

Blade: Breken of Behouden

Vaststellen van de stijfheid met behoud van de blade

Inleiding

- Een blade wordt gebruikt voor verspringen en hardlopen.
- Als gevolg van het gebruik neemt de stijfheid over de tijd af.
- Een afname van stijfheid heeft effect op de stapfrequentie, staplengte en loopsnelheid.
- Het gebruik van een blade met een lage stijfheid kan het verschil maken tussen zilver en goud op de paralympische spelen.
- De stijfheid moet regelmatig getest worden, zodat de blade tijdig vervangen kan worden.
- De bestaande testen zijn niet geschikt voor de opdrachtgever.
- Een nieuwe test moet ontwikkeld worden.

Doel van de studie

- Het ontwikkelen van een test voor het bepalen van de stijfheid van de 1E90 blade.
- Het valideren van het prototype en de bruikbaarheid bepalen voor de opdrachtgever.

Methode

Voor het ontwerpproces worden vijf stappen doorlopen en tijdens deze stappen worden producten gemaakt:

- Oriëntatiefase (brainstormsessies, programma eisen en wensen)
- Analysefase (literatuuronderzoek, functie eisen, vaste en variabele eisen)
- Ontwerpfase (morfologische kaart, keuze voor oplossing, schets maken)
- Detaileringsfase (bouwtekeningen, prototype vervaardigen, testruns, verbeteringen doorvoeren, data verzamelen)
- Realisatiefase (definitief product)

Als het prototype ontwikkeld is, zullen de betrouwbaarheid en validiteit getest worden:

- Interbeoordelaarsbetrouwbaarheid
 - Tien keer door een onafhankelijke persoon en de onderzoeker de test laten uitvoeren
 - Intraclass Correlation Coëfficiënt
- Intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid
 - Door een persoon de test 40 keer uit laten voeren
 - Intraclass Correlation Coëfficiënt

Resultaten

Er is een onderzoeksteam gevormd:

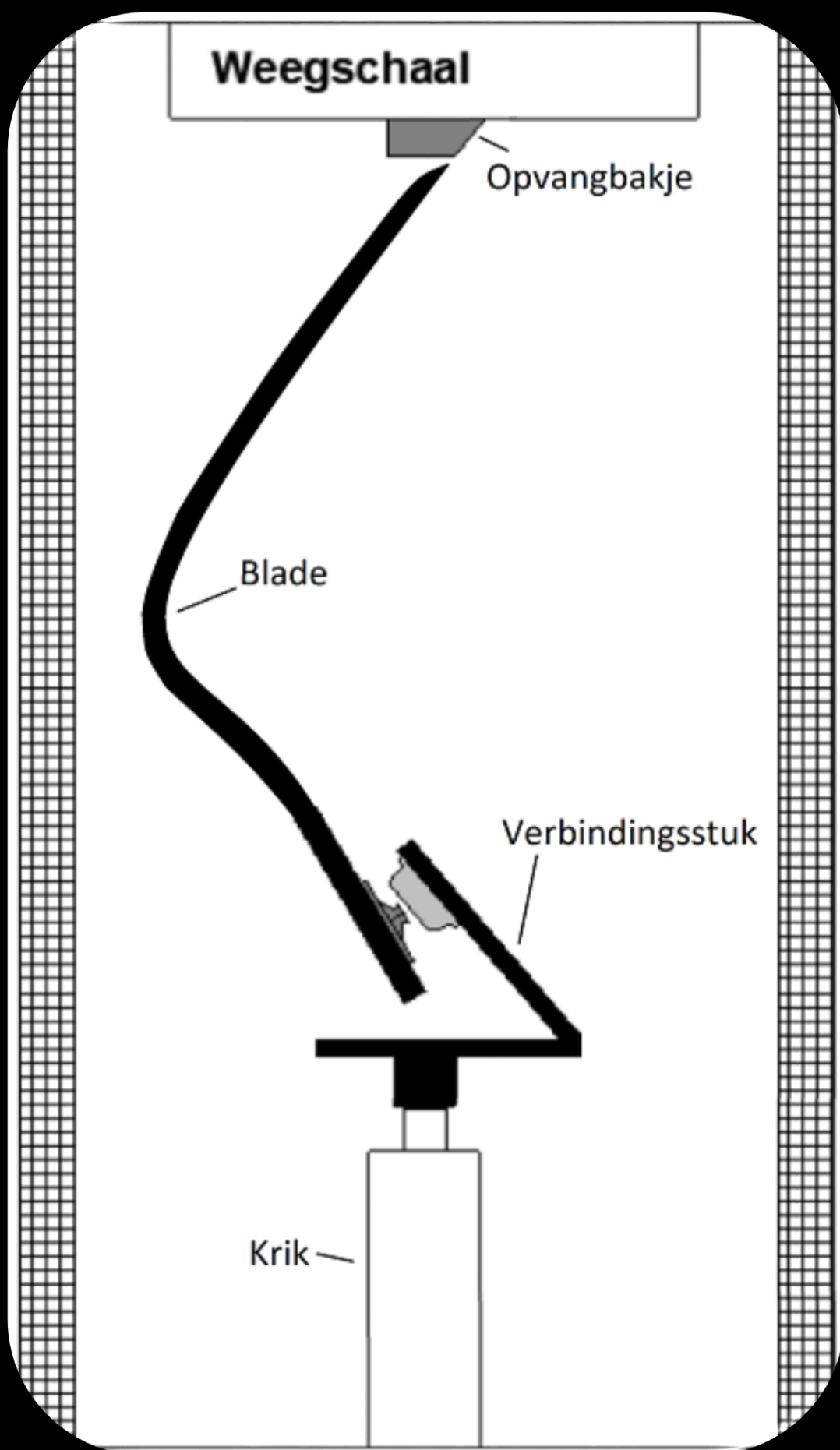
- Opdrachtgever → Livit Orthopedie
- Orthopedisch adviseur → Collega's Livit Orthopedie
- Studenten Technische Natuurkunde
- Lasser → machine bouwbedrijf

