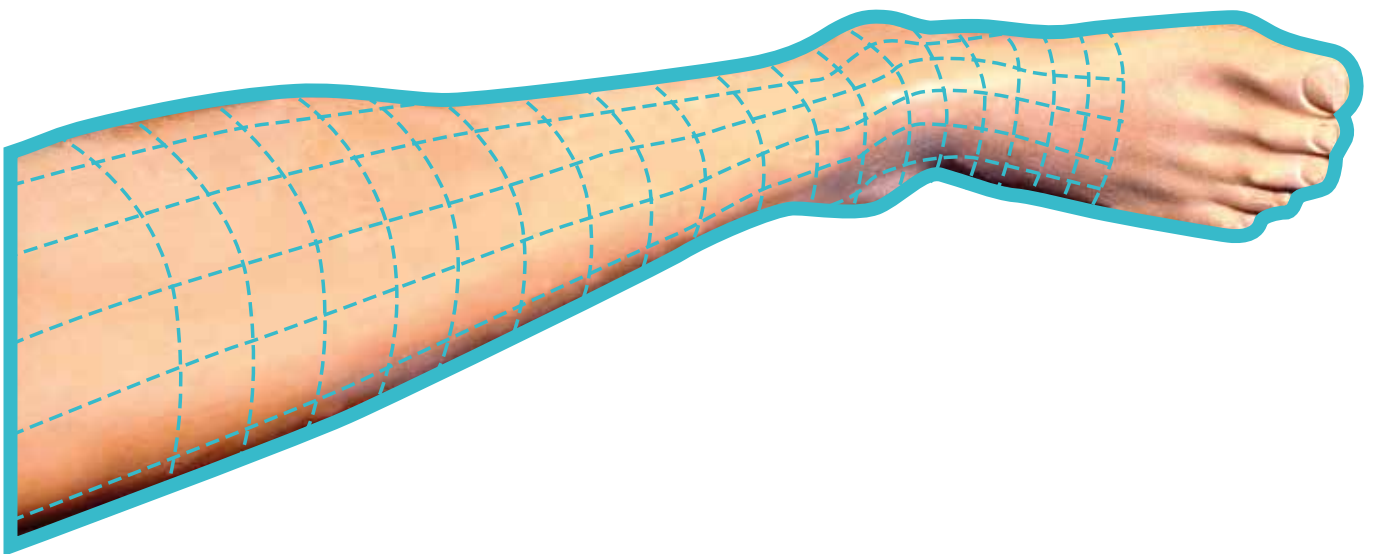


De stiffness van therapeutisch elastische kousen

K. van der Wegen-Franken*

Therapeutisch elastische kousen worden sinds jaren succesvol toegepast in de behandeling van veneuze aandoeningen. Ze kunnen preventief worden ingezet bij mensen met een staand beroep of bij zwangere vrouwen, ondersteunend aan een behandeling, bijvoorbeeld na het wegspuiten of opereren van spataderen, en als onderhoudsbehandeling bij patiënten met chronische problematiek, onder andere bij patiënten met chronisch veneuze insufficiëntie en lymfoedeem.



Werking

De werkzaamheid van therapeutisch elastische kousen is afhankelijk van de druk die ze uitoefenen op het been en daarnaast van de mate waarin een kous weerstand biedt tegen vervorming. Dit laatste wordt de stiffness van therapeutisch elastische kousen genoemd en kan klinisch vertaald worden naar het oedeem preventief effect. Een van de belangrijkste werkingsmechanismen van therapeutisch elastische kousen is namelijk oedeempreventie. Synoniemen voor stiffness zijn weerstands- of elasticiteitscoëfficiënt en 'slope'. In dit artikel zullen diverse aspecten van stiffness van therapeutisch elastische kousen en het belang hiervan in de praktijk uiteengezet worden.

