

Bacheloropleiding Orthopedische Technologie



*Orthopedische
Technologie
Duaal*

Onderdruk

Extra vacuüm bij onderbeenprothesen,
de meerwaarde.

Wiebe Heidema

Studiejaar 2007-2008

Afstudeerverslag

ONDERDRUK

Extra vacuüm bij onderbeenprothesen, de meerwaarde.

Opdrachtgever: Fontys Paramedische Hogeschool te Eindhoven

Auteur: Wiebe Heidema

Plaats, datum: Nieuw-Vennep, 2007/2008

Externe Jessica van Dijk, Tutor Fontys

adviseur/Tutor: Paramedische Hogeschool te Eindhoven

Inhoudsopgave	1
Voorwoord	2
Samenvatting	3
Inleiding	4
Onderzoeksvraag	6
Hoofdstuk 1 Het vacuüm-geassisteerde systeem	
1.1 - Inleiding	7
1.2 - De uitvoering	7
1.3 - Vacuüm	10
1.4 De producten	12
1.4.1 - De Harmony	12
1.4.2 - De eVAC	12
1.4.3 - De TSS Vaculink	13
1.4.4 - De LimbLogic VS	13
1.4.5 - De ePulse	14
Hoofdstuk 2 Volumeverandering	
2.1 - Inleiding	15
2.2 - Onderzoeken	15
2.1 - Deelconclusie volumeverlies	17
Hoofdstuk 3 Verbeterde proprioceptie	
3.1 - Inleiding	18
3.2 - Theorie proprioceptie	18
3.3 - Onderzoek	22
3.4 - Deelconclusie proprioceptie	22
3.5 - Onderbouwing onderzoek	22
Hoofdstuk 4 Betere doorbloeding	
4.1 - Inleiding	25
4.2 - Theorie doorbloeding	25
4.3 - Onderzoek	27
4.4 - Deelconclusie doorbloeding	28
Hoofdstuk 5 Conclusie	
5.1 - Conclusie rapport onderdruk	29
5.2 - Discussie	31
5.3 - Aanbeveling	32
Externe adviseurs	33
Literatuurlijst	34
- Boekenlijst	35
- Illustratieverantwoording	35
<u>Bijlagen:</u>	36
Bijlage 1 Woordenlijst	36
Bijlage 2 Protocol metingen proprioceptie	37
Bijlage 3 Invullijst metingen voor patiënt	39

Voorwoord

De duale opleiding Orthopedische Technologie is een driejarige opleiding om af te kunnen studeren als Orthopedisch Technoloog. Voor toelating voor de opleiding is er een uitgebreid assesment. Na een tweetal voorbereidingsjaren is er een afstudeerjaar. In het afstudeerjaar wordt er een onderzoek verricht naar een zelf te kiezen onderwerp. Over het onderwerp word een afstudeerverslag geschreven. Dit afstudeerverslag wordt verdedigd op 16 juni 2008 voor een examencommissie van de Fontys Paramedische Hogeschool in Eindhoven.

Ik ben als technisch consultant werkzaam bij het bedrijf Loth Fabenim B.V. Loth Fabenim is een handelonderneming voor de technische orthopedie. Dit bedrijf heeft zich gespecialiseerd in innovatie en educatie. Het bedrijf heeft vele nieuwe technieken geïntroduceerd in de Benelux, de meeste van deze zijn nu standaard technieken in de orthopedie. Ik ben voornamelijk werkzaam op het gebied van innovatie en educatie. Ik heb een achtergrond als orthopedisch instrumentmaker en zorg voor de toepassing van de nieuwe voorzieningen bij patiënten. Deze patiënten komen op consult bij de klanten (orthopedische bedrijven) van Loth Fabenim. De klanten van Loth Fabenim worden op de hoogte gebracht van nieuwe ontwikkelingen door presentaties op locatie, tijdens symposia en workshops. Als technisch consulent zorg ik voor de invulling en presentaties van deze dagen. Ik werk veel met verschillende soorten prothesen, zowel van de armen als van de benen. De prothesiologie van de beenprothesen heeft mij bijzonder geraakt. Het overbrengen van het gewicht van een persoon op een hulpmiddel is een uitdaging. Het is nergens anders mogelijk om mens en hoogwaardige technieken zo dicht bij elkaar te brengen. Het bedrijf Loth Fabenim is voornamelijk gericht op de prothesen. Door de functie als orthopedisch instrumentmaker/technisch consultant ben ik in het bijzonder geïnteresseerd geraakt in de ophanging van de prothesen aan de stomp. Voornamelijk van de ophanging van onderbeenprothesen die door vacuüm gerealiseerd wordt. Het verbinden van prothesen met deze hoogwaardige technieken met de mens integreert mij. Daarom is het onderwerp onderdruk gekozen voor het afstudeerverslag dat voor u ligt.

Wiebe Heidema
Nieuw-Vennep, mei 2008

Samenvatting

Dit rapport is een afstudeerverslag voor de duale opleiding orthopedische technologie. In het laatste leerjaar wordt er een onderwerp naar eigen keus behandeld om daarop af te studeren. Het onderwerp van deze scriptie is; Onderdruk. Extra vacuüm bij onderbeenprothesen, de meerwaarde. In dit afstudeerverslag wordt ingegaan op de mogelijk voordelen die een vacuüm-geassisteerde onderbeenprothese zou hebben ten opzichte van de standaard vacuümprothese voor onderbeengeamputeerden. Er zijn een drietal subvragen gesteld welke in dit afstudeerverslag onderzocht worden. De drie subvragen zijn ontstaan uit de vraag in hoeverre de fabrikanten belangrijkste beweerde voordelen ook werkelijk bewezen voordelen voor de cliënt zijn. De belangrijkste genoemde voordelen zouden zijn: 1) geen stompvolumeverandering, 2) verbeterde proprioceptie, 3) wondgenezing en verbeterde bloedsomloop. Door middel van literatuuronderzoek en metingen wordt uitgezocht in hoeverre hiervoor wetenschappelijk bewijs te vinden is.

Er zijn meerdere studies die aantonen dat het volumeverlies gedurende de dag beperkt wordt met een vacuüm-geassisteerd prothesesysteem. Er zijn geen studies die het tegendeel aantonen. Het volumebehoud is te danken aan een lagere druk op de stomp tijdens de standfase en een vermindering van de negatieve druk tijdens de zwaafase. De vacuüm-geassisteerde onderbeenprothesekoker lijkt ten opzichte van de normale vacuümprothesen een meerwaarde ten aanzien van het volumeverlies te hebben. Nadeel van een aantal behandelde studies (5)(6)(12)(13)(14) is dat er medewerking verleend is, of zelfs sponsoring geweest van TEC Interface systems.

Er is geen wetenschappelijk bewijs te vinden dat er een verbeterde proprioceptie is bij het gebruik van een vacuüm-geassisteerde prothesekoker. Met de theoretische onderbouwing is een meerwaarde wel te ondersteunen, maar een bewijs is het niet. Om extra bewijslast te creëren is er een onderzoeksmethode ontwikkeld om metingen over proprioceptie te kunnen doen. Bij de twee geteste personen is een matige vooruitgang in proprioceptie te zien bij het gebruik van een vacuüm-geassisteerde prothesekoker. Dit kan niet als bewijs, maar wel als aanleiding tot verder onderzoek worden beschouwd.

Er is weinig wetenschappelijk bewijs te leveren voor een mogelijke verbetering van de doorbloeding in de vacuüm-geassisteerde prothesekoker. Slechts in één onderzoek wordt vermeld dat bij de veranderde positieve druk van de standfase het bloed minder snel uit de bloedbanen drukt. Theoretisch is dit volledig te onderbouwen. Tijdens het echte gaan van de patiënt is nog geen meerwaarde bewezen. Het is aannemelijk dat de verlaagde positieve druk tijdens de standfase en de verminderde negatieve druk tijdens de zwaafase die op de stomp staat de doorbloeding minder zal hinderen als bij de normale vacuüm prothesekoker.

Op slechts één van de drie subvragen is een goed onderbouwd wetenschappelijk antwoord te geven. De volumebeheersing verbeterd door de vacuüm-geassisteerde prothesekoker. Het tweede vraagstuk over de proprioceptie is niet goed te beargumenteren of er een meerwaarde is. Met de theorie is er een mogelijk voordeel te behalen, maar er is nog geen bewijs te vinden. Op de derde subvraag, de doorbloeding, is slechts deels een wetenschappelijke onderbouwing te geven. Door onderbouwing met de theorie is deze subvraag positief af te sluiten.

Inleiding

Bij specialisten in de orthopedische wereld zoals fysiotherapeuten, revalidatieartsen en orthopedisch instrumentmakers is bekend dat beenprothesegebruikers gedurende de dag volume in hun stomp verliezen. Dit leidt tot een slechte pasvorm van de prothesekoker. Ondanks de introductie van liners met en zonder pin waarbij de pasvorm beter gecontroleerd kan worden blijven beenprothesedragers zitten met een verslechterde pasvorm gedurende de dag (13).

Dagelijks volumeverlies leidt tot druk en schuifkrachtspanningen tussen de stomp en de liner en de koker. Eén van de vele studies heeft aangetoond dat zowel normale druk als schuifspanning op de stomp bij de weke delen leiden tot bloedafsluitingen, definitief volumeverlies en in sommige gevallen zweren (6).

Beengeamputeerden gebruiken diverse methoden om het dagelijkse volumeverlies te compenseren. De meest gebruikelijke manier is om stompkousen toe te voegen. Sommige geamputeerden voegen stukken liners, zakdoekjes, of distal cups toe. Het probleem met deze methoden is dat het compensatiemethoden zijn om druk op de stomp te houden. Dit leidt echter tot extra volumeverlies. Elke keer dat op welke manier dan ook de koker opgevuld wordt met zachte materialen neemt de vervorming tussen de stomp en de koker toe (6).

Een goede pasvorm van de koker is cruciaal voor het comfort van de patiënt, de conditie van de huid en de werking van de prothese. Een goede fitting behouden is moeilijk met een koker waarbij de het gewicht van de patiënt over de volledige stompkoker verdeeld wordt. Deze koker noemt men de totaal contact koker. De druk op de stomp die een goede pasvorm zou moeten waarborgen leidt tot dagelijks volumeverlies. Als het volume verminderd verslechtert de pasvorm. Er komt dan meer ruimte tussen de liner en de stompkoker. De huid wordt aan hogere drukken en schuifkrachten blootgesteld en dat leidt tot drukplekken en mogelijke verzweren. Op het moment dat er onderdruk (vacuüm) op dezelfde prothesekoker gezet wordt, treed er geen volumeverlies meer op. In sommige gevallen is er zelfs een volumetoeename. Vacuüm-geassisteerde prothesen zorgen voor een betere pasvorm gedurende de dag. Daardoor worden drukplekken en irritatie door schuifkrachten op de huid verminderd. Als extra toegevoegde waarde verbeterd het vacuüm de symmetrie van het lopen met de prothese (6).

Er zijn twee vormen vacuümprothesen. Bij beiden bevindt zich onderin de stompkoker, aan het eind van de stomp een opening. Hieruit kan de lucht kan ontsnappen als de patiënt in de prothesekoker stapt. In deze opening wordt een ventiel geplaatst die er voor zorgt dat de lucht slechts alleen naar buiten kan. Als de lucht tussen de liner en de koker liggende ruimte uitgeperst is komt er geen lucht meer bij als deze koker aan de bovenkant wordt afgesloten. Dit is het principe van het vacuüm systeem.

Het principe van de tweede vacuümprothese is een vacuüm-geassisteerde prothesekoker. Deze gaat verder op het hetzelfde principe, dit systeem zuigt door de opening onderin de prothesekoker alle luchtmoleculen weg die nog aanwezig zijn tussen de liner en de stompkoker tot er een onderdruk ontstaat. Deze onderdruk wordt gecreëerd door hightech vacuümpompen die speciaal voor deze toepassing gemaakt zijn zoals de Harmony en de e-VAC. Door deze onderdruk blijft de liner

tegen de stompkoker aangeplakt zitten, dit in tegenstelling tot de “normale” vacuümprothese.

