

Fibularis neuropathie met dropvoet: anatomisch en radiologisch correlaat

Anouk Agten

promotor :

Dr. Frank WEYNS

Prof. Dr. Herlinde VANORMELINGEN

co-promotor :

dr. Peter ADRIAENSENS

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	I
Afkortingenlijst	II
Voorwoord	III
Samenvatting	IV
1 Inleiding	1
1.1 Literatuuroverzicht	2
1.2 Perifere neuropathie	3
1.3 Nervus fibularis	5
1.3.1 Anatomie	5
1.3.2 Vascularisatie	8
1.4 Inklemmingsneuropathie van de nervus fibularis	9
1.4.1 Symptomen.....	10
1.4.2 Diagnose.....	11
1.5 Doelstelling	14
2 Materialen en methoden	15
2.1 Dissectie	15
2.1.1 Macrodissectie.....	15
2.1.2 Microdissectie	16
2.2 MRI	17
2.2.1 Hoge veldsterkte MRI	21
2.2.2 Klinische MRI	21
2.3 Lichtmicroscopie.....	21
3 Resultaten	22
3.1 Structuren in de fossa poplitea	22
3.2 Vascularisatie	25
3.3 Microanatomie van n. fibularis	33
3.3.1 Densiteit van de zenuwvezels	33
3.3.2 Structuren rond de zenuwvezels.....	35
3.3.3 Ligging van de zenuwen ten opzichte van andere structuren.....	38
3.4 Vergelijking met klinische MRI beelden van een patiënt met dropvoet.....	39
4 Discussie.....	42
Referenties.....	48

Afkortingenlijst

n.	nervus
a.	arteria
L	lumbaal
S	sacraal
m.	musculus
EMG	elektromyografie
CT	computer tomografie
MRI	magnetische resonantie imaging
v.	vena
RF puls	radiofrequentie puls
TE	echotijd
TR	repetitietijd

Voorwoord

Bij het schrijven van deze thesis dringt het pas echt tot je door dat je aan het einde van een universitaire studie staat. Het studentenleven loopt stilletjes ten einde. Het waren vier jaren waarin niet alles van een leien dakje liep, toch kan ik terugblikken op een geweldige tijd. Hiervoor wil ik graag iedereen bedanken die me gedurende mijn studie geholpen en gesteund heeft.

Het schrijven van deze thesis sluit een leerrijk hoofdstuk van mijn leven af. Ik wil van deze gelegenheid dan ook even gebruik maken om aan alle mensen die me geholpen hebben tijdens mijn stage en bij het schrijven van deze thesis mijn oprechte dank te betuigen. Zonder hen was mijn thesis nooit tot stand kunnen komen.

Eerst en vooral wil ik graag mijn promotors, Dr. F. Weyns en Prof. Dr. L. Vanormelingen bedanken voor hun deskundige begeleiding en voor de tijd die ze hebben vrijgemaakt voor het “microscopisch” nalezen en verbeteren van mijn thesis.

Ik wil ook graag mijn dank betuigen aan mijn copromotor Dr. P. Adriaensens voor alle hulp bij de experimenten met de hoge veldsterkte MRI. Verder wil ik M. Jans en M. Sleypen bedanken voor hun hulp bij het histologisch deel van de studie en M. Withofs voor het maken van de nodige foto's. Mijn dank gaat ook uit naar alle personeelsleden van de afdeling morfologie aan de Universiteit Hasselt. Zij stonden steeds klaar om me bij te staan tijdens mijn onderzoek.

Voor de ontspannende momenten tijdens de stage wil ik graag Sofie, Gitte en Esther bedanken. Dankzij hen werd de stress, die toch wel komt kijken bij het schrijven van een thesis, eventjes vergeten. Ik wil ook graag Ann Reyskens bedanken voor de toffe tijd die we samen in ons “bureautje” hebben beleefd, voor alle raad die je me hebt gegeven en voor het luisterend oor dat je voor me was.

Tot slot ben ik mijn ouders enorm dankbaar voor alles wat ze voor mij gedaan hebben. Bedankt dat jullie me de kans hebben gegeven om verder te studeren en dat jullie steeds voor me klaar stonden. Mama, papa, bedankt voor alles.

Samenvatting

Situering en doel: Fibularis neuropathie is de meest voorkomende neuropathie van de onderste ledematen. Het presenteert zich meestal door middel van een dorsiflexie parese van de voetheffers (dropvoet). Meestal is dit een gevolg van een compressie van nervus fibularis profundus. Wanneer er ook sensorische symptomen optreden, is dit gewoonlijk te wijten aan een bijkomende uitval van n. fibularis superficialis. Fibularis neuropathie wordt meestal veroorzaakt door een ‘entrapment’ van deze zenuw ter hoogte van de fibulakop. De doelstelling van ons onderzoek is het zoeken naar micro- of macroanatomische elementen die de pathologie van een dropvoet kunnen verklaren.

Methoden: Vijf humane preparaten werden gedissecteed met de operatiemicroscop. Hierbij werd de nadruk gelegd op de vascularisatie van n. fibularis communis en zijn twee eindtakken. Daarnaast werd een hoge veldsterkte MRI uitgevoerd op een preparaat met een intacte topografische relatie tussen n. fibularis en de fibula. De hoge veldsterkte MRI werd gevolgd door een histologische controle, een trichroomkleuring volgens Masson. Bovendien werden er klinische MRI beelden van een patiënt met een dropvoet ter beschikking gesteld van het onderzoek.

Resultaten: In twee van de vijf preparaten werd tijdens de microdissectie een bloedvat voor n. fibularis gevonden in de fossa poplitea. In beide gevallen was dit bloedvat afkomstig van een musculaire tak van a. poplitea. In twee van de drie preparaten, waarvan het anterior compartiment van het onderbeen werd gedissecteed, werd in deze regio een bloedvat gevonden voor n. fibularis. Met de hoge veldsterkte MRI en de histologie werd aangetoond dat n. fibularis profundus een hogere densiteit aan fascikels heeft dan n. fibularis superficialis. Daarnaast werd door middel van de MRI beelden duidelijk dat n. fibularis profundus dichter tegen fibula en de “scherpe” rand van de tunnel gelegen is dan n. fibularis superficialis. De klinische MRI beelden toonden aan dat er intraneuraal oedeem werd gevormd op het moment dat de zenuw de fibulaire tunnel binnen gaat.

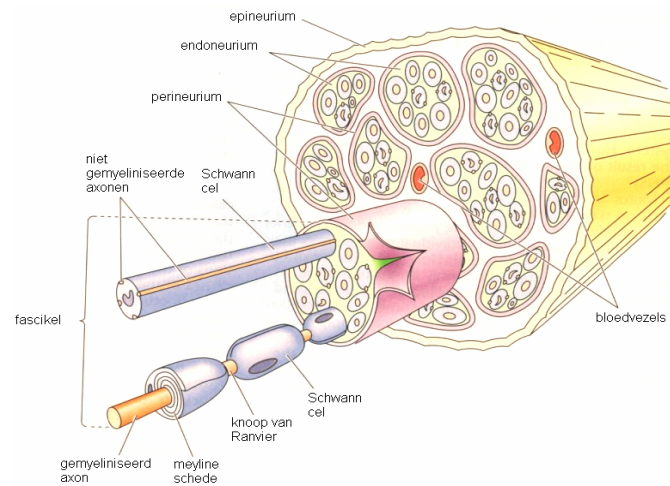
Conclusie: Vergeleken met andere zenuwen, zoals n. tibialis, is de vascularisatie van n. fibularis communis beperkt. Hierdoor is n. fibularis communis meer vatbaar voor ischemie wanneer er compressie optreedt op de zenuw. De vascularisatie, de ligging ten opzichte van andere structuren (fibulanek, fibulaire tunnel) en de micro-anatomie van de twee eindtakken van n. fibularis communis kunnen verklaren waarom n. fibularis profundus vaker en ernstiger betrokken is bij een fibularis neuropathie met dropvoet.

1 Inleiding

Fibularis neuropathie presenteert zich meestal door middel van een dorsiflexie parese van de voetheffers (dropvoet). Meestal is dit een gevolg van een compressie ter hoogte van nervus (n.) fibularis profundus. Wanneer er ook sensorische symptomen optreden, is dit gewoonlijk te wijten aan een bijkomende uitval van n. fibularis superficialis. Fibularis neuropathie wordt meestal veroorzaakt door een 'entrapment' van deze zenuw ter hoogte van de fibulakop (1). Om de 'entrapment' neuropathie te onderzoeken, is inzicht in de normale anatomie van de betrokken zenuw, alsook van de omliggende structuren van primordiaal belang.

Perifere zenuwen bevatten duizenden axonen. Bij grote zenuwen, zoals n. ischiadicus, kunnen er dat zelfs tienduizenden zijn. Individuele axonen zijn omringd door steunweefsel, hier endoneurium genoemd. Axonen zijn gebundeld in kleine groepen, fascikels, die op hun beurt omringd worden door het perineurium. Een groep fascikels is omgeven door het epineurium en vormt in zijn geheel een zenuw (2). Het epineurium heeft als functie het samenhouden van de verschillende fascikels die samen de zenuw vormen. Naast vetweefsel bevat met epineurium ook bloedvaatjes die de zenuw van bloed voorzien (3). De verschillende soorten steunweefsels die aanwezig zijn in de zenuw spelen een belangrijke beschermende rol. Hierbij is voornamelijk het epineurium van groot belang, aangezien het bescherming biedt tegen zenuwcompressie. Hoe groter de hoeveelheid epineurium in de zenuw, hoe beter de zenuw beschermd is tegen zenuwinklemming (2). De verschillende delen van een perifere zenuw zijn zichtbaar in figuur 1.

Verder kan een onderscheid gemaakt worden tussen gemyeliniseerde en niet-gemyeliniseerde axonen. Bij een gemyeliniseerd axon van een perifere zenuw vormt de Schwann cel de beschermende laag rond het axon. Een Schwann cel draait meerdere lagen van zijn celmembraan rond het axon om zo de myelineschede te vormen. Elk segment van de myelineschede wordt gevormd door één Schwann cel. Tussen de verschillende segmenten zijn de knopen van Ranvier aanwezig, waardoor internodale myelinesegmenten ontstaan. Om de gehele lengte van het axon te myeliniseren, zijn er dus verschillende Schwann cellen nodig. De niet-gemyeliniseerde axonen zijn gelokaliseerd in een invaginatie van het celmembraan van de Schwann cel. Hierbij is het mogelijk dat meerdere axonen gebruik maken van dezelfde Schwann cel (3). Figuur 1 toont duidelijk het verschil tussen niet-gemyeliniseerde en gemyeliniseerde axonen.



Figuur 1. Anatomie van een perifere zenuw

Overgenomen uit Medical physiology (1)

1.1 Literatuuroverzicht

Reeds in 1876 was geweten dat sommige patiënten, die leden aan een chronische ziekte, neuropathie van n. fibularis konden ontwikkelen. Volgens Paget was deze neuropathie te wijten aan een toxine of een infectieuze stof (Paget J. 1876). In 1929 stelde Woltman vast dat meer dan de helft van de 27 patiënten in zijn studie een gewichtsverlies hadden doorgemaakt van gemiddeld 15 kg. Toch werd de neuropathie in die tijd toegewezen aan het ‘met gekruiste benen zitten’ (Woltman HW. 1929). In 1947 werden er door Kaminsky 35 krijgsgevangenen met een fibulaire neuropathie beschreven. Hij schreef de ziekte toe aan het langdurig met gekruiste benen zitten in combinatie met een substantieel gewichtsverlies (Kaminsky F. 1947). Verder schatte Denny-Brown in zijn onderzoek dat tien percent van alle gevangenen, die tijdens de oorlog een noodgedwongen streng dieet moesten ondergaan, een dropvoet hadden ontwikkeld tijdens hun gevangenschap (Denny Brown D. 1947). De eerste studie waarbij een fibularis neuropathie volledig werd toegeschreven aan gewichtsverlies, was een onderzoek van Sherman en Easton in 1977. Bij de onderzochte patiënten werden geen “klassieke uitlokkende factoren” (zoals langdurige bedlegerigheid, zitten met gekruiste benen, ...) vastgesteld. Een gewichtsverlies van gemiddeld 19kg was de enige factor die deze patiënten gemeen hadden. Volgens Sherman en Easton zou een nutritioneel tekort in het dieet van de patiënten de oorzaak kunnen zijn van de neuropathie (4). Later werd ook het verlies aan subcutaan vet tengevolge van vermagering gezien als een mogelijke oorzaak van fibulaire neuropathie. Dit werd verklaard door het feit dat een afname in de hoeveelheid subcutaan vet zou resulteren in een grotere vatbaarheid van n. fibularis voor compressie (5).

Reeds in 1945 suggereerde Sunderland dat de bloedtoevoer van n. fibularis communis kwetsbaar is voor een aantal traumatische en pathologische gebeurtenissen (Sunderland S. 1945). Ferguson en Liversedge stelden in 1954 een aantal gevallen van een dropvoet vast bij patiënten met een lokale vasculaire abnormaliteit (Ferguson FR. 1954). In 1960 werd door Clawson geconstateerd dat ischemie van n. fibularis de oorzaak zou kunnen zijn van een dropvoet (Clawson DK. 1960).

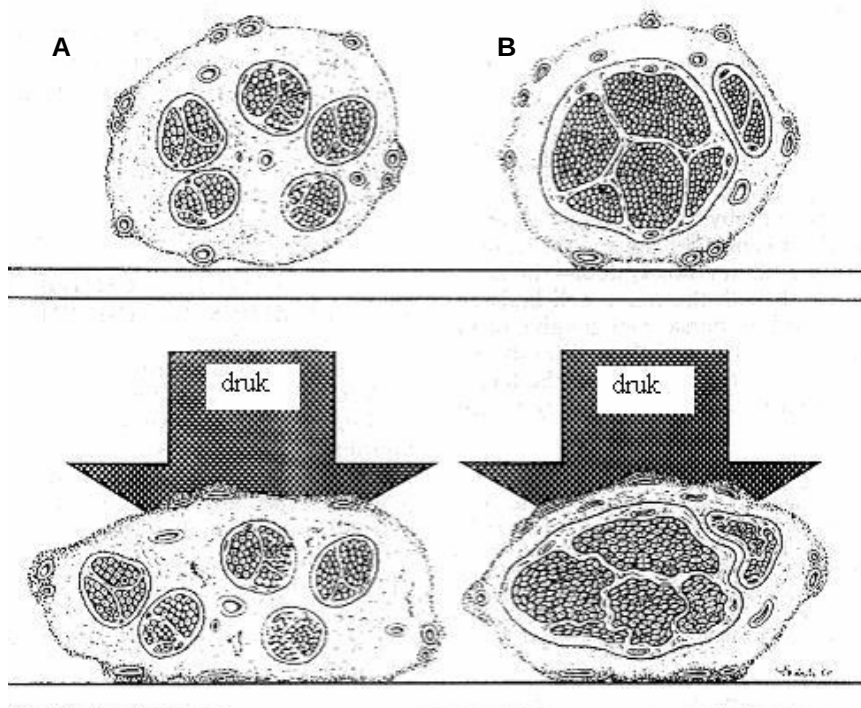
Een ruw beeld van de bloedtoevoer van n. ischiadicus en zijn twee eindtakken is goed beschreven. N. fibularis communis lijkt namelijk zijn bloedtoevoer direct te ontvangen van de cutane en musculaire zijtakken van de arteria (a.) poplitea. In 1898 werd de vascularisatie van de zenuw voor het eerst beschreven door Tonkoff (Tonkoff W.1898). Ondanks de beperkte vascularisatie van n. fibularis is deze zenuw toch enigszins beschermd tegen ischemie door de uitgebreidheid van de anastomoses tussen de verschillende vezels. Hoewel de grote lijnen van de daaropvolgende onderzoeken met elkaar overeenstemden, ontbreken de details over het aantal en de uitgebreidheid van de intraneurale vezels. In 2005 bestudeerde Kadyala et al. eveneens de bloedvoorziening van n. fibularis. Uit hun resultaten bleek dat de bloedtoevoer van het proximale deel van de zenuw afkomstig is van een directe tak van a. poplitea. Deze tak voorziet de zenuw ook van een anastomotische vezel, die in het bindweefsel van de zenuw loopt en samenkomt met de recurrente tak van a. tibialis anterior. Vasa nervorum, afkomstig van deze vezel, gaat de zenuw binnen en splitst asymmetrisch, waardoor een groot segment van de zenuw slechts enkele fijne intraneurale vezels bevat (6).

1.2 Perifere neuropathie

De term “perifere neuropathie verwijst” naar een aandoening van één of meerdere perifere zenuwen (mono- of polyneuropathie) (7). Afhankelijk van de oorzaak, spreekt men van infectieuze, metabole en compressie neuropathie. Deze laatste is de meest voorkomende vorm van neuropathie die ontstaat door samendrukking van een zenuw. Zenuwen die doorheen een fibreuze, osteofibreuze of fibromusculaire tunnel lopen, hebben een verhoogd risico op compressie en bijgevolg op beschadiging. Schade aan de zenuw kan zich enerzijds ontwikkelen door een hoge druk die gedurende korte tijd wordt uitgeoefend op de zenuw en anderzijds door een relatief lage druk die langere tijd blijft bestaan. De symptomen die optreden bij een compressie neuropathie zijn afhankelijk van welke zenuw samengedrukt wordt. De uitval kan motorisch, sensorisch of een mix van beide zijn (8). Wanneer er ter hoogte van een vernauwde anatomische ruimte sprake is van een uitval van de

neurovasculaire elementen, spreekt men van het ‘tunnel syndroom’. Ter hoogte van “anatomische tunnels” kan sneller een compressie neuropathie ontstaan (9).

In figuur 2 zijn de doorsneden van twee verschillende perifere zenuwen zichtbaar. De zenuw in figuur A bevat meer losmazig bindweefsel rond smallere fascikels terwijl de zenuw in figuur B grotere fascikels bevat met kleinere hoeveelheden bindweefsel. Wanneer op beide zenuwen een even grote druk wordt uitgeoefend, zullen de bloedvaatjes in de zenuw met veel bindweefsel niet zo sterk worden samengedrukt als deze in de zenuw met weinig bindweefsel. Hierdoor zal sneller ischemie optreden in de zenuw met een hogere densiteit aan zenuwvezels. Bovendien zullen de axonen in deze zenuw zelf ook gecomprimeerd worden, aangezien er geen of weinig bindweefsel aanwezig is om de druk op te vangen (10).