Classificatie van therapeutisch elastische kousen

Met het grote aanbod van therapeutisch elastische kousen kan het lastig zijn een juiste keuze te maken. Hoe kunnen al deze kousen van elkaar onderscheiden worden? We hebben de keuze uit twee typen breiwerk: vlakbrei en rondbrei. Bij vlakbrei kousen kan iedere toer of naald exact

op maat gebreid worden omdat gemeerderd en geminderd kan worden. Deze kousen hebben een naad. Bij rondbrei kousen ontstaat de vorm door het hard of minder hard aantrekken van de verschillende draden. Naast het type breiwerk en het verschil tussen maatwerk en confectie, zorgen de materialen en de uitvoering van het breiwerk voor de karakteristieke eigenschappen of kenmerken van een kous. Ook moet iedere therapeutisch elastische kous een drukgradiënt hebben met een drukafname van distaal naar proximaal, evenredig aan de afname van de invloed van de zwaartekracht.

We hebben de keuze uit twee typen breiwerk: vlakbrei en rondbrei

Toch worden, ondanks deze bovengenoemde verschillen, therapeutisch elastische kousen slechts geïnclassificeerd naar één eigenschap, namelijk de druk die ze uitoefenen op de B-maat. Dit is het smalste deel van de enkel. Er is

een variatie in drukklassen tussen de verschillende landen. In Nederland worden vier drukklassen onderscheiden (tabel 1) (1). De stiffness wordt hierbij volledig buiten beschouwing gelaten. Onderzoek heeft echter aangetoond dat therapeutisch elastische kousen behorende tot eenzelfde drukklasse een grote variatie in stiffness laten zien (2). Deze variatie is waarschijnlijk ook de verklaring voor het verschil in effectiviteit van therapeutisch elastische kousen behorend tot eenzelfde drukklasse. Dit betekent dat het huidige classificatiesysteem naar druk alleen ontoereikend is en dat stiffness een belangrijk aanvullend kenmerk is, waardoor een verfijning van de classificatie mogelijk wordt. Karakteristieken van therapeutisch elastisch kousen zijn elasticiteit, stiffness en hysteresis.

Elasticiteit

Therapeutisch elastisch kousen zijn gemaakt van natuurlijk of synthetisch rubber. Een van de belangrijkste eigenschappen van rubber is elasticiteit. Dit is de capaciteit van materiaal om na uitrekken weer terug te keren naar de oorspronkelijke vorm. Dankzij de elasticiteit kunnen therapeutisch elastische kousen druk uitoefenen op het been. Dit wordt ook wel de 'interface pressure' genoemd.

Stiffness

Zoals reeds gezegd oefenen therapeutisch elastische kousen druk uit op het been vanwege hun elasticiteit. Deze druk is gerelateerd aan de mate waarin de kous is uitgerekt en aan de omvang van het been. Wanneer de omvang van het been toeneemt, zoals bij lopen of het ontstaan van vocht in de benen, zal de druk onder de kous toenemen. Dit fenomeen is het gevolg van elasticiteit en is direct gecorreleerd aan de stiffness. Vanuit de dagelijkse praktijk weten we dat kousen uit een zelfde drukklasse een ander therapeutisch effect kunnen hebben. Dit heeft te maken met de stiffness van therapeutisch elastische kousen.

Stiffness wordt gedefinieerd als de druktoename die

ontstaat als het been 1cm in omvang toeneemt. Hoe hoger de stiffness, des te beter het oedeempreventieve effect en hoe meer de kous het karakter krijgt van een niet-elastisch verband. Kousen met een hoge stiffness zijn echter weer moeilijker aan en uit te trekken en worden daardoor ook minder comfortabel.

De 'static stiffness index' (SSI) is gedefinieerd als het drukverschil tussen staan en liggen

Hysteresis

Een derde karakteristiek die een rol speelt in het werkingsmechanisme van therapeutisch elastische kousen is de hysteresis ofwel 'stroperigheid' van een kous. Dit is een materiaaleigenschap die tot stand komt door wrijving in het breiwerk van een kous. Met andere woorden, de wrijving tussen de draden en steken die ontstaat tijdens bewegen. Deze eigenschap bepaalt in hoeverre een therapeutisch elastische kous de omvangveranderingen van een been tijdens bewegen kan volgen.

