tumor.
- 2** Bij pijnklachten in rust (niet gerelateerd aan een bepaalde houding), snelle groei, motorische uitval en/of inhomogene aankleuring op MRI dient men bedacht te zijn op de mogelijkheid van een kwaadaardige zenuwtumor.
- 3** Biopsie is volgens de richtlijn geïndiceerd bij tumoren >3 cm. Bij biopsie is het risico op uitval postoperatief en onvolledige resectie echter vergroot. Bij een sterke verdenking op een schwannoom kan daarom worden afgeweken van de richtlijn. Uiteraard dient dit vooraf te worden besproken met de patiënt.

rondom worden losgemaakt zonder dat het nodig is om de tumor zelf te openen. Vervolgens wordt proximaal de uitgaande fascikelbundel geïdentificeerd en kan gebruik worden gemaakt van elektrische stimulatie. Hierbij dient in principe geen motorische reactie op te treden, omdat de fascikelbundel in de meeste gevallen niet meer functioneert. Indien toch een motorische reactie optreedt, dient men er bedacht op te zijn dat niet het juiste vlak is gevonden en er nog een normale fascikel over de tumor verloopt die gespaard kan worden. Indien er geen motorische reactie is bij stimulatie met een stroomsterkte van 1 mA, dan kan de uitgaande fascikelbundel na coagulatie worden doorgenomen. Deze coagulatie wordt verricht om het risico op een nabloeding te verkleinen. Sommige auteurs beweren dat intracapsulaire resectie gemakkelijker kan worden verricht onder bloedleegte door gebruik te maken van een tourniquet.³ Onze ervaring is dat zonder het gebruik van een tourniquet mogelijke bloedingsplaatsen juist gemakkelijk kunnen worden gecoaguleerd. Om hierbij voldoende overzicht te hebben is het prettig te werken met 2 operateurs, waarbij de ene chirurg de dissectie uitvoert, terwijl de andere chirurg zorgt voor voldoende zicht door middel van hemostase. Na doornemen van de proximale fascikelbundel kan de tumor grotendeels uit het kapsel worden verwijderd en kan vervolgens dezelfde procedure worden uitgevoerd bij de distale fascikelbundel. Hierna kan de tumor in zijn geheel worden verwijderd (zie *Figuur 3C* en *3D* op pagina 246). Na verwijdering van de tumor wordt geverifieerd of de eerder gevonden motorische bundels na stimulatie nog steeds een motorische reactie geven. Het pseudokapsel wordt in situ gelaten. Alhoewel zich daar mogelijk microresten van tumorweefsel in bevinden, weegt de kleine kans op een recidief daarbij niet op tegen het risico op beschadiging van normale zenuw.²³

Uitzonderingen op bovenstaande procedure zijn de intracapsulaire resectie van grotere schwannomen en schwannomen die uitgaan van zeer kleine aftakkingen van sensibele of

motorische zenuwen. Bij grote schwannomen geven de operateurs er de voorkeur aan om na het openen van het pseudokapsel ook het vlies rond het schwannoom te openen en een interne ‘debulking’ uit te voeren om zo manipulatie van omringende, normale fascikelbundels zoveel mogelijk te voorkomen. Bij schwannomen uitgaande van zeer kleine zenuwaftakkingen, die vaak maar bestaan uit een enkele fascikel, is intracapsulaire resectie vaak niet mogelijk en kan het schwannoom in zijn geheel worden verwijderd (bij 11 patiënten in de Haagse serie). Verder dient te worden opgemerkt dat afhankelijk van de lokalisatie van de tumor de exploratie in sommige gevallen (zoals bijvoorbeeld schwannomen in het kleine bekken of het hoofd-halsgebied) het best samen met een ander specialisme kan worden verricht (waaronder KNO, heelkunde en orthopedie).²⁴