Er zijn brainstormsessies gehouden met de leden van het onderzoeksteam. Op basis hiervan is een programma van eisen en wensen verzameld:

- Eisen:
 - Bepalen van de stijfheid
 - Kracht/druk meten
 - Verandering in lengte meten
 - Behoud van de blade
 - Lage kosten <€200
 - Betrouwbaar en reproduceerbaar
 - Rekening houden met hysteresis
 - Omgeving / omstandigheden constant houden
 - Veiligheid
- Wensen
 - Het apparaat moet klein zijn (10 – 15 cm).
 - Koker loshalen van de blade

	Optie 1	Optie 2	Optie 3	Optie 4	Optie 5	Optie 6
Druk meten	Weegschaal	Druksensor	Unster + hefboom	Moment sleutel	Rekstrookjes	
Druk leveren	Spindel aandraaien	Krik opkrikken tegen de blade	Hefboom met gewicht plaatsen	Gewicht + plateau op de blade plaatsen	Gewicht + plateau aan de blade hangen	Staan op de blade
Fixatie van blade	Bakje	Groef zijkant	Bankschroef	Riemje	Klittenband	
Plaats fixatie blade	Distaal en proximale fixeren	Distale zijde fixeren	Proximale zijde fixeren			
Hoek van de blade	Punt van druk recht onder bakje (90°)	Toe-off stand (38°)	90° van het rechte stuk	Horizontaal		
ΔL meten	Meetlint	Meetklok	Afstand meter met sensor	Fotografieren + meetlint voorwerp		
ΔL/gewicht variëren	Vaste ΔL / variabele druk	Vaste druk / variabele ΔL	Beide variabel			
Wachtijd testen	30 min	0 min	20 min	10 min		