Over de meerwaarde van de vacuüm-geassisteerde prothesekokers ten opzichte van de gewone vacuümprothesen wordt veel gespeculeerd door instrumentmakers en zorgverzekeraars. De instrumentmakers die een vacuümprothese zouden moeten voorstellen aan de patiënten zien er de meerwaarde vaak niet van in. Het idee leeft dat dit systeem er alleen maar is voor instrumentmakers is die geen prothesekokers kunnen maken omdat het extra vacuüm een compensatietechniek zou zijn. De zorgverzekeraars zien vaak de meerwaarde van het extra vacuüm niet. Zij vinden de vacuümpompen onnodig duur. De fabrikanten van de vacuümpompen beweren bij hoog en bij laag dat het toepassen van hun systeem een behoorlijke meerwaarde heeft ten opzichte van de “gewone” vacuümprothese.

Om nu voor de sceptici, de zorgverzekeraars en de fabrikanten eens al het wetenschappelijke bewijs op een rijtje te zetten is dit onderwerp gekozen. De onderzoeksvraag van dit afstudeerverslag is: 'is er een meerwaarde is van de vacuüm-geassisteerde prothesekokers ten opzichte van de “normale” vacuümkokers?' De drie subvragen zijn ontstaan uit de vraag in hoeverre de door de fabrikanten belangrijkste beweerde voordelen ook werkelijk bewezen voordelen voor de cliënt zijn. De belangrijkste genoemde voordelen zouden zijn: 1) geen stompvolumeverandering, 2) verbeterde proprioceptie, 3) wondgenezing en verbeterde bloedsomloop. Door middel van literatuuronderzoek en metingen wordt uitgezocht in hoeverre hiervoor wetenschappelijk bewijs te vinden is. Als bijlage is er een woordenlijst toegevoegd met verklaring van de moeilijke begrippen.

Onderzoeksvraag

Is er een effectieve meerwaarde van de vacuüm-geassisteerde onderbeenprothesekoker ten opzichte van de “normale” vacuümprothesen?

Subvragen:

Wat heeft de vacuüm-geassisteerde onderbeenprothesekoker ten opzichte van de normale vacuümprothesen voor meerwaarde ten aanzien van het volumeverlies?

Wat heeft de vacuüm-geassisteerde onderbeenprothesekoker ten opzichte van de normale vacuümprothesen voor meerwaarde ten aanzien van de proprioceptie?

Wat heeft de vacuüm-geassisteerde onderbeenprothesekoker ten opzichte van de normale vacuümprothesen voor meerwaarde ten aanzien van de doorbloeding?

Hoofdstuk 1 **Het vacuüm-geassisteerde systeem**

1.1 **Inleiding**

De vacuüm-geassisteerde prothesekokers zijn voor het eerste op de markt gebracht in 1999. Het in Amerika bedachte systeem kreeg snel gretig aftrek doordat er een aantrekkelijke betalingsregeling kwam van de zorgverzekeraars. De introductie wereldwijd liet niet lang op zich wachten en in 2002 is de eerste vacuüm-geassisteerde prothese in Nederland aangemeten bij de firma Westland Orthopedie uit Delft. De voortgang hiervan is nauwkeurig beschreven (11). Vanaf de introductie in 1999 hebben vacuüm-geassisteerde prothesekokers een goede aftrek gehad in Amerika. Volgens de fabrikanten is de meerwaarde bewezen. Een vacuüm-geassisteerde prothese moet de patiënt een bijzondere verbinding met de prothesekoker geven. Het extra vacuüm in de prothesekoker ten opzichte van de conventionele vacuümkokers verandert de druk die op de stomp komt. Dit moet volgens de leveranciers leiden tot minder verandering in het dagelijkse stompvolume, verbeterde stompconditie en verandering in het gevoel welke de patiënt heeft met zijn prothese. Er zijn patiënten die dat beamen.

Een vacuümpomp verwijdert alle luchtmoleculen uit de uiterst dunne ruimte tussen de liner en de prothesekoker. Het vacuüm, welke gecreëerd wordt tussen de liner en de prothesekoker, houdt de liner overal strak tegen de prothesekoker. De stomp zit in de liner waaraan de buitenkant een onderdruk heerst. De onderdruk zit dus niet bij de stomp zelf. De vraag is dan hoe dit vacuüm, welke dus niet direct op de stomp staat, toch een enorme invloed kan hebben op de stomp? Zolang de liner die om de stomp gedragen wordt niet van de prothesekoker te scheiden is en de liner tegen de stomp blijft zitten omdat deze lucht vrij aangetrokken is, zal er geen verlies kunnen komen van het volume in de stomp.

Bij een gemiddelde stompomvang van 33cm distaal en een vacuüm van -78kPa is er een grotere kracht nodig om de liner van de prothesekoker te scheiden dan 700N (12). Aangezien de krachten op de prothese tijdens de dagelijkse activiteiten niet groter zijn dan 50-100N (6) zorgt deze manier van het ophangen aan de stomp, suspensie, ervoor dat de stomp altijd bij prothese blijft. Dit in scherp contrast met de andere manieren van fitting van de prothese aan de stomp die zeer regelmatig gebruikt worden. Een voorbeeld daarvan is een liner met daaraan de onderzijde van de stomp een pin welke in een slotsysteem vastzit. Dit systeem heeft slechts een kracht van 2.5N nodig om de liner van de prothesewand te laten scheiden. Tijdens de zwaai fase van de prothese (die minimaal 15N weegt) zullen de liner en de stomp dus altijd gescheiden worden van de prothesekoker.

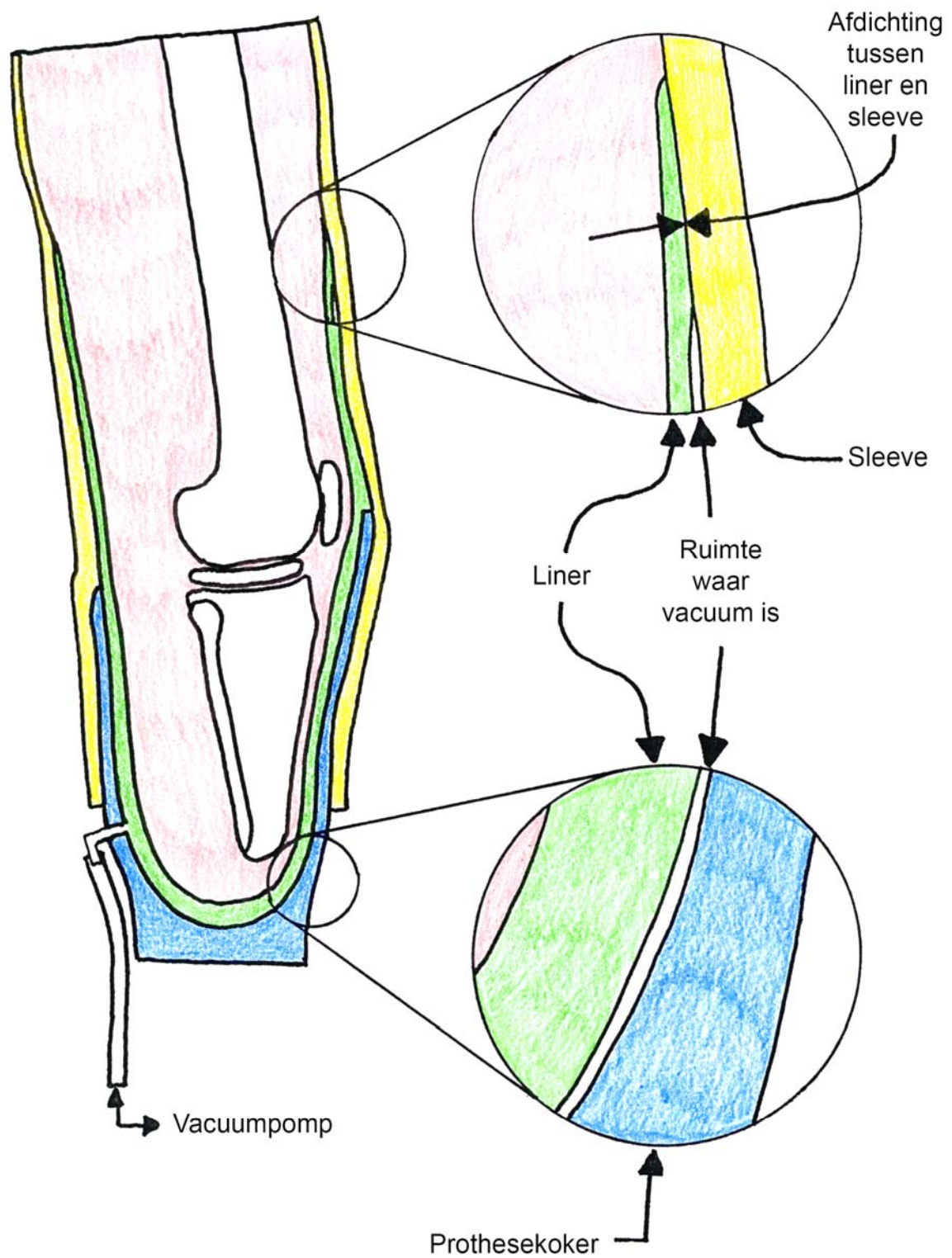
1.2 **De uitvoering**

In figuur 1 is het basisprincipe van de vacuümprothesekoker te zien. Of deze koker extra word afgezogen met een vacuümpomp maakt voor het principe niet uit. Het idee van dit principe is dat er een liner over de stomp van de patiënt heen gedaan wordt. Dit kan een speciaal voor de patiënt op maatgemaakte liner zijn of een "fabrieksliner". De uitvoering van de liner en of deze aan de buitenzijde met of zonder

bekleding moet zijn hangt af van de fabrikant waar het vacuümsysteem gekocht wordt. Met de liner om de stomp kan de patiënt in de prothesekoker stappen. Deze koker wordt door een orthopedisch technoloog/instrumentmaker individueel vervaardigd voor de patiënt. Aan deze stompkoker zit een mechanisme (buizen en adapters) welke gekoppeld wordt aan een prothesevoet. Aan de buitenkant van de prothesekoker komt een sleeve voor de luchtdichte afsluiting. Deze sleeve loopt van de koker over op de liner en dan op de huid. Deze sleeve is cilindrisch en veelal gemaakt van een zachte gel die eenvoudig kan rekken en buigen voor optimaal comfort van de patiënt. De afdichting moet gecreëerd worden tussen de koker en het been. Dit wordt bereikt door deze af te sluiten met de sleeve op de buitenkant van de prothesekoker en het bovenbeen van de patiënt.

Onder in de stompkoker, aan het eind van de stomp zit een opening waaruit de lucht kan ontsnappen. In deze opening wordt een ventiel geplaatst die ervoor zorgt dat de lucht slechts alleen naar buiten kan. Als de lucht tussen de liner en de koker liggende ruimte uitgeperst is komt er geen lucht meer bij. Dit is het principe van het vacuüm systeem.

De vacuüm-geassisteerde prothesekoker gaat verder, deze zuigt door de opening onderin de prothesekoker alle luchtmoleculen weg die nog aanwezig zijn tot er een onderdruk ontstaat. Door deze onderdruk blijft de liner tegen de stompkoker aangeplakt zitten, dit in tegenstelling tot de "normale" vacuümprothese.



Figuur 1; overzicht werking onderbeenprothesekoker met vacuüm.