Figuur 2. Drukuitoefening op perifere zenuwen

Figuur 2A toont een perifere zenuw met veel losmazig bindweefsel die beter bestand is tegen extreme drukken.

Figuur 2B toont een perifere zenuw met weinig bindweefsel die uiterst gevoelig is voor compressie.

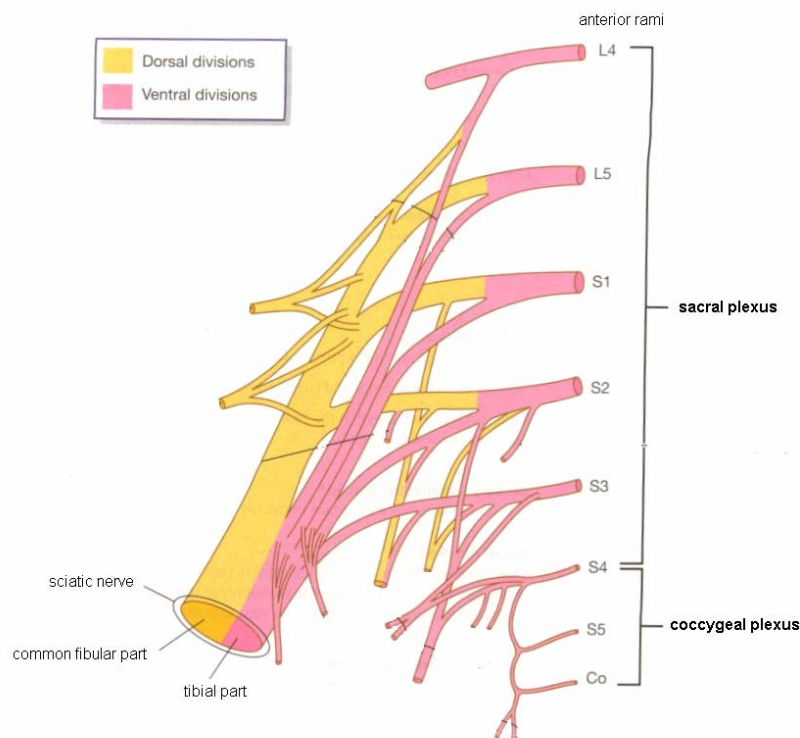
Overgenomen uit Lundborg 1988 (10)

1.3 Nervus fibularis

N. fibularis is een perifere zenuw die vaak wordt getroffen door schade. Lesies van n. fibularis zijn de meest voorkomende zenuwbeschadigingen in het onderste lidmaat (11).

1.3.1 Anatomie

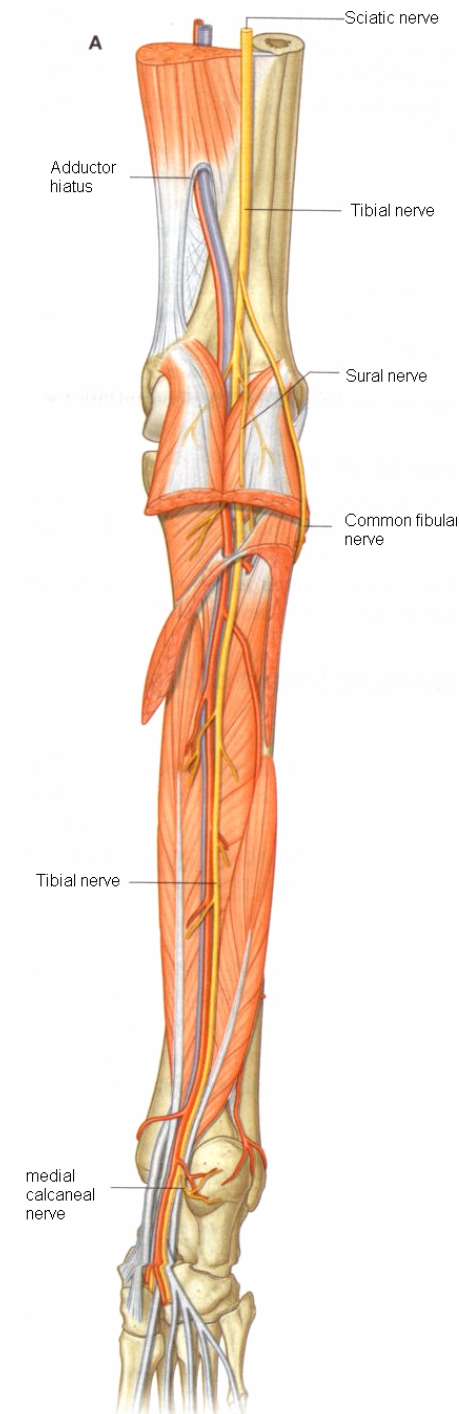
N. ischiadicus is de langste en dikste zenuw in het menselijke lichaam. De vezels van deze zenuw zijn afkomstig van ruggenmergsegmenten lumbaal 4 (L4) tot sacraal 3 (S3). Het tibiale gedeelte van n. ischiadicus bevat vezels afkomstig van L4 tot S3, terwijl het fibulaire gedeelte enkel vezels van L4 tot S2 draagt (figuur 3) (12).



Figuur 3. Afkomst van n. fibularis vanuit de sacrale plexus

Overgenomen uit Gray's Anatomy for Students (13)

De zenuw passeert doorheen de gluteale regio tot aan de fossa poplitea. Meestal is de bifurcatie van n. ischiadicus in zijn twee eindtakken (n. tibialis en n. fibularis communis) gelokaliseerd ter hoogte van het proximale gedeelte van de kniekuil (fossa poplitea), hoewel er een grote individuele variatie heerst wat betreft de precieze locatie (figuur 4) (8).



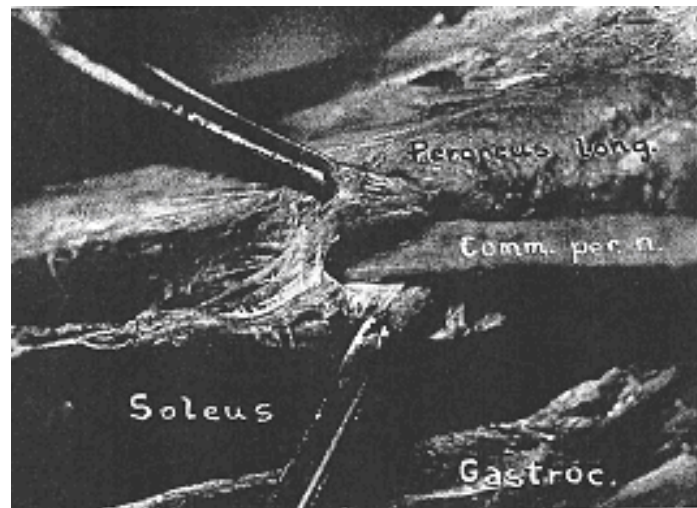
Figuur 4. Splitsing van n. ischiadicus in zijn twee eindtakken: n. tibialis en n. fibularis communis

Overgenomen uit Gray's Anatomy for Students (13)

Het tibiale deel van n. ischiadicus zorgt voor de bezuwering van alle spieren in het posterior compartiment van de dij, met uitzondering van de korte kop van de musculus (m.) biceps femoris die door n. fibularis communis bezuwd wordt. Bovendien innerveert n. tibialis ook de spieren van het posterior compartiment van het onderbeen, alsook de intrinsieke spieren

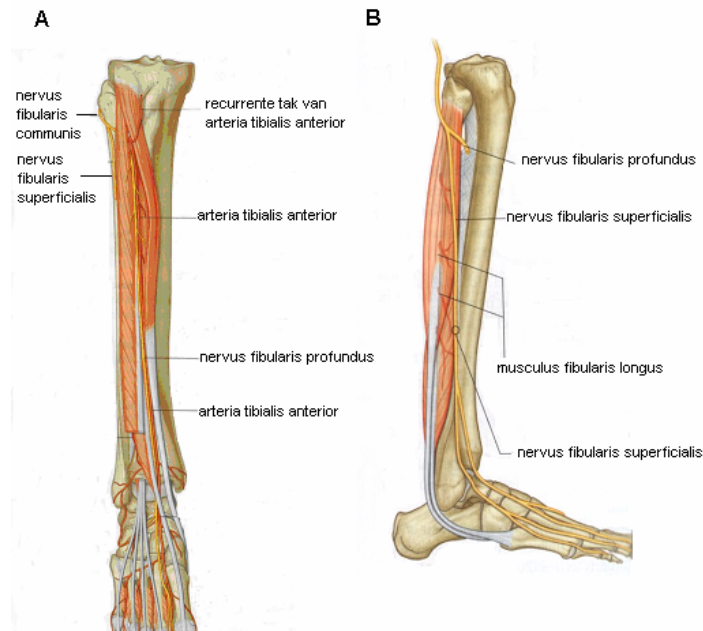
van de voetzool (behalve de eerste twee dorsale interossei spieren), de huid van de posterolaterale zijde van het onderste deel van het been, de huid van de mediale zijde van de enkel en de voet en de huid van de voetzool en de tenen (13).

Direct na de bifurcatie van n. ischiadicus geeft n. fibularis communis de oorsprong aan n. cutaneus surae lateralis en ramus (r.) communicans fibularis. Deze laatste vormt samen met n. cutaneus surae medialis, een tak van n. tibialis, n. suralis. N. fibularis communis draait vervolgens rond de nek van de fibula en passeert hier doorheen de fibulaire tunnel. Deze tunnel is gelegen tussen de rand van m. peroneus longus en de fibulakop. Ongeveer op die plaats splitst n. fibularis communis in zijn twee eindtakken: n. fibularis superficialis en n. fibularis profundus (figuur 5).



Figuur 5. N. fibularis op de plaats dat deze in de fibreuse tunnel duikt

De diepe tak (n. fibularis profundus) is hoofdzakelijk motorisch en bezenuwt de extensoren van de enkel (m. tibialis anterior) en van de tenen (m. extensor hallucis en m. extensor digitorum longus en m. extensor digitorum brevis). N. fibularis profundus eindigt als een sensorische tak, die bestemd is voor de huid tussen de eerste en de tweede teen. De oppervlakkige tak (n. fibularis superficialis) stuurt motorische takken uit naar m. peroneus longus en m. peroneus brevis en heeft verder een sensorische functie. N. fibularis superficialis innerveert de huid van het onderste deel van de laterale aspecten van het been, alsook het dorsum van de voet (figuur 6) (14,15).



Figuur 6. Splitsing van n. fibularis in zijn twee eindtakken

Figuur 6A toont het verdere verloop van de n. fibularis profundus.

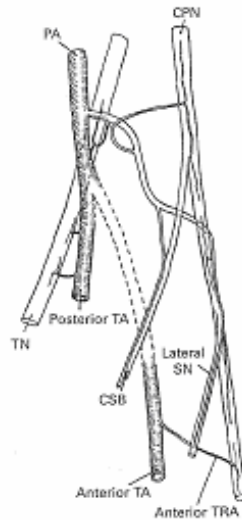
Figuur 6B toont het verloop van n. fibularis superficialis.

Overgenomen uit Gray's Anatomy for Students (13)

1.3.2 Vascularisatie

Kadyala et al. bestudeerden de bloedvoorziening van n. fibularis. In deze studie werd er gebruik gemaakt van enerzijds zes preparaten waarbij de bloedvaten werden ingespoten met een kleurstof en anderzijds dertien preparaten zonder vasculaire injectie. De resultaten in dit onderzoek toonden aan dat 60% van de onderzochte benen eenzelfde patroon van bloedvoorziening vertoonden voor het proximale deel van de n. fibularis. Een enkele arterie takt af van a. poplitea en vervolgt zijn weg lateraal om zo een grote tak af te geven aan n. fibularis communis en een kleine tak aan n. tibialis. Distaal van deze aftakking splitst de arterie zich in een grotere tak die naar r. communicans fibularis loopt en een kleinere tak die naar n. fibularis communis gaat en deze laatste een tijdje volgt. Na het samenlopen met n. fibularis splitst ook deze arterie in een grotere tak die n. cutaneus surae lateralis begeleidt, alsook in een kleiner vaatje dat verder samenloopt met n. fibularis. De dalende tak van dit laatste vaatje vormt een anastomose met de stijgende tak van het vaatje dat afkomstig is van a. recurrens tibialis anterior (figuur 7). Ook El-Barrany et al. toonden aan dat n. fibularis profundus kleine bloedvaatjes ontvangt, die afkomstig zijn van a. tibialis anterior (16). In vergelijking met andere zenuwen zoals n. tibialis, die elke 4 cm een arteriële tak ontvangt,

heeft n. fibularis dus een geringe bloedvoorziening. Dit is voornamelijk uitgesproken ter hoogte van de plaats waar de zenuw doorheen de fibulaire tunnel loopt. Deze zwakke vascularisatie van het segment dat langs de fibulakop loopt, kan in het geval van compressie mogelijk resulteren in ischemische schade ter hoogte van de zenuw (6).



Figuur 7. Schematische voorstelling van de bloedvoorziening van n. fibularis

BF: m. biceps femoris; SM: m. semimembranosus; SO: m. soleus; SN: n. suralis; TA: a. tibialis; TRA: a. recurrens tibialis

Overgenomen uit Kadyala 2005 (6)

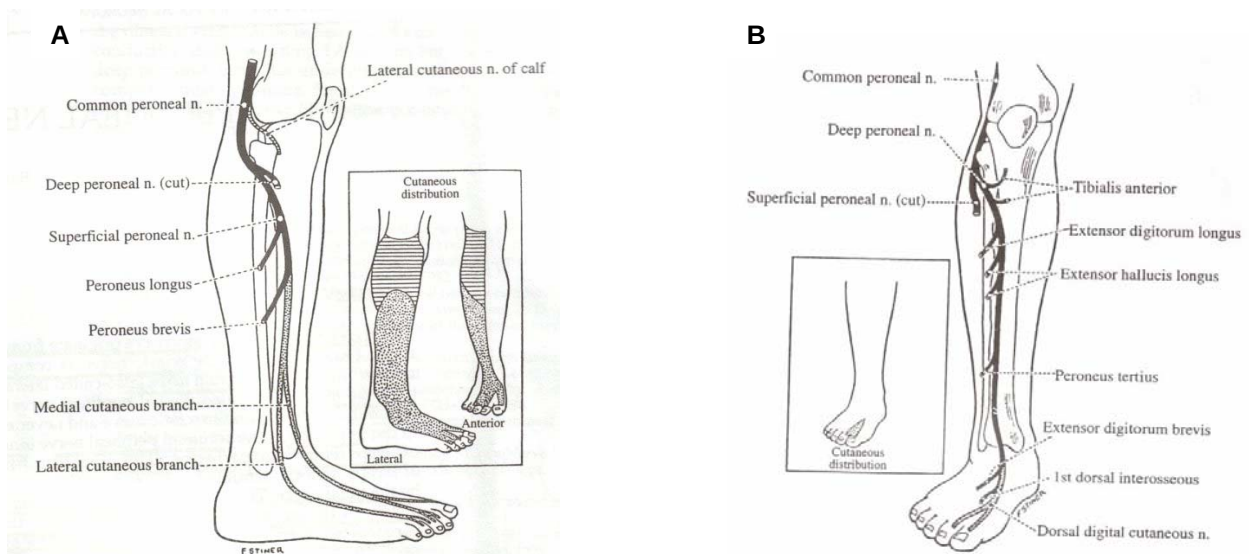
1.4 Inklemmingsneuropathie van de nervus fibularis

De fibularis of peroneus neuropathie is de meest voorkomende neuropathie van de onderste ledematen. Dit heeft onder meer te maken met de microscopische opbouw van de zenuw (figuur 2B). Als n. fibularis van de fossa poplitea naar de fibulanek loopt, verdubbelt het aantal fascikels terwijl de zenuw dezelfde diameter behoudt. Dit heeft tot gevolg dat in dezelfde ruimte twee keer meer fascikels aanwezig zijn. De uitoefening van druk ter hoogte van deze plaats met hoge densiteit, resulteert bijgevolg snel in het dichtdrukken van de bloedvaatjes die aanwezig zijn in het epineurium. De elasticiteit van de zenuw is op deze plaats immers zeer beperkt. Bovendien loopt de zenuw hier door een smalle fibreuze tunnel (11,14,17). Fibularis 'entrapment' is een oorzaak van dropvoet tengevolge van compressie ter hoogte van de fibulakop. De dropvoet ontstaat meestal acuut, maar in sommige gevallen gebeurt het ontstaan subacuut. De uitlokkende factoren correleren goed met de wijze van het ontstaan van een dropvoet. Postoperatieve compressie en direct zenuwtrauma zijn meestal acute lesies, terwijl gewichtsverlies een typische vorm is van een subacute zenuwlesie van n. fibularis (14).

1.4.1 Symptomen

De symptomen van de meeste neuropathieën manifesteren zich gewoonlijk distaal van de plaats van compressie (9). Bij een ernstige motorische uitval kan een dropvoet gedetecteerd worden door het observeren van de wandelbeweging van de patiënt. Om te voorkomen dat zijn tenen de grond raken, zal de patiënt zijn voet hoger moeten heffen bij een voorwaartse beweging. Dit is de zogenaamde hanentred. Wanneer de klachten minder ernstig zijn, kan ‘entrapment’ neuropathie gedetecteerd worden door het uitvoeren van een elektromyografie (EMG).

De zwakte van de voet en de enkel is beperkt tot dorsiflexie van enkel en tenen en tot eversie van de enkel. Enkeleversie is meestal sterker dan enkeldorsiflexie, aangezien n. fibularis superficialis een kleinere betrokkenheid heeft vergeleken met n. fibularis profundus. Inversie van de enkel kan wel normaal worden uitgevoerd, vermits de hiervoor verantwoordelijke spieren bezenuwd worden door n. tibialis. Daarnaast kan er bij sommige patiënten een gevoelsverlies optreden in het scheenbeen of ter hoogte van het dorsum van de voet tengevolge van de belemmering van de sensorische functie van n. fibularis (3,14). Op figuur 8A en 8B zijn de spieren aangegeven die geïnnerveerd worden door respectievelijk n. fibularis superficialis en n. fibularis profundus. De cutane innervatiegebieden van beide zenuwen zijn eveneens weergegeven.