Hoe meten we stiffness?

[tussenkop] Statisch versus dynamisch
Voorheen werd de stiffness statisch gemeten in het laboratorium. Dit geeft een goede indicatie van de statische druk die de kous op het been uitoefent. Maar eigenlijk zijn we geïnteresseerd in het dynamische gedrag van de kous. Aangezien therapeutisch elastische kousen werkzaam zijn tijdens lopen en bewegen (ambulante compressietherapie) lijkt het voor de hand te liggen dynamisch te meten.

Wat gebeurt er met de druk onder de kous tijdens het lopen? Tijdens lopen nemen de kuitspieren in omvang toe en af met de regelmaat van de loopbeweging. Deze omvangveranderingen zorgen voor drukpulsaties onder de kous en staan bekend als het masserend effect van therapeutisch elastische kousen. Dus neemt de omvang van het been toe, dan stijgt de druk onder de kous. Andersom geldt dat bij afname van de omvang de druk daalt. Het verschil tussen de minimale en maximale druk is afhankelijk van de stiffness. Bij een hogere stiffness, dus wanneer er meer weerstand is tegen vervorming, is het verschil tussen minimale en maximale druk en dus de drukpulsaties of amplitudo groter (figuur 1).

Dynamische stiffness

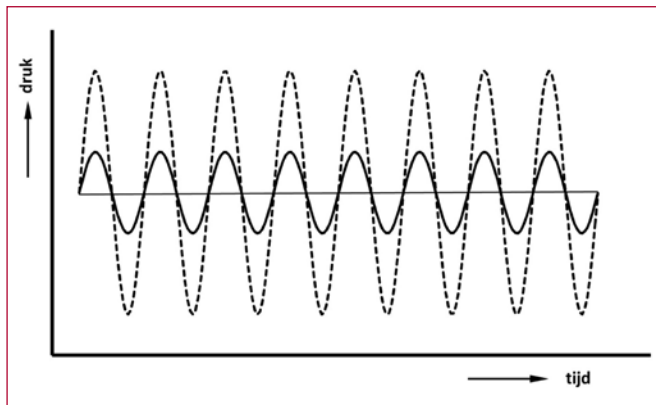
Stolk heeft in 2004 een dynamisch model ontwikkeld om de dynamische stiffness index (DSI) van therapeutisch elastische kousen te meten (figuur 2) (3). Dit model kan ons loopgedrag en de loopsnelheid nabootsen. Door

Tabel 1. Indeling drukklassen Comité Européen de Normalisation (CEN)

Drukklasse	Druk op de enkel ¹	
	hPa	mmHg ²
KL A licht	13 t/m 19	10 t/m 14
KL I mild	20 t/m 28	15 t/m 21
KL II matig	31 t/m 43	23 t/m 32
KL III sterk	45 t/m 61	34 t/m 46
KL IV zeer sterk	65 en hoger	49 en hoger

1. Deze waarde geeft een indicatie over de druk die door de kous wordt uitgeoefend op een hypothetische cilindrische enkel.

2. 1 mmHg = 1,333 hPa



Figuur 1. Schematische weergave van een kous met een hoge stiffness en met een lage stiffness. Doorgetrokken lijn: kleine drukpulsaties (amplitudo) onder de kous, weinig weerstand, dus een lage stiffness. Onderbroken lijn: grote drukpulsaties (amplitudo) onder de kous, veel weerstand, dus een hoge stiffness.