1.3 Vacuüm (19)

De aarde wordt omringt door de atmosfeer. Dit is een luchtslaag die op zeeniveau op de aarde en op alles wat zich daarop bevindt een druk uitoefent van één atmosfeer of één bar of 100.000Pa, dit is de drukeenheid die gelijk staat aan Newton per vierkante meter. Deze luchtdruk oefent de kracht uit op een voorwerp in alle richtingen. Op het moment dat we de hoogte in gaan (op een berg) wordt de kolom lucht minder en de druk daarom lager. Vacuüm is een veelgebruikte term om de toestand van verdund gas te omschrijven. De omgeving waarin de druk of een massadichtheid lager is dan van de plaatselijke heersende omstandigheden. Als lucht uit een vat wordt gepompt vermindert de druk in dat vat. Hoe meer lucht er uit gepompt wordt hoe lager de druk wordt. De druk in dat afgesloten vat is dus minder als daarbuiten en wordt daarom dan ook onderdruk genoemd. Als de druk bijna gereduceerd wordt tot nul is er sprake van maximaal vacuüm, ook wel luchtledig genoemd. De kwaliteit van dit luchtledige wordt bepaalt door de kwaliteit van het vat welke leeggepompt wordt en de pomp die het lucht uit het vat pompt. Een perfect vacuüm is niet te realiseren omdat de kwaliteit van het vat en pomp niet dusdanig te realiseren is dat dit mogelijk is. In een vacuüm kunnen processen plaatsvinden die onder de normale druk volkomen ondenkbaar zijn. Vacuüm is een rekbaar begrip. Het aantal lichtmoleculen in een cm^3 is enorm. Er zijn diverse processen die onder verschillende drukken kunnen plaatsvinden, het vacuüm wordt als volgt ingedeeld:

Tabel 1; overzicht vacuümgebieden

Benaming	druk in mbar	aantal moleculen per cm^3	Druk in Pascal
atmosfeer	1000	10^{19}	100kPa
laag- of grofvacuüm	1000-1	$10^{19} - 10^{16}$	100kPa-100Pa
midden- of fijnvacuüm	$1-10^{-3}$	$10^{16} - 10^{13}$	100Pa-100mPa
hoogvacuüm	$10^{-3} - 10^{-7}$	$10^{13} - 10^9$	100mPa-10mPa
ultra hoogvacuüm	$<10^{-7}$	$<10^9$	Onder 10mPa

De lucht is samengesteld uit grote hoeveelheden gassen, waarvan stikstof het grootste aandeel heeft, namelijk 80%. Het belangrijkste gas voor de mens is zuurstof met een aandeel van 20%. Bij extreem grote hoogte, zoals bij het beklimmen van de Mount Everest, die hoger als 8000 meter is, is de lucht zo ijl en dus ook het aandeel zuurstof zo klein dat de bergbeklimmers vaak zuurstofflessen meenemen om te kunnen blijven ademen.

Dankzij vacuüm was Edison in 1879 in staat om een gloeilamp te maken. Door het weghalen van het zuurstof uit een glazen bol verbrande de gloeidraad niet en bleef de lamp lang branden. Op dit ogenblik kunnen we niet meer zonder vacuüm, denk daarbij aan het vacuüm verpakt voedsel en de koffie die vacuümverpakt is. Beeldbuizen van computers en van de tv hebben een luchtledige ruimte, alle elektronische componenten die gemaakt worden zijn met behulp van vacuüm gemaakt. Tussen de wanden van een thermosfles zit een luchtledige ruimte om de koffie langer warm te houden en de diepvriezer en de airconditioning zou ook niet

kunnen werken zonder een vacuüm. Dit is slechts een greep van de vele toepassingen van vacuüm, zonder zouden we nog steeds bij kaarslicht zitten en berichten via een menselijke postbode moeten overbrengen. En nu, nadat we al jaren gebruik maken van vacuüm, zelfs voor het produceren van onderdelen van prothesen, zijn we in staat om ook vacuüm te gebruiken in de prothesiologie direct bij de patiënt.

1.4 **De producten**

Sinds de invoering van de vacuüm-geassisteerde prothesekokers zijn er diverse componenten verkrijgbaar in de orthopedie om prothesekokers van vacuüm te voorzien. Om een overzicht te krijgen worden de huidige vacuüm-componenten hieronder kort beschreven met hun specifieke werking.

1.4.1 **De Harmony**

De Harmony, het oudste vacuüm apparaat dat op de markt verkrijgbaar is, heeft het concept de vacuüm-geassisteerde prothesekoker gestalte gegeven eind jaren '90. De Harmony is ontwikkeld door TEC Interface Systems, Inc. uit de Verenigde Staten. Het systeem wordt tussen de prothesekoker en de voet in geplaatst. Door een demper, die de patiënt van schokdemping voorziet, wordt de lucht door iedere slag die de zuiger maakt in de Harmony uit de koker getrokken. De onderdruk wordt alleen opgebouwd tijdens het lopen omdat dan de demper actief is. De demping kan afhankelijk van de activiteit en gewicht individueel per patiënt ingesteld worden. De onderdruk in de koker is een vaste waarde die altijd 23mmHg is. Bij de Harmony wordt een (maatgemaakte) poly-urethaan liner geadviseerd.



Fig. 2; De Harmony

1.4.2 **De eVAC**

De eVAC is ontwikkeld door mensen die ook de Harmony ontwikkeld hebben en is op de markt gebracht door Smith Global uit de Verenigde Staten in 2003. De eVAC is een elektronisch gestuurd lichtgewicht vacuümapparaat om een constante onderdruk in de prothesekoker te houden. De eVAC, waarvan het gewicht slechts 150 gram is, kan op elke gewenste onderdruk ingesteld worden van 5 mmHg tot 24mmHg en kan eenvoudig bijgesteld worden door de patiënt. Het LCD (Liquid Crystal Display) scherm geeft duidelijk informatie over de druk in de koker welke tot +/- 5% precies is. Omdat de eVAC gewichtdragende component is kan deze met ieder type prothesevoet ingezet worden. De eVAC wordt meestal onder de prothesekoker ingebouwd, maar kan ook aan de broekriem bevestigd worden, er is dus geen beperking voor de inbouwhoogte in de prothese. De eVAC is voorzien van een

oplaadbare Lithium-ion batterij welke elke dag opgeladen moet worden door de patiënt. Er is geen limiet voor het gewicht van de gebruiker.



Fig. 3; eVAC

1.4.3 De TSS Vaculink

De TSS Vaculink werkt volgens hetzelfde principe als de Harmony. Tijdens het gaan van de patiënt wordt tijdens het neerkomen van de hiel een zuiger ingedrukt die het extra lucht uit de prothesekoker zuigt. De patiënt heeft door dit systeem geen damping zoals bij de Harmony maar een gecontroleerde plantairflexie tijdens de standfase. Het systeem kan op slechts één type voet gebruikt worden.



Fig. 4; De TSS Vaculink

1.4.4 De LimbLogic

De LimbLogic is een vacuümapparaat welke te vergelijken is met de eVAC. Deze wordt op de markt gebracht in 2008. Het is een elektronische vacuümpomp welke door middel van een afstandbediening in te stellen is door de patiënt. De LimbLogic wordt direct onder de prothesekoker gebouwd en heeft in tegenstelling van de andere pompen geen slangen buiten de koker langs. De lucht wordt direct uit de koker gezogen omdat dit systeem in de koker opgebouwd wordt. Net als de eVAC moet ook deze elektronische uitvoering opgeladen worden.



Fig. 5; De LimbLogic

1.4.5 De e-Pulse

Dit systeem is de elektronische versie van de Harmony, ontwikkelt door een aantal mensen die ook de Harmony op de markt gebracht hebben. Tijdens het lanceren van de Harmony was er ook al een elektronische versie, alleen de capaciteit van de accu liet toen nog te wensen over. De e-Pulse is uiteindelijk in 2008 op de markt gebracht. De e-Pulse regelt het vacuüm gelijk aan de andere elektronische vacuümpompen. Als de onderdruk in de koker te laag wordt slaat de pomp aan en deze herstelt de onderdruk. De e-Pulse heeft 4 standen waarmee de onderdruk van het vacuüm ingesteld kan worden. De 4 niveaus zijn door de patiënt zelf in te stellen door een eenvoudige bediening. Verder is het apparaat uitgerust met een massagestand. Deze stand verhoogt en verlaagt de onderdruk een aantal keren waardoor de stomp gemasseerd wordt.



Fig. 6, e-Pulse

Hoofdstuk 2 Volumeverandering

2.1 Inleiding

Patiënten met een beenprothese hebben vaak “last” van volumeveranderingen in de loop van de dag. In de ochtend past de prothese goed maar in de loop van de dag is het noodzakelijk om een extra sokje over de liner heen te doen om het verlies van volume in de stomp op te vangen. Het volumeverlies is te wijten aan de verhoogde druk door het aantrekken van de liner, deze geeft een bepaalde voorspanning op de stomp. De prothesekoker geeft weer een lichte voorspanning op de liner, en indirect op de stomp. Deze verhoogde druk (boven de 1 atm.) zorgt ervoor dat de hoeveelheid in het bindweefsel liggende vloeistoffen weggedrukt wordt in het bloedcircuit en lymfatisch stelsel, en dus uit de stomp. Dit in contrast dat wanneer er een lagere druk is dan 1 atmosfeer, bijvoorbeeld in de zwaafase wanneer aan de stomp getrokken wordt bij normale vacuümprothesen. Dan wordt het zachte weefsel uitgerekt, de stomp kan dan door de lage druk weer volume opnemen, dan zal dus het vloeistof via de bloedbanen weer tussen het bindweefsel gaan nestelen.

Er zijn een drietal redenen te bedenken waarom de vacuüm-geassisteerde prothesekoker het dagelijkse volumeverlies zou beperken of elimineren.

- 1) Er wordt minder vloeistof uit de stomp gedreven door een verlaagde positieve druk tijdens de standfase.
- 2) Er wordt meer vloeistof in de stomp getrokken door de lagere negatieve druk tijdens de zwaafase.
- 3) Beide van bovenstaande beweringen.

2.2 Onderzoeken

Als de studies bekeken worden is te zien dat veel onderzoekers er naar neigen om te zeggen dat nummer drie uit de inleidingen het meest waarschijnlijk is. Dit blijkt ook uit het onderzoek van Beil et al (5). In dit onderzoek is voor negen proefpersonen met een onderbeenamputatie een vacuüm prothesekoker gemaakt waarvan ook een vacuüm-geassisteerde prothesekoker gemaakt kan worden. Met vijf druksensoren binnenin de prothesekoker worden de positieve drukken gemeten. Aan het einde van de stomp, distaal, is de negatieve druk gemeten met een luchtdruksensor. Met deze proefopstelling worden de patiënten verzocht om een afstand van 20 meter te lopen op een vaste snelheid van 4km/h. Bij de metingen worden beide situaties (wel en niet vacuüm-geassisteerde koker) om en om ingezet. Beide situaties zijn bij alle patiënten drie maal gemeten. De data is verzameld op het moment dat de juiste snelheid word bereikt; de volgende vijf stappen zijn gemeten. In vergelijking met normale vacuüm prothesekokers is te zien dat bij de vacuüm-geassisteerde prothesekokers er een verlaging is van de externe positieve druk tussen de 4 en 7 procent tijdens de standfase. Tijdens de zwaafase wordt de negatieve druk op de stomp verlaagd met 27 procent (5). Dit betekent dus dat de vacuüm-geassisteerde prothesekoker de

positieve druk tijdens de standfase verlaagt en de negatieve druk tijdens de zwaafase vermindert. Hierdoor verbetert de vochthuishoudingsbalans in de stomp.

