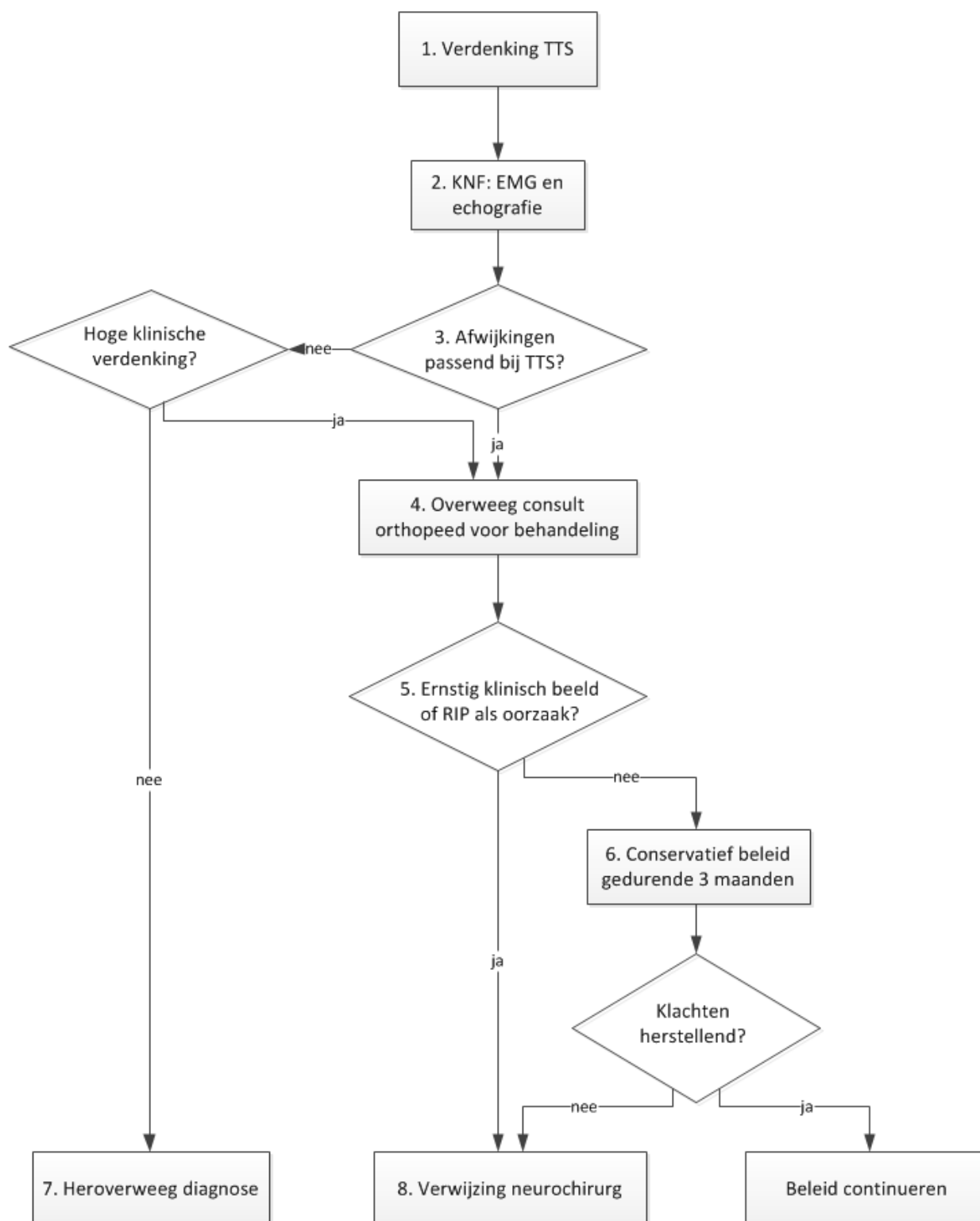


Richtlijn: Diagnostiek en behandeling tarsaal tunnel syndroom (TTS)

Februari 2015, revisie februari 2017, verlengd tot 2023

Tessa Ennik, Mariette Willems, Marjan Scheltens-de Boer en Alof Dallenga



Toelichting stroomschema (samenvatting van de tekst):

1. Klinische verdenking TTS op basis van:

- Anamnese: brandende pijn, paresthesieën en/of doofheid van voetzool en mediale zijde enkel, meestal erger bij langdurig staan of lopen.
- Neurologisch onderzoek: hypesthesie verzorgingsgebied n. plantaris medialis (MPN), n. plantaris lateralis (LPN) en/of n. calcaneus (fig. 2), positief Hoffmann-Tinel sign ter hoogte van retinaculum flexorum, zwakte teenflexoren en atrofie kleine voetspieren. Let op standsafwijkingen van de voet en palpabele afwijkingen zoals een ruimte-innemend proces.

2. en 3. KNF protocol en afwijkingen passend bij TTS:

Zenuwgeleidingsonderzoek:

- Gemengd zenuwgeleidingsonderzoek van MPN en LPN: vertraagde zenuwgeleidingssnelheid (nerve conduction velocity, NCV), verlaagde amplitude van de nerve action potential (NAP), afwezige NAP;
- Motorisch zenuwgeleidingsonderzoek van MPN (afgeleid van de m. abductor hallucis) en LPN (m. abductor digiti minimi): verlaagde CMAP amplitude, afwezige CMAP, relatief verlengde distale motore latentie (DML).

Zo nodig wordt het zenuwgeleidingsonderzoek aangevuld met echografie:

De n. tibialis ter hoogte van of juist proximaal van het retinaculum flexorum transversaal en longitudinaal in beeld brengen, oppervlakte van de zenuw meten en vergelijken met niet-aangedane zijde. Bij TTS kan sprake zijn van een focale fusiforme verdikking van de zenuw (toegenomen transversale oppervlakte, kaliberandering bij longitudinaal onderzoek), verandering van echodensiteit (echoarmer dan normaal) en een minder duidelijk fasciculair patroon of vergroting van de fascikels in de zenuw. Daarnaast kan een eventueel ruimte-innemend proces langs het verloop van de zenuw als oorzaak van de klachten worden gevisualiseerd.