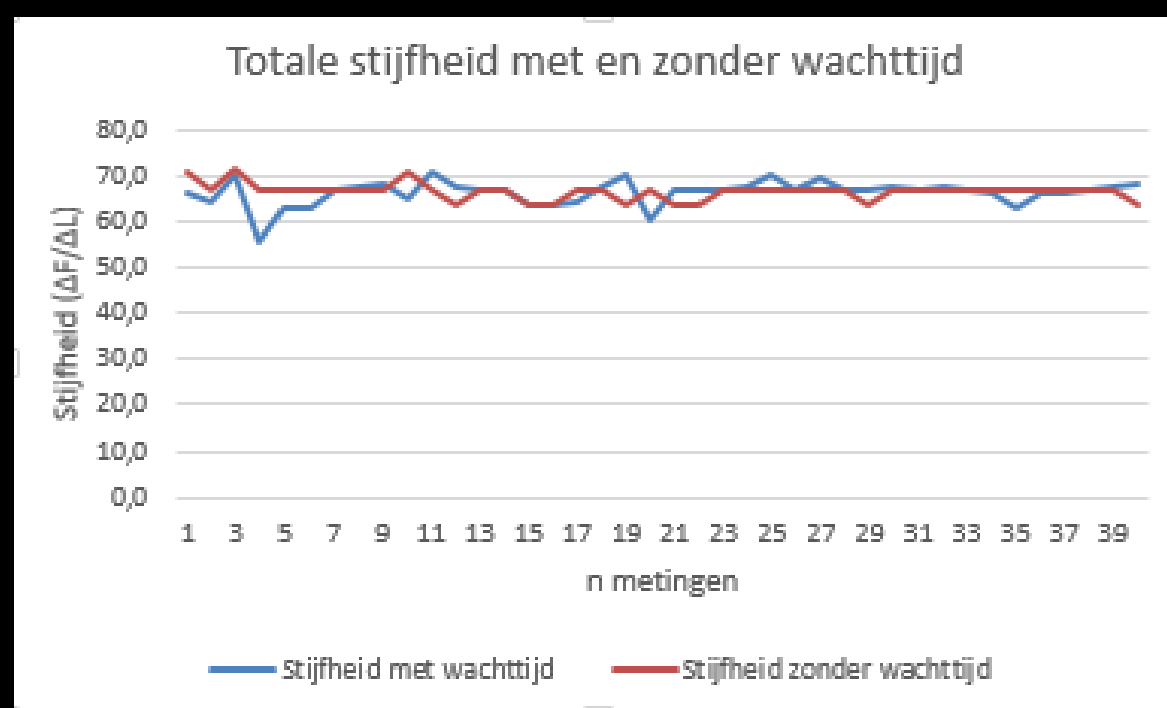
Figuur 1: Morfologische Kaart



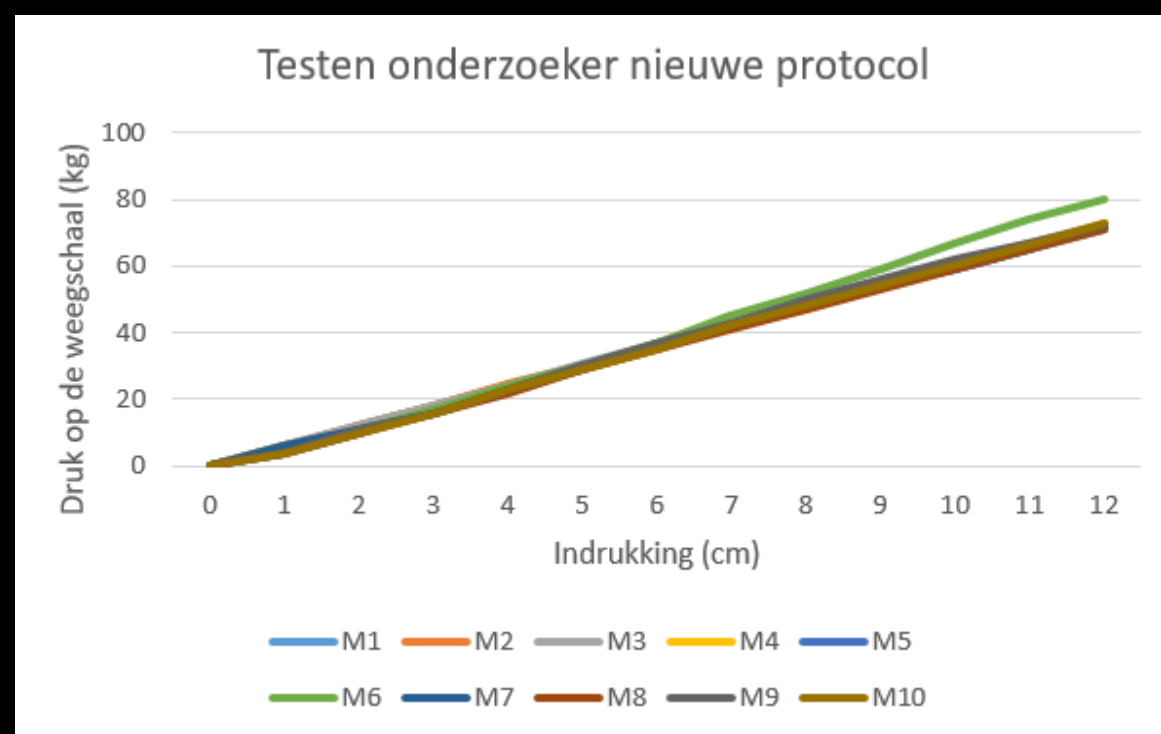
Figuur 2: Schets gekozen oplossing



Figuur 3: Werkelijke testapparaat



Figuur 4: Stijfheid met en zonder wachttijd



Figuur 5: Stijfheid testen onderzoeker nieuwe protocol

Resultaten

Een drukbank kan gebruikt worden voor het meten van de stijfheid en is daarom gebruikt ter inspiratie. De functies van een drukbank zijn:

- Kracht leveren op de blade
- De geleverde kracht meten en reguleren
- Verandering in lengte meten
- De hoek van de blade reguleren
- De blade fixeren en stabiliseren

De morfologische kaart, figuur 1, geeft een overzicht van alle mogelijkheden. Van links naar rechts zijn de opties gesorteerd op geschiktheid. De gele lijn geeft de gekozen opties aan.

De gekozen oplossing is afgebeeld in figuur 2. De werking van dit ontwerp is als volgt:

- De blade zit gefixeerd aan het verbingsstuk en wordt door het bakje opgevangen.
- De krik levert via het verbingsstuk kracht op de blade.
- De weegschaal meet de opwaartse kracht die geleverd wordt.
- De meetklok meet hoe ver de blade is ingedrukt.

Op basis van bouwtekeningen is een prototype gemaakt. Met het prototype, zie figuur 3, zijn een aantal testruns uitgevoerd. Daaruit kwamen drie verbeterpunten:

- De blade raakt de zijkant, dus daar is een stuk uit het gaas gezaagd.
- De lengteverandering van de krik is geen goede indicatie. Daarom is besloten om enkel de lengteverandering van de blade te meten.