Figuur 8. Innervatiegebieden van n. fibularis

Figuur 8A toont de spieren en de huidgebieden die geïnnerveerd worden door n. fibularis superficialis.

Figuur 8B toont de spieren en de huidgebieden die geïnnerveerd worden door n. fibularis profundus.

Overgenomen uit Katirji 1999 (13)

1.4.2 Diagnose

De diagnose van een perifere zenuwinklemming wordt gesteld op basis van een grondige anamnese, een klinisch onderzoek, electrodiagnostische testen en medische beeldvormingstechnieken.

1.4.2.1 Anamnese

In eerste instantie wordt er aan de patiënt een reeks vragen gesteld die betrekking heeft op eventuele uitlokkende factoren voor het ontstaan van een dropvoet. Deze kunnen van zeer uiteenlopende aard zijn, zoals een recent trauma, extreem gewichtsverlies, het regelmatig kruisen van de benen, diabetes, ... Ook worden er vragen gesteld over de aard en ernst van de symptomen. Het doel van de anamnese is om snel een beeld te krijgen over de ernst van het ziektebeeld (15).

1.4.2.2 Klinisch onderzoek

Na de anamnese wordt er een klinisch onderzoek uitgevoerd, waarbij het zenuwletsel onderzocht wordt met behulp van sensorische en motorische testen. Scherpe pijn, tintelingen, een verminderd gevoel en/of een verhoogde gevoeligheid voor pijn zijn belangrijke symptomen van een sensorische beschadiging. De ernst van deze symptomen kan enkel aangegeven worden door de patiënt (8). De compressieplaats van de zenuw kan geïdentificeerd worden door middel van het Tinel-teken. Indien er lichtjes geklopt wordt op een geknelde zenuw, dan kan dit soms leiden tot tintelingen in het huidgebied dat bezenuwd wordt door de betrokken zenuw. In dit geval is er sprake van een positief Tinel-teken. Wat betreft het motorische onderzoek wordt elke spiergroep, die geïnnerveerd wordt door de pathologische zenuw, apart getest. Deze motorische testen meten de kracht van elke spier afzonderlijk. De patiënten worden door de onderzoeker gevraagd het been te bewegen tegen een bepaalde weerstand. Deze metingen kunnen gekwantificeerd worden door middel van het systeem van 'Medical Research Council'. Op deze manier wordt er een gradatie gegeven volgens de klassificatie van Seddon. Afhankelijk van de spiercontractie wordt er een score gegeven van 0 tot 5. Hierbij staat 5 voor een normale krachtontwikkeling in de spier, 4 voor een contractie van de spier tegen een bepaalde weerstand, 3 voor een contractie van de spier tegen de zwaartekracht, 2 voor een contractie van de spier wanneer de zwaartekracht geëlimineerd is, 1 voor een slechts licht waarneembare contractie en tot slot 0 voor het gebrek

aan contractie. De spieren die niet bezenuwd worden door de pathologische zenuw, vertonen geen afwijkingen (18).

1.4.2.3 Electrodiagnostische testen

De diagnose van een perifere zenuwinklemming wordt gewoonlijk bevestigd door EMG en zenuwgeleidingstesten (19).

EMG wordt gebruikt voor het evalueren van de fysiologische eigenschappen van spieren in rust en tijdens contractie. Een elektromyogram detecteert elektrische potentialen die gegenereerd worden door de spiercellen wanneer deze samentrekken. Een naaldelektrode wordt hiertoe doorheen de huid in het spierweefsel ingebracht, waarna de elektrische activiteit gedetecteerd en weergegeven wordt door een oscilloscoop. De aanwezigheid, de grootte en de vorm van de actiepotentialen geven informatie over de respons van de spier op de zenuwenstimulatie. Een abnormale spontane activiteit zou het gevolg kunnen zijn van een zenuw- of spierbeschadiging. Wanneer de spier in rust is, zouden er geen actiepotentialen mogen ontstaan. Hoe meer de spier wordt samengetrokken, hoe meer spiervezels actiepotentialen zullen genereren en hoe groter het gegenereerde signaal. De volledige contractie van de spier resulteert in het ontstaan van een groep actiepotentialen van verschillende amplitudes (20,21).

De zenuwgeleidingstest bestaat uit twee delen en wordt gebruikt om de functie van de motorische (deel 1) en sensorische (deel 2) zenuwen van het menselijk lichaam te evalueren. Het motorische gedeelte gebeurt door een elektrische stimulatie van een perifere zenuw (in dit geval n. fibularis). De metingen worden hierbij uitgevoerd op de spier die geïnnerveerd wordt door deze zenuw. De uitleesparameter zijn de tijd die nodig is voor de elektrische impuls om van de plaats van stimulatie naar de plaats van meting te gaan (latentie) en de grootte van de respons (amplitude). Ook het sensorische gedeelte wordt onderzocht door een elektrische stimulatie van de zenuw (20,21).

EMG en zenuwgeleidingstesten zijn uiterst bruikbaar bij patiënten met een dropvoet, waarbij fibularis neuropathie de meest waarschijnlijke oorzaak is. De testen kunnen met name bevestigen dat de dropvoet veroorzaakt wordt door een uitval van n. fibularis en niet door andere neuromusculaire oorzaken. N. fibularis is goed bereikbaar voor zenuwstimulatie en bovendien is een EMG eenvoudig uitvoerbaar op de spieren die geïnnerveerd worden door n. fibularis (14).

1.4.2.4 Beeldvormingstechnieken

Wat betreft compressie neuropathie is de diagnose voornamelijk gebaseerd op het klinisch onderzoek en de elektrodiagnostische testen, die een indicatie geven over het niveau en de ernst van de lesie. Deze studies geven echter geen informatie over de anatomie van de zenuw en de omliggende structuren. Toch zijn deze gegevens van belang voor het bepalen van de precieze oorzaak van de compressie (22).

Echografie biedt de mogelijkheid om op een niet-invasieve manier een perifere zenuw te evalueren op het bestaan van mogelijke neuropathieën. Toch wordt deze techniek in de kliniek amper toegepast. De toepasbaarheid van deze techniek neemt immers af wanneer de lesie aanwezig is in n. fibularis profundus. Peer et al. voerden een echografie uit op een gebalsemd preparaat. Ter hoogte van de fossa poplitea kunnen n. fibularis en n. tibialis echografisch eenvoudig gelokaliseerd worden. Een echografie toont ook duidelijk het verschil in densiteit van de fascikels tussen de twee zenuwen. Een beeld ter hoogte van de plaats waar n. fibularis communis splitst in n. fibularis superficialis en n. fibularis profundus, toont aan dat de oppervlakkige tak gemakkelijk gevisualiseerd kan worden, in tegenstelling tot de diepe tak, die moeilijker waarneembaar is (23).

Een andere techniek om de mogelijke oorzaken van een fibularis neuropathie te achterhalen, is computer tomografie (CT). Een CT scan geeft de beste informatie over de beenderige componenten terwijl de weke weefsels gewoonlijk moeilijker evalueerbaar zijn. Wanneer de oorzaak ligt bij een afwijking aan het bot (onder andere een osteofyt, een fractuur, ...), kan dit door middel van CT-scan worden aangetoond (24).

De belangrijkste en meest gebruikte techniek voor het bepalen van de plaats en de etiologie van de zenuwcompressie, is 'Magnetische Resonantie Imaging' (MRI). Deze methode maakt het mogelijk om de pathologische factoren van de zenuw, alsook van de zenuw-gerelateerde lesies te visualiseren. Vermits MRI een gedetailleerd beeld geeft over het te onderzoeken gebied (met inbegrip van de weke delen), is deze techniek superieur ten opzichte van de hoger besproken beeldvormingstechnieken (25). MRI is gebaseerd op informatie over het gedrag van waterstofatomen tengevolge van storingen van een magnetisch veld. De elektromagnetische signalen, die worden uitgezonden door de waterstofatomen, worden gedetecteerd door een reeks sensoren en vervolgens doorgestuurd naar een krachtige computer, die hiermee een beeld construeert (2).

De klinische MRI maakt gebruik van een lage veldsterkte (0.5 – 1.5 Tesla). Door middel van deze techniek worden weefselcontrasten gedetecteerd, waardoor bepaalde structuren zichtbaar worden. Klinische MRI wordt voornamelijk aangewend voor de visualisering van weke

weefsels, onder meer zenuwen. Op experimenteel gebied wordt magnetische resonantie eveneens toegepast voor het bestuderen van bepaalde materialen (vloeistoffen en vaste stoffen). Hierbij wordt gewerkt met hoge veldsterkten (7 – 9.4 Tesla). Deze toestellen hebben een hogere resolutie en worden ook gebruikt in microanatomische studies (26).

1.5 Doelstelling

Fibularis neuropathie is de meest voorkomende neuropathie van de onderste ledematen. Het is een oorzaak van dropvoet ten gevolge van compressie ter hoogte van de fibulakop. Vaak wordt het optreden van een dropvoet gelinkt aan het snel en veel vermageren, het zitten met gekruiste benen, langdurige bedlegerigheid, ... Dit zijn enkele van de klassieke uitlokkende factoren van een dropvoet. Om de precieze oorzaak voor het optreden van een fibularis neuropathie te achterhalen is verder onderzoek noodzakelijk.

De doelstelling van ons onderzoek is het zoeken naar micro- of macroanatomische elementen die de pathologie van een dropvoet kunnen verklaren. Om een goed beeld te krijgen van de vascularisatie van n. fibularis communis worden er semimicroscopische dissecties uitgevoerd. Daarnaast wordt een hoge veldsterkte MRI onderzoek gedaan om de microanatomie van n. fibularis en zijn omliggende structuren in kaart te brengen. Het MRI onderzoek wordt gevolgd door een histologische controle, waarbij wordt gekeken naar een correlatie tussen de MRI beelden en de structuren die histologisch geïdentificeerd kunnen worden. Op deze manier wordt de ligging, de microanatomie en de vascularisatie van n. fibularis communis en zijn twee eindtakken (n. fibularis profundus en n. fibularis superficialis) bestudeerd.

2 Materialen en methoden

In ons onderzoek worden initieel vijf gebalsemde humane specimen (onderste ledematen) gedissecteed, waarna een hoge veldsterkte MRI onderzoek wordt uitgevoerd op een preparaat met een intacte topografische relatie tussen n. fibularis en de fibula. Dit gescande preparaat wordt ten slotte ook lichtmicroscopisch geanalyseerd door middel van een trichroomkleuring volgens Masson.

2.1 Dissectie

De humane preparaten werden gefixeerd met een klassieke balsemvloeistof. Voor de macrodissectie werd gebruik gemaakt van dissectiemateriaal. Wat betreft de microdissectie werd gebruik gemaakt van een operatiemicroscoop en microchirurgisch instrumentarium.

2.1.1 Macrodissectie

Na vrijprepareren van de huid over de fossa poplitea, werd het onderhuidse vetweefsel verwijderd. Hierbij werden de cutane zenuwen zoveel mogelijk intact gelaten. De fascia werd evenwijdig met de laterale rand van de m. biceps femoris ingesneden en vervolgens verwijderd over de fossa poplitea. Dit resulteerde in de blootlegging van de spieren van de posterior zijde van het been (tabel 1).

Tabel 1. Spieren van het posterior compartiment

	<u>Posterior zijde van het bovenbeen</u>
Extensie heup / Flexie knie	m. biceps femoris
	m. semimembranosus
	m. semitendinosus
	<u>Posterior zijde van het onderbeen</u>
Plantair flexie voet / Flexie knie	m. gastrocnemius
	m. plantaris
Plantair flexie voet	m. soleus

Hieropvolgend werd n. ischiadicus in de top van de fossa poplitea gelokaliseerd en naar distaal gevolgd tot aan de splitsing in n. tibialis en n. fibularis. Vervolgens werden vena (v.) poplitea en a. poplitea voorzichtig vrijgelegd, met als doel het voorkomen van beschadiging van de kleine aftakkingen. V. poplitea ligt posterolateraal van de arterie, waardoor de arterie moeilijk bereikbaar is. Om deze reden werd de arterie losgemaakt van de vene. De takjes van a. poplitea werden zorgvuldig bestudeerd en gevolgd. Meer in het bijzonder werd gezocht naar de bloedvoorziening van n. fibularis communis.

Vervolgens werd de huid van de anteriolaterale zijde van het been los geprepareerd waarna het onderhuids vetweefsel werd verwijderd. Er werd een insnede gemaakt in de fascia over de margo anterior van de tibia om de spieren van het anterior compartiment van het been vrij te leggen (tabel 2).

Tabel 2. Spieren van het anteriolateraal compartiment

	<u>Anterior zijde van het onderbeen</u>
Dorsiflexie voet / inversie voet	m. tibialis anterior
Extensie teen / dorsiflexie voet	m. extensor digitorum longus
	m. extensor hallucis longus
Dorsiflexie voet / eversie voet	m. peroneus tertius
	<u>Laterale zijde van het onderbeen</u>
Eversie voet	m. peroneus longus
	m. peroneus brevis

Hieropvolgend werden tussen m. tibialis anterior en m. extensor digitorum longus, de anterior tibiale vaatbundel en n. fibularis profundus vrijgeprepareerd. Daarnaast werd in het anterior compartiment van het onderbeen ook n. fibularis superficialis gesitueerd en vrijgelegd (27).

2.1.2 Microdissectie

Om bij de verdere afwerking van de preparaten te voorkomen dat er kleine structuren beschadigd werden, werd er gebruik gemaakt van een operatiemicroscoop en microchirurgisch materiaal. Hierbij werd a. poplitea volledig vrijgedissecteed. Bijzondere aandacht werd besteed aan de aftakkingen van a. poplitea. N. fibularis werd bestudeerd vanaf de afsplitsing van n. ischiadicus tot aan de fibreuze tunnel.

Bij drie van de vijf preparaten werd vervolgens m. peroneus longus doorgesneden met als doel het volgen van n. fibularis communis over zijn verloop van de posterior zijde naar het anterior compartiment. De bloedvoorziening van n. fibularis profundus en n. fibularis superficialis vanuit zowel het posterior compartiment (a. poplitea) als het anterior compartiment (a. tibialis anterior), werd zorgvuldig vrij gedissecteed en in kaart gebracht.

2.2 MRI

MRI is een medische beeldvormingstechniek die vooral gebruikt wordt voor het verkrijgen van gedetailleerde informatie over zachte weefsels. Het basisprincipe is gebaseerd op de magnetiseerbaarheid van de kern van het waterstofatoom, het proton. In een MRI-onderzoek van menselijk weefsel wordt vooral gebruik gemaakt van waterstofatomen omwille van twee redenen: het proton komt vaak voor in humane weefsels en het gedraagt zich als een staafmagneetje.

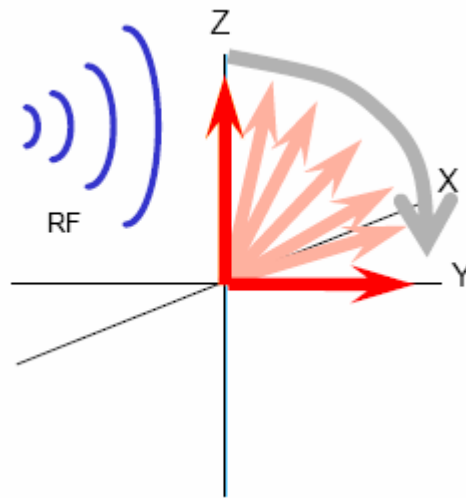
Tijdens een MRI onderzoek wordt de patiënt in een magnetisch veld (B_0) geplaatst. In afwezigheid van een magnetisch veld zullen de spinassen van de waterstofatomen willekeurig geordend zijn. Ten gevolge van het magnetisch veld daarentegen, gaan de spinassen van de waterstofatomen zich oriënteren volgens twee verschillende richtingen. Het merendeel van de kernspins zullen zich in de zelfde richting leggen als B_0 (lage energietoestand), het andere deel van de kernspins ligt antiparallel aan B_0 (hoge energietoestand).

Bovendien maken de kernspins een rond B_0 , de precessiebeweging. De frequentie waarmee de protonen deze beweging uitvoeren wordt weergegeven door de Larmor-relatie:

$$\omega_L = \gamma \cdot B_0$$

De precessie- of Larmor frequentie (ω_L of ω_0) is evenredig met de magnetische veldsterkte (B_0) waarbij de gyromagnetische constante (γ) van de waterstofkern gezien wordt als de evenredigheidsconstante. Als gevolg van de verdeling van de kernspins volgens de Boltzman-verdeling, verkrijgt men de netto magnetisatievector M_0 die in dezelfde richting als B_0 ligt. Om een MRI-signaal te kunnen induceren, moeten de spins van de lage energietoestand in de hoge energietoestand gebracht worden. Dit gebeurt door een RF-zender. Hiermee wordt een radiofrequente puls (RF-puls) aangelegd die aan de Larmor-frequentie is aangepast. De RF zender induceert namelijk een B_1 -veld. De meest gebruikte RF-puls is de 90° -puls, waarbij de

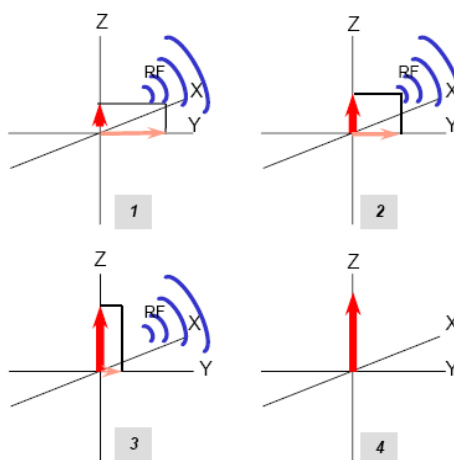
weefselvector M_0 in het transversale vlak wordt gebracht. Enkel in het transversale vlak is de magnetisering meetbaar (figuur 9).