Om een goede fitting van de vacuümprothese met een TEC liner (een vloeiende gel liner) te waarborgen wordt het gipspositief van de totaal contact koker in volume met 4-6% gereduceerd (TEC Interface Systems, Inc.). Tec Interface Systems is het bedrijf die het eerste vacuümsysteem ontwikkeld heeft en daar een speciale liner bij adviseert, de TEC liner. Dit om een voorspanning op de stomp te krijgen in de maatgemaakte liner en koker. De pasvorm is als de prothesekoker kort gedragen wordt goed. Maar de voorspanning veroorzaakt volumeverlies in de stomp nadat de prothese is aangedaan door de extra druk. Door dit volumeverlies ontstaat er een verslechtering in de pasvorm. (6) (7) (8) (9) (10) In een van de studies die gedaan is door Board et al (6) is te zien dat het gemiddelde volumeverlies bij traumatische patiënten en patiënten die al lang met een prothese lopen met een totaal contact koker gemiddeld 6.5% is na een inspanning van 30 minuten lopen. Deze patiëntengroep (tien personen) is voorzien van een prothesekoker gemaakt volgens de voorwaarden van de leverancier. Daarnaast hebben zij een liner aan die voorspanning op de stomp geeft. De op maat gemaakte liner is maatgenomen terwijl het gips met behulp van een vacuümapparaat afgezogen (-78kPa) werd op de stomp waardoor de voorspanning ontstaat. Op het moment dat het vacuüm-geassisteerde systeem werd ingezet en de liner tegen de kokerwand getrokken werd nam het volume van de stomp toe met gemiddeld 3.7%. Dit verschil komt waarschijnlijk door de verminderde negatieve druk die in de koker heerst bij tijdens de zwaafase.

De vraag is of volumeverandering bij de patiënten problemen veroorzaakt die kunnen resulteren tot zwellingen, pijn in de stomp en het niet comfortabel lopen met de prothese. Goswami et al.(1) heeft een onderzoek gedaan bij het lopen met een vacuüm-geassisteerde koker. Er werd onderzocht of de stomp zou opzwellen of het volume gelijkmatig houdt ten opzichte van het originele volume in drie verschillende kokers. De kokers waren een sterk gereduceerde koker (-11,5%), een neutrale koker (-5%) en een groter gemaakte koker (+3%). Er werd ook gekeken of de toename van het volume in een te groot gemaakte koker resulteert in discomfort, pijn en of de huid rood wordt. In de sterk gereduceerde koker is een volumeverlies te zien van 1,3%, in de neutrale koker is een toename van 5% in volume te meten en in de te grote koker was een stompvolumetoename van 9.4%. Bij geen van de negen onderzochte patiënten was bij de te grote koker roodheid te zien of kwamen er klachten over pijn of discomfort.

In het onderzoek van Board (6) is naast de volumeveranderingen ook gekeken naar de verplaatsing van de tibia binnen de stomp en de stomp zelf in beide situaties. Door de stomp te belasten met respectievelijk 44.5N en 88.9N wordt de standfase en zwaafase gesimuleerd van het gangpatroon. Deze belastingen zijn berekend in een studie over belasting van de stomp tijdens het gangbeeld(15). Tijdens opnamen met een x-ray is te zien dat de stomp en tibia respectievelijk 4mm en 7mm minder uitgetrokken werden onder de extra vacuüm condities. De combinatie tussen het behoud van volume en gereduceerde op en neer bewegen van de tibia en de stomp, wat pistoning genoemd wordt, zorgt voor een meer symmetrische gangbeeld welke wordt gezien bij de groep die loopt met de vacuüm-geassisteerde koker (6).

2.3 **Deelconclusie volumeverlies**

De vacuüm-geassisteerde onderbeenprothesekoker lijkt ten opzichte van de normale vacuümprothesen een meerwaarde ten aanzien van het volumeverlies te hebben.

Er zijn meerdere studies die aantonen dat het volumeverlies gedurende de dag beperkt wordt met een vacuüm-geassisteerd prothesesysteem. Er zijn geen studies die het tegendeel aantonen. Onafhankelijk van de situatie of de koker te klein of te groot gemaakt wordt blijft het volume van de stomp gelijk. Het volumebehoud is te danken aan een lagere druk op de stomp tijdens de standfase en een vermindering van de negatieve druk tijdens de zwaai fase.

In de behandelde onderzoeken zijn nog meerdere voordelen uitgelicht die noemenswaardig zijn. Het is een voordeel dat de stomp en de tibia veel minder bewegingsmogelijkheid hebben in de vacuüm-geassisteerde koker. Ook is er een bewezen verbeterd gangpatroon met het systeem ten opzichte van de gewone vacuüm koker.

Nadeel van een aantal behandelde studies (5)(6)(12)(13)(14) is dat er medewerking verleend is, of zelfs sponsoring geweest van TEC Interface Systems. Deze leverancier heeft als eerste een vacuüm-geassisteerd systeem in de markt gezet en heeft in de meeste gevallen de geteste patiënten zelf voorzien van een prothesekoker. Het bedrijf is overgegaan in Otto Bock rond het jaar 2000.

Hoofdstuk 3 Verbeterde proprioceptie

3.1 Inleiding

Proprioceptie (zelfwaarneming) is een neurologische term voor het vermogen van een organisme om de positie van het eigen lichaam en lichaamsdelen (stand van de gewrichten) waar te nemen. Prikkel van buiten en door standsverandering van de gewrichten worden opgevangen door sensorische zenuwen. Deze worden naar het centraal zenuwstelsel (CZS) geleid. Het CZS geeft direct een reactie door een signaal door te sturen aan de spieren via motorische zenuwen. Deze veranderingen worden weer opgevangen door de sensorische zenuwen die hierop weer een reactie teruggeven aan het CZS. De sensoriek en motoriek zijn dus aan elkaar gekoppeld, dit wordt ook wel sensomotorische intergratie genoemd. Proprioceptieve waarneming geeft ons informatie over ons eigen lichaam. De stand ervan, de spanning die op de spieren staat van de spieren, stand van de gewrichten en pezen. Proprioceptie geeft ons veel informatie over waarneming van ons lichaam waardoor terugkoppeling in de vorm van reactie mogelijk is (20).

Door het elimineren van de ruimte tussen de liner en de prothesekoker zou het gevoel van de patiënt met de prothese verbeteren. Patiënten met een vacuümgeassisteerd systeem zouden zich meer verbonden voelen met hun prothese als patiënten met de reguliere systemen. Een verbeterde waarneming van waar de prothese zich bevindt is een meerwaarde die patiënten aangeven met het vacuümgeassisteerde systeem. De patiënten geven aan dat de prothese meer een onderdeel van hen zelf wordt. De patiënt krijgt meer feedback van de prothese als hij zijn stomp beweegt. Hierdoor voelt de patiënt onmiddellijk de krachten die inwerken vanaf de prothese op de stomp. Dit is een verbetering ten opzichte van andere systemen waarbij deze reactie pas later gevoeld wordt omdat eerst de ruimte tussen de liner en de prothesekoker opgevuld moet worden. Het is aannemelijk dat de verbeterde proprioceptie ook voortkomt uit een stabiel stompvolume welke gerealiseerd wordt door vacuümgeassisteerde prothesekoker.

3.2 Theorie proprioceptie (20)

Als gekeken wordt naar de proprioceptie moet er een onderscheidt gemaakt worden tussen sensibiliteit op oppervlakkig niveau (exteroceptieve sensibiliteit) en proprioceptieve sensibiliteit. De exteroceptieve sensibiliteit neemt zaken waar die van buitenaf een impact geven op het lichaam, zoals een naald die in de huid gestoken wordt, druk van buitenaf, of door verbranding. Proprioceptieve sensibiliteit geeft informatie over veranderingen binnen het lichaam. De lichaamsgevoel is naast de proprioceptieve feedback ook afhankelijk van het evenwichtsorgaan en van het zicht die visuele feedback geeft aan het CZS over de stand van het lichaam in de ruimte. Als één van deze drie systemen uitvalt kunnen de andere twee de taken blijven uitvoeren, de reactie die deze twee systemen teruggeven worden echter wel veel belangrijker voor de gevoel. Als voorbeeld is bij dronkenschap het evenwichtorgaan flink verstoord, als je de ogen dan ook nog sluit wordt het moeilijk om dan het puntje van de neus aan te wijzen, alleen de proprioceptieve feedback kan dan nog iets over de standverandering van de arm zeggen. Er zal dan ook een

flinke afwijking zitten in het gevoel van de persoon in kwestie over het aanwijzen van het puntje van zijn neus en wat deze persoon daadwerkelijk aanwijst.

Proprioceptoren leveren informatie aan de hersenen over de stand en de beweging van de gewrichten. Daarnaast geven ze ook nog informatie over de spanning van de spierpezen. De spierspoelen en de pezen en gewrichtssensoren lijken de meeste relevante informatie door te geven voor de beenprothesegebruiker. Een spierspoel is een sensor die in de spier zelf zit en uit spierweefsel bestaat. Zij registreren de lengteverandering van de spier. Aangezien de lengte gerelateerd is aan de stand van het gewricht dat zij stabiliseren of bedienen geeft de spierspoel indirect door wat de stand van het gewricht is. Hierdoor wordt de spierspoel ook wel eens een gewrichtssensor genoemd. De gevoeligheid van de spierspoel kan worden aangepast, dit gebeurt automatisch als men verwacht dat er iets gaat gebeuren. De gevoeligheid van de spierspoelen neemt toe in deze situatie waardoor veranderingen sneller waargenomen kunnen worden.

Exteroceptoren zijn zintuigen die informatie buiten het lichaam registreren. Deze zintuigen zijn het gezichtvermogen, gehoor, smaak, reuk en gevoel. Het gezichtvermogen levert visuele feedback van wat er buiten het lichaam gebeurt met de prothese en de stand van de prothese. De krachten die inwerken op de prothese zijn niet zichtbaar, de gevolgen van die krachten wel. Het zien kan dus indirecte feedback geven over de stand van het been.

De sensoren die oppervlakkig in de huid zitten geven informatie door aan de hersenen over onder andere de druk die op de stomp staat. Er zijn drie typen sensoren die oppervlakkig in de huid zitten, mechanosensoren, thermosensoren en nocisensoren.

De mechanosensoren leveren informatie over de mechanische impact van buitenaf van de huid zoals druk en de vervorming die daardoor ontstaat. Ze geven dus feedback door over de druk die vanaf buitenaf op de huid staat. Mechanosensoren leveren de meest relevante informatie op voor de oppervlakkige sensibiteit (18).

Er zijn totaal 5 typen mechanosensoren:

Lichaampjes van Ruffini

Deze sensoren reageren op de trek-en schuifkrachten die op de huid staat. De respons van de lichaampjes is tonisch/fasisch (niet snel adapterend) en de drempelwaarde hoog.

Lichaampjes van Pacini

Deze lichaampjes geven informatie over de druk die op de huid staat. De respons is fasisch (snel adapterend) en de drempelwaarde laag.

Schijf van Merkel

Deze cellen geven informatie door over de plaats van druk en contactprikkels. De respons is tonisch/fasisch, de drempelwaarde ligt hoog. Prikkel worden voor langere tijd doorgegeven.

Haarsensoren

Deze haarsensoren zitten bij de wortel van de haren. Deze registreren de aanraking van de haren. De respons is fasisch en de drempelwaarde ligt laag.

Lichaampjes van Meissner

Deze tastlichaampjes geven informatie over de fijne contact en tastprikkel en reageren op drukprikkel. Hiermee wordt de plaatsbepaling van aanraking geregistreerd. De respons is fasisch, de drempelwaarde ligt laag.