- Er is weinig contrast tussen de blade en de achtergrond, dus is er een wit vel papier tegen de achterkant van de opstelling gehangen.

De testresultaten zijn verzameld en de validiteit van de test is bepaald:

- Invloed hysteresis (figuur 4)
 - Met en zonder wachttijd ICC .359 (p=.71)
 - Zonder wachttijd ICC .997 (p=.00)
 - De wachttijd van 30 minuten is niet nodig (figuur 4)
- Interbeoordelaarsbetrouwbaarheid
 - Onderzoeker en onafhankelijk persoon ICC.997 (p=.00)
 - Hoge correlatie, dus het protocol is duidelijk in gebruik
- Intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid (figuur 5)
 - Onderzoeker ICC 1.00 (p=.00)
 - Onafhankelijk persoon ICC .999 (p=.00)
 - De test is reproduceerbaar en betrouwbaar (figuur 5)

De data en het prototype zijn overhandigd aan de opdrachtgever.

Discussie en aanbevelingen

Verbeterpunt

- Digitale weegschaal in plaats van analoog
- Geschikt maken voor meerdere blades
- Kleiner maken, zodat het voldoet aan de eis van de opdrachtgever

Vervolgonderzoek

- Meerdere hoeken testen
- Validiteit bepalen
- Digitale weegschaal gebruiken
- Stijfheid van de volledige sportprothese meten
- Grotere inverting, groter bereik van de spanning-trek curve testen
- Implementatie
- Voor meerdere blades geschikt maken en dan valideren

Conclusie

- Het prototype voldoet aan het PvE, behalve de wens rondom het formaat.
- Er is sprake van een hoge intra- en inter beoordelaarsbetrouwbaarheid. De hysteresis heeft geen invloed op de resultaten.
- Beoogd gebruik: testen voor ingebruikname, daarna eens in de 2 á 3 maanden.