Figuur 9. 90°-puls

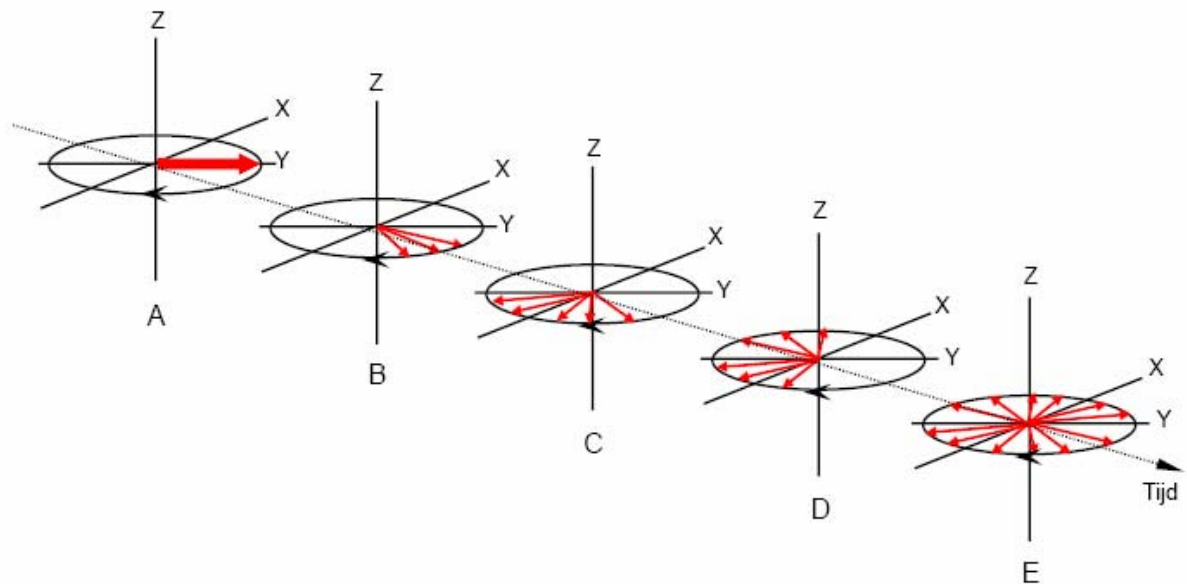
Na dit excitatieproces zal de magnetisatie in het transversale vlak afnemen als gevolg van een aantal relaxatieprocessen, namelijk T_1 - en T_2 - relaxatie.

T_1 -relaxatie of spin-rooster relaxatie is het herstel van de longitudinale magnetisatie na de 90° puls. Bij dit proces komt de energie, die tijdens de 90°-puls geabsorbeerd is, vrij en wordt afgegeven aan de omgeving of rooster (figuur 10).



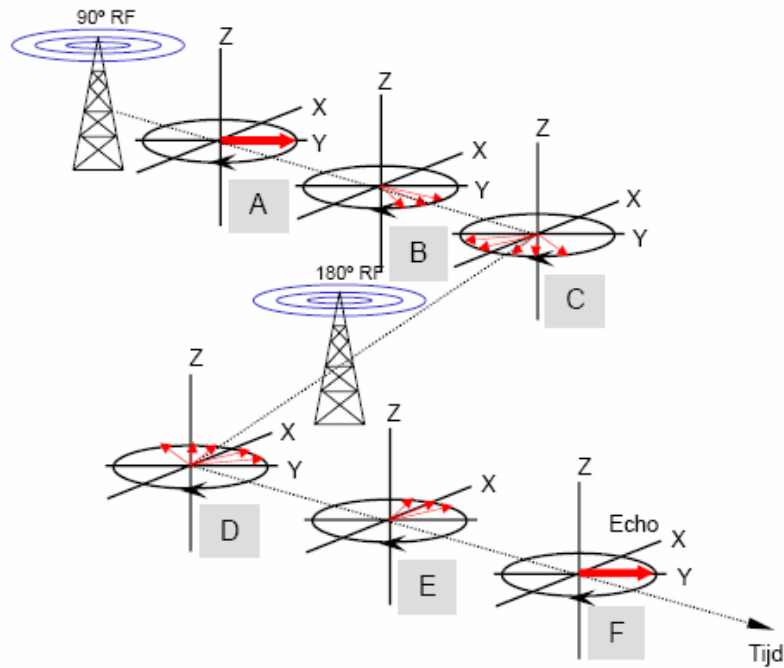
Figuur 10. T_1 -relaxatie

T2-relaxatie of spin-spin relaxatie ontstaat doordat de magnetisatie van de ene spin wordt doorgegeven aan een naburige spin. Op deze manier treedt er een flip-flop beweging op. De T2-relaxatie wordt gedefinieerd als de tijd die nodig is om tot 37% van de originele waarde te defaseren. Als gevolg van de T2-relaxatie zal de transversale magnetisatie doorheen de tijd gaan verdwijnen omdat de samenstellende magnetische dipooltjes gaan defaseren en dus hun samenhang verliezen (figuur 11).



Figuur 11. T2-relaxatie

Het magnetisch veld vertoont een zekere graad van inhomogeniteit. De T2-relaxatie na de 90°-puls wordt veroorzaakt door twee bijdragen: de “echte” T2-relaxatie die weefselafhankelijk is en de snelle defasering ten gevolge van de veldinhomogeniteiten. Om het effect van deze veldinhomogeniteiten uit te sluiten, wordt er gebruik gemaakt van een spin-echo pulssequentie. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een 180°-puls die wordt aangelegd langs de Y-as. Door deze refusserende 180°-puls zullen de vectoren met de snelste frequenties deze met de traagste frequenties terug kunnen inhalen. Op deze manier komen ze uiteindelijk terug samen bij de start van de data acquisitie (figuur 12).



Figuur 12. Spin-echo

De tijdsduur vanaf de 90°-puls tot de detectie van de spin-echo wordt de echotijd (TE) genoemd. De 180° puls wordt altijd uitgezonden op een tijdstip $TE/2$ na de 90° puls. De tijd tussen twee opeenvolgende pulssequenties wordt de repetitietijd (TR) genoemd. Voor de beeldvorming met MRI maakt men gebruik van T_1 -, T_2 - en concentratie-gewogen beelden.

Bij T_2 -gewogen beelden gebruikt men een lange TE waardoor het verschil in transversale magnetisatie tussen verschillende weefsels maximaal is. Door een lange TR te gebruiken, zorgt men dat de longitudinale relaxatie (T_1) niet meespeelt. Hier wordt dus een beeld verkregen op basis van verschillen in T_2 -relaxatietijden.

Bij T_1 -gewogen beelden gebruikt men een relatief korte TR, waardoor het verschil in longitudinale magnetisatie zo groot mogelijk is. Door de TE kort te houden, zal de transversale relaxatie weinig rol spelen. Op deze manier wordt de T_2 -relaxatie uitgeschakeld en zijn de beelden het gevolg van verschillen in T_1 -relaxatietijd tussen de verschillende weefsels.

Voor de concentratie-gewogen beelden wordt er gebruik gemaakt van een lange TR, waardoor de T_1 relaxatie wordt geëlimineerd. Bovendien wordt een korte TE gebruikt, waardoor ook de T_2 -relaxatie minimaal is. Het contrast wordt voornamelijk bepaald door de lokale verschillen in protonconcentratie (28).

2.2.1 Hoge veldsterkte MRI

Het onderzoeksmateriaal voor MRI bestaat uit een gedeelte van de fossa poplitea, met inbegrip van een deel van de fibula. Dit materiaal werd verwijderd uit een gefixeerd humaan preparaat (linkerbeen).

Het MRI onderzoek werd uitgevoerd met een Inova 400 spectrometer, Varian® (9,4 Tesla). Dit toestel is uitgerust met een MRI probe van 25 mm. De beelden werden opgenomen met de multi-slice spin-echo methode. Hiertoe werd gebruik gemaakt van een TR van 3000 ms en een TE van 18 ms. Op deze manier werden concentratie-gewogen beelden bekomen. Elk segment werd gescand in de drie orthogonale dimensies. De resulterende beelden hebben een dikte van 1mm.

2.2.2 Klinische MRI

De hoge veldsterkte MRI beelden werden vergeleken met klinische MRI beelden. Hiervoor werden klinische MRI beelden (in vivo) van een patiënt, met een duidelijke dropvoet, ter beschikking gesteld van het onderzoek. De dropvoet van de patiënt situeerde zich in het linkerbeen. Tijdens het onderzoek werden T1-gewogen, T2-gewogen en concentratie-gewogen beelden gemaakt.

2.3 Lichtmicroscopie

Voor lichtmicroscopische analyse werd het preparaat ontkalkt in HNO₃ 5%. Na ontkalking werd het preparaat in kleinere delen gesneden. Deze delen werden ingebed in paraffine en vervolgens met behulp van een microtroom gesneden tot coupes van 6 µm. Deze coupes werden gekleurd met de trichroomkleuring van Masson, een basiskleuring waarbij de kernen donkerrood kleuren, terwijl het cytoplasma en het bindweefsel respectievelijk een rode en blauwe kleur krijgen. Met deze kleuring kunnen belangrijke structuren (onder andere bloedvaten, bindweefsel, zenuwweefsel, ...) in het preparaat herkend worden (29). De coupes werden ten slotte geanalyseerd met behulp van een lichtmicroscop (Nikon Eclipse 80i, Japan) die uitgerust is met een geautomatiseerde camera (Nikon Digital Sight DS-5M, Japan). Met behulp van het softwareprogramma "LENET" werden de oppervlaktes van de fascikels en van de gehele zenuw gemeten zowel van n. fibularis superficialis als van n. fibularis profundus. Zo werd de verhouding van de totale oppervlakte van alle fascikels tot de oppervlakte van de gehele zenuw berekend.

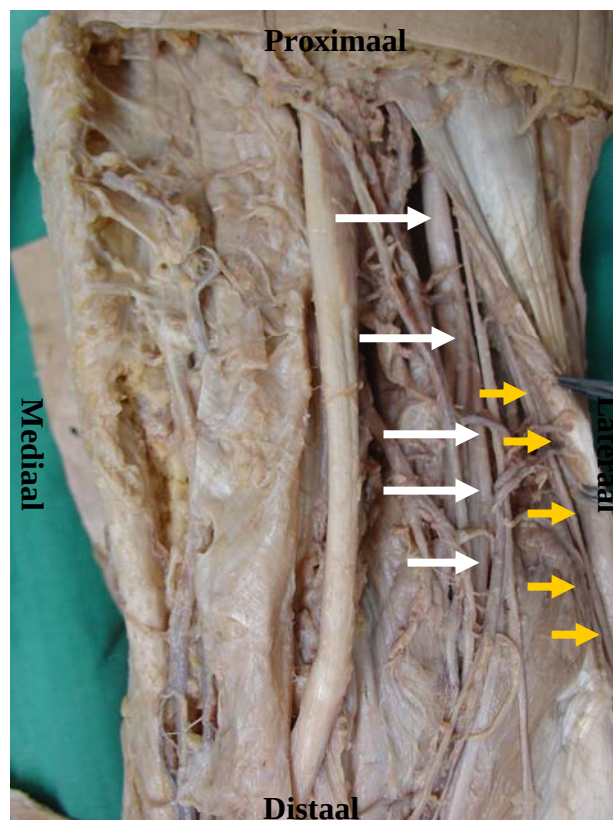
3 Resultaten

Het doel van dit onderzoek is het bestuderen van micro- en macroanatomische elementen, die de morfologie van een dropvoet kunnen verklaren. De bloedvoorziening van n. fibularis communis en zijn twee eindtakken (n. fibularis superficialis en n. fibularis profundus) werd bestudeerd door middel van microdissectie. Daarnaast werd een hoge veldsterkte MRI onderzoek uitgevoerd om de microscopische anatomie van n. fibularis en zijn omgeving in beeld te brengen. Dit werd gevolgd door een histologische controle, trichroomkleuring volgens Masson.

3.1 Structuren in de fossa poplitea

Om de verschillende structuren in de fossa poplitea te beschrijven, werden vijf preparaten gedissecteed met de operatiemicroscoop. Bij vier van de vijf preparaten werd er initieel macrodissectie uitgevoerd, terwijl bij het laatste preparaat, onmiddellijk na de verwijdering van de huid, gedissecteed werd met behulp van een operatiemicroscoop. Bij drie van de vijf specimen werden zowel de fossa poplitea als het anterior compartiment van het onderbeen gedissecteed. Bij de twee overige preparaten werd enkel het posterior compartiment bestudeerd.

N. ischiadicus splits al hoog in de fossa poplitea in n. tibialis en n. fibularis. N. tibialis daalt verticaal doorheen de fossa poplitea en duikt de diepte in langs de rand van m. plantaris, tussen de mediale en laterale kop van m. gastrocnemius. N. fibularis communis verlaat de fossa poplitea langs de laterale zijde en volgt de mediale rand van de pees van m. biceps femoris. Deze zenuw verlaat het posterior compartiment door rond de fibulanek te draaien. Op deze plaats loopt n. fibularis communis doorheen de fibreuze tunnel (figuur 13). Ter hoogte van de fibulanek en dus in de fibreuze tunnel, splitst n. fibularis communis in zijn twee eindtakken: n. fibularis superficialis en n. fibularis profundus. N. fibularis superficialis daalt in het laterale compartiment van het onderbeen, richting m. peroneus longus. N. fibularis profundus loopt verder in het anterior compartiment van het onderbeen.

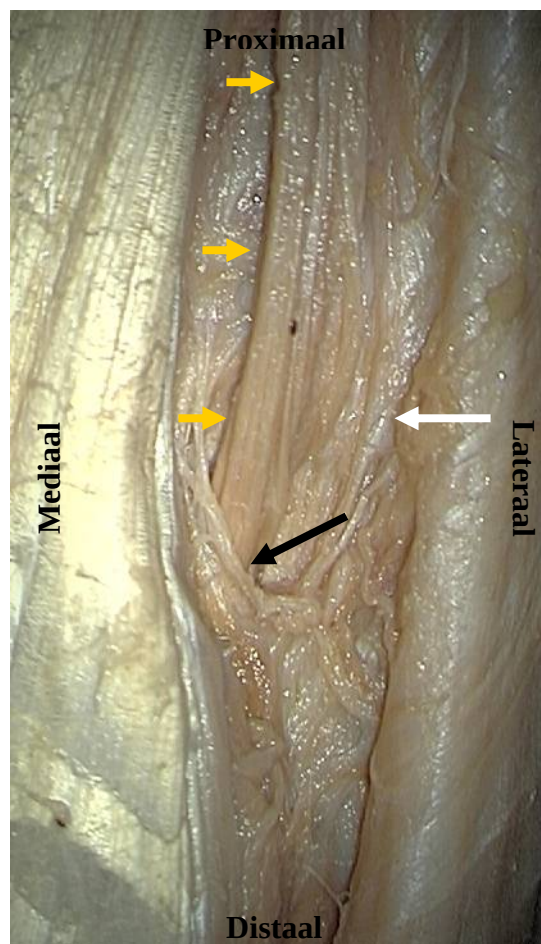


Figuur 13. Verloop van n. tibialis en n. fibularis

Het verloop van n. tibialis in de fossa poplitea tot waar hij de diepte in duikt tussen de mediale en laterale kop van m. gastrocnemius. Het verloop van n. fibularis communis in de fossa poplitea.

witte pijl: n. tibialis; gele pijl: n. fibularis communis.

De fibulaire tunnel bestaat uit een diep gedeelte en een fibreuze boog die aan de oppervlakte is gelegen. Deze boog bestaat uit musculo-aponeurotische vezels gecombineerd met fascia. De aponeurotische vezels zijn afkomstig van m. soleus en m. peroneus longus. N. fibularis communis loopt onder deze boog door naar het anterior compartiment van het onderbeen.



Figuur 14. Fibreuze tunnel

N. fibularis communis duikt de fibreuze tunnel in.

Gele pijl: n. fibularis communis; zwarte pijl: fibreuze tunnel; witte pijl: fibulakop.

Voor het binnengaan van de tunnel, geeft n. fibularis communis oorsprong aan twee cutane takken: enerzijds r. communicans fibularis, die meer distaal samenkomt met de surale tak van n. tibialis om de huid van het meest distale posterolaterale deel van het been te innervieren, anderzijds n. cutaneus surae lateralis, die instaat voor de cutane innervatie van het meest proximale laterale deel van het onderbeen.

A. poplitea verschijnt in de fossa poplitea aan de mediale zijde, onder de rand van m. semimembranosus. De arterie loopt verder distaal met n. tibialis waar ze de diepe regio van het posterior compartiment van het onderbeen induikt. Ze verdwijnt de diepte in tussen m. gastrocnemius en m. soleus, dus ter hoogte van de onderrand van m. popliteus. Daar splitst de arterie zich onmiddellijk in a. tibialis anterior, die naar het anterior compartiment loopt, en a. tibialis posterior, die posterior blijft. V. poplitea loopt posterolateraal van a. poplitea.

Deze bevindingen werden in alle preparaten waargenomen. Toch zijn er kleine individuele variaties in de anatomie.

- De plaats van bifurcatie van n. ischiadicus in zijn twee eindtakken verschilt tussen de preparaten. Bij de meeste preparaten is de bifurcatie gelokaliseerd in het proximale gedeelte van de fossa poplitea. Bij één preparaat is de bifurcatie meer proximaal, dus hoog in het bovenbeen, gelegen.
- Wat betreft het verloop van de cutane takken van n. fibularis (r. communicans fibularis en n. cutaneus suralis lateralis), is de afsplitsing hiervan zeer verschillend tussen de preparaten. In het derde been is de afsplitsing van een surale tak van n. fibularis aanwezig ter hoogte van het proximale deel van de fossa poplitea. Deze surale tak splits distaal in r. communicans fibularis en n. cutaneus suralis lateralis. In de andere benen daarentegen, is deze splitsing eerder proximaal gesitueerd.