4. Indien er een hoge verdenking is op TTS kan bij standsafwijkingen van de voet of een fractuur in de voorgeschiedenis een consult orthopedie worden overwogen, met de vraag of er behandelbare orthopedische oorzaken van compressie van de zenuw zijn (bijvoorbeeld varus- of valgusstand).

5. Bij patiënten met een ruimte-innemend proces als oorzaak van TTS, bijvoorbeeld een ganglion, heeft operatieve decompressie waarschijnlijk een hoger succespercentage dan bij andere patiëntengroepen. De ernst van het klinisch beeld wordt bepaald door zowel subjectieve factoren (de mate van pijn en beperking in het dagelijks leven) als objectieve factoren (hypesthesie, zwakte en atrofie).

6. Conservatief beleid: Pijnstilling (NSAID's), gewichtsvermindering bij patiënten met overgewicht, eventueel fysiotherapie, behandeling van eventuele onderliggende oorzaak (bijvoorbeeld steunzolen of schoencorrecties bij standsafwijkingen, elastische kousen bij varices), voorkomen van te strak zittend schoeisel, injectie met anestetica of corticosteroïden onder het retinaculum flexorum. Geen van deze behandelingen is bewezen effectief.

7. Overweeg een consult orthopedie om diagnostische redenen (uitsluiten van andere oorzaken van pijn in de voet).

8. Verwijzing naar de neurochirurg voor operatieve decompressie van (takken van) de n. tibialis.

Tarsaal tunnel syndroom (TTS)

Inleiding en anatomie

De tarsale tunnel is een fibro-ossale ruimte onder en achter de mediale malleolus, die wordt gevormd door talus, calcaneus en tibia (de benige bodem) en retinaculum flexorum of ligamentum laciniatum (dak van fibreus weefsel). Er lopen meerdere structuren door: pees van m. tibialis anterior, pees van m. flexor digitorum longus, a. tibialis posterior, v. tibialis posterior, n. tibialis en pees van m. flexor hallucis longus.

De vezels van de n. tibialis zijn afkomstig van zenuwwortels S1 en S2, en van de n. ischiadicus. De n. tibialis splitst zich ter hoogte van het retinaculum flexorum op in de n. plantaris lateralis (LPN), de n. plantaris medialis (MPN) en de n. calcaneus (zie figuur 1). De n. calcaneus is een puur sensibele zenuw, die het mediale deel van de hiel innerveert. De spieren die door de LPN en MPN worden geïnnerveerd zijn beschreven in tabel 1. Sensibele vezels van de LPN en MPN innerveren de voetzool (zie figuur 2).¹⁻³

Het posterior tarsaal tunnel syndroom (TTS) is een compressienuropathie van (takken van) de n. tibialis in de tarsale tunnel. In de literatuur wordt beschreven dat het een relatief zeldzame aandoening is. Er zijn echter geen onderzoeken beschikbaar naar de exacte incidentie of prevalentie van TTS.⁴ Mogelijke oorzaken zijn post-traumatisch oedeem of fibrose, varices, tenosynovitis, een accessoire of hypertrofische m. abductor hallucis longus, reumatoïde artritis, osteofyten, tumoren zoals een ganglion, lipoom of Schwannoom, standsafwijkingen of hypermobiliteit van de enkel (zowel valgusstand als varusstand) en strak schoeisel.^{1-3,5,6,7} Regelmatig is TTS idiopathisch (18-47%).⁶⁻¹²

Klinisch beeld

Anamnese: brandende pijn (55-100%)^{9,13,14}, doofheid (61%)¹³, dysesthesie en/of paresthesieën (86%)⁹ aan voetzool, soms mediale zijde enkel of tenen. Tenminste één van deze klachten bij 100%.^{9,13,15} Soms krampen in de voet. Klachten zijn meestal erger bij langdurig staan of lopen (62-67%)^{4,5,8,9,16} en soms 's nachts (19-62%).^{5,8,9,17,18} Meestal unilateraal (67-92%).^{8,9,13,15,17-21}

Bij het neurologisch onderzoek speciale aandacht voor:

- Sensibiliteitsstoornissen in verzorgingsgebied MPN, LPN en/of n. calcaneus, voornamelijk hypesthesie (69-100%). De voetrug doet niet mee.^{5,9,13,15,18-20,22}
- Hoffmann-Tinel sign: percussie of constante druk op de n. tibialis ter hoogte van de tarsale tunnel kan paresthesieën van de voetzool uitlokken (67-100%).^{1,5,7-9,11,13,15,17,22}
Er zijn ook andere provocatietesten beschreven in de literatuur, zoals de dorsiflexie-eversie test (10 seconden passieve maximale eversie en dorsaalflexie van enkel en alle MTP-gewrichten zou klachten bij 82% uitlokken of verergeren)¹³ en de triple compression stress test (30 seconden passieve maximale plantairflexie en inversie met directe druk achter de mediale malleolus zou klachten bij 94% uitlokken).¹⁹ Beide testen zijn slechts door één onderzoeksgroep beschreven, zonder goed vergelijkend onderzoek (geen blindering en alleen vergelijking met gezonde controles en niet met patiënten met andere voetklachten dan TTS).
- Krachtsverlies en atrofie van de teenflexoren en m. abductor hallucis kunnen bestaan, voornamelijk bij zeer langdurige klachten, maar zijn vaak moeilijk vast te stellen (bij 0-23% respectievelijk 0-27%).^{7-9,15,16,22} Vergelijk met de niet-aangedane zijde.^{1,2,5,23}
- Let ook op standsafwijkingen van de voet, varices, oedeem en palpabele afwijkingen.

Overigens zijn de genoemde percentages lastig te interpreteren, omdat er geen uniforme diagnostische criteria voor TTS bestaan. Het betreft dus mogelijk een heterogene groep patiënten waarvan niet zeker is of zij allen daadwerkelijk TTS hebben.