Referenties

- Oskam I, Cowan K, Holting L, Souren P. Ontwerpen van technische innovaties. 2012;12–39.
- Vree de J. Elasticiteitsmodulus [Internet]. [cited 2019 Feb 8]. Available from: <http://www.joostdevree.nl/shtmls/elasticiteitsmodulus.html>
- Oudenhoven LM, Boes JM, Hak L, Faber GS, Houdijk H. Regulation of step frequency in transtibial amputee endurance athletes using a running-specific prosthesis. J Biomech [Internet]. 2017;51:42–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2016.11.058>
- Hobara H, Baum BS, Kwon HJ, Miller RH, Ogata T, Kim YH, et al. Amputee locomotion: Spring-like leg behavior and stiffness regulation using running-specific prostheses. J Biomech [Internet]. 2013;46(14):2483–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2013.07.009>
- McGowan CP, Grabowski AM, McDermott WJ, Herr HM, Kram R. Leg stiffness of sprinters using running-specific prostheses. J R Soc Interface [Internet]. 2012;9(73):1975–82. Available from: <http://rsif.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rsif.2011.0877>
- Sano Y, Makimoto A, Hashizume S, Murai A, Kobayashi Y, Takemura H, et al. Leg stiffness during sprinting in transfemoral amputees with running-specific prosthesis. Gait Posture. 2017;56(April):65–7.
- Beck ON, Taboga P, Grabowski AM. Characterizing the mechanical properties of running-specific prostheses. PLoS One. 2016;11(12):1–16.
- Kruiswijk R. Het analyseren en kwantificeren van de eigenschappen van running blades. 2014;22.
- Grobler L, Ferreira S, Vanwanseele B, Terblanche EE. Characterisation of the responsive properties of two running-specific prosthetic models. Prosthet Orthot Int [Internet]. 2017;41(2):141–8. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0309364616660249>
- Dyer BTJ, Sewell P, Noroozi S. An Investigation Into the Measurement and Prediction of Mechanical Stiffness of Lower Limb Prostheses Used for Running. Assist Technol [Internet]. 2014;26(3):157–63. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10400435.2014.888599>
- Nolan L. Carbon fibre prostheses and running in amputees: A review. Foot Ankle Surg. 2008;14(3):125–9.
- Beck ON, Taboga P, Grabowski AM. Prosthetic model, but not stiffness or height, affects the metabolic cost of running for athletes with unilateral transtibial amputations. J Appl Physiol [Internet]. 2017;123(1):38–48. Available from: <http://jap.physiology.org/lookup/doi/10.1152/jap.1152.2016.00896.2016>
- Litzenberger S, Sabo A, Fuss FK. Effect of Different Mounting Angles of Prosthetic Feet Dedicated to Sprinting on Reaction Forces. Procedia Eng. 2016;147:490–5.
- Leefflang T. Het analyseren van de stijfheid van Running Specific Prostheses. 2018;(April).
- Vanlanduit S. Ontwerpmethodologie. In: Vrije universiteit Brussel [Internet]. Brussel; p. 35. Available from: <http://mech.vub.ac.be/teaching/info/Ontwerpmethodologie/Cursusnota's/Ontwerpmethodes/les1.pdf>
- Dyer B, Sewell P, Noroozi S. How should we assess the mechanical properties of lower-limb prosthesis technology used in elite sport?—An initial investigation. J Biomed Sci Eng [Internet]. 2013;06(02):116–23. Available from: <http://www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/jbise.2013.62015>
- Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. J Chiropr Med [Internet]. 2016;15(2):155–63. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcm.2016.03.012>
- Verbeek K, Huijgens M. Sprint en Prothese. De optimale stijfheid van de sprintlepel. 2009;
- Peshin A. What is the Stress-Strain Curve? [Internet]. 2016 [cited 2019 Feb 19]. Available from: <http://sciab.us/UID77q>
- Mathalino. Stress-strain Diagram [Internet]. 2018 [cited 2019 Feb 19]. Available from: <https://www.mathalino.com/reviewer/mechanics-and-strength-of-materials/stress-strain-diagram>
- UTwente. Hysteresis [Internet]. 2012. Available from: <http://technotheek.utwente.nl/wiki/Hysteresis>