3.2 Vascularisatie

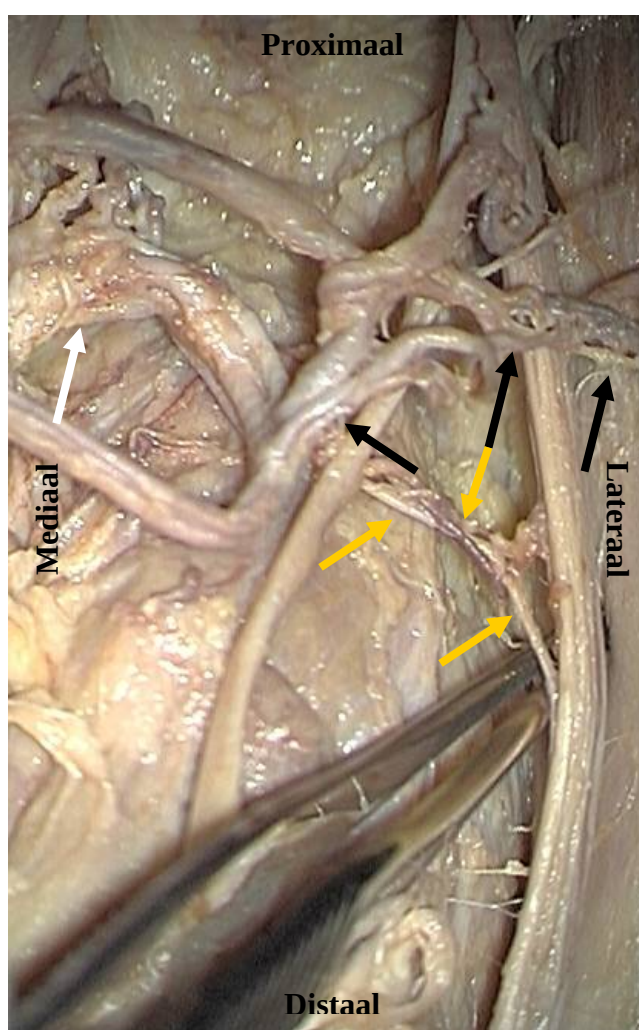
In één van de vier gedissecteerde preparaten, waarbij initieel macrodissectie werd gebruikt, is duidelijk een arterie zichtbaar die zorgt voor de vascularisatie van n. fibularis communis. Dit bloedvat is afkomstig van een musculaire tak, naar m. biceps femoris, van a. poplitea. In de drie andere preparaten daarentegen, zijn vanuit de fossa poplitea geen bloedvaten richting n. fibularis communis zichtbaar. In het preparaat dat onmiddellijk op microscopisch niveau gedissecteerde werd, is ook een bloedvat naar n. fibularis communis gevonden. Dit bloedvat is eveneens afkomstig van een musculaire tak van a. poplitea. In dit preparaat is de musculaire tak bestemd voor de pezen van m. semimembranosus en m. semitendinosus.

Slechts drie van de vijf preparaten werden vanuit het anterior compartiment van het onderbeen gedissecteerde (been 1, 3 en 5). Bij twee van de drie preparaten werd een arterie waargenomen, die aftakt van een musculaire tak, naar m. peroneus longus, van a. tibialis anterior.

Been 1 (rechts)

In het midden van de fossa poplitea takt een arterie af van a. poplitea. Het betreft een musculaire tak voor m. biceps femoris. Deze tak geeft een takje af voor n. tibialis en meer distaal een takje voor n. fibularis communis (figuur 15).

In het anterior compartiment van het onderbeen is een arterie gevonden die zorgt voor de vascularisatie van n. fibularis superficialis. Dit bloedvat is een afsplitsing van een musculaire tak, naar m. peroneus longus, afkomstig van a. tibialis anterior.



Figuur 15. Vascularisatie n. fibularis (been 1)

A. poplitea geeft een musculaire tak voor m. biceps femoris af. Deze tak geeft een takje af voor n. fibularis communis.

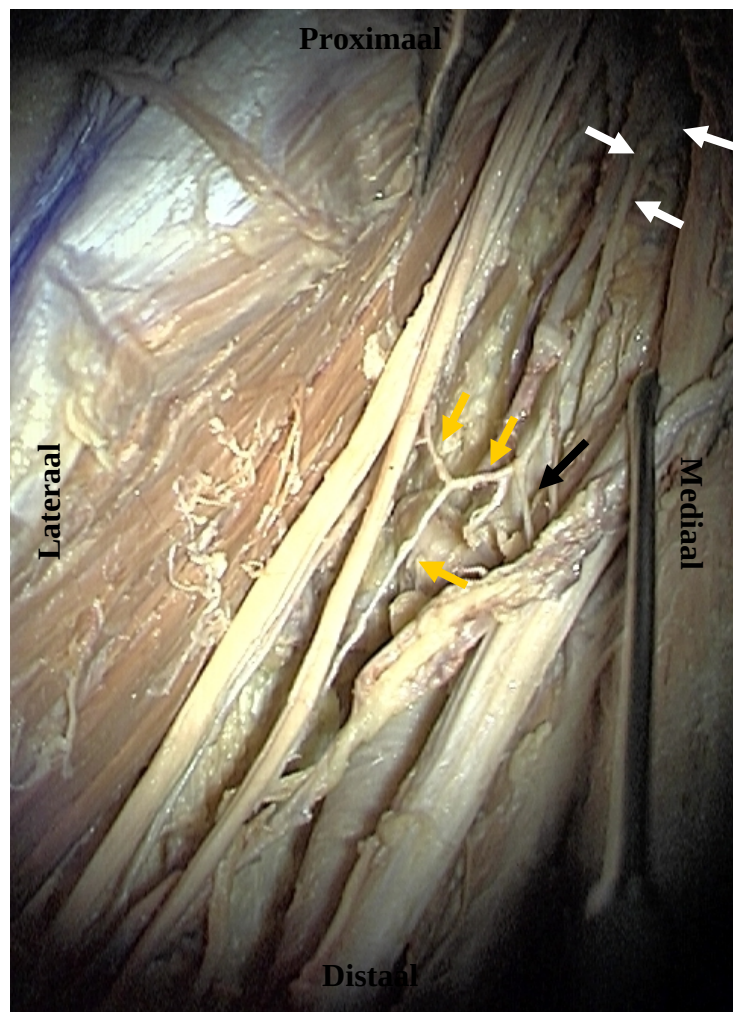
Witte pijl: arterie die afsplitst van a. poplitea; zwarte pijl: musculaire tak voor m. biceps femoris; gele pijl: bloedvaatje voor n. fibularis communis.

Been 2 (rechts)

In de fossa poplitea geeft a. poplitea een musculaire tak af. Deze splitst enerzijds in een tak bestemd voor m. biceps femoris en anderzijds in een tak die naar de pezen van m. semimembranosus en m. semitendinosus loopt. Er is geen arteriële tak, die zorgt voor de bloedvoorziening van n. fibularis communis, zichtbaar.

Been 3 (links)

Proximaal in de fossa poplitea geeft a. poplitea een musculaire tak af. Deze arterie splitst in een tak die naar de pezen van m. semimembranosus en m. semitendinosus loopt en een tak voor m. biceps femoris. Dit laatste bloedvat geeft een klein takje af dat zich splits in een bloedvaatje voor n. tibialis en een bloedvaatje voor de surale tak van n. fibularis communis. Deze surale zenuwvezel splits meer distaal in enerzijds r. communicans fibularis en anderzijds n. cutaneus surae lateralis. In de fossa poplitea was geen bloedvaatje naar n. fibularis communis zichtbaar (figuur 16). In het anterior compartiment van het onderbeen werd geen bloedvat naar n. fibularis aangetoond.



Figuur 16. Vascularisatie n. fibularis (been 3)

A. poplitea geeft takjes af voor de vascularisatie van de verschillende zenuwen in de fossa poplitea.

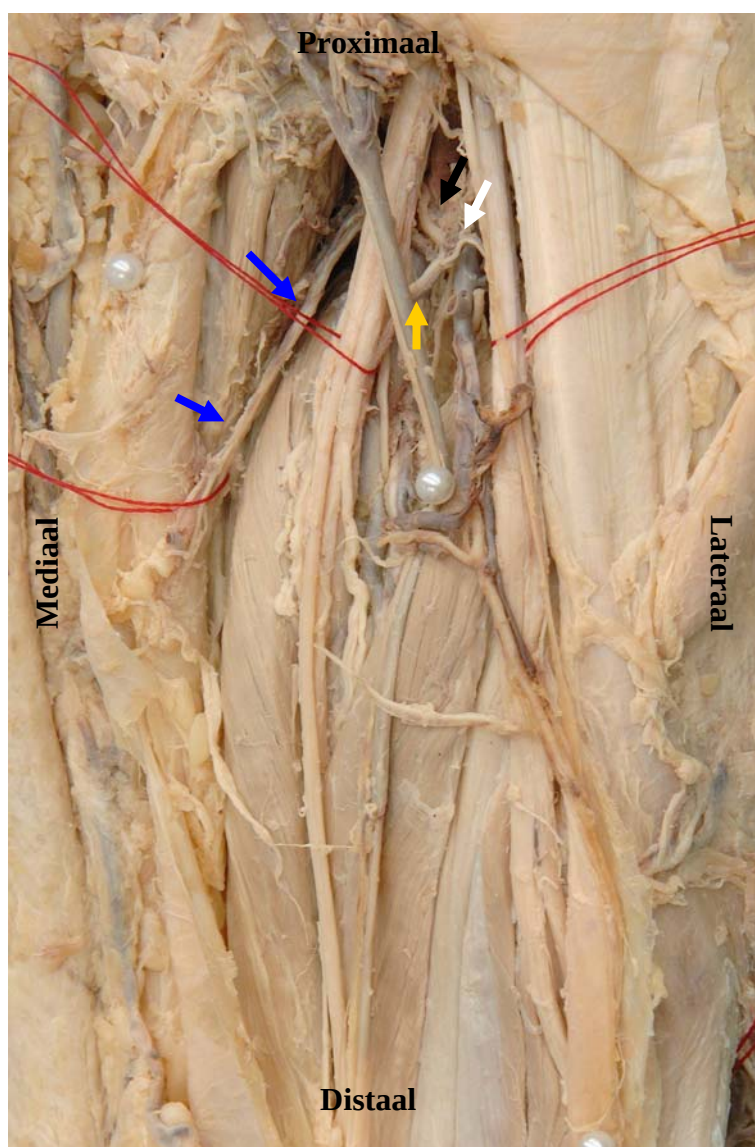
Witte pijl: arterie die aftakt van musculaire tak van a. poplitea; zwarte pijl; bloedvat voor n. tibialis; gele pijl: bloedvat voor surale tak van n. fibularis communis.

Been 4 (links)

In de fossa poplitea geeft a. poplitea twee verschillende musculaire takken af die bestemd zijn voor enerzijds m. semimembranosus en m. semitendinosus en anderzijds m. biceps femoris. Er werd geen bloedvat voor n. fibularis communis in de fossa poplitea vastgesteld.

Been 5 (rechts)

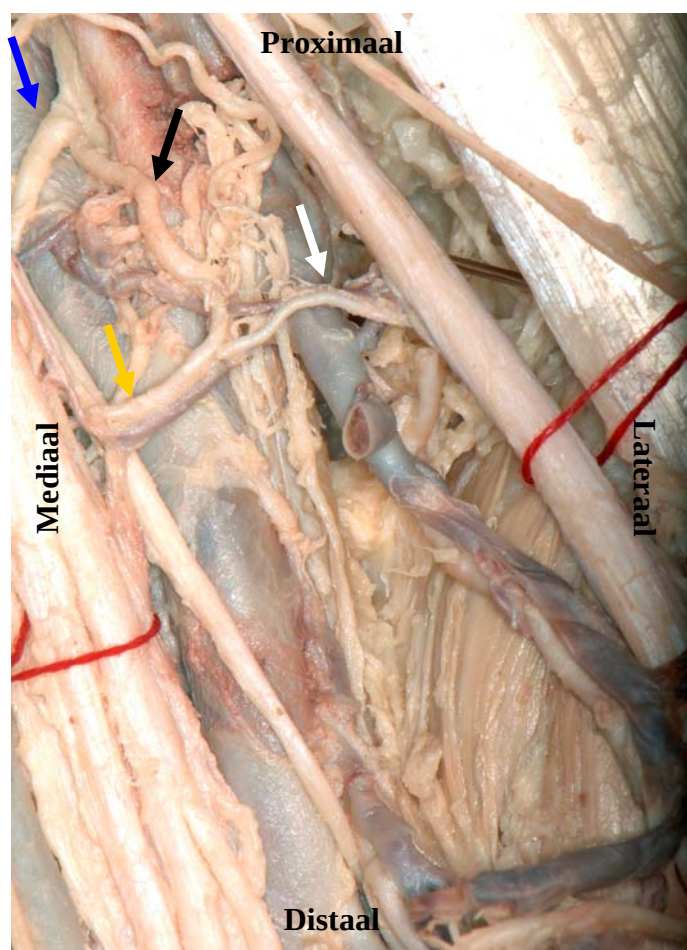
In de fossa poplitea geeft a. poplitea een musculair bloedvat af dat bestemd is voor de pezen van m. semimembranosus en m. semitendinosus. Deze musculaire tak geeft op haar beurt een tak af die splitst in een klein takje voor n. fibularis communis en een groter takje voor n. tibialis (figuur 17, uitvergroting: figuur 18). Het bloedvaatje voor n. fibularis communis wordt opgenomen in het epineurium van de zenuw en kan gevolgd worden tot proximaal van de tunnel.



Figuur 17. Vascularisatie van de zenuwen in de fossa poplitea (been 5)

A. poplitea geeft een musculaire tak naar m. semimembranosus en m. semitendinosus af. Dit musculair bloedvat geeft een takje af dat splitst in een klein takje voor n. fibularis communis en een groter takje voor n. tibialis.

Blauwe pijl: musculaire tak; zwarte pijl: aftakking van het musculair bloedvat; witte pijl: bloedvat naar n. fibularis communis; gele pijl: bloedvat naar n. tibialis.



Figuur 18. uitvergroting van de vascularisatie van de zenuwen in de fossa poplitea (been 5)

A. poplitea geeft een musculaire tak naar m. semimembranosus en m. semitendinosus af. Dit musculair bloedvat geeft een takje af dat splitst in een klein takje voor n. fibularis communis en een groter takje voor n. tibialis.

Blauwe pijl: musculaire tak; zwarte pijl: aftakking van het musculair bloedvat; witte pijl: bloedvat naar n. fibularis communis; gele pijl: bloedvat naar n. tibialis.

In het anterior compartiment van het onderbeen geeft a. tibialis anterior een tak af die bestemd is voor m. peroneus longus (figuur 19). Na het doorsnijden van m. peroneus longus werd zichtbaar dat deze musculaire tak splits in twee takken voor m. peroneus longus; enerzijds een tak die horizontaal naar de spier loopt en anderzijds een tak die verticaal omhoog naar de spier loopt. Dit laatste bloedvat geeft een klein recurrent takje af aan n. fibularis profundus. Dit bloedvaatje kan tot proximaal van de tunnel gevolgd worden. Proximaal van de tunnel vormt dit bloedvat een anastomose, op de n. fibularis profundus, met het bloedvaatje dat afkomstig is van een musculaire tak van a. poplitea.

A. tibialis anterior geeft nog een musculaire tak af die distaal naar m. peroneus longus loopt. Deze musculaire tak geeft een klein takje af dat bestemd is voor n. fibularis superficialis.



Figuur 19. Vascularisatie van de zenuwen in het anterior compartiment van het onderbeen (been5)

A. tibialis anterior geeft een musculaire tak af naar m.peroneus longus. Deze takt geeft een klein takje af voor n. fibularis profundus.

Zwarte pijl: musculaire tak van a. tibialis anterior; witte pijl: n. fibularis profundus; gele pijl: n. fibularis superficialis.

Zowel in de fossa poplitea als in het anterior compartiment van het onderbeen zijn individuele variaties, wat betreft de vascularisatie van de zenuwen, vastgesteld. De resultaten zijn samengevat in tabel 3 en 4.

Tabel 3. Overzicht van de vascularisatie in de fossa poplitea

Preparaat	Aanwezigheid bloedvat voor n. fibularis	Afkoms van bloedvat voor n. fibularis	Aanwezigheid bloedvat voor n. tibialis	Afkoms van bloedvat voor n. tibialis
1	+	Musculaire tak (m. biceps femoris) van a. poplitea	+	Musculaire tak (m. biceps femoris) van a. poplitea
2	-		-	
3	-		+	Musculaire tak (m. semimembranosus en m. semitendinosus) van a. poplitea
4	-		-	
5	+	Musculaire tak (m. semimembranosus en m. semitendinosus) van a. poplitea	+	Musculaire tak (m. semimembranosus en m. semitendinosus) van a. poplitea

Tabel 4. Overzicht van de vascularisatie in het anterior compartiment van het onderbeen

Preparaat	Aanwezigheid bloedvat voor n. fibularis profundus	Afkoms bloedvat voor n. fibularis profundus	Aanwezigheid bloedvat voor n. fibularis superficialis	Afkoms bloedvat voor n. fibularis superficialis
1	-		+	Musculaire tak (m. peroneus longus) van a. tibialis anterior
3	-		-	
5	+	Musculaire tak (m. peroneus longus) van a. tibialis anterior	+	Musculaire tak (m. peroneus longus) van a. tibialis anterior

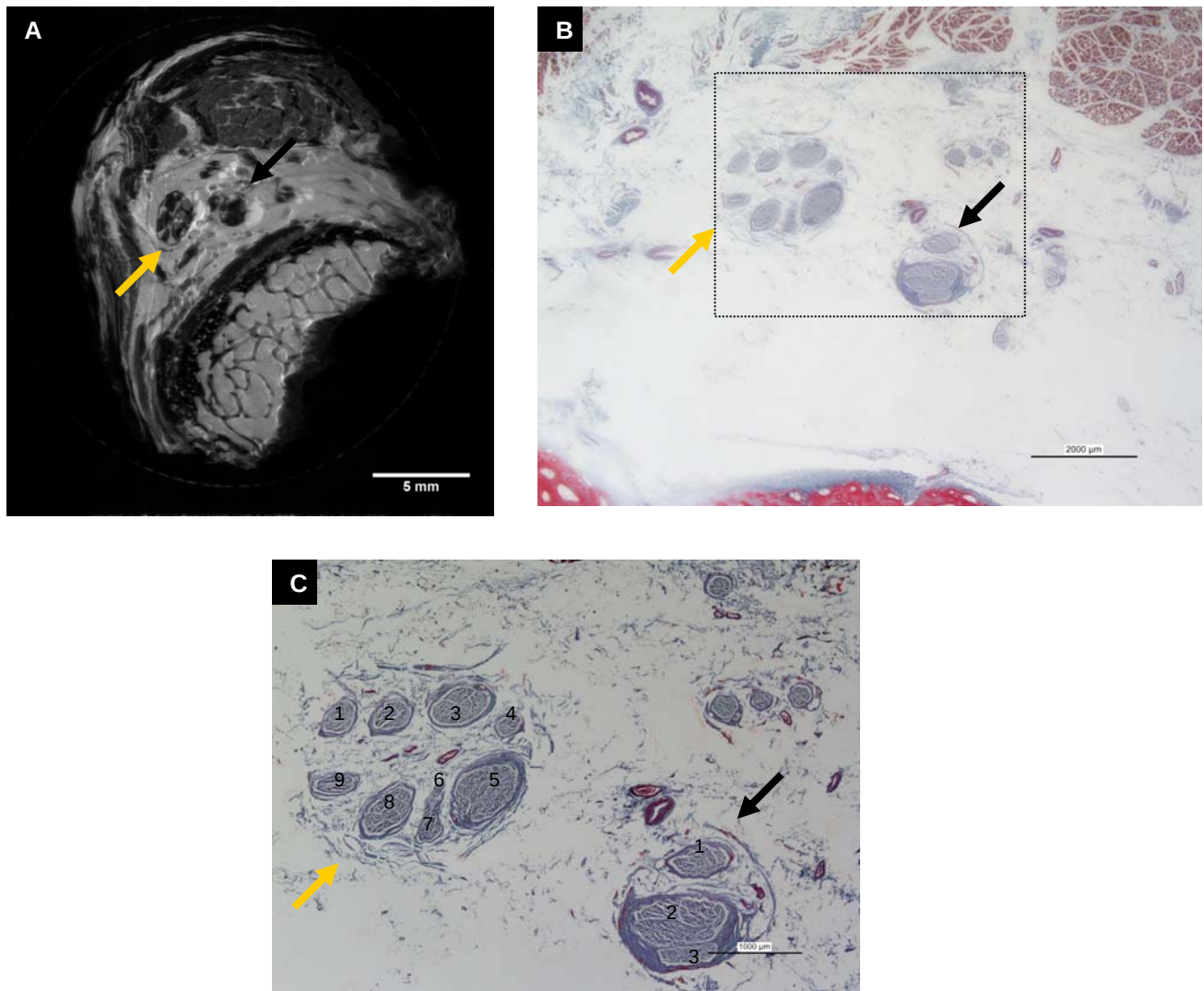
3.3 Microanatomie van n. fibularis

Om de micro-topografie van n. fibularis communis goed in beeld te brengen, werd gebruik gemaakt van transversale hoge veldsterkte MRI. Bovendien werd de ligging van de zenuw ten opzichte van andere structuren, zoals het bot en de fibulaire tunnel, bestudeerd door middel van dit MRI onderzoek. De MRI werd uitgevoerd op een preparaat met een intacte topografische relatie tussen n. fibularis en de fibula. Tot slot werd op hetzelfde preparaat een histologische controle, namelijk trichroomkleuring volgens Masson, uitgevoerd.