De differentiaal diagnose is uitgebreid en bevat o.a.: anterior tarsaal tunnel syndroom, Mortonse neuralgie, radiculair syndroom, neurogene claudicatio, fasciitis plantaris, perifeer vaatlijden, varices, artritis, spier- en peesblessures, fracturen of andere lokale voetproblemen, polyneuropathie in geval van bilateraal TTS.^{1-3,5}

Het anterior tarsaal tunnel syndroom is een compressieneuropathie van de n. peroneus profundus onder het retinaculum extensorum inferior, een deel van de fascia op de voetrug, en is nog zeldzamer dan posterior TTS. Hierbij zijn er brandende pijn op de voetrug en gevoelsstoornissen tussen de eerste en tweede teen (webspace), vaak 's nachts. Soms is er atrofie en functieverlies van de m. extensor digitorum brevis.²⁴

Het onderscheid met een Mortonse neuralgie of metatarsalgia kan lastig zijn. Hierbij is sprake van een laesie van één van de interdigitale zenuwen in de voet (takken van de LPN en MPN), waar deze tussen de kopjes van de metatarsalia loopt, meestal tussen de derde en vierde metatarsaal. Het geeft een brandende pijn in de voorvoet. Tinel ter hoogte van de enkel is negatief, wel is er schietende pijn bij lokale druk op de metatarsalia (trigger points).¹

Aanvullend onderzoek

EMG

Er zijn vrij veel studies gedaan naar het EMG bij patiënten met TTS, maar de kwaliteit ervan is over het algemeen slecht tot matig: alle studies zijn retrospectief, ongeblindeerd, relatief klein, de klinische definitie van TTS is niet gestandaardiseerd en de tijdstippen van verricht EMG-onderzoek zijn zeer wisselend (zie ook Patel et al; referentie 4). Er bestaat slechts een klein aantal studies dat voldoet aan tenminste 5 van 6 vereiste criteria: prospectief onderzoek, diagnose TTS is gebaseerd op klinische criteria (en niet op EMG criteria), goede beschrijving van de gebruikte EMG procedure en van referentie- en afwijkende waarden, en met monitoring van de huidtemperatuur van de extremiteit (zie tabel 2). Ook deze studies hebben echter belangrijke methodologische beperkingen:

- De afwezigheid van een uniforme klinische definitie van TTS;
- De afwezigheid van blinding;
- De variabiliteit in het moment van onderzoek ten opzichte van het ontstaan van klachten.

Het beste bewijs voor het gebruik van EMG voor de evaluatie van TTS moet beschouwd worden als level 3. Er is een associatie tussen abnormale zenuwgeleidingsparameters en klachten suggestief voor TTS. Een negatief EMG sluit de diagnose TTS niet uit. Sensibel geleidingsonderzoek is sensitiever dan motorisch geleidingsonderzoek (90-100% respectievelijk 21-52%), maar gaat ten koste van de specificiteit (83% respectievelijk 100%). Ook gemengd zenuwgeleidingsonderzoek is sensitiever dan motorisch zenuwgeleidingsonderzoek (86%), en specifiekere dan sensibel geleidingsonderzoek (100%; echter slechts één studie).^{4,8,15,17,25}

Zenuwgeleidingsonderzoek volgens TTS protocol houdt in dat door middel van gemengd zenuwgeleidingsonderzoek van de MPN en LPN de geleidingsnelheden (nerve conduction velocities (NCV's)) en amplitudes van de nerve action potentials (NAP's) worden bepaald. Hiervoor wordt met oppervlakte-elektroden mediaal respectievelijk lateraal onder de voetzool gestimuleerd en afgeleid met oppervlakte-elektroden juist boven het retinaculum flexorum, boven en achter de mediale malleolus over een afstand van 14 cm. De zenuwgeleiding kan vertraagd zijn, de amplitude van de NAP kan verlaagd zijn en de NAP kan afwezig zijn. Vervolgens worden de distale motore latentie (DML) en de amplitude van de CMAP van de n. tibialis naar de m. abductor hallucis over een afstand van 10 cm en van de m. abductor digiti minimi over 12 cm bepaald door de zenuw juist proximaal van het retinaculum flexorum te

stimuleren. Tenslotte wordt de zenuw in de knieholte gestimuleerd. Dit is voor bepaling van de geleidingsnelheid in het onderbeen, om eventuele andere oorzaken van een verlengde DML (zoals demyelinisatie in het kader van een polyneuropathie) uit te sluiten. Bij TTS kan de amplitude van de CMAP verlaagd zijn, de CMAP kan afwezig zijn en de DML kan relatief verlengd zijn.^{4,8,15,17,25} Zie voor normaalwaarden tabel 3 (gebaseerd op de handleiding van Buschbacher et al.).²⁶ Vergelijk, om te bepalen of de DML verlengd is, met de asymptomatische zijde. De DML normaalwaarden van Buschbacher zijn namelijk berekend op een afstand van 8cm (distaal van retinaculum flexorum), en niet op 10 en 12cm (proximaal van retinaculum flexorum). Er kan derhalve geen absolute referentiewaarde voor de DML gehanteerd worden.

Beeldvormend onderzoek

Beeldvormend onderzoek is zinvol om de oorzaak van TTS aan te tonen en met het oog op een eventuele operatie. Met echografie of MRI kan bijvoorbeeld een onderliggende ruimte-innemende laesie, zoals een ganglion, varices of een pulserende arterie, zichtbaar gemaakt worden.^{3,5,11,13,27} Röntgenonderzoek van de enkel kan zinvol zijn voor het aantonen van standsafwijkingen, osteofyten of traumatische afwijkingen.^{3,5,6,27}

Echografie wordt echter ook in toenemende mate gebruikt om afwijkingen aan de zenuw zelf te visualiseren en kan overwogen worden wanneer het zenuwgeleidingsonderzoek inconclusief is. De n. tibialis kan ter hoogte van en juist proximaal van het retinaculum flexorum transversaal en longitudinaal in beeld gebracht worden, waarbij transversaal de oppervlakte gemeten kan worden. Rechts en links worden vergeleken. Bij het ontbreken van een onderliggende comprimerende ruimte-innemende oorzaak, dus bij een idiopathisch TTS, kunnen verschillende afwijkingen zichtbaar zijn (level 3):

- Een focale fusiforme verdikking van de zenuw (toegenomen transversale oppervlakte, kaliberverandering bij longitudinaal onderzoek);
- Verandering van echodensiteit (echoarmer dan normaal);
- Afgenomen fasciculair patroon of vergroting van de fascikels in de zenuw door zwelling.