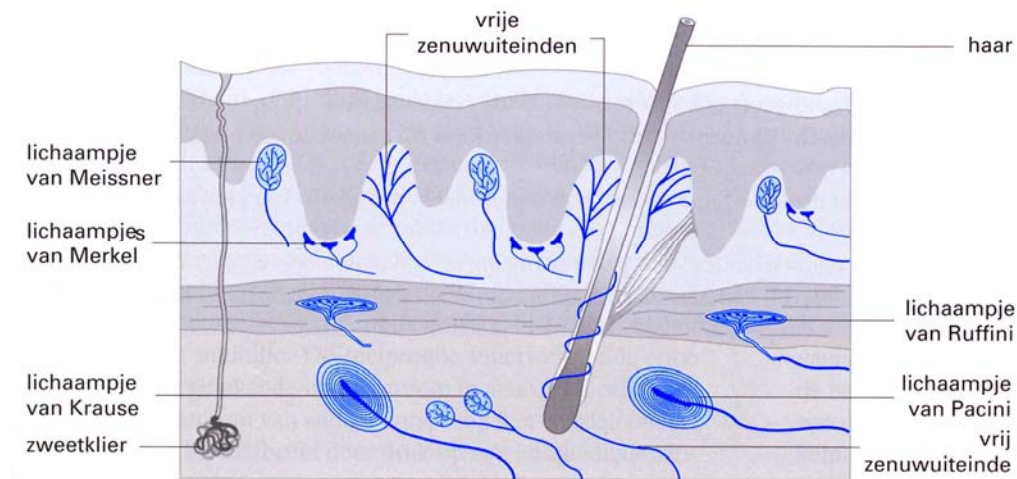


Fig. 7; Locatie mechanosensoren in de huid

Alle hierboven genoemde mechanosensoren zijn onderhevig aan adaptatie. Hierdoor worden drukkrachten die op de huid staan na verloop van tijd niet meer waargenomen. Verandering van druk uiteraard wel omdat er dan een nieuwe impuls ontstaat. De schijven van Merkel hebben een langzame adaptatie aan de druk waardoor zij op een langer termijn met dezelfde druk het meeste feedback zullen leveren over de druk die nog op de huid staat. Ook het verschil in druk is bepalend voor de reactie. Bij een lage druk zal de ontlading minder gauw worden doorgegeven dan bij een hoge druk.

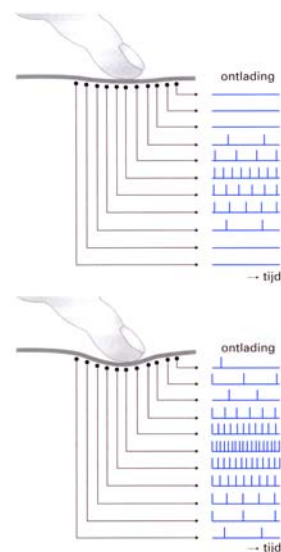


Fig. 8; Verschil in responstijd bij lichte en sterke druk

Uit bovenstaande theorie blijkt dat proprioceptie een moeilijk begrip is. Meerdere systemen functioneren samen om te bepalen hoe het lichaam beweegt in de ruimte. Proprioceptie is het vermogen om de positie van het eigen lichaam en lichaamsdelen waar te nemen. Proprioceptie is onder te verdelen in oppervlakkige sensibele, standwaarneming in de gewrichten, visuele waarnemingen en het evenwichtsorgaan. Proprioceptie is niet te meten, alleen de gevolgen hiervan zijn te meten. Om een antwoord te kunnen geven op de subvraag wat een vacuüm-geassisteerde onderbeenprothesekoker ten opzichte van de normale vacuümprothesen voor meerwaarde ten aanzien van de proprioceptie kan doen moeten de verscheidende onderdelen van de zelfwaarneming apart behandeld worden.

Visuele waarneming:

De visuele waarneming van de patiënt met een prothese wordt niet beïnvloed door het wel of niet dragen van een vacuüm-geassisteerde prothesekoker.

Het evenwichtsorgaan:

Het evenwichtsorgaan wordt niet beïnvloed door het dragen van een vacuüm-geassisteerde prothesekoker.

Oppervlakkige sensibele:

Er is een mogelijke verbetering door de vacuüm-geassisteerde prothesekoker. De gedachten hierachter zijn dat de overbrenging van de krachten die van buitenaf op de prothese inwerken (bv. grondreactiekrachten) sneller over te brengen zijn op de stomp. Dit komt doordat de overbrengtijd van het signaal tussen de koker en de liner minder is vanwege de luchtledige ruimte. De krachten hoeven geen afstand te overbruggen tussen de koker en de liner. Maar de krachten die overgebracht worden op de huid met het vacuüm-geassisteerde systeem zijn minder blijkt uit diverse onderzoeken die reeds belicht zijn. De positieve druk is immers verminderd met 4 tot 7 % (5) tijdens de standfase. Gedurende de zwaai fase wordt de negatieve druk zelfs verminderd met 27%. Dit zal de responstijd van de mechanosensoren beïnvloeden.

Er is echter geen enkel onderzoek te vinden waar de functie van de oppervlakkige sensibele met prothesen wordt onderzocht. Er is dus geen (wetenschappelijk) bewezen meerwaarde van de verbetering van de oppervlakkige sensibele.

Standwaarneming in de gewrichten:

Net als bij de oppervlakkige sensibele zou er een verbetering kunnen zijn bij de vacuüm-geassisteerde koker van de standwaarneming van de gewrichten. Dit doordat de overbrenging van de krachten iets directer gaat als bij de gewone vacuümkoker. De standwaarneming wordt niet direct beïnvloed door de prothese, maar indirect.

3.3 Onderzoek

Ook op het gebied van standwaarneming van de gewrichten is geen enkel onderzoek te vinden waarin bewezen wordt dat er een verbetering is. Er is een pilotstudie gedaan naar standwaarneming in het algemeen om een vergelijking te kunnen maken tussen tweebeenige mensen en geamputeerden (17). Bij deze studies zijn drie groepen getest, unilaterale geamputeerden door een trauma groep, één door vasculaire aandoeningen en een controlegroep van tweebeenigen. Daaruit komt naar voren dat de balans van de vasculaire groep in het voorachterwaarts vlak (frontaal vlak) en in het vlak naar de zijkant toe (sagittaal vlak) een sterk verminderde controle had over de prothese dan de traumagroep. De traumagroep deed het bijna net zo goed als de controlegroep.

3.4 Deelconclusie propioceptie

Er is geen wetenschappelijk bewijs te vinden dat er een verbeterde propioceptie is bij het gebruik van een vacuüm-geassisteerde prothesekoker.

Om toch een uitspraak te kunnen doen over propioceptie is er een klein onderzoek gedaan naar testmethoden voor propioceptie. Er is gezocht naar een testmethode om eventuele verbeteringen in propioceptie waar te kunnen nemen. Het onderzoek wordt in de volgende paragraaf toegelicht.

3.5 Onderbouwing onderzoek

Omdat het bewijsmateriaal voor een verbeterde propioceptie minimaal is is er een onderzoeksmethode ontwikkeld om relevante informatie te krijgen over de eventuele meerwaarde van de vacuüm-geassisteerde prothesekoker. De basis voor de metingen is dat de metingen uitgevoerd worden op locatie waarvoor de patiënt niet hoeft te reizen. Dit om de onkosten laag te houden.

Het is noodzakelijk dat de patiënt al een goed functionerende vacuümprothesekoker heeft welke omgebouwd kan worden naar een vacuüm-geassisteerde koker. Dit is een aanvangseis voor de metingen.

Er worden een aantal metingen gedaan, bestaande uit twee delen.

Deel één is een balanstest, er wordt op de prothese (één been) gebalanceerd. Dit gebeurt in eerste instantie met vrije visualisatie, de tweede keer gebeurt dit met de ogen dicht. Als referentie wordt de tijd opgenomen dat de patiënt op één been balanceert.

Deel twee is een test om te kijken of de patiënt standsveranderingen van de voet kan waarnemen op het gevoel. Dit gebeurt geblinddoekt, zittend op een stoel. De patiënt kan zo de prothese op de vloer laten landen en dan aangeven wat er is gebeurd volgens hem, dit gebeurt dus niet onder belasting.

Deel één van het onderzoek is opgebouwd om te zien of de sensibiliteit, het oppervlakkige gevoel, en de reactie daarvan verbeterd wordt of niet. Tijdens het

balanceren is er een constante verandering van krachten die op de huid inwerken vanaf de prothesekoker. Er is een constante verandering van de inwerkende krachten, vb. te vergelijken met het staan op één voet, waarbij de balans tussen de tenen en hiel van de voet steeds verandert. Er is hierdoor geen mogelijkheid van de mechanosensoren om te adapteren aan de nieuwe situatie, omdat de situatie constant verandert. Als er een snellere overdracht van signalen van buitenaf naar de huid is, zal de reactietijd voor verandering van de stand om weer in balans te komen ook sneller zijn. Als dit zo is zal de patiënt langer op één been kunnen staan. Als er een verschil te zien is tussen de testresultaten met en zonder het extra vacuüm en deze is positief voor de vacuüm-geassisteerde prothesekoker kun er gesteld worden dat er een verbetering is van de sensibiliteit van de patiënt. Een soortgelijk onderzoek is reeds gedaan om een vergelijking te maken tussen tweebeenige mensen en patiënten met een prothese. Daarin is gekeken of er een verschil te zien is tussen de twee groepen in het frontale en het sagittale vlak. Alles is op video gezet om goed te kunnen zien wat er gebeurt. Het onderzoek vond plaats op een krachtenplatform. Hieruit blijkt al dat er een groot verschil zit tussen het staan op een gezond been of op een prothese en dat leeftijd er ook sterk toe doet. Hoe ouder de patiënt hoe minder goed de balans op één been is (17).

Het tweede deel van het onderzoek, daar waar gekeken wordt naar het gevoel van standsverandering van de voet, wordt getest of er een verbeterde proprioceptie is. Bij de proprioceptie gaat om standsveranderingen in de gewrichten zoals beschreven in het theoretische stuk over proprioceptie. Als de stand van de voet verandert en deze wordt op de grond geplaatst door de patiënt zal hij dit moeten voelen door de standsverandering die er in de knie is. De vraag is of de betere connectie die er is met bij de vacuüm-geassisteerde prothesekoker ook een verbeterd gevoel geeft ten aanzien van de standsverandering in de voet. Deze test wordt bij het staan afgenomen. Bij belasting in stand moet er een indicatie worden gegeven over de voetstand. Deze beide testen worden gedaan met en zonder extra vacuüm. Als eerste worden de testen afgenomen met het extra vacuüm. De stomp heeft dan nog een goed volume en daardoor zullen de testwaarden ook meer optimaal zijn. Na de eerste serie testen met het extra vacuüm wordt er 30 minuten actieve rust genomen terwijl het vacuüm van de prothese is afgehaald. In het onderzoek van Board et al (6) is te zien dat het volumeverlies in deze periode representatief is voor een dagelijks volumeverlies van gemiddeld 6,5%. Als er na deze actieve rust gemeten gaat worden is een goed verschil tussen de eerste en de tweede serie metingen. De pauze tussen de metingen in is om de patiënt voldoende rust te geven om de volgende meting goed te kunnen doen. Het been is volledig uitgerust en kan een goede waarneming doen over de veranderingen.

Door het uitschakelen van zoveel mogelijk facetten van de proprioceptie komt er een goed beeld van de individuele onderdelen. Bij de balanstest wordt het visuele aspect en de standwaarneming van het kniegewricht gedeeltelijk uitgeschakeld. Dit omdat tijdens het balanceren de knie volledig in extensie zal zijn en er geen verandering in het gewricht optreedt. De oppervlakkige sensibiliteit moet een snelle reactie geven over de druk die ontstaat vanaf de grondreactiekracht. Bij de test waarbij gekeken wordt naar de verandering in de voet wordt de standwaarneming van het gewricht aangesproken en zal de oppervlakkige sensibiliteit minimaal worden aangesproken.