3.3.1 Densiteit van de zenuwvezels

De opnamen van de hoge veldsterkte MRI en de histologische controles werden uitgevoerd ter hoogte van de fibulanek. Reeds op het meest proximale beeld, ter hoogte van het induiken van de tunnel, is duidelijk zichtbaar dat n. fibularis superficialis en n. fibularis profundus zich gedragen als twee verschillende entiteiten. De MRI beelden tonen een duidelijk verschil in densiteit van de fascikels van de twee eindtakken van n. fibularis communis. De oppervlakkige tak bevat negen fascikels waartussen een grote hoeveelheid bind- en vetweefsel (67,04%) aanwezig is. De diepe tak daarentegen, bevat slechts drie fascikels, omgeven door een beperkte hoeveelheid bind- en vetweefsel (43,83%). De opeenvolging van de MRI beeldjes (op verschillende plaatsen in de tunnel) toont dat de densiteit van de zenuwvezels goed zichtbaar is vanaf het binnengaan van de fibulaire tunnel en dit vervolgens blijft bij het doorlopen van de tunnel (figuur 20A). De lichtmicroscopische afbeeldingen geven eveneens een duidelijk verschil in densiteit tussen de oppervlakkige en de diepe tak van n. fibularis weer (figuur 20B en C).

Het verschil in densiteit werd op basis van de histologische afbeeldingen gekwantificeerd. Zowel voor de oppervlakkige als voor de diepe tak werden de oppervlaktes gemeten van de verschillende fascikels, alsook van de gehele zenuw (tabellen 5 en 6). Met behulp van deze gegevens werd de verhouding bepaald van de totale oppervlakte van de verschillende fascikels tot de oppervlakte van de volledige zenuw. Hieruit blijkt dat de fascikels van de oppervlakkige en diepe tak respectievelijk 32,96% en 56,17% innemen van de oppervlakte van de gehele zenuw. Deze resultaten tonen dus aan dat de diepe tak een hogere densiteit aan zenuwvezels bevat vergeleken met de oppervlakkige tak. Deze gegevens bevestigen de waarnemingen op de MRI beelden.



Figuur 20. Densiteit van n. fibularis profundus en n. fibularis superficialis

De densiteit van n. fibularis profundus en n. fibularis superficialis zijn duidelijk verschillend.

- A. Transversale hoge veldsterkte MRI, concentratie-gewogen beeld (TR = 3000 ms, TE = 18 ms, snededikte = 1 mm) ter hoogte van fibulanek
 - B. Trichroomkleuring volgens Masson (Bar = 2000 µm, vergroting = objectief 1x)
 - C. Trichroomkleuring volgens Masson (Bar = 1000 µm, vergroting = objectief 2x)
- gele pijl: n.fibularis superficialis; zwarte pijl: n. fibularis profundus.

Tabel 5. Oppervlaktemetingen van n. fibularis superficialis

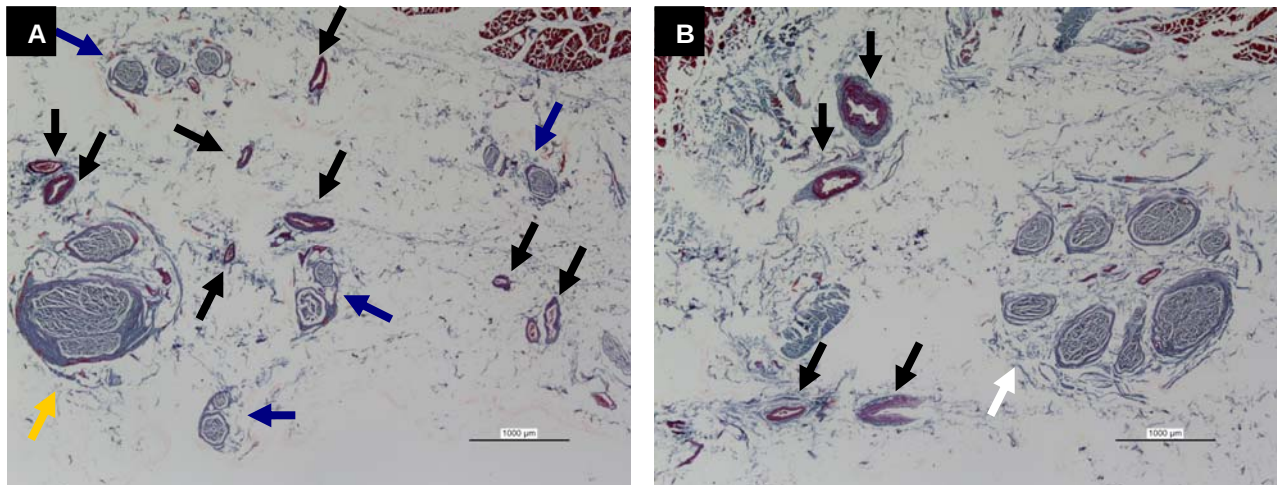
Oppervlakkige tak	Oppervlakte (in μm^2)
Fascikel 1	115535,23
Fascikel 2	143219,99
Fascikel 3	262603,70
Fascikel 4	58247,23
Fascikel 5	446822,11
Fascikel 6	7991,66
Fascikel 7	59397,15
Fascikel 8	215688,10
Fascikel 9	101349,02
TOTAAL	1410854,19
Volledige zenuw	4280668,52

Tabel 6. Oppervlaktemetingen van n. fibularis profundus

Diepe tak	Oppervlakte (in μm^2)
Fascikel 1	214619,08
Fascikel 2	622627,04
Fascikel 3	243124,39
TOTAAL	1080370,51
Volledige zenuw	1923406,67

3.3.2 Structuren rond de zenuwvezels

De hoge veldsterkte MRI beelden tonen duidelijk meerdere kleinere structuren aan in de omgeving van de diepe en de oppervlakkige tak van n. fibularis. Het gebruik van de trichroomkleuring volgens Masson laat toe de verschillende structuren in het preparaat te visualiseren en te identificeren zodat er een correlatie gemaakt kan worden met de MRI beelden. Met behulp van deze kleuring worden spieren, zenuwen, bloedvaten, bindweefsel en vetweefsel duidelijk zichtbaar. Lichtmicroscopische analyse toont verschillende kleine bloedvaatjes aan in de nabijheid van de twee eindtakken van n. fibularis communis. Bovendien tonen de histologische beelden duidelijk dat de zenuw al ongeveer negen kleine takjes heeft afgegeven die zullen instaan voor de innervatie van bepaalde spieren of cutane gebieden (figuur 21).



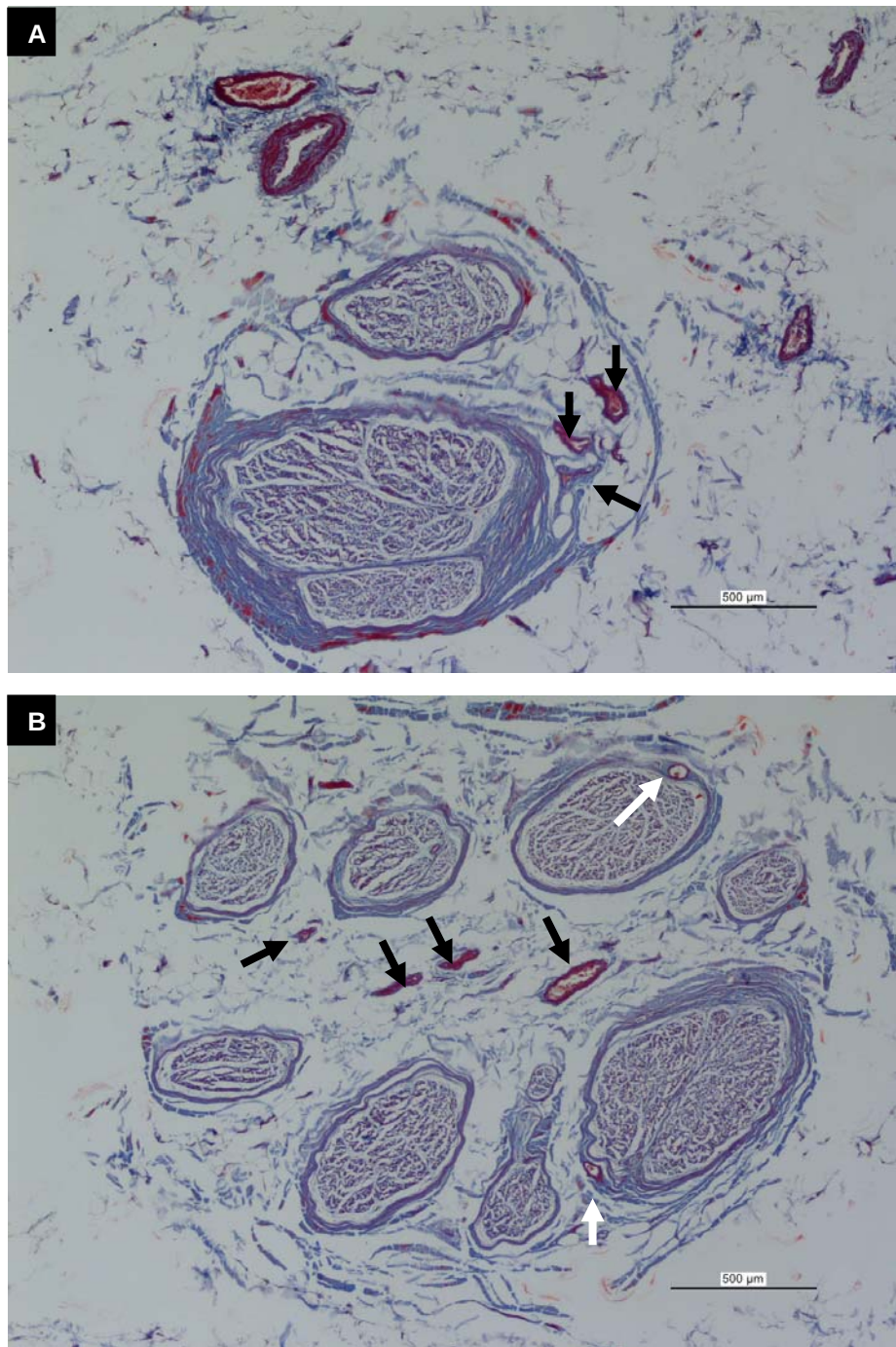
Figuur 21. Structuren in de nabijheid van n. fibularis profundus en n. fibularis superficialis

De verschillende kleine bloedvaten in de nabijheid van de twee eindtakken van n. fibularis zijn duidelijk zichtbaar. Bovendien heeft n. fibularis al verschillende kleine takjes afgegeven.

Trichroomkleuring volgens Masson (Bar = 1000 μ m, vergroting = objectief 2x)

Gele pijl: n. fibularis profundus; witte pijl: n. fibularis superficialis; zwarte pijl: bloedvaatjes; blauwe pijl: kleine zenuwtakjes die reeds afgetakt zijn van n. fibularis.

Op de histologische afbeeldingen werden vervolgens de hoeveelheid en de grootte van de bloedvaten, die aanwezig zijn in de diepe en de oppervlakkige tak, gekwantificeerd. In de diepe tak werden enkel bloedvaatjes in het bindweefsel gevonden (drie). In de oppervlakkige tak werden naast de bloedvaatjes in het bindweefsel (vier), ook twee bloedvaatjes in het perineurium van enkele fascikels gevonden (figuur 22).



Figuur 22. Bloedvaten in n. fibularis profundus en n. fibularis superficialis

Er zijn bloedvaten aanwezig in n. fibularis superficialis en n. fibularis profundus.

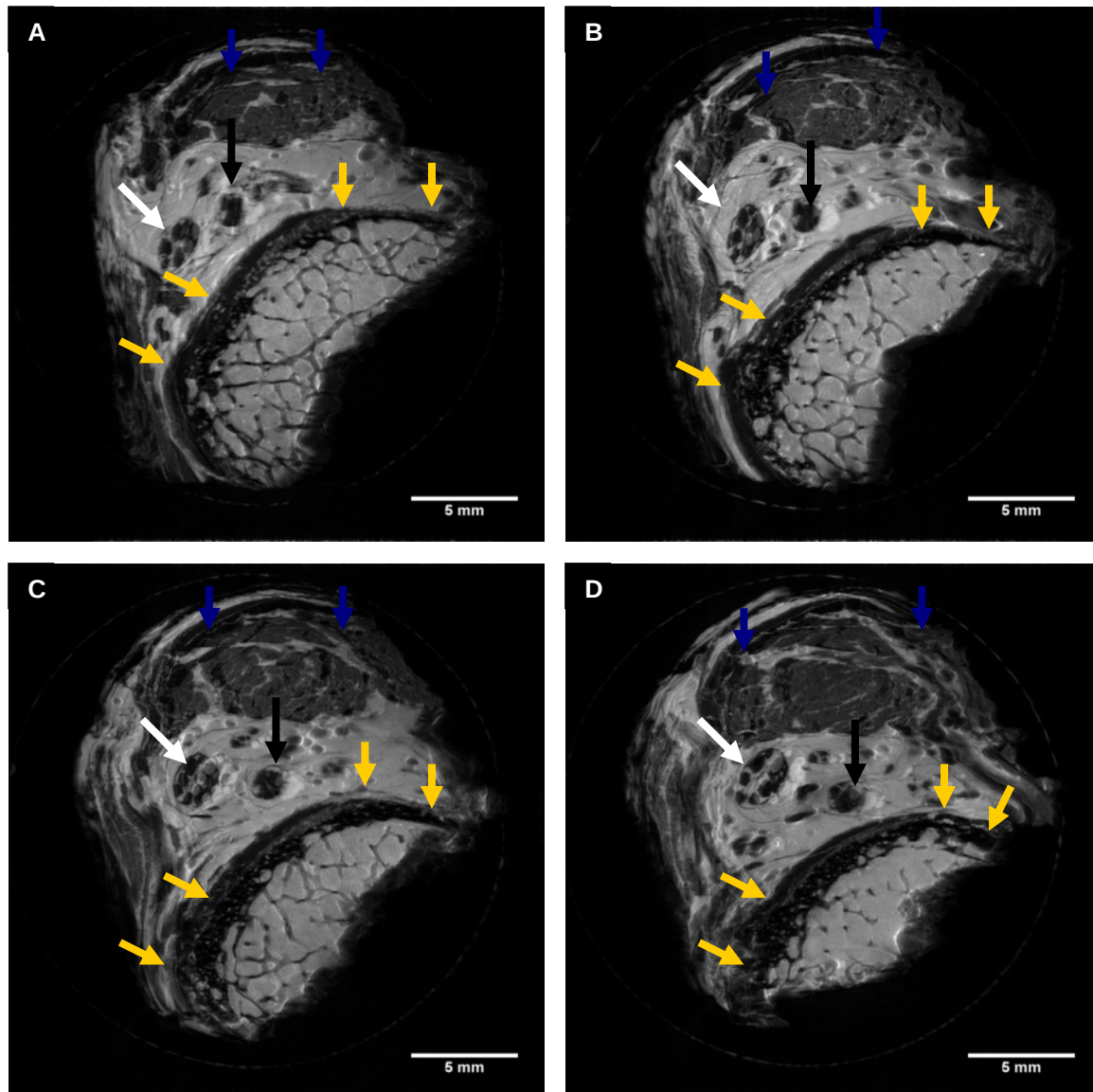
A. n. fibularis profundus ; B. N. fibularis superficialis

Trichroomkleuring volgens Masson (Bar = 500 µm, vergroting = objectief 4x)

Zwarte pijl : bloedvat in het bindweefsel ; witte pijl : bloedvat in het perineurium.

3.3.3 Ligging van de zenuwen ten opzichte van andere structuren

Het gebruik van hoge veldsterkte MRI laat toe de topografische ligging van de zenuwen ten opzichte van andere structuren, zoals het bot en de fibulaire tunnel, te bepalen. Met behulp van deze techniek kunnen we bestuderen hoe de twee zenuwen gelegen zijn ten opzichte van de fibulanek. Als we naar n. fibularis profundus kijken zien we dat deze op een constante afstand van de fibula blijft lopen, terwijl n. fibularis superficialis rond de diepe tak draait en dus verder weg ligt van het bot (figuur 23).