Normaalwaarden en afkapwaarden voor afwijkende uitslagen worden in de literatuur weinig vermeld; de meeste van bovenstaande bevindingen zijn gebaseerd op visualisatie van links-rechts verschillen bij TTS patiënten.²⁸⁻³² Als afkapwaarde voor een tegenomen transversale zenuwoppervlakte van de n. tibialis een waarde van groter dan 13mm² worden aangehouden (gebaseerd op onderzoek van L. Visser; normaalwaarden bij 54 gezonde controles).³³

In de praktijk zal MRI-onderzoek en röntgenonderzoek door de orthopeed of neurochirurg aangevraagd worden. Een echografie zal wel regelmatig worden gemaakt vanuit de afdeling KNF, voornamelijk wanneer het EMG inconclusief is. De afdeling KNF zal voor patiënten met een inconclusief EMG een nieuwe afspraak maken voor het verrichten van een echografie.

Behandeling

Conservatieve behandeling

In de literatuur worden de volgende mogelijkheden beschreven:

- Gewichtsvermindering bij patiënten met overgewicht (level 3);¹⁴
- Pijnstilling: voornamelijk met NSAID's (level 3).^{3,5,6,14} Over de behandeling van de pijn met tricyclische antidepressiva (zoals amitriptyline) en anti-epileptica (zoals gabapentine) is weinig tot niet gepubliceerd
- Fysiotherapie: aanpassing van activiteiten, progressieve mobilisatie oefeningen of oefeningen ter vermindering van oedemen (level 3);^{3,5,6}

- Behandeling van een onderliggende oorzaak: bijvoorbeeld steunzolen, orthese of schoencorrecties bij standsafwijkingen^{2,3,6} en elastische kousen bij varices² (level 3);
- Voorkomen van te strak zittend schoeisel (level 3);
- Brace of nachtsplak om de voet 's nachts in een neutrale positie te houden (level 3);^{3,5,14}
- Injectie van anesthetica of corticosteroiden onder het retinaculum flexorum. Dit wordt door de meeste auteurs beschouwd als tijdelijk of slechts matig effectief (level 3).^{2,6,8,12,16,18,20,23,25}

Overtuigend bewijs voor de effectiviteit van deze behandelingen is er echter niet (geen vergelijkende studies). Bovendien is weinig bekend over het spontane beloop van TTS. Door sommige auteurs wordt beschreven dat er geen spontane verbetering is,⁸ door anderen wordt juist bij het merendeel van de patiënten bij wie een expectatief beleid werd gevoerd een goede uitkomst gerapporteerd (6/9 (67%)).³⁴

Operatieve behandeling

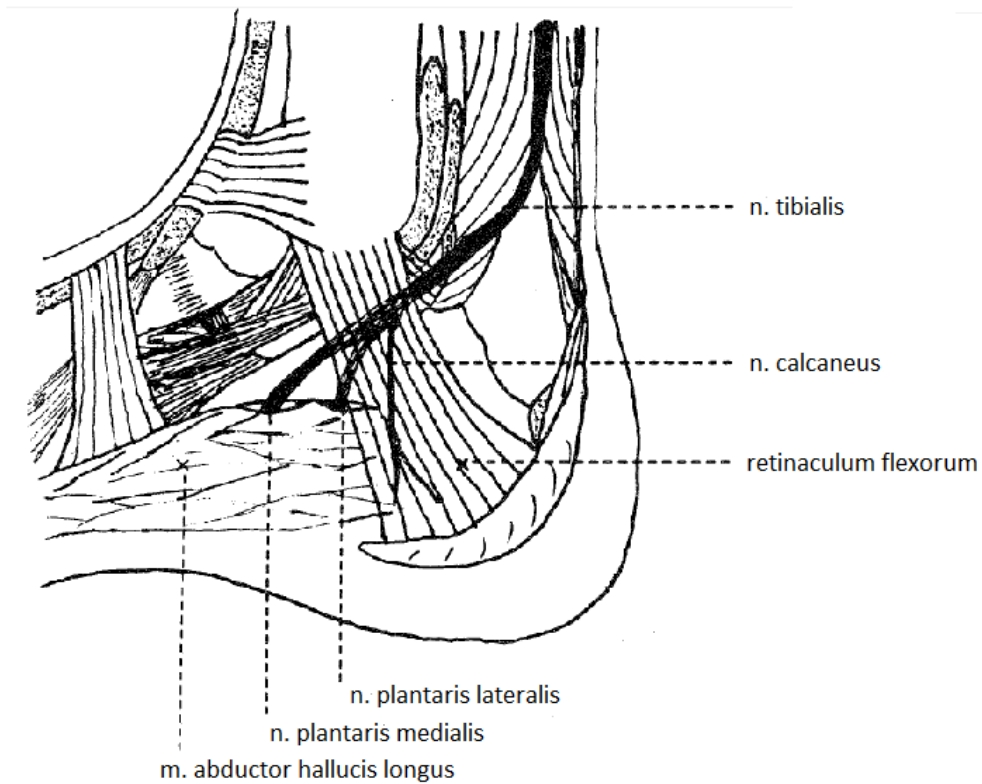
Er is geen vergelijkende studie bekend tussen conservatieve en operatieve behandeling.^{3,6} Een operatieve decompressie van de n. tibialis en de takken daarvan kan overwogen worden wanneer conservatieve therapie heeft gefaald (level 3). In de literatuur worden zeer wisselende succespercentages beschreven, variërend van 42 tot 100% (zie tabel 4).^{6-8,10-12,16-18,20-23,25,35-43} Deze grote variatie wordt veroorzaakt door verschillen in patiëntselectie, tijdsduur van begin klachten tot operatie, operatietechniek, uitkomstmaat en door de beperkte sample sizes.¹⁴ De operatietechniek verschilt per operateur. In het Erasmus MC wordt decompressie verricht door de neurochirurgen. Hierbij wordt een incisie gemaakt over de tarsale tunnel, waarna het retinaculum flexorum over de gehele lengte wordt geopend. De zenuw wordt geïdentificeerd en vrij gelegd. Het preoperatief staken van eventuele bloedverdunners gebeurt in overleg met de operateur. In principe vindt de operatie in dagbehandeling plaats en worden patiënten met krukken naar huis ontslagen. Zij mogen de voet postoperatief gedurende enkele dagen niet belasten. Meerdere onderzoekers hebben aangetoond dat er een grotere kans is op een gunstig effect van decompressie indien TTS veroorzaakt wordt door een ruimte-innemend proces (ganglion of tumor).^{10,18,22} Het resultaat is juist slechter bij een langere duur van de klachten.^{11,16,25} Daarom wordt over het algemeen geadviseerd een operatie te overwegen wanneer conservatieve behandeling gedurende drie maanden geen effect heeft (level 3). Patiënten met ernstige klachten of een ruimte-innemende laesie als oorzaak kunnen eventueel eerder verwezen worden. De klachten verminderen of verdwijnen soms vrijwel direct postoperatief, maar vaak pas enkele weken tot maanden na de operatie.^{11,12} Waarschijnlijk helpt een operatie ook verdere verslechtering te voorkomen. Het complicatierisico is over het algemeen laag (0-13%) en bestaat voornamelijk uit wondinfecties, wonddehiscentie en vertraagde wondgenezing.^{11,20,37}