De test is vanwege de korte duur van het project slechts uitgevoerd bij twee proefpersonen om te kijken of de test betrouwbaar is. Dit om te kijken of er een

meerwaarde aangetoond kan worden. Om dit te kunnen aantonen moet er bij een redelijk groot aantal patiënten getest worden. Het voortraject is nu gedaan en er is met medewerking van twee patiënten gekeken of de test een goed meetinstrument is. Als resultaat bij de twee gemeten patiënten was dat het balanceren zonder vacuüm 29% korter duurde. Als cijfer werd voor het balanceren met zicht bij het vacuüm een 3.5 gegeven en zonder vacuüm een 2.0 op een schaal van 10. Voor het balanceren met de ogen dicht werd met vacuüm een 1.7 geven en zonder vacuüm werd gewaardeerd met een 1.2. Bij het aangeven van de standsverandering werden met vacuüm in totaal 2 fouten gemaakt bij de 10 metingen (van de 2 patiënten). Zonder vacuüm werden er 4 fouten gemaakt, hierbij gaven de patiënten zelf aan dat dit moeilijker te beoordelen was. Bij de metingen zonder vacuüm was de foutmarge ook groter, de patiënten zaten verder van het goede antwoord af.

Hoofdstuk 4 **Betere doorbloeding**

4.1 **Inleiding**

Er wordt aangenomen, mede door de vele goede verhalen van patiënten, dat de vacuüm-geassisteerde prothesekoker de stompconditie verbeterd. Dat zou komen door een betere doorbloeding van de stomp. Deze verhalen komen uit verschillende landen en uit diverse continenten. Er wordt een reductie waargenomen van kleine huidproblemen zoals blaasjes en ontstekingen aan de haarzakjes. Indrukwekkend zijn de verhalen van open wonden welke open bleven bij normale vacuümprothesen en dicht gingen na het gebruik van de vacuüm-geassisteerde prothesekokers. Er moet benadrukt worden dat dit deze “wonderbaarlijke” genezing alleen gezien is bij de vacuüm-geassisteerde kokers! De logische oorzaak van deze “wonderen” zou zijn dat er een betere doorbloeding in de stomp is.

4.2 **Theorie doorbloeding (20)**

Een verandering in de bloeddoorstroming in de spieren en de huid van de stomp heeft een grote invloed op de regeling van de bloeddruk. Alle spieren samen vormen de grootste weefselmassa in ons lichaam. De behoefte van vers bloed is zeer afwisselend in de spieren, de actieve spieren vragen het meeste bloed. In rust wordt een groot deel van de capillaire vaten niet doorbloed, pas bij inspanning wordt volop gebruikt gemaakt van elk aanwezig bloedvat in de stomp. Tijdens de rust wordt alleen gebruikt gemaakt van de grotere hoofdvaten van de spier, dit wordt de shuntstroom genoemd. Er stroomt dan minder als 5 milliliter per minuut per 100 gram spierweefsel door. Op het moment dat de spieren in actie komen treedt door deze lokale stimulering de doorbloeding in de spieren op. Alle capillairen komen wijd open te staan en vullen zich met bloed voor toevoer van energie en zuurstof, dit wordt de nutritieve stroom genoemd. Bij ongetrainde mensen kan deze nutritieve stroom tot wel 20 maal zo groot zijn als bij de shuntstroom, bij getrainde atleten is dit nog veel meer. Hiervoor moet het hoeveelheid bloed wat het hart kan verpompen in één minuut, het hartminuutvolume moeten stijgen.

In onderstaande tabel is het verschil te zien tussen in rust en tijdens actie zijnde huid en spieren ten aanzien van de bloedvoorziening van een man van 70 kg.

Tabel 2; bloedvoorziening van de spieren en huid

orgaan	massa(kg)	stroomsterkte(ml/100g/min.	orgaandoorstroming
spieren	28		
- rust		2-6	750-1000
- inspanning		40-100	15000-20000
huid	2-2,5		
- rust		1-3	200-500
- inspanning		5-15	1000-2500

Er is een enorme toename te zien in de behoefte van de hoeveelheid bloed in de spieren en in de huid op het moment van inspanning.

In onderstaande tabel is het verschil te zien tussen in rust en tijdens actie zijnde huid en spieren ten aanzien van de zuurstofconsumptie van een man van 70 kg.

Tabel 3; zuurstofconsumptie van de spieren en huid

orgaan	massa(kg)	zuurstofstroom(ml/100g/min.)	Zuurstofgebruik(ml/min.)
spieren	28		
- rust		0,2-0,4	60
- inspanning		8-15	2000 of meer
huid	2-2,5		
- rust		0,1-0,2	2-4
- inspanning		0,1-0,2	2-4

Net als bij de bloedvoorziening is ook hier een enorme toename van de behoefte te zien. Zuurstof is bepalend voor de duur van de activiteit. Bij onvoldoende zuurstoftoevoer verzuurt de spier eerder. De afvalstoffen kunnen niet meer afgevoerd worden en er ontstaat verzuring. Op dat moment neemt de functie af en gaat de prestatie achteruit.

Het bloed stroomt met een bepaalde snelheid en een bepaalde druk door ons lichaam. In elk vaatgebied is de sterkte van de stroming anders. Als het vaatgebied groter wordt is de stroming langzamer. Er loopt wel door elk vaatgebied dezelfde hoeveelheid volume welke het hart per minuut verpompt. Door de veranderde samenstelling van het vaatgebied, welke steeds wijder wordt van het hart af, verandert ook de druk in de vaatgebieden. Als het bloed het hart verlaat is de druk op de aorta ongeveer 100mmHg. In de arteriën is de druk ongeveer 95mmHg, in de grote arteriolen is de druk verlaagd tot 85mmHg en in de kleine arteriolen zelfs tot 30mmHg. In de capillairen verschilt de druk tussen de 30 en de 15mmHg en in de venulen en de venen verlaagt de druk tot bijna 0mmHg. De doorstromingsnelheid zal het langzaamst gaan in het capillaire stelsel omdat het oppervlakte hiervan enorm groot is. In de capillaire stelsel vindt de uitwisseling plaats van het verse zuurstof en de voedingstoffen en worden de afvalstoffen opgenomen in het bloed voor de verwerking elders in het lichaam.

Buiten de druk die in de vaten staat om er voor te zorgen dat het bloed constant wordt rondgepompt zijn nog drie factoren die invloed hebben op de doorstroming in het capillaire vaatstelsel. De eerste is de druk die de tussenliggende vloeistof op de bloedvaten zet. De tweede is colloïde osmotische druk waarbij proteïnedelen van het plasma die te groot zijn om door de capillairen heen te gaan en door de achterliggende negatieve ontstaande druk door de capillaire heen gezogen wordt. Dit wordt ook wel resorptie genoemd. De derde factor is de oncotische druk. Hierbij zuigt het capillair vocht aan als er een te groot verschil ontstaat in druk in de capillairen. Het effect op de capillaire druk in de eerste en de derde situatie is positief, de druk verhoogt van de bestaande 30mmHg samen met totaal 8mmHg tot 38mmHg. De

invloed van de proteïnedelen doet de druk echter aanmerkelijk verlagen, de druk neemt af met 28mmHg totdat er slechts een druk overblijft van 10mmHg in de capillairen.

Alle druk die van buiten af op de huid gezet wordt heeft invloed op de plaatselijke doorbloeding die voornamelijk capillair is. Wordt deze doorbloeding onderbroken door druk van buitenaf dan wordt de plaatselijke huid en spieren niet voorzien van vers bloed. De verminderde positieve druk tijdens de standfase die het vacuüm-geassisteerde systeem realiseert zal dus een positiever effect moeten hebben op de plaatselijke doorbloeding.

4.3 Onderzoeken

In een onderzoek van Street (14) is een verbeterde doorbloeding bij de vacuüm-geassisteerde prothesekokers. In dit onderzoek is de bloedstroom gemeten tijdens een gesimuleerd lopen. De stomp van patiënten is onder positieve en negatieve druk gezet, gelijk aan de drukken die er tijdens het normaal lopen ook zijn. In alle testen is te zien dat er een pompeffect in de stomp is. Tijdens de gesimuleerde standfase is duidelijk te zien dat het bloed uit de bloedbanen gedrukt wordt door de verlaagde positieve druk van de vacuüm-geassisteerde koker. Tijdens de gesimuleerde zwaafase vullen alle vezels zich snel met bloed door de negatieve druk die op de stomp staat.

Geen van summiere studies die gedaan zijn toont daadwerkelijk aan dat de verbeterde bloeddoorvoer ook daadwerkelijk de kwaliteit van de stomp verbetert. De potentie is er, de bloedtoevoer garandeert immers ook dat de stomp wordt voorzien van vers bloed welke weer is voorzien van voedingsmiddelen en immune cellen. De afvoer van bloed zorgt voor het afvoeren van alle afvalstoffen uit de bloedbanen. Deze continue toe en afvoer doet zeer sterk vermoeden dat dit een positieve invloed heeft op de stompconditie en op wondgenezing. Deze toe en afvoer in vacuüm-geassisteerde prothesekokers ligt hoger als bij de normale vacuümkokers gezien de positieve drukverandering die er plaats vindt. De verbeterde doorstroming komt door een stabiel volume in de prothesekoker. Het is een feit dat een verminderde pasvorm van de prothesekoker door volumeverlies kan leiden tot bloedafsluiting (6).

In een publicatie van Covey (16) is een onderzoek gedaan naar vloeigedrag van diverse typen liners en spieren. Er wordt een cilinder in een liner of een spier geduwd met een bepaalde druk. Daarbij wordt gekeken hoe snel het materiaal zichzelf herstelt als de druk van het materiaal afgehaald wordt en de hoeveelheid druk die het materiaal kan hebben. Ook is gekeken welk type materiaal de druk het beste kan verplaatsen zodat de druk optimaal wordt verdeeld. Uit dit onderzoek blijkt in ieder geval dat op het moment dat er minder druk op de spieren staat de doorbloeding het meest optimaal zijn gang kan gaan. De doorbloeding wordt gestoord door de druk die van buitenaf wordt toegediend. Het is dus van een wezenlijk belang dat de druk die op de stomp komt te staan goed mogelijk verdeeld wordt om de doorbloeding zo min mogelijk te beïnvloeden. Uit een ander reeds behandeld onderzoek (5) blijkt dat er een drukafname is door de vacuüm-geassisteerde prothesekoker. Er is een verbetering van de doorbloeding dankzij de drukvermindering tijdens de standfase.

Er is niet gekeken of bewezen dat een verminderde negatieve druk tijdens de zwaaifase verandering heeft op de doorbloeding.

Er is één studie gedaan naar het effect tussen de druk die van buitenaf op de huid gezet wordt en de reactie daarop op de vloeistof druk (16). Echter is geen van deze studies op mensen uitgevoerd, maar op honden, varkens en hamsters. Daaruit is naar voren gekomen dat ondanks de positieve druk van buitenaf ongeveer 60-75% van de vloeistofdruk overblijft. Onder vacuüm is ligt deze waarde op 90-100%. De doorbloeding zou dus met 25-30% verbeteren onder vacuüm. Het is echter niet bekend hoeveel vacuüm is gebruikt voor deze test. Het vacuüm wat gebruikt wordt bij het vacuüm-geassisteerde systeem is maximaal 24mmHg.

4.4 **Deelconclusie doorbloeding**

Wat heeft de vacuüm-geassisteerde onderbeenprothesekoker ten opzichte van de normale vacuümprothesen voor meerwaarde ten aanzien van de doorbloeding?

Er is weinig wetenschappelijk bewijs te leveren voor een mogelijke verbetering van de doorbloeding in de vacuüm-geassisteerde prothesekoker. Alleen in het onderzoek van Street (14) wordt vermeld dat bij de veranderde positieve druk van de standfase het bloed minder snel uit de bloedbanen drukt. Theoretisch is dit volledig te onderbouwen. De studie is gedaan tijdens een gesimuleerd lopen. Tijdens het echte gaan van de patiënt is nog geen meerwaarde bewezen. Het is aannemelijk dat de verlaagde positieve druk en de verminderde negatieve druk die op de stomp staat de doorbloeding minder zal hinderen als bij de normale vacuümprothesekoker.