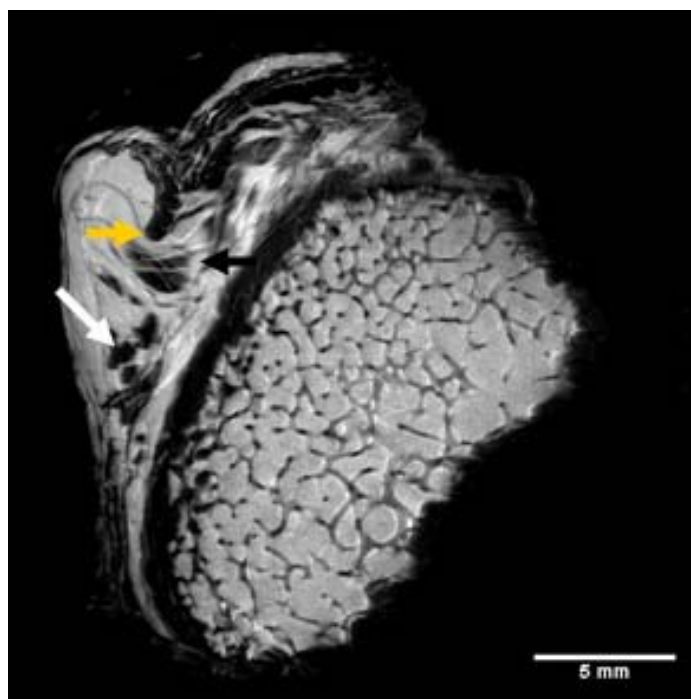
Figuur 23. Ligging n. fibularis profundus en n. fibularis superficialis ten opzichte van fibula

De diepe tak van n. fibularis blijft dicht bij het bot gelegen en blijft op een constante afstand hiervan lopen, terwijl de oppervlakkige tak rond de diepe tak draait en verder van het bot verwijderd is.

Transversale hoge veldsterkte MRI, concentratie-gewogen beelden (TR = 3000 ms, TE = 18 ms, snededikte = 1 mm) ter hoogte van de fibulanek (niet consecutieve beelden, A = meest proximale, D = meest distale)

Witte pijl: n. fibularis superficialis; zwarte pijl: n. fibularis profundus; gele pijl: fibula; blauwe pijl: spier

De ligging van de twee takken van n. fibularis ten opzichte van de fibreuse tunnel kan ook met deze techniek worden waargenomen. Hiervoor moet er meer proximaal worden gekeken, op de plaats waar de zenuw de tunnel induikt. N.fibularis profundus loopt dicht bij de “scherpe” rand van de fibreuse tunnel, terwijl n. fibularis superficialis gescheiden is van deze rand door de diepe tak (figuur 24).



Figuur 24. Ligging van n. fibularis ten opzichte van de rand van de tunnel

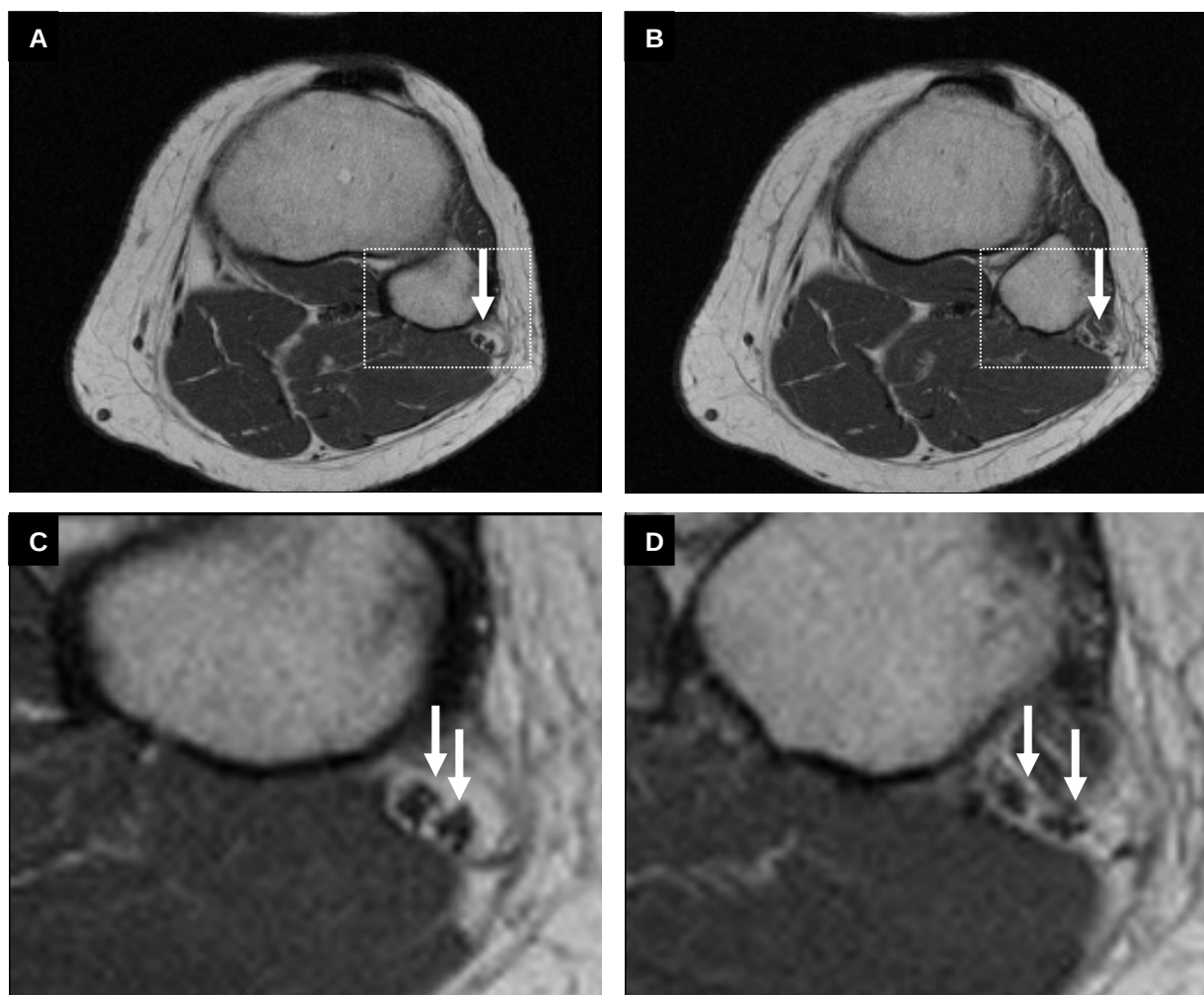
Bij het binnengaan van de fibulaire tunnel loopt n. fibularis profundus rakelings langs de scherpe rand van deze tunnel, terwijl n. fibularis superficialis verder weg gelegen is.

Transversale hoge veldsterkte MRI, concentratie-gewogen beeld (TR = 3000 ms, TE = 18 ms, snededikte = 1 mm) ter hoogte van het binnengaan van de fibulaire tunnel

Witte pijl: n. fibularis superficialis; zwarte pijl: n. fibularis profundus; gele pijl: scherpe rand van fibulaire tunnel

3.4 Vergelijking met klinische MRI beelden van een patiënt met dropvoet

Met behulp van de ter beschikking gestelde klinische MRI beelden is het mogelijk het verloop van n. fibularis te volgen. Deze MRI beelden zijn afkomstig van een patiënt met een dropvoet. Met behulp van deze techniek kan de zenuw gevolgd worden wanneer deze doorheen de tunnel gaat. Op deze MRI beelden is duidelijk zichtbaar dat de zenuwen samengedrukt worden wanneer ze doorheen de fibreuse tunnel lopen. Vooraleer ze de tunnel induiken, hebben beide takken voldoende ruimte (figuur 25).



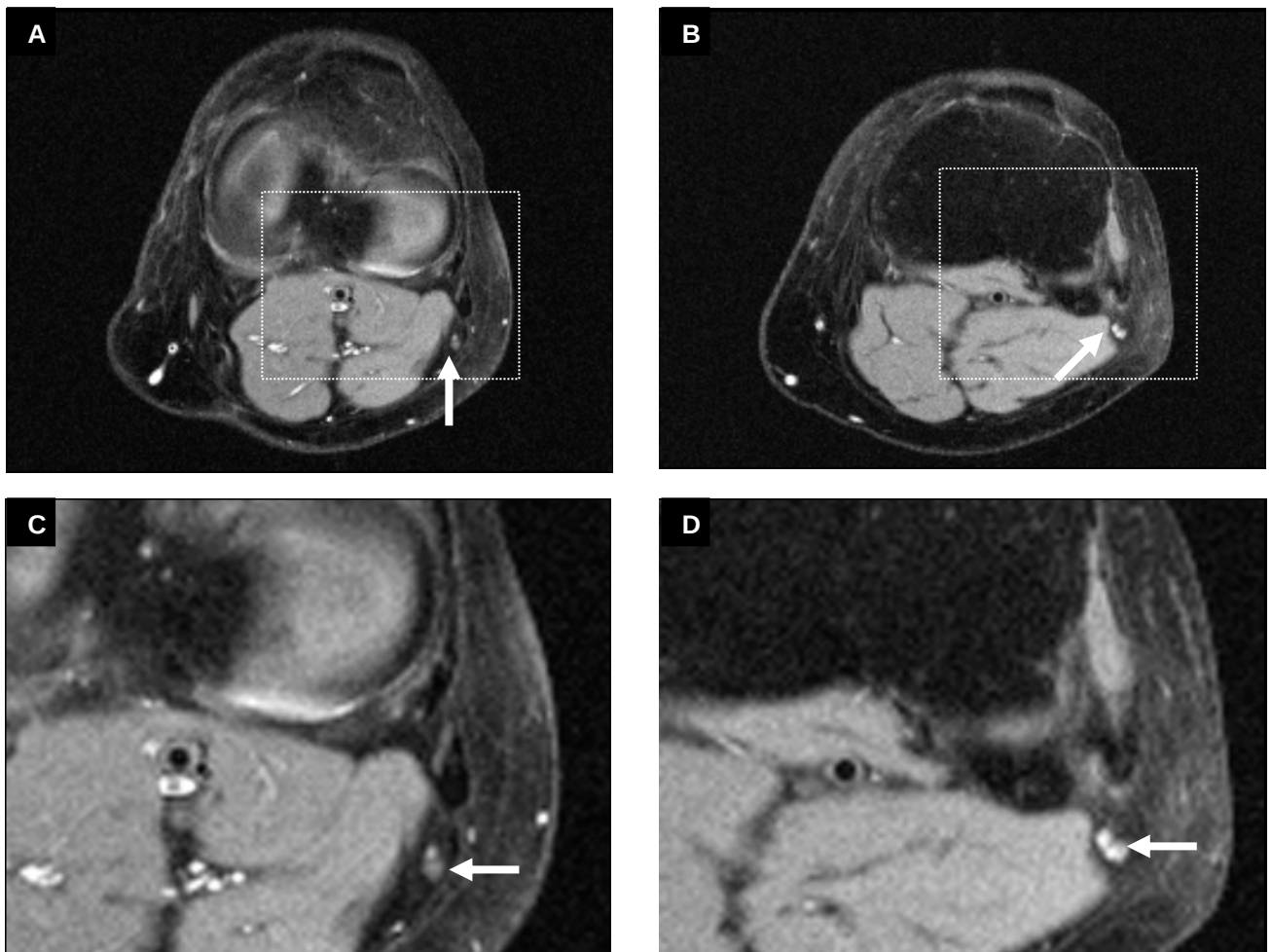
Figuur 25. verloop van n. fibularis ter hoogte van de fibreuse tunnel

De twee takken van n. fibularis worden samengedrukt wanneer ze doorheen de fibulaire tunnel lopen, terwijl ze duidelijk voldoende ruimte hebben voor het binnengaan van deze tunnel.

Transversale klinische MRI, T1-gewogen beelden: (consecutieve beelden: A. proximaal van fibulaire tunnel; B. in de fibulaire tunnel; C en D zijn uitvergrotingen van respectievelijk figuur 25A en B)

Witte pijl: n. fibularis profundus en superficialis

Door middel van de ter beschikking gestelde klinische MRI beelden is het eveneens mogelijk intraneuraal oedeem vast te stellen. Deze MRI beelden tonen aan dat er geen oedeemvorming aanwezig is wanneer de zenuw zich proximaal van de tunnel bevindt. Bij het binnengaan van de fibulaire tunnel, ontstaat duidelijk intraneuraal oedeem (heldere vlekken) (figuur 26).



Figuur 26. Intraneurale oedeemvorming

Wanneer de zenuw de fibulaire tunnel begint binnen te dringen, ontstaat intraneuraal oedeem.

Transversale klinische MRI, T1-gewogen beelden (niet consecutieve beelden: A. proximaal van fibulaire tunnel;

B. ter hoogte van fibulaire tunnel; C en D zijn uitvergrotingen van respectievelijk figuur 26A en B)

Witte pijl: n. fibularis profundus en superficialis

4 Discussie

Fibularis neuropathie is de meest voorkomende neuropathie van de onderste ledematen. De aandoening komt in alle leeftijdscategorieën even frequent voor. Er bestaat echter wel een verschil tussen de geslachten; mannen hebben 2.8 keer meer kans op de ontwikkeling van een dropvoet (14). Kennis over de anatomie van n. fibularis en zijn omliggende structuren is van groot belang om de precieze oorzaak van deze aandoening te kunnen bepalen. Om de juiste behandeling te ontwikkelen is het belangrijk kennis te hebben over de mogelijke oorzaken van de fibularis neuropathie met dropvoet.

Er werden dissecties uitgevoerd op vijf humane preparaten om zo een duidelijker beeld te krijgen van de mogelijke oorzaken van inklemming van n. fibularis. Hierbij werd de nadruk gelegd op de vascularisatie van deze zenuw. Daarnaast werd er ook een hoge veldsterkte MRI uitgevoerd. Het onderzoeksmateriaal bestond hierbij uit een gedeelte van de fossa poplitea met inbegrip van een deel van de fibula van een linkerbeen, verwijderd uit een gefixeerd humaan preparaat. Vooral de anatomische verhoudingen van de zenuw ten opzichte van de omliggende structuren werden bestudeerd. Tot slot werd dit MRI onderzoek gevolgd door een histologische controle, waarbij enerzijds gekeken werd naar een correlatie tussen de MRI beelden en de histologische controles, en waarbij anderzijds de microanatomie van de verschillende structuren, ter hoogte van de fibulaire tunnel, onder de loep werd genomen.

De vascularisatie van n. ischiadicus en zijn twee eindtakken, is in grote lijnen reeds beschreven in een aantal eerder uitgevoerde studies. In het algemeen zijn de resultaten van de verschillende onderzoeken gelijkaardig. Toch ontbreken de details over het aantal en de uitgebreidheid van de intraneurale bloedvaatjes (vasa nervorum) die n. fibularis communis volgen wanneer deze rond de fibulanek draait (6). We hebben in onze studie de bloedtoevoer van n. fibularis communis bestudeerd op vijf gefixeerde humane preparaten. Zowel de bloedtoevoer die afkomstig is van de fossa poplitea als die van het anterior compartiment werden onder de loep genomen. Het doel van deze dissecties was het in kaart brengen van de bloedvoorziening van n. fibularis, om zo meer informatie omtrent de details van de intraneurale vascularisatie te verkrijgen.

Vier van de vijf preparaten zijn in eerste instantie op macroscopisch niveau gedissecteed, waarna verder werd gegaan op microscopisch niveau (met de operatiemicroscoop). Bij het laatste preparaat werd de dissectie onmiddellijk met de operatiemicroscoop uitgevoerd.

Slechts in een van de vier preparaten, waarbij initieel macrodissectie werd uitgevoerd, werd in de fossa poplitea een bloedvat gevonden wat zorgt voor de bloedtoevoer naar n. fibularis communis. Dit bloedvat is afkomstig van een musculaire tak (naar m. biceps femoris) van a. poplitea. Vanuit het anterior compartiment van dit preparaat is enkel een arterie gevonden die zorgt voor de vascularisatie van n. fibularis superficialis. Dit bloedvat is een aftakking van een musculaire tak (naar m. peroneus longus) van a. tibialis anterior. In het laatste preparaat, waarbij gewerkt werd met de operatiemicroscoop, werd eveneens een bloedvat gevonden, afkomstig van a. poplitea. Het betreft een musculaire tak die naar de pezen van m. semimembranosus en m. semitendinosus loopt. Dit bloedvat splitst in een klein takje voor n. fibularis communis en in een groter takje voor n. tibialis. In het anterior compartiment van het onderbeen geeft a. tibialis anterior een musculaire tak af voor m. peroneus longus, die op zijn beurt een klein takje afgeeft voor n. fibularis profundus.

Deze resultaten zijn niet volledig in overeenstemming met wat er in de literatuur beschreven staat. Uit het onderzoek van Kadyala et al. is gebleken dat de vascularisatie voor n. fibularis afkomstig is van een arterie die rechtstreeks afsplitst van a. poplitea. Volgens onderzoek splitst dit bloedvat in eerste instantie in een klein takje voor n. tibialis en een grotere tak voor n. fibularis. Het bloedvaatje, bestemd voor n. fibularis communis, geeft meer distaal een tak af voor r. communicans fibularis. Het dalende bloedvaatje in n. fibularis communis vormt een anastomose met de stijgende tak van het vaatje dat afkomstig is van a. recurrens tibialis anterior (6).