Referenties

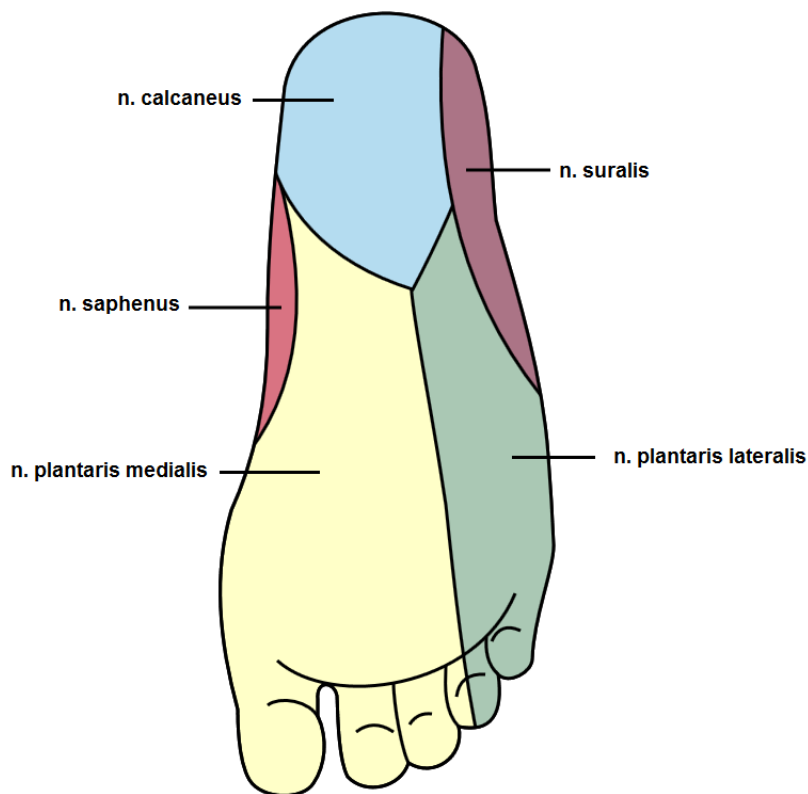
1. Staal A, Van Gijn J, Spaans F. Mononeuropathies: Examination, Diagnosis and Treatment. W.B. Saunders, 1999.
2. Castro WH, de Jonge JP, Eerdmans RF. Het tarsale-tunnelsyndroom. Ned Tijdschr Geneesk. 1985;129(44):2114-7.
3. Singh SK, Wilson MG. The surgical treatment of tarsal tunnel syndrome. The Foot 2005;15(4): 212-6.
4. Patel AT, Gaines K, Malamut R, et al.; American Association of Neuromuscular and Electrodiagnostic Medicine. Usefulness of electrodiagnostic techniques in the evaluation of suspected tarsal tunnel syndrome: an evidence-based review. Muscle Nerve 2005;32(2):236-40.
5. Ahmad M, Tsang K, Mackenney PJ, et al. Tarsal tunnel syndrome: A literature review. Foot Ankle Surg. 2012 Sep;18(3):149-52.