Hoofdstuk 5 **Conclusie**

5.1 **Conclusie rapport onderdruk**

Er zijn meerdere studies die aantonen dat het volumeverlies gedurende de dag beperkt wordt met een vacuüm-geassisteerd prothesesysteem. Er zijn geen studies die het tegendeel aantonen. Onafhankelijk van de situatie of de koker te klein of te groot gemaakt wordt blijft het volume van de stomp gelijk. Het volumebehoud is te danken aan een lagere druk op de stomp tijdens de standfase en een vermindering van de negatieve druk tijdens de zwaai fase. De vacuüm-geassisteerde onderbeenprothesekoker lijkt ten opzichte van de normale vacuümprothesen een meerwaarde ten aanzien van het volumeverlies te hebben. Nadeel van een aantal behandelde studies (5)(6)(12)(13)(14) is dat er medewerking verleend is, of zelfs sponsoring geweest van TEC Interface systems. Deze leverancier heeft als eerst een vacuüm-geassisteerd systeem op de markt geïntroduceerd en heeft in de meeste gevallen de geteste patiënten zelf voorzien van een prothesekoker. Het bedrijf is overgegaan in Otto Bock rond het jaar 2000.

Er is geen wetenschappelijk bewijs te vinden dat er een verbeterde proprioceptie is bij het gebruik van een vacuüm-geassisteerde prothesekoker. Met de theoretische onderbouwing is een meerwaarde wel te ondersteunen, maar een bewijs is het zeker niet. Bij de geteste personen is een matige vooruitgang te zien. Dit kan zeker niet als bewijs worden beschouwd, daarvoor is het aantal geteste personen te klein.

Er is weinig wetenschappelijk bewijs te leveren voor een mogelijke verbetering van de doorbloeding in de vacuüm-geassisteerde prothesekoker. Alleen in het onderzoek van Street (14) wordt vermeld dat bij de veranderde positieve druk van de standfase het bloed minder snel uit de bloedbanen drukt. Theoretisch is dit volledig te onderbouwen. De studie is gedaan tijdens een gesimuleerd lopen. Tijdens het echte gaan van de patiënt is nog geen meerwaarde bewezen. Het is aannemelijk dat de verlaagde positieve druk tijdens de standfase en de verminderde negatieve druk tijdens de zwaai fase die op de stomp staat de doorbloeding minder zal hinderen als bij de normale vacuüm prothesekoker.

Op één van de drie subvragen is een goed onderbouwd wetenschappelijk antwoord te geven. De volumebeheersing verbeterd door de vacuüm-geassisteerde prothesekoker. Op de tweede subvraag, over de proprioceptie, is niet goed te beargumenteren of er een meerwaarde is. Met de theorie is er een mogelijk voordeel te behalen, maar er is nog geen bewijs te vinden. Op de derde subvraag, de doorbloeding, is deels een wetenschappelijke onderbouwing te geven. Door onderbouwing met de theorie is deze subvraag positief af te sluiten.

De voordelen van een vacuüm-geassisteerde prothese wordt alleen optimaal benut als de stomp goed contact heeft met de liner en de liner volledig contact heeft met de koker. Daarvoor is het noodzakelijk dat de prothesemaker een goede totaal contact koker maakt. Het is belangrijk dat de koker nauwkeurig de contouren volgt van de stomp en de belasting over de volledige stomp verdeeld wordt zonder dat delen van de stomp extra ontlast of belast worden. Alleen als de patiënt er voor zorgt dat het totaal contact onderhouden wordt door een constant vacuüm op de stomp blijft het

volume in de stomp behouden. Dan pas zal het voordeel van een vacuüm-geassisteerde prothesekoker blijvend zijn. Worden deze basisregels niet nageleefd kunnen de voordelen teniet gedaan worden. Als de koker niet goed gegipst of gecorrigeerd is ontstaan ruimten binnen in de prothesekoker en zal de druk niet goed verdeeld worden. De liner wordt dan in hoeken van de koker getrokken waardoor blaren en andere huidaandoeningen kunnen ontstaan door de enorme spanning die tussen de liner en de huid ontstaat.

Een goede fitting van de vacuüm-geassisteerde prothesekoker is een goede gecontroleerde omgeving voor de stomp. Dit geldt zeker voor patiënten met vasculaire ziekten en patiënten die bloedverdunners moeten slikken waarbij het gevaar van inwendige bloedingen door schuifkrachten en hoge spanningen op de loer ligt (14). De vacuüm-geassisteerde prothesekoker vermindert extreme drukken en schuifkrachten vanwege de volledige belasting van de stomp, en behoudt deze belasting gedurende de hele dag omdat het volume nauwkeurig beheerst wordt.

Bij de vacuüm-geassisteerde prothesekoker zijn alle luchtmoleculen uit de overgebleven ruimten van een gewone vacuümprothese weggehaald door middel van een pomp. Het grote effect hiervan is dat de prothesekoker vast zit aan de stomp. De trekkrachten om een prothese af te trekken zijn enorm. Als voorbeeld kan de patiënt op de stoel gezet worden en aan zijn prothese met stoel en al door de zaal heen getrokken worden als voorbeeld van de sublieme verankering. Door deze verankering wordt dit prothesesysteem door veel patiënten als een unieke connectie ervaren welke zij met de prothese hebben. Alleen een vacuüm-geassisteerde prothesekoker kan voorkomen dat de patiënt gedurende de dag volume verliest. Daardoor verminderen schuif en drukspanningen en wordt er een betere omgeving gecreëerd voor de stomp. Het verlagen van de druk tijdens de standfase en het verminderen van de negatieve druk tijdens de zwaafase verbeterd de circulatie en daarmee de vloeistofveranderingen. Dit speelt een rol in het verbeteren van de stompconditie en wondgenezing.

5.2 **Discussie**

Naar aanleiding van het onderzoek zijn een aantal punten naar voren gekomen die interessant zijn om te bespreken maar niet in het onderzoek zelf thuis horen.

De benaming vacuüm prothese voor de standaard uitvoering zonder luchtpomp die een onderdruk creëert is een verkeerde benaming. Er is geen vacuüm, geen onderdruk in de koker ten opzichte van de situatie buiten de koker. Het aantal luchtmoleculen is binnen in de koker evenveel als buiten de koker. De benaming vacuümprothese is daarom niet goed. De Engelse beschrijving is suction socket, ofwel zuigkoker.

Het huidige vacuüm systeem met een liner en een sleeve is nogal gevoelig voor mechanische impact van buitenaf en de druk die in de koker aanwezig is. Vooral de sleeve, die dun is om flexibel te blijven om de beweging in de knie toe te laten, is gevoelig voor beschadiging. Als er een lek in de sleeve komt doordat de prothese tegen bijvoorbeeld een tafelpoot aanbotst kan deze lek raken en dan werkt het vacuümsysteem direct niet meer. De ophanging van de prothese blijft, maar niet meer zo optimaal zoals het systeem bedacht is. Alle voordelen die het systeem biedt zijn dan niet meer van toepassing. De gevoeligheid van de onderdelen die het vacuüm moeten garanderen kan verbeterd worden. De kwaliteit van de sleeve zal er op vooruit moeten gaan om het vacuümsysteem echt toekomst te geven.

Het onderwerp proprioceptis kent bij veel mensen verschillende betekenissen. Een ieder heeft een ander beeld bij dit onderwerp. Maar als het onderwerp goed onderzocht wordt zit er een logische opbouw in. Een ieder die iets met proprioceptis doet moet zich goed verdiepen in de materie. Er is discussie geweest met diverse mensen, van fysiotherapeuten tot revalidatieartsen en orthopedisch instrumentmakers, een ieder blijkt een eigen beeldvorming te hebben over proprioceptis terwijl dit eigenlijk niet zou mogen.

De doorbloeding is slechts deels onderbouwd maar er is nog geen voldoende onderzoek naar gedaan. Op dit moment wordt er in de Verenigde Staten een onderzoek gedaan naar de bloedvoorziening in de stomp bij de vacuüm-geassisteerde prothesekoker. Helaas was er niet de mogelijkheid om de resultaten in dit onderzoek mee te nemen omdat het onderzoek nog niet volledig is afgerond. Wanneer dit onderzoek gepubliceerd wordt is er meer te vertellen over het onderwerp doorbloeding. Als blijkt dat het onderzoek niet waardevol is ligt hier de uitdaging om een onderzoek te starten.

De vacuümpompen die alleen vacuüm zuigen tijdens lopen hebben geen werking tijdens rust, het grootste deel van de dag. Treedt er dan geen verlies op van vacuüm waardoor dan toch volumeverlies optreedt? Met andere woorden, moet het vacuüm niet constant gecontroleerd worden, ook tijdens de rust?

5.3 **Aanbeveling**

Op de subvraag volume is veel gedaan om de voordelen van de vacuüm-geassisteerde prothesekoker te bewijzen, alleen zijn de meeste van de studies gesponsord en daarom niet onafhankelijk. Een goed onafhankelijk onderzoek zou de gesponsorde studies kunnen ondersteunen.

Voor de subvraag over de proprioceptie zou er nog meer onderzoek gedaan moeten worden. Met het protocol wat nu geschreven is kan gewerkt worden in de praktijk. Als er voldoende patiënten goed gemeten worden met dit protocol kan er wat gezegd worden over de proprioceptie. Tot nu toe is er slechts een theoretische onderbouwing van de subvraag. Het verdient dan ook de aanbeveling om met dit protocol deze subvraag verder uit te werken.

Bij de subvraag over de doorbloeding is er nog veel te doen. Een degelijk onderzoek zou veel kunnen onderbouwen. Het onderzoek wat nu in de Verenigde Staten gedaan wordt zou een voorzet kunnen zijn om meer duidelijkheid te krijgen over de doorbloeding in de stomp

Het zou goed zijn om te kijken naar de vacuümsystemen onderling. Waarom wordt bij een aantal pompen constant, ook in rust, wel gepompt en bij anderen niet. Waarom zou er nu juist wel of niet tijdens de rust ook het vacuüm behouden moeten worden.

Om een betrouwbaarder vacuümsysteem te maken zou de kwaliteit van de sleeve moeten verbeteren. Deze is gauw lek en laat lucht in het systeem. De afdichting van de koker aan de bovenzijde zou verbeterd kunnen worden.

Externe adviseurs

Jessica van Dijk, Tutor Fontys Paramedische Hogeschool Eindhoven

Gerrit Visser, Directeur Loth Fabenim

Femke Backer-Bes, Orthopedisch Technoloog, Orthopedietechniek De Hoogstraat

Steve Smith, Technical director Smith Global, USA

En extra hulp gekregen van:

Harmen van der Linden, Revalidatiearts, Sint Maartenskliniek Nijmegen.