De resultaten met intracapsulaire resectie zijn in de literatuur over het algemeen goed (volledige afname van klachten) met een relatief laag risico op postoperatieve motorische uitval. Het risico hierop hangt mede af van de aangedane zenuw (hoger bij grotere motorische zenuwen) en de grootte van de tumor.²⁰ In onze serie van 66 geopereerde schwannomen, waarvan 55 intracapsulaire resecties, werden sensibele stoornissen gevonden in 10 gevallen (18%), voorbijgaande motorische uitval in 3 gevallen (5%) en permanente uitval in slechts 1 geval (1,8%). Bij de meeste patiënten trad na de operatie een verbetering van de pijnklachten op. Slechts 3 patiënten hadden postoperatief tijdelijk pijnklachten in de hand (allen na resectie van een schwannoom in de n. medianus (1) of n. ulnaris (2) in de bovenarm). Bij deze lokalisaties, evenals de nervus peroneus ter hoogte van de knie, trad in de Haagse serie ook postoperatieve uitval op. De vraag blijft dan ook of het verstandiger is laesies op deze plekken met een afwachgend beleid te monitoren of juist een resectie te verrichten wanneer de laesie relatief klein is. Een andere vraag die nog niet is beantwoord, is of aanvullende beeldvorming postoperatief van toegevoegde waarde is, aangezien de kans op een

recidief klein is (volgens een literatuurreview ongeveer 4-8%) en vaak pas laat optreedt.

CONCLUSIE

Schwannomen komen relatief vaak voor. MRI is het onderzoek van keuze, zowel voor diagnostiek, preoperatieve planning als bij het monitoren in het kader van een afwachtend beleid. In het geval van hinderlijke klachten kan een intracapsulaire resectie worden overwogen, waarbij het risico op neurologische schade klein is en de klachten veelal verdwijnen. Persisterende pijn en neurologische uitval zijn alarmsignalen voor afwijkende pathologie, zoals een MPNST, en vereisen een andere aanpak.

REFERENTIES

1. Birk H, et al. Surg Neurol Int 2016;7:80.
2. Montano N, et al. J Neurosurg 2016;125:363-71.
3. Date R, et al. Acta Neurochir (Wien) 2012;154:173-8; discussion 178.
4. Gonzalvo A, et al. J Neurosurg 2011;114:756-62.
5. Caltabiano R, et al. Childs Nerv Syst 2017;33:933-40.
6. Levi AD, et al. Neurosurgery 2010;66:833-40.
7. Kim DH, et al. J Neurosurg 2005;102:246-55.
8. Arts MP, et al. Perifere zenuwtumoren. Tijdsch Neurol Neurochir 2003;104:33-41.
9. Artico M, et al. Acta Neurochir (Wien) 1997;139:1108-16.
10. Knight DM, et al. J Bone Joint Surg Br 2007;89:382-7.
11. Sughrue ME, et al. J Brachial Plex Peripher Nerve Inj 2008;3:6.
12. Tinel J. The 'tingling' sign in peripheral nerve lesions. Kaplan EB, trans. 2nd ed. Philadelphia, PA: WB Saunders; 1978.
13. Guha D, et al. J Neurosurg 2018;128:1226-34.
14. Bhattacharyya AK et al. J Neurooncol 2004;69:335-49.
15. Perez-Roman RJ, et al. Neurosurgery 2020;86:E326-32.
16. Broski SM, et al. Skeletal Radiol 2016;45:1097-105.
17. Pendleton C, et al. Acta Neurochir (Wien) 2020;162:1425-9.
18. Richtlijn Wekdelentumoren. Nederlandse Internisten Vereniging; 2011.
19. Powers CJ, et al. Neurosurg Focus 2007;22:E1.
20. Hirai T, et al. BMC Musculoskelet Disord 2019;20:166.
21. Siqueira MG, et al. Acta Neurochir (Wien) 2013;155:1745-9.
22. Stone JJ, et al. Oper Neurosurg (Hagerstown) 2020;18:60-8.
23. Stone JJ, et al. World Neurosurg 2018;119:e986-90.
24. De Ruiter GC, et al. J Neurosurg 2014;120:1007-8.