6. Jerosch J, Schunck J, Khoja A. Results of surgical treatment of tarsal tunnel syndrome. *Foot and Ankle Surgery*. 2006;12(4):205-8.
7. Urgüden M, Bilbaşar H, Ozdemir H, et al. Tarsal tunnel syndrome - the effect of the associated features on outcome of surgery. *Int Orthop*. 2002;26(4):253-6.
8. Oh SJ, Sarala PK, Kuba T, Elmore RS. Tarsal tunnel syndrome: electrophysiological study. *Ann Neurol* 1979;5:327-30.
9. Mondelli M, Morana P, Padua L. An electrophysiological severity scale in tarsal tunnel syndrome. *Acta Neurol Scand*. 2004;109(4):284-9.
10. Takakura Y, Kitada C, Sugimoto K, et al. Tarsal tunnel syndrome. Causes and results of operative treatment. *J Bone Joint Surg Br*. 1991;73(1):125-8.
11. Turan I, Rivero-Melián C, Guntner P. Tarsal tunnel syndrome. Outcome of surgery in longstanding cases. *Clin Orthop Relat Res*. 1997;(343):151-6.
12. Edwards WG, Lincoln CR, Bassett FH 3rd, et al. The tarsal tunnel syndrome. Diagnosis and treatment. *JAMA*. 1969;207(4):716-20.
13. Kinoshita M, Okuda R, Morikawa J, et al. The dorsiflexion-eversion test for diagnosis of tarsal tunnel syndrome. *J Bone Joint Surg Am*. 2001 Dec;83-A(12):1835-9.
14. Gondring WH, Trepman E, Shields B. Tarsal tunnel syndrome: assessment of treatment outcome with an anatomic pain intensity scale. *Foot Ankle Surg*. 2009;15(3):133-8.
15. Oh SJ, Kim HS, Ahmad BK. The near-nerve sensory nerve conduction in tarsal tunnel syndrome. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1985;48:999-1003.
16. Linscheid RL, Burton RC, Fredericks EJ. Tarsal-tunnel syndrome. *South Med J*. 1970;63(11):1313-23.
17. Galardi G, Amadio S, Maderna L, et al. Electrophysiologic studies in tarsal tunnel syndrome. Diagnostic reliability of motor distal latency, mixed nerve and sensory nerve conduction studies. *Am J Phys Med Rehabil*. 1994;73(3):193-8.
18. Baba H, Wada M, Annen S, et al. The tarsal tunnel syndrome: evaluation of surgical results using multivariate analysis. *Int Orthop*. 1997;21(2):67-71.
19. Abouelela AA1, Zohiery AK. The triple compression stress test for diagnosis of tarsal tunnel syndrome. *Foot (Edinb)*. 2012;22(3):146-9.
20. Kohno M, Takahashi H, Segawa H, et al. Neurovascular decompression for idiopathic tarsal tunnel syndrome: technical note. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2000;69(1):87-90.
21. Lam SJ. Tarsal tunnel syndrome. *J Bone Joint Surg Br*. 1967;49(1):87-92.
22. Nagaoka M, Satou K. Tarsal tunnel syndrome caused by ganglia. *J Bone Joint Surg Br*. 1999;81(4):607-10.
23. Beks JWF, Ter Weeme CA. Het tarsale-tunnelsyndroom. *Ned Tijdschr Geneesk* 1992; 136, nr 15.
24. Krause KH, Witt T, Ross A. The anterior tarsal tunnel syndrome. *J Neurol*. 1977;217(1):67-74.
25. Kaplan PE, Kernahan WT Jr. Tarsal tunnel syndrome: an electrodiagnostic and surgical correlation. *J Bone Joint Surg* 1981;63:96-99.
26. Buschbacher RM, Prahlow ND. *Manual of Nerve Conduction Studies*, Second Edition. Demos Medical Publishing, LLC, New York, 2006.
27. Nagaoka M, Matsuzaki H. Ultrasonography in tarsal tunnel syndrome. *J Ultrasound Med*. 2005;24(8):1035-40.
28. Therimadasamy AK, Seet RC, Kagda YH, et al. Combination of ultrasound and nerve conduction studies in the diagnosis of tarsal tunnel syndrome. *Neurol India*. 2011;59(2):296-7.
29. Vijayan J, Therimadasamy AK, Teoh HL, et al. Sonography as an aid to neurophysiological studies in diagnosing tarsal tunnel syndrome. *Am J Phys Med Rehabil*. 2009;88(6):500-1.

30. Martinoli C, Bianchi S, Gandolfo N, et al. US of nerve entrapments in osteofibrous tunnels of the upper and lower limbs. *Radiographics*. 2000;20 Spec No:S199-213.
31. Alshami AM, Cairns CW, Wylie BK, et al. Reliability and size of the measurement error when determining the cross-sectional area of the tibial nerve at the tarsal tunnel with ultrasonography. *Ultrasound Med Biol*. 2009;35(7):1098-102.
32. Kotnis N, Harish S, Popowich T. Medial ankle and heel: ultrasound evaluation and sonographic appearances of conditions causing symptoms. *Semin Ultrasound CT MR*. 2011;32(2):125-41.
33. Goedee HS, Brekelmans GJ, Visser LH. Multifocal enlargement and increased vascularization of peripheral nerves detected by sonography in CIDP: A pilot study. *Clin Neurophysiol*. 2014 Jan;125(1):154-9.
34. Mondelli M, Giannini F, Reale F. Clinical and electrophysiological findings and follow-up in tarsal tunnel syndrome. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1998;109(5):418-25.
35. Gkotsoulias EN, Simonson DC, Roukis TS. Outcomes and safety of endoscopic tarsal tunnel decompression: a systematic review. *Foot Ankle Spec*. 2014;7:57-60.
36. Gondring WH, Shields B, Wenger S. An outcomes analysis of surgical treatment of tarsal tunnel syndrome. *Foot Ankle Int*. 2003;24(7):545-50.
37. Pfeiffer WH, Cracchiolo A 3rd. Clinical results after tarsal tunnel decompression. *J Bone Joint Surg Am*. 1994;76(8):1222-30.
38. Sammarco GJ, Chang L. Outcome of surgical treatment of tarsal tunnel syndrome. *Foot Ankle Int*. 2003;24(2):125-31.
39. Ward PJ, Porter ML. Tarsal tunnel syndrome: a study of the clinical and neurophysiological results of decompression. *J R Coll Surg Edinb*. 1998;43(1):35-6.
40. Bailie DS, Kelikian AS. Tarsal tunnel syndrome: diagnosis, surgical technique, and functional outcome. *Foot Ankle Int*. 1998;19(2):65-72.
41. Mahan KT, Rock JJ, Hillstrom HJ. Tarsal tunnel syndrome. A retrospective study. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1996;86(2):81-91.
42. Stern DS, Joyce M. Tarsal tunnel syndrome: a review of 15 surgical procedures. *J Foot Surg*. 1989;28(4):290-4.
43. Cimino WR. Tarsal tunnel syndrome: review of the literature. *Foot Ankle*. 1990 Aug;11(1):47-52.



Figuur 1: De ligging van de nervus tibialis en diens vertakkingen ten opzichte van de tarsale tunnel (mediale zijde van de voet).²



Figuur 2: Huid geïnnerveerd door de verschillende takken van de nervus tibialis.

Bron: Gray's Anatomy.

Tabel 1: Spieren geïnnerveerd door takken van de nervus tibialis.^{1,11}

Nervus plantaris lateralis	Nervus plantaris medialis
m. abductor digiti minimi m. flexor digiti minimi m. adductor hallucis mm. interossei mm. lumbricales (2 t/m 5)	m. abductor hallucis m. flexor digitorum brevis m. lumbricalis (1)