Nils Fluiter, Orthopedisch instrumentmaker, sales manager prothesen, Otto Bock NL

Johan Veerbeek, Orthopedisch technoloog, Directeur Westland Orthopedie

Literatuurlijst

- 1) Goswami, J., R. Lynn, G. Street and M. Harlander (2003). Walking in a vacuum-assisted socket shifts the stump fluid balance. *Prosthetics and orthotics 2003*, Vol. 27, pag. 107-113
- 2) Sanders, J.E., A.K. Jacobsen, and J.R. Fergason (2006) Effects of fluid insert volume changes on socket pressures and shear stresses: Case studies from two trans-tibial amputee subjects. *Prosthetics and orthotics 2006*, Vol. 30, pag. 257-269
- 3) Sanders, J.E., J.R. Fergason, S.G. Zachariah and A.K. Jacobsen (2002) Interface pressure and shear stress changes with amputee weight loss: case studies from two trans-tibial subjects. *Prosthetics and orthotics 2002*, Vol. 26, pag. 243-250
- 4) Vannier, M.W., P.K. Commean, K.E. Smith (1997), Three dimensional lower-extremity residual measurements systems error analysis. *Journal of prosthetics and orthotics*, Vol. 9, Num 2, Pag. 67
- 5) Beil, T.L., M.G. Street and S.J. Covey (2002) Interface pressure during ambulation using suction and vacuum-assisted prosthetic sockets. *Journal of Rehabilitation Research and Development 2002*, Vol. 39, No. 6, Pag. 693-700
- 6) Board, W.J., G.M. Street, and C. Caspers (2001). A comparison of trans-tibial amputee suction and vacuum socket conditions. *Prosthetics and orthotics 2001*, Vol. 25, Pag. 202-209
- 7) Vaitl, D., J. Mittelstaedt, F. Baisch (1997). Shifts in blood volume after the perception of posture. *Int J Psychophysiol*, Vol 27, Pag. 99-105
- 8) Wolthuis R.A., A. LeBlanc, W.A. Carpentier (1975). Response of local vascular volumes to lower body negative pressure stress. *Aviat Space Environ Med*, Vol 46, Pag. 697-702
- 9) Grevestein, S. (1971). Suction-type prosthesis for below knee amputees, a preliminary report. *Artificial limbs Vol 15(1)*, Pag. 78-80
- 10) Staats T.B., J. Lundt (1987). The ULCA total surface bearing suction below-knee prosthesis. *Clinical Prosthesis Orthotics Vol. 11*, Pag. 118-130
- 11) Veerbeek, J. (2003). De toepassing van een onderbeenprothese met het vacuümsysteem de Harmony. *Scriptie HBO orthopedische technologie*.
- 12) Street, G.M. May 2006 Benefits of vacuüm suspension. World congress orthopedie and reha techniek, Leipzig, Germany. (Presentatie)
- 13) Street, G.M. (2006). Vacuum suspension and its effects on the limb. *Orthopädie Technik*, English quarterly edition IV/2006

- 14) Street, G.M. (2002). Effects of simulated socket pressures on skin blood flow. American Academy of Orthotist and Prosthetist Annual meeting, Chicago, IL, USA
- 15) Winter, D.A. (1990). Biomechanics and motorcontrol of human movement. 12nd edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- 16) Covey, S. J., Muonio G.M., Street, G.M. (2000). Flow constraints and loading effects on prosthetic liner material and human tissue mechanical response. *Journal of Prosthetics and Orthotics, Volume 12, No 1.*
- 17) Hermodsson, Y., Ekdahl, C., Persson, B.M., Roxendal, G. (1989). Standing balance in trans-tibial amputees following vascular disease or trauma: a comparative study with healthy subjects. *Scand J Rehabil Med. Vol. 21(4), Pag. 187-195*
- 18) Vermeulen, H.I., de Lange, P.D.L (2003) Proprioceptie onderzoek. Verslag voor opleiding Bewegingstechnologie, Haagse Hogeschool
- 19) www.nevac.nl

Boekenlijst

- 20) Medische Fysiologie, Bouman L.N, Bernards J.A. (2002) Eerste druk, tweede oplage, Bohn Stafleu Van Loghum, ISBN 90 313 3091 4
- Projectmanagement, Roel Grit (2000) Derde druk, Wolters-Noordhoff bv Groningen, ISBN 90 01 34785 1
- Klein geneeskundig woordenboek, P.A.A. Klok, H.E. Klok-Donker, C.W.M. Eelink-Klok (1993) Vijfde herziende druk, Bohn Stafleu Van Loghum, ISBN 90 313 1541-9

Illustratieverantwoording

Figuur nummer:

- 1; Eigen illustratie
2; Internet; www.ottobockus.com
3; Loth Fabenim B.V.
4; Internet; www.micacorp.com
5; Internet; www.owwco.com
6; Internet; www.ottobockus.com
7; Scan uit boek Medische Fysiologie, pagina 202
8; Scan uit boek Medische Fysiologie, pagina 198

Bijlagen:**Bijlage 1 Woordenlijst**

Vacuüm geassisteerde koker	Prothesekoker die dmv een vacuümpomp luchtledig wordt gezogen
Liner	Siliconen of poly-urethaan sok die om de stomp heen getrokken wordt
Sleeve	Cilindrische koker van siliconen of poly-urethaan die voor de afdichting zorgt tussen de prothesekoker en been
Fitting	De pasvorm van een prothese
Distal cup	Een siliconen of poly-urethaan dopje die om de uiteinde van de stomp getrokken wordt
Stompkoker	Harde koker die om de stomp heen zit
Distaal	Het uiteinde van een lichaamsdeel
Dorsaalflexie	Naar de rugzijde, voor de voet; met de tenen omhoog
Plantairflexie	Naar de zijde van de voetzool
Pistoning	Het op en neer gaan van de stomp binnenin de prothesekoker
Tonisch	Niet snel adapterende sensor
Fasisch	Snel adapterende sensor
Tonisch/Fasisch	Gedeeltelijk adapterende sensor
Mechanosensoren	Tast en druk sensoren
Proprioceptoren	In spieren en gewrichtskapsels gelegen orgaantjes die gevoelig zijn voor proprioceptieve impulsen
Proprioceptieve impulsen	Gevoelsimpulsen die in het lichaam ontstaan en naar het CZS worden doorgegeven
Exteroceptoren	Een op van buitenafkomende prikkels reagerende sensor
Thermosensoren	Een op koude- en warmte reagerende sensor
Nocisensoren	Op een pijnprikkel reagerende sensor
CSZ	Centraal Zenuw Stelsel

Biilage 2 Protocol metingen propriocepcis

Protocol meting propriocepcis vacuüm geassisteerde prothesekokers.

Basis voor begin is dat de patiënt al een goed functionerende vacuümprothesekoker heeft welke omgebouwd kan worden naar een vacuümgeassisteerde koker. De metingen worden op locatie gedaan, dicht in de buurt van de patiënt, het liefst in de thuissituatie om de onkosten zo laag mogelijk te houden.

Er worden een aantal metingen gedaan, bestaande uit twee delen.

Deel 1 is een balanstest, er wordt op de prothese (één been) gebalanceerd. Dit gebeurt in eerste instantie met vrije visualisatie, de tweede keer gebeurt dit geblinddoekt, met de ogen dicht. Als eerste wordt de test met vacuüm gedaan, tussen de test wordt een half uur actieve rust gegund om weer te wennen aan de oude situatie, en om de stomp iets te doen laten afnemen.

Deel twee is een test om te kijken of de patiënt standsveranderingen van de voet kan waarnemen op het gevoel. Dit gebeurt geblinddoekt, zittend op een stoel. De patiënt kan zo de prothese op de vloer laten landen en dan aangeven wat er is gebeurd volgens hem, dit gebeurt dus niet onder belasting.

Het volledige protocol gaat als volgt:

Als referentie zal de patiënt een vragenlijst invullen, hieruit wordt de score gehaald als referentie tussen de twee testen. Deze is als bijlage bijgevoegd.

Patiënt met vacuümgeassisteerde prothesekoker laten aangeven over de stand van de voet die gewijzigd wordt, de patiënt moet aangeven of de stand van de prothese voet niet, een beetje of veel veranderd is en welke kant de voet opgegaan is, met de tenen omhoog of omlaag.

Achtereenvolgens zal de voet door mij:

- 1- in 5° graden plantairflexie
- 2- in 10°graden dorsaalflexie
- 3- neutraal
- 4- in 10°graden plantairflexie
- 5- in 5° graden dorsaalflexie

Vervolgens mag de patiënt op 1 been balanceren, er zal een tijdmeting gedaan worden om te zien hoe lang hij dit volhoudt.

Rust van 3 minuten.

Vervolgens mag de patiënt op 1 been balanceren maar dan met de ogen dicht, er zal een tijdmeting gedaan worden om te zien hoe lang hij dit volhoudt.

Rust van 3 minuten.

Hierna zal er 30 minuten actief gewandeld worden zonder dat het vacuümapparaat werkt, de stomp zal in volume afnemen.

Hierna vinden dezelfde metingen plaats in de volgende volgorde.

De patiënt mag op 1 been balanceren, er zal een tijdmeting gedaan worden om te zien hoe lang hij dit volhoudt.

Rust van 3 minuten.

Vervolgens mag de patiënt op 1 been balanceren maar dan met de ogen dicht, er zal een tijdmeting gedaan worden om te zien hoe lang hij dit volhoudt.

Rust van 3 minuten.

Achtereenvolgens zal de voet door mij:

- 1- in 5° graden plantairflexie
- 2- in 10°graden dorsaalflexie
- 3- neutraal
- 4- in 10°graden plantairflexie
- 5- in 5° graden dorsaalflexie

Einde test.

Bijlage 3 **Invulijst metingen voor patiënt**

Vragenlijst proprioceptieve feedback.

Proefpersoon:

Type voet:

Activiteitsniveau:

Is de voet met de tenen:

- ☐ 3 cm omhoog gegaan
- ☐ 1.5 cm omhoog gegaan
- ☐ neutraal gebleven
- ☐ 1.5 cm omlaag gegaan
- ☐ 3 cm omlaag gegaan

Is de voet met de tenen:

- ☐ 3 cm omhoog gegaan
- ☐ 1.5 cm omhoog gegaan
- ☐ neutraal gebleven
- ☐ 1.5 cm omlaag gegaan
- ☐ 3 cm omlaag gegaan

Is de voet met de tenen:

- ☐ 3 cm omhoog gegaan
- ☐ 1.5 cm omhoog gegaan
- ☐ neutraal gebleven
- ☐ 1.5 cm omlaag gegaan
- ☐ 3 cm omlaag gegaan

Is de voet met de tenen:

- ☐ 3 cm omhoog gegaan
- ☐ 1.5 cm omhoog gegaan
- ☐ neutraal gebleven
- ☐ 1.5 cm omlaag gegaan
- ☐ 3 cm omlaag gegaan

Is de voet met de tenen:

- ☐ 3 cm omhoog gegaan
- ☐ 1.5 cm omhoog gegaan
- ☐ neutraal gebleven

- ☐ 1.5 cm omlaag gegaan
- ☐ 3 cm omlaag gegaan

Is het balanceren in deze test voor u makkelijk geweest of moeilijk, geef aan op de balk tussen makkelijk en moeilijk.

1 been balanceren met vacuüm

makkelijk

moeilijk

--

1 been balanceren met vacuüm en met de ogen dicht

makkelijk

moeilijk

--

30 MINUTEN ACTIEVE RUST ZONDER VACUÛM!

1 been balanceren zonder vacuüm

makkelijk

moeilijk

--

1 been balanceren zonder vacuüm en met de ogen dicht

makkelijk

moeilijk

--

Is de voet met de tenen:

- ☐ 3 cm omhoog gegaan
- ☐ 1.5 cm omhoog gegaan
- ☐ neutraal gebleven
- ☐ 1.5 cm omlaag gegaan
- ☐ 3 cm omlaag gegaan

Is de voet met de tenen:

- ☐ 3 cm omhoog gegaan
- ☐ 1.5 cm omhoog gegaan
- ☐ neutraal gebleven

- ☐ 1.5 cm omlaag gegaan
- ☐ 3 cm omlaag gegaan

Is de voet met de tenen:

- ☐ 3 cm omhoog gegaan
- ☐ 1.5 cm omhoog gegaan
- ☐ neutraal gebleven
- ☐ 1.5 cm omlaag gegaan
- ☐ 3 cm omlaag gegaan

Is de voet met de tenen:

- ☐ 3 cm omhoog gegaan
- ☐ 1.5 cm omhoog gegaan
- ☐ neutraal gebleven
- ☐ 1.5 cm omlaag gegaan
- ☐ 3 cm omlaag gegaan

Is de voet met de tenen:

- ☐ 3 cm omhoog gegaan
- ☐ 1.5 cm omhoog gegaan
- ☐ neutraal gebleven
- ☐ 1.5 cm omlaag gegaan
- ☐ 3 cm omlaag gegaan