Vergeleken met de bloedvoorziening van andere zenuwen, zoals n. tibialis, is de vascularisatie van n. fibularis dus beperkt. Bij zenuwen, die meer en grotere bloedvaten ontvangen, zal er minder snel ischemie optreden. Deze zenuwen zullen bijgevolg minder snel neurologische uitval vertonen tijdens compressie. Als gevolg van compressie op een zenuw, verhoogt de vasculaire permeabiliteit van de zenuwen. Hierdoor ontstaat intraneuraal oedeem en stijgt de intraneurale druk. Wanneer deze druk de capillaire perfussiedruk overschrijdt, treedt ischemie op. Langdurige ischemie kan opnieuw leiden tot een verhoogde vasculaire permeabiliteit. Op deze manier ontstaat er een vicieuze cirkel. Intraneuraal oedeem kan niet goed worden afgedreven, vermits het endoneurium geen lymfekanalen bevat. Bovendien maakt de selectieve diffusiebarrière, die gevormd wordt door het perineurium, het onmogelijk om het oedeem te draineren. Het oedeem wordt opgeslagen in de fascikels. Men spreekt van een “mini-compartimentsyndroom”. Normaal worden in het cellichaam een aantal stoffen (chemicaliën) aangemaakt om de zenuw optimaal te laten functioneren. Deze stoffen worden

getransporteerd via het axonaal transport (axonale flow). Als gevolg van het intraneuraal oedeem en dus ook van de intraneurale druk, vermindert de axonale flow, waardoor de zenuw niet optimaal functioneert en er dus neuropathie optreedt (30, 31)

Onze resultaten tonen een verschil aan tussen de preparaten, waarbij begonnen is met macrodissectie en het preparaat, waarbij onmiddellijk de operatiemicroscoop werd gebruikt. Uit de resultaten bleek dat slechts in een van de vier preparaten, waarbij initieel macrodissectie werd uitgevoerd, een bloedvat voor n. fibularis gevonden is, zowel in de fossa poplitea als in het anterior compartiment van het onderbeen. In het preparaat dat onmiddellijk met de operatiemicroscoop gedissecteed werd, is duidelijk een bloedvat voor n. fibularis zichtbaar, zowel in de fossa poplitea als in het anterior compartiment van het onderbeen. Hieruit kunnen we afleiden dat het zeer belangrijk is om direct met microdissectie te starten. De bloedvaatjes die zorgen voor de bloedtoevoer naar n. fibularis zijn microscopisch klein en vaak niet zichtbaar met het blote oog, waardoor het risico op beschadiging tijdens macrodissectie enorm groot is. Bovendien werd de dissectie uitgevoerd door een persoon met een beperkte ervaring in het dissecteren. Dissecties, zeker op microscopisch niveau, vergen enige handigheid en ervaring.

Tijdens deze studie werden slechts vijf humane preparaten gedissecteed. Dit is te weinig om sluitende conclusies te kunnen trekken. Verder onderzoek is dus noodzakelijk, waarbij meerdere specimen worden gedissecteed en onderzocht. Na voldoende anatomische dissecties, kan men de verschillen en gelijkenissen in kaart brengen en kan men tot een besluit komen. Wanneer er dissecties zouden kunnen worden uitgevoerd op preparaten, verkregen van patiënten met een dropvoet, zou dit een grote meerwaarde zijn voor het onderzoek. Enkel op deze manier kan men de anatomische verschillen, die aanwezig zijn bij een dropvoet ten opzichte van een “gezond been”, aantonen.

Naast de anatomische dissecties hebben we in onze studie gebruik gemaakt van anatomische analyse door middel van hoge veldsterkte MRI. Deze toestellen hebben een hogere resolutie dan de klinische MRI toestellen. Door de hoge resolutie kan de microanatomie van de zenuw en zijn ligging ten opzichte van de omliggende structuren, ter hoogte van de fibulaire tunnel, in beeld worden gebracht. In de literatuur is weinig bekend omtrent de microanatomie van n. fibularis. Daarom hebben wij tijdens onze studie deze techniek gebruikt. Het MRI

onderzoek werd gevolgd door een histologische controle, waarbij een relatie gelegd werd tussen de MRI beelden en de histologisch geïdentificeerde structuren.

Uit ons onderzoek is gebleken dat n. fibularis superficialis en n. fibularis profundus twee verschillende entiteiten vormen ter hoogte van de fibulanek. Dit bevestigt wat Urushidani et al. reeds eerder hebben aangetoond. Zij stelden vast dat de fascikels van de diepe en de oppervlakkige tak van n. fibularis communis duidelijk gescheiden zijn (32). Het is dus niet vreemd dat gewoonlijk slechts een van de twee eindtakken van n. fibularis communis betrokken is in de 'entrapment' neuropathie.

Uit het MRI onderzoek is gebleken dat n. fibularis profundus een hogere densiteit aan fascikels heeft dan n. fibularis superficialis. Deze laatste zenuw bevat meer losmazig bindweefsel tussen de verschillende fascikels. De histologische coupes en de oppervlaktemetingen bevestigen het beeld van het MRI onderzoek. Hoe meer losmazig bindweefsel aanwezig is in de zenuw, hoe beter de zenuw beschermd is tegen compressie. Door de aanwezigheid van het losmazig bindweefsel, worden de bloedvaten minder snel samengedrukt, waardoor ischemie uitblijft. Bovendien zal er ook minder druk op de axonen zelf worden uitgeoefend waardoor deze relatief goed gespaard blijven van zenuwcompressie.

Uit de hoge veldsterkte MRI beelden konden we afleiden dat n. fibularis profundus meer mediaal, dus dicht tegen de fibulakop, gelegen is en op een constante afstand hiervan blijft lopen. Dit in tegenstelling tot n. fibularis superficialis die meer lateraal ligt en rond de diepe tak draait. Als gevolg van deze ligging zal n. fibularis profundus meer vatbaar zijn voor compressie, waardoor fibularis neuropathie kan optreden.

Op de plaats van de fibulaire tunnel zien we op de MRI beelden dat n. fibularis profundus rakelings langs de scherpe rand van deze tunnel loopt. De fibulaire tunnel wordt gevormd door de aponeurose van m. soleus en door een fibreuze boog. Deze boog bestaat uit twee delen. Het diep gedeelte wordt gevormd door de aponeurose van m. peroneus longus. Het oppervlakkige deel loopt van de m. soleus naar de aponeurose van de m. peroneus longus (18). Door de nabijheid van deze rand kan de diepe tak makkelijker worden samengedrukt, wanneer de zenuw doorheen de tunnel loopt. Net zoals Aigner et al. kunnen we dus concluderen dat n. fibularis profundus in de nabijheid gelegen is van aanliggende beenderen, spieren of fibreus weefsel (33).

Met behulp van de histologie werden de bloedvaten in en rond de zenuwvezels bestudeerd. Bovendien werden de verschillende anatomische structuren, aanwezig ter hoogte van de fibulaire tunnel, in kaart gebracht. Op de histologische beelden is te zien dat in de oppervlakkige tak bloedvaatjes aanwezig zijn in het perineurium van sommige fascikels,

terwijl in de diepe tak enkel bloedvaatjes zichtbaar zijn in het bindweefsel. Deze resultaten doen vermoeden dat de intraneurale bloedvoorziening van de oppervlakkige tak uitgebreider is dan deze van de diepe tak.

Deze resultaten kunnen mogelijke verklaringen zijn waarom n. fibularis profundus meer vatbaar is voor compressie neuropathie. Sourkes et al. toonde reeds aan dat de spieren die geïnnerveerd worden door de diepe tak frequenter en ernstiger aangetast zijn dan de spieren die geïnnerveerd worden door de oppervlakkige tak. Dit werd aangetoond met klinische en elektrofysiologische onderzoeken (15). In het onderzoek van F. Beckers en Dr. F. Weyns werd eveneens vastgesteld dat n. fibularis profundus vaker aangetast is bij patiënten met een fibularis neuropathie. Uit hun resultaten bleek dat 4,6% van de patiënten enkel een sensorische uitval hadden (n. fibularis superficialis), 25,9% hadden enkel een motorische uitval (n. fibularis profundus) en 69,5% hadden zowel sensorische als motorische problemen (34).

Deze mogelijke verklaringen zijn enkel nog maar hypothesen. Om deze hypothesen te bevestigen, zou het hoge veldsterkte MRI onderzoek en de histologische controle moeten worden uitgevoerd op meerdere willekeurige humane preparaten. Enkel op deze manier kan er een besluit getrokken worden uit de MRI beelden. Er kan dan gekeken worden of de microanatomie van de zenuw en de omliggende structuren in alle preparaten gelijkaardig is. Om de mogelijke verschillen tussen pathologische en gezonde benen te bestuderen zouden we n. fibularis in zijn intacte omgeving kunnen preleveren bij overleden patiënten met een dropvoet. Hierop kan dan ook een hoge veldsterkte MRI worden uitgevoerd, die vergeleken kan worden met de MRI beelden van “gezonde” preparaten.

In de kliniek wordt vaak gebruik gemaakt van lage veldsterkte MRI om de plaats en de etiologie van de zenuwcompressie te bestuderen. Met behulp van MRI worden bepaalde weefselstructuren duidelijk, vooral weke weefsels, zoals zenuwen zijn goed zichtbaar op de MRI beelden. MRI kan de zenuw en de fibreuze tunnel, waardoor n. fibularis loopt, in beeld brengen. Toch wordt MRI voornamelijk gebruikt voor het aantonen van ruimte-innemende lesies en voor het detecteren van de spierdenervaties (25). MRI heeft zijn effectiviteit in het in kaart brengen van abnormaliteiten van spieren, pezen, ligamenten en kraakbeen reeds bewezen. Daarom wordt de klinische MRI vaak gebruikt om de oorzaak van de lesie te bepalen (35).

Voor ons onderzoek hebben we klinische MRI beelden van een patiënt met een duidelijke dropvoet ter beschikking gekregen. Zoals hierboven vermeld kan met deze techniek het verloop van de zenuw in kaart worden gebracht. Uit de beelden is gebleken dat de twee takken van n. fibularis voor het induiken van de tunnel voldoende ruimte hebben. Maar wanneer ze de tunnel binnen gaan, worden de zenuwvezels sterk samengedrukt. Hieruit kunnen we concluderen dat de zenuw veel kans op compressie heeft ter hoogte van de fibreuse tunnel. Dit bevestigt de hypothese van Fabre et al. Uit hun onderzoek bleek reeds dat compressie van n. fibularis vaak te wijten is aan de smalle tunnel, waardoor de zenuw loopt (18).

Met behulp van de klinische MRI kan er ook oedeemvorming in kaart worden gebracht. Op deze MRI beelden zien we dat er vanaf de bifurcatie van n. fibularis communis in zijn twee eindtakken, ter hoogte van de tunnel, intraneuraal oedeem aanwezig is. Dit intraneuraal oedeem is te wijten aan een verhoogde vasculaire permeabiliteit van de zenuw als gevolg van compressie. Ten gevolge van het intraneuraal oedeem is de axonale flow sterk verminderd, waardoor de zenuw niet optimaal kan functioneren en er dus neuropathie optreedt (30, 31).

Met behulp van de anatomische dissecties kunnen we dus concluderen dat er verschillende mogelijke oorzaken (beperkte vascularisatie ter hoogte van de fibulaire tunnel, de doorgang van de zenuw doorheen de fibreuse tunnel en densiteit van de fascikels in de zenuwen) gevonden zijn, waarom een compressieve fibularis neuropathie optreedt. Bovendien leert de hoge veldsterkte MRI ons iets meer over de densiteit van de fascikels in n. fibularis, de ligging van de zenuw ten opzichte van het bot en de fibulaire tunnel en de bloedvoorziening van n. fibularis ter hoogte van de fibulaire tunnel. Deze mogelijke redenen zouden kunnen verklaren waarom n. fibularis profundus vaker en ernstiger beschadigd is bij patiënten met een dropvoet.

Om deze hypothesen te bevestigen is verder onderzoek noodzakelijk. Het dissecteren van meerdere humane preparaten, waarbij onmiddellijk gestart werd met de operatiemicroscoop, is hiervoor nodig. Daarnaast moeten ook het MRI onderzoek en de bijhorende histologische controle uitgevoerd worden bij meerdere preparaten. Om de mogelijke verschillen tussen pathologische en gezonde benen te bestuderen, moeten deze onderzoeken eveneens gebeuren bij preparaten afkomstig van patiënten met een aangetoonde dropvoet.

Referenties

1. Dawson DM, Hallett M, Wilbourn AJ. Entrapment neuropathies. 3rd ed . Philadelphia: Lippincott-Raven; 1999.
2. Boron WF, Boulpaep EL. Medical Physiology. Philadelphia: Elsevier Science; 2003.
3. Stevens A, Lowe J. Histologie van de mens. Houten: Bohn Stafleu Van Loghum; 1997.
4. Sherman DG, Easton JD. Dieting and peroneal nerve palsy. JAMA 1977; 238(3): 230-1.
5. Shahr E, Landau E, Genizi J. Adolescence peroneal neuropathy associated with rapid marked weight reduction: case report and literature review. Eur J Paediatr Neurol 2007; 11(1): 50-4.
6. Kadiyala RK, Ramirez A, Taylor AE, Saltzman CL, Cassell MD. The blood supply of the common peroneal nerve in the popliteal fossa. J Bone Joint Surg Br 2005; 87(3):337-42.
7. Waxman SG, DeGroot J. Correlative Neuroanatomy. London: Prentice-Hall; 1995.
8. Pecina MM, Krmpotic-Nemanic J, Markiewitz AD. Tunnel Syndromes: Peripheral Nerve Compression Syndromes. 3rd ed. Florida: CRC Press; 2001.
9. Katirji MB, Wilbourn AJ. Common peroneal mononeuropathy : A clinical and electrophysiologic study of 116 lesions. Neurol 1988; 38(11): 1723-8.
10. Lundborg G. Nerve Injury and repair: A biological approach. New York: Churchill Livingstone; 1988.
11. Mont MA, Dellon AL, Chen F, Hungerford MW, Krackow KA, Hungerford DS, et al. The Operative Treatment of Peroneal Nerve Palsy. J Bone Joint Surg Am 1996; 78(6): 863-9.
12. Ryan W, Mahony N, Delaney M, O'Brien M, Murray P. Relationship of the Common Peroneal Nerve and its Branches to the Head and Neck of the Fibula. Clin Anat 2003; 16: 501-5
13. Drake RL, Vogl W, Mitchell AWM. Gray's Anatomy for Students. Philadelphia: Elsevier; 2005.
14. Katirji MB. Peroneal neuropathy. Neurol Clin 1999; 17(3): 567-91

15. Sourkes M, Stewart JD. Common peroneal neuropathy: a study of selective motor and sensory involvement. *Neurol* 1991; 41: 1029-33.
16. El-Barrany WG, Marei AG, Vallée B. Anatomic basis of vascularised nerve grafts: the blood supply of peripheral nerves. *Surg Radiol Anat* 1999; 21(2): 95-102.
17. Mackinnon S, Dellon L. *Surgery of the peripheral nerve*. New York: Thieme; 1988.
18. Fabre T, Piton C, Andre D, Lasseur E, Durandea A. Peroneal Nerve Entrapment. *J Bone Joint Surg Am* 1998; 80(1): 47-53.
19. McCrory P, Bell S, Bradshaw C. Nerve Entrapment of the Lower Leg, Ankle and Foot in Sport. *Sports Med* 2002; 32(6): 371-391.
20. Gruber K, Rumpl E, Stadler C. Electrodiagnosis of focal neuropathies. *Wien Med Wochenschr* 1998; 148(1-2): 14-8.
21. Aprile I, Caliendo P, La Torro G, Tonali P, Foschini M, Mondelli M, et al. Multicenter study of peroneal mononeuropathy: clinical, neurophysiologic, and quality of life assessment. *J Peripher Nerv Syst* 2005; 10(3): 259-68.
22. Martinoli C, Bianchi S, Gandolfo N, Valle M, Simonetti S, Derchi LE. Us of Nerve Entrapment in Osteofibrous Tunnels of the Upper and Lower Limbs. *Radiographics* 2000; 20: S199-S217.
23. Peer S, Kovacs P, Harpf C, Bodner G. High-Resolution Sonography of Lower Extremity Peripheral Nerves: Anatomic correlation and spectrum of Disease. *J Ultrasound Med* 2002; 21(3): 315-22.
24. Masciocchi C, Catalucci A, Banile A. Ankle impingement syndromes. *Eur J Radiol* 1998; 27(S1): S70-3.
25. Kim S, Choi JY, Huh YM, Song HT, Lee SA, Kim SM, et al. Role of magnetic resonance imaging in entrapment and compressive neuropathy - what, where, and how to see the peripheral nerves on the musculoskeletal magnetic resonance image: part 1. Overview and lower extremity. *Eur Radiol* 2007; 17(1): 139-49.
26. Vanormelingen L. *Beeldvorming door middel van hogeresolutie-MRI in de foetale neuroanatomie en neuropathologie* 1997
27. Vandersteen M. *Cursustekst regionale anatomie* 1996.
28. Newhouse JH. Clinical use of urinary tract magnetic resonance imaging. *Radiol Clin North Am* 1991; 29(3): 455-74.
29. Woods AE, Ellis RC. *Laboratory Histopathology: a complete reference volume* 2. Edinburgh: Churchill Livingstone; 1994.

30. Rydevik B, Lundborg G. Permeability of intraneural microvessels and perineurium following acute, graded experimental nerve compression. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1977; 11: 179-87
31. Lundborg G, Myers R, Powell H. Nerve compression injury and increased endoneurial fluid pressure: a “miniature compartment syndrome”. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1983; 46 (12): 1119-24.
32. Urushidani H. The funicular pattern of the sciatic nerve in Japanese adults. *Nippon Geka Hoka* 1974; 43(4): 254-75.
33. Aigner F, Longato S, Gardetto A, Deibl M, Fritsch H, Piza-Katzer H. Anatomic Survey of the Common Fibular Nerve and Its Branching Pattern With Regard to the Intermuscular Septa of the Leg. *Clin Anat* 2004; 17(6): 503-12.
34. Beckers F, Weyns F. Fibularisneuropathie tengevolge van gewichtsverlies. 2006.
35. Zeiss J, Saddemi SR, Ebraheim NA. MR Imaging of the Peroneal Tunnel. *J Comput Assist Tomogr* 1989; 13(5): 840-4.

Auteursrechterlijke overeenkomst

Opdat de Universiteit Hasselt uw eindverhandeling wereldwijd kan reproduceren, vertalen en distribueren is uw akkoord voor deze overeenkomst noodzakelijk. Gelieve de tijd te nemen om deze overeenkomst door te nemen, de gevraagde informatie in te vullen (en de overeenkomst te ondertekenen en af te geven).

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Fibularis neuropathie met dropvoet: anatomisch en radiologisch correlaat

Richting: **Master in de biomedische wetenschappen**

Jaar: **2007**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Ik ga akkoord,

Anouk Agten

Datum: **18.06.2007**