Tabel 2: Studies ter evaluatie van de rol van het EMG bij TTS.^{8,15,17,25}

Ref.	Motorisch geleidingsonderzoek	Sensibel geleidingsonderzoek	Gemengd geleidingsonderzoek	Extra informatie
8	<p>MPN: - DML afwijkend: 10/21 (48%) - CMAP amplitude afwijkend: 7/21 (33%)</p> <p>LPN: - DML afwijkend: 7/21 (33%) - CMAP amplitude afwijkend: 7/21 (33%)</p> <p>Totaal: DML afwijkend : 11/21 (52%)</p>	<p>MPN: - SNAP afwezig: 11/21 (52%) - SNAP amplitude afwijkend: 6/21 (29%) - SNAP snelheid afwijkend: 5/21 (24%) - Totaal afwijkend: 16/21 (76%)</p> <p>LPN: - SNAP afwezig: 10/18 (56%) - SNAP amplitude afwijkend: 3/18 (17%) - SNAP snelheid afwijkend: 2/18 (11%) - Totaal afwijkend: 12/18 (67%)</p> <p>Totaal afwijkend: 19/21 (90%)</p>	-	<p>Vergelijking uitkomsten met controlegroep (20 mensen zonder voetklachten). 2 fout-positieven (onbekend welke waarde afwijkend is).</p> <p>Conclusie: sensibel geleidingsonderzoek heeft een hogere sensitiviteit dan motorisch geleidingsonderzoek; bij afwijkende DML ook altijd afwijkende SNAP.</p>
15	<p>MPN: - DML afwijkend: 1/24 (4%) - CMAP amplitude afwijkend: 1/24 (4%)</p> <p>LPN: - DML afwijkend: 3/24 (13%)</p> <p>Totaal afwijkend: 5/24 (21%)</p>	<p>MPN: - SNAP afwezig: 2/25 (8%) - SNAP amplitude afwijkend: 10/25 (40%) - SNAP snelheid afwijkend: 16/25 (64%) - Dispersie: 14/25 (56%) - Totaal afwijkend: 24/25 (96%)</p> <p>LPN: - SNAP afwezig: 6/14 (43%) - SNAP amplitude afwijkend: 5/14 (36%) - SNAP snelheid afwijkend: 4/14 (29%) - Dispersie: 5/14 (36%) - Totaal afwijkend: 13/14 (93%)</p> <p>Totaal afwijkend: 24/25 (96%)</p>	-	<p>Near-nerve needle technique. Vergelijking uitkomsten met normaalwaarden (geen controlegroep). Aantal fout-positieven onbekend.</p> <p>Conclusie: bij de near nerve needle techniek is vaker een SNAP opwekbaar (met lage snelheid en dispersie, passend bij segmentale demyelinisatie bij drukneuropathie).</p>
17	<p>MPN: - DML afwijkend: 3/14 (21%) - CMAP amplitude afwijkend: 0/0 (0%) - CMAP snelheid afwijkend: 0/0 (0%) - Totaal afwijkend: 3/14 (21%) - Geen fout-positieven (specificiteit 100%)</p> <p>LPN: niet gemeten.</p>	<p>MPN: - SNAP afwezig: 8/14 (57%) - SNAP amplitude afwijkend: 2/14 (14%) - SNAP snelheid afwijkend: 4/14 (29%) - Totaal afwijkend: 13/14 (93%)</p> <p>LPN: - SNAP afwezig: 13/14 (93%) - SNAP amplitude afwijkend: 0/0 (0%) - SNAP snelheid verlaagd: 1/14 (7%) - Totaal afwijkend: 14/14 (100%) - Fout-positief: 2/12 asymptomatische voeten (specificiteit 83%)</p> <p>Totaal afwijkend: 14/14 (100%)</p>	<p>MPN: - NAP afwezig: 1/14 (7%) - NAP amplitude afwijkend: 7/14 (50%) - NAP snelheid afwijkend: 2/14 (14%) - Totaal afwijkend: 9/14 (64%)</p> <p>LPN: - NAP afwezig: 6/14 (43%) - NAP amplitude afwijkend: 4/14 (29%) - NAP snelheid afwijkend: 1/14 (7%) - Totaal afwijkend: 10/14 (71%) - Geen fout-positieven (specificiteit 100%)</p> <p>Totaal afwijkend: 12/14 (86%)</p>	<p>Vergelijking uitkomsten met controlegroep (25 gezonde mensen) en met asymptomatische kant.</p> <p>Conclusie: - motorisch geleidingsonderzoek lage sensitiviteit, hoge specificiteit - sensibel geleidingsonderzoek: hoge sensitiviteit, lage specificiteit - bij afwijkend motorisch onderzoek ook altijd afwijkend sensibel en gemengd onderzoek</p>
25	<p>MPN en LPN: - afwijkende CMAP amplitude - afwijkende CMAP duur - afwijkende DML</p>	-	-	<p>Vergelijking van 21 TTS patiënten met 100 gezonde controles en met asymptomatische kant.</p>

Percentage van TTS patiënten waarbij de waarden afwijkend zijn is niet beschreven, maar de overall groep verschilt significant van de controlegroep.			
--	--	--	--

Afkortingen: ref. = referentie; CMAP = compound muscle action potential; SNAP = sensory nerve action potential; NAP = nerve action potential; DML = distale motore latentie; LPN = n. plantaris lateralis; MPN = n. plantaris medialis.

Tabel 3: Normaalwaarden zenuwgeleidingsonderzoek MPN en LPN.²⁶

Normaalwaarden gemengde zenuwgeleiding:

	DSL (ms)	NCV (m/s)	Amplitude (spreiding; μ V)
MPN	3.7	38	18-30
LPN	3.7	38	8-20

Normaalwaarden motorische zenuwgeleiding:

N. tibialis naar *m. abductor hallucis* (MPN)

leeftijd lengte (cm)	DML (ms)	NCV S1-S2 (m/s)			amplitude (mV)	area (μ Vsec)	duur (ms)	leeftijd
		<160	160-169	\geq 170				
19-29	6.1	44	42	37	5.8	14.2	8.7	19-29
30-49					5.3			30-49
50-59		40	37	34	1.1	5.0		50-59
60-79								60-79

Voorwaarde: huidtemperatuur van de wreef \geq 31 °C.

Maximaal acceptabele afname van CMAP amplitude verkregen na stimulatie:

- Van S1 (enkel) naar S2 (knie): 71% (Ramp = 29%)

Acceptabele verschillen tussen links en rechts:

- DML: \leq 1.4 ms
- NCV: \leq 10 m/s
- amplitude: \leq 50%

N. tibialis naar *m. abductor digiti minimi* (LPN)

leeftijd lengte (cm)	DML (ms)	NCV S1-S2 (m/s)			amplitude (mV)	area (μ Vsec)	duur (ms)	leeftijd
		<160	160-169	\geq 170				
19-29	8.3	-	-	-	2.8	4.2	10.0	19-29
30-49					1.7			30-49
50-59		-	-	-	1.0	3.1		50-59
60-79								60-79

Voorwaarde: huidtemperatuur van de wreef \geq 31 °C.