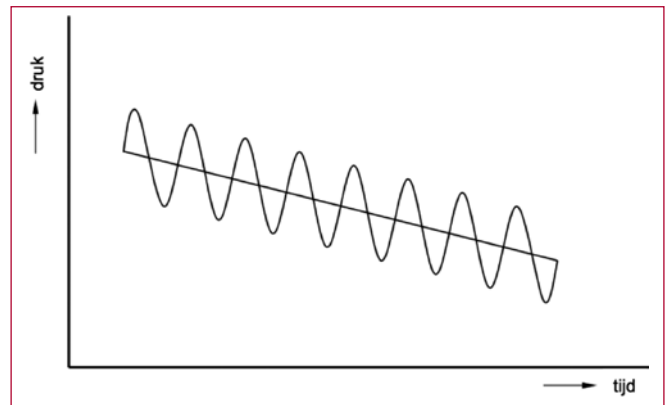
drukken onder een kous te meten, die over een tonnetje zit dat in omvang kan variëren, kan de dynamische stiffness berekend worden. Deze meetmethode benadert het dichtst de werkelijkheid, maar is zeer tijdrovend en niet toepasbaar voor de dagelijkse praktijk. Partsch introduceerde een simpeler methode om stiffness in vivo te meten: de ‘static stiffness index’ (SSI) gedefinieerd als het drukverschil tussen staan en liggen (4).

Wat weten we over statische en dynamische stiffness?

De statische en dynamische stiffness zijn onafhankelijk van de drukklasse en het type breiwerk. De dynamische stiffness index is sterk gecorreleerd met de statische stiffness, maar is vele malen hoger dan de statische



Figuur 2. Meetopstelling om dynamische stiffness index te meten. Inzet: luchtdrukgenerator die is verbonden met een vormwiel voor het nabootsen van de loopcyclus en druksignalen naar de Ton stuurt met daaroverheen een kous.



Figuur 3. Dynamische stiffness index en druk gedurende de dag.

stiffness. De statische stiffness is makkelijker te bepalen, maar zegt niets over het dynamisch gedrag van kousen. Bovendien kan de statische stiffness alleen niet het verschil in effectiviteit verklaren van therapeutisch elastisch kousen behorende tot eenzelfde drukklasse.

Stiffness gedurende de dag

Het is bekend uit de literatuur dat de druk onder verband en kousen na verloop van tijd afneemt, maar we weten niet hoe de stiffness zich gedurende de dag gedraagt. Onderzoek toont aan dat gedurende de dag de druk onder therapeutisch elastisch kousen significant afneemt maar dat de dynamische stiffness index constant blijft (5). De resultaten laten zien dat de DSI heel belangrijk is voor adequate compressie gedurende de dag. Een afname in druk kan gecompenseerd worden met een goede DSI. Ondanks de drukafname zorgt de constante DSI en de daardoor gegenereerde drukpulsaties voor adequate (therapeutische) drukken gedurende de gehele dag (figuur 3). Het is dus niet de druk, maar de drukpulsaties ten gevolge van de stiffness die belangrijk zijn voor een adequate werking van de therapeutisch elastische kous!

Tot slot

Voor het slagen van de behandeling met compressietherapie is naast een goede instructie en motivatie een volledig recept voor kousen noodzakelijk. Naast de drukklasse dient ook de stiffness vermeld te worden. Inzicht in deze karakteristieken geeft ook beter inzicht in compressietherapie.

Literatuur

1. European Committee for Standardization (CEN). **Non-active medical devices**. Working group 2 ENV 12718: European Prestandard ‘Medical elastic compression hosiery’ CEN/TC205 Brussels: CEN, 2001.
2. Van der Wegen-Franken CPM, Roest W, Tank B, Neumann HAM. **Calculating the pressure and the stiffness in three**

- different categories of class II medical elastic compression stockings.** Dermatol Surg 2006;32:216-23.
3. Stolk R, van der Wegen - Franken CPM, Neumann HAM. **A method for measuring the dynamic behavior of medical compression hosiery during walking.** Dermatol Surg 2004;30:729-36.
 4. Partsch H. **The static stiffness index: A simple method to assess the elastic property of compression material in vivo.** Dermatol Surg 2005;31:625-30.
 5. Van der Wegen-Franken CPM, Tank B, Nijsten T, Neumann HAM. **Changes in the pressure and the dynamic stiffness index of medical elastic compression stockings after having been worn for eight hours: a pilot study.** Phlebology 2009;24:31-7.

* Karin van der Wegen - Franken, dermatoloog, Franciscus Ziekenhuis, Roosendaal