Acceptabele verschillen tussen links en rechts:

- DML: \leq 1.5 ms
- amplitude: \leq 58%

Afkortingen: MPN = n. plantaris medialis; LPN = n. plantaris lateralis; DSL = distale sensibele latentie; NCV = nerve conduction velocity; DML = distale motore latentie.

Tabel 4: Studies waarbij operatieve decompressie van de n. tibialis bij TTS is onderzocht.

Ref.	Uitkomst operatie	Oorzaak TTS	Tijdsduur van onset tot operatie	Overig (conclusie, bijzonderheden operatietechniek, complicaties, etc.)
6	43/75 (57%) tevredenheid bij patiënt	25 idiopathisch, 21 trauma, 16 varices, 14 varusvoeten, 11 fibrose, 10 valgusvoeten, 3 ganglion, 3 DM, etc.	Gem. 15 maanden	Gebruik tourniquet.
7	9/13 (69%) goed tot uitstekend resultaat	3 idiopathisch, 4 ganglion, 3 standsafwijking, 1 varices, 2 schwannoom	Gem. 31,9 maanden (spreiding 2-240 maanden)	Uitkomst afhankelijk van duur klachten en pathologie.
8	10/11 (91%) aanzienlijke of complete verbetering	9/21 idiopathisch, 6 trauma, 3 DM, 2 postoperatief, 1 acromegalie	-	-
10	10/16 (63%) van patiënten met ganglion goed tot uitstekend, 1/4 (25%) van patiënten met trauma. Hele groep: Takakura score gemiddeld van 3,8 naar 8,1.	18/50 ganglion, talocalcaneal coalition met bony prominence 15, tumor 3, trauma 5, idiopathisch 9.	Gem. 9 maanden (spreiding 2mnd tot 5.5 jaar)	Betere uitkomst bij RIP (tumor, ganglion, tarsal coalition); slechter bij traumatische etiologie of idiopathisch. Hoe langer de duur van de klachten tot OK (>10 maanden), hoe slechter de uitkomst.
11	11/18 (61%) uitstekend, 4/18 (22%) verbetering	15/18 compressie (6 varices, 5 fascie, 4 littekenweefsel, 2 neuroom, 1 m. abductor hallucis, 1 tenosynovitis)	Mediaan 60 maanden (spreiding 10-192 maanden)	Slechte uitkomst bij trauma als oorzaak en bij zeer lange duur van klachten (180 en 192 maanden). Gebruik tourniquet. Geen complicaties.
12	15/16 patiënten (94%) goed tot uitstekend	5/17 casus posttraumatische fibrose, 3 hypertrofie of accessoire MAH, 1 tenosynovitis, 8 idiopathisch.	2 maanden tot 3 jaar	Gebruik tourniquet.
16	12/24 (50%) goed, 7/24 redelijk, 5/24 slecht	3 varices, 1 myxoedeem, 11 trauma	Gem. 27 maanden (spreiding 24 uur tot 10 jaar)	Slechtere uitkomst bij klachten >12 maanden. Ook resectie van (takken van) venen en arteriën. Gebruik tourniquet.
17	12/12 (100%) probleem opgelost	4/12 fractuur, 5 distortie, 2 osteoom, 1 varices	-	-
18	22/37 verbeterde 1 graad, 12/37 met 2 graden, en 3/37 niet (op gradering van 1-4).	13/37 ganglion, 7/37 significante fibrose	Gem. 0,9 jaar (spreiding 1 maand - 8 jaar)	Uitkomst beter bij kort bestaande klachten, ganglion en licht werk. Uitkomst slechter bij fibrose en contusie. Incisie van slechts 3.5cm.
20	10/12 (83%) goed tot uitstekend	12/12 idiopathisch TTS	Gem. 12 maanden (spreiding 3-24 maanden)	Graft of fat ingebracht als kussentje om druk op zenuw te verminderen. Complicaties bij 0%.
21	11/13 (85%) complete verlichting, 1 gedeeltelijke verlichting	3 fibrose, 1 varices, overig geen	Gem. 10 maanden (spreiding 2-30 maanden)	-
22	29/30 (97%) tevreden: 21 uitstekend, 8 goed	30/30 cases met ganglion, bij 1 ook varices en bij 1 talocalcaneal coalition.	-	Excisie bij 25/29, drainage bij 4/25. Goede uitkomst bij ganglion als oorzaak.
23	13/14 (93%) uitstekend	-	-	-
25	14/18 (78%) complete verlichting, 4/18 (22%) verbetering van klachten	-	2-18 maanden	Slechtere uitkomst bij langere duur van klachten.
32	5/6 (83%) goed tot uitstekend	-	-	-
33	33/36 (92%) goed tot uitstekend	-	-	Review van 3 studies met endoscopische tarsal tunnel release. Complicaties: bij 1/37 (3%) wonddehiscentie.
34	51% (uit 68 casus) complete of bijna complete subjectieve verbetering	-	-	-
35	14/32 (44%) goed tot uitstekend, 12/32 (38%) slecht	-	-	Slechtere uitkomst bij vrouwen van 40-50 jaar, beter bij jongeren en tarsal coalition of RIP. Complicaties bij 4/32 (13%): infectie, vertraagde wondgenezing.
36	MFS preoperatief 61/100, postoperatief 80/100 (75 casus)	Bij een deel van de patiënten arteriële compressie, varices, RIP.	31 maanden	Betere uitkomst bij klachten <1 jaar.
37	42% (uit 22 casus) tevreden	-	-	-
38	72% (uit 47 patiënten) tevreden	-	-	-
39	71% (uit 45 casus) verbetering	-	-	-

40	11/15 (73%) goed tot uitstekend	Bij 8/15 trauma: goede tot uitstekende resultaten.	-	-
41	69% goed resultaat, 21% matig, 9% ontevreden of slecht	N.v.t.	N.v.t.	Review van 24 artikelen.

Afkortingen: ref. = referentie; gem. = gemiddeld; RIP = ruimte-innemend proces, MFS = Maryland Foot Score.