

4/8/2015

OPLEIDING
BEWEGINGSTECHNOLOGIE,
DE HAAGSE HOGESCHOOL

SCRIPTIE
HOMETRAINER AANPASSING



Door: R.J. van de Meerendonk 10081763

4/8/2015

OPLEIDING
BEWEGINGSTECHNOLOGIE,
DE HAAGSE HOGESCHOOL

SCRIPTIE
HOMETRAINER AANPASSING



1ste begeleider: K.L. van Stein-Callenfels

2de begeleider: M. Van der Ent

Door: R.J. van de Meerendonk 10081763

Voorwoord

Voor u ligt het resultaat van het onderdeel scriptie, van de opleiding Bewegingstechnologie aan de Haagse Hogeschool. Bij het maken van dit verslag, het ontwerp en het vervaardigen van het eindproduct ben ik geholpen voor meerdere personen. Deze personen wil ik graag bedanken.

Ten eerste gaat mijn dank uit naar mijn begeleidster Karen van Stein-Callenfels. Zij heeft mij tijdens de gehele periode goed begeleid. Verder wil ik Martijn van der Ent bedanken voor de begeleiding tijdens de ontwerpfase. Ook wil ik graag nog Robbert Mc Meikan bedanken voor de begeleiding in de werkplaats. Mede dankzij hem is de productiefase in vrijkorte tijd tot stand gekomen.

Samenvatting

In dit verslag wordt het proces beschreven voor de ontwikkeling van een hometrainer aanpassing voor mijnheer Janse. Mijnheer Janse heeft een halfzijdige verlamming aan de linkerzijde van zijn lichaam. Door middel van hulpmiddelen moet mijnheer Janse zelfstandig kunnen opstappen, fietsen en afstappen. In de analyse is er gekeken naar welke krachten nodig zijn om dit te kunnen. Verder is er gekeken naar de afmetingen van de lichaamsdelen en de hometrainer. Vervolgens is er gekeken naar producten die al op de markt zijn. Ook is er in de analyse gekeken naar hoe het fietsen veilig kan verlopen. Uit de analyses zijn verschillende eisen en wensen ontstaan waaraan het eindproduct zal moeten voldoen. Uit de gemaakt ideeschetsen zijn drie concepten ontstaan. Deze drie concepten moeten voldoen aan de eisen en deze zijn getest aan de hand van de wensen. De beste onderdelen van de concepten zijn samen gevoegd als eindconcept.

Het eindconcept is vervaardigd en met dit eindproduct zijn verschillende testen uitgevoerd om te kijken of het eindproduct voldoet aan de eisen en wensen. Tijdens de testen bleek dat de excentrische pedaalarm te ver naar buiten uitsteekt tijdens het opstappen. Om dit te verhelpen is er een andere volgorde van opstappen bedacht wat dit probleem verhelpt. Uit het gebruikersonderzoek blijkt dat het eindproduct voldoet aan de wensen van mijnheer Janse.

Inhoudsopgave

VOORWOORD	3
SAMENVATTING	3
INHOUDSOPGAVE	4
INLEIDING	7
PROBLEEMSTELLING	7
Meebewegen van het aangedane been	7
Deelproblemen	9
Opstappen	9
Tijdens het fietsen	10
Afstappen	10
METHODE	11
1. Hoe kan ervoor gezorgd worden dat de voet van het aangedane been in het pedaal kan komen?	11
Krachtenanalyse	12
Hometrainer	13
Bewegingsanalyse	14
2. Hoe kan ervoor gezorgd worden dat de voet van het aangedane been in het pedaal blijft tijdens het fietsen?	14
Krachtenspel op het pedaal	15
Marktonderzoek	16
Magnetische pedalen	16
Magnetisch pedaal tijdens het fietsen	16
3. Hoe kan ervoor gezorgd worden dat de knie van het aangedane been niet naar lateraal of mediaal kan bewegen tijdens het fietsen?	17
Fietsen	17
Fietsveiligheid	17
4. Hoe kan ervoor gezorgd worden dat de voet van het aangedane been uit het pedaal kan komen?	19
5. Wat zijn de algemene eisen waaraan beide ontwerpen moeten voldoen?	19
EISEN EN WENSEN	20
ONTWERPFASE	21
Morfologische kaart	21

Concepten	22
Concept 1, “Handmatig”	22
Concept 2, “Gemengd”	23
Concept 3, “Elektrisch”	25
Conceptkeuze	26
Eindconcept	28
VERVAARDIGINGFASE	30
Elektrische magneet	30
Pedaal	33
Verbinding pedaal naar elektrische magneet	33
Contragewicht	34
Staal	35
Schoen	36
Excentrische pedaalarm	36
Draadloos schakelsysteem	37
Installatie	37
TESTFASE	39
Test aan de hand van de eisen	41
Test aan de hand van de wensen	42
EVALUATIEFASE	44
Gebruikersonderzoek	44
DISCUSSIE	45
CONCLUSIE	45
LITERATUURLIJST	46

BIJLAGEN	48
Bijlage A	49
Opstappen	49
Fietsen	49
Afstappen	49
Bijlage B	50
Gewichtspercentages	50
Bijlage C	51
Afmetingen	51
Bijlage D	52
Onderste extremiteit	52
Bovenste extremiteit	52
Bijlage E	53
Marktonderzoek	53
Bijlage F	54
Opstappen	54
Bijlage G	55
Opstappen	55
Afstappen	55
Fietsen	55
Bijlage H	56
Evaluatie van Persoonlijke leerdoelen afstudeerfase (minimaal 3)	56
Bijlage I	57
Projectvoorstel	57

Inleiding

Mijnheer Janse heeft een beroerte gehad, waardoor hij nu een halfzijdige verlamming heeft. In de enkel is geen enkele spieractiviteit meer mogelijk waardoor hij nu een EVO (enkel-voetorthese) draagt. In de knie is er nog een verminderde extensie aanwezig. Vroeger heeft mijnheer Janse fanatiek gewielend op amateur niveau. Om ervoor te zorgen dat mijnheer Janse weer fit kan worden wil hij graag op een hometrainer kunnen fietsen. Echter levert dit zoveel problemen op dat hij niet instaat is om dit zelfstandig te doen. Voorheen werd hij altijd geholpen door de fysiotherapeut op het revalidatiecentrum. Met deze fysiotherapeut is er een stappenplan gemaakt. Dit stappenplan gaat over de volgorde waarop mijnheer Janse op de hometrainer moet stappen. Aangezien mijnheer Janse een verminderd korte termijn geheugen heeft is het van belang om niet veel veranderingen hierin aan te brengen. Het gebruik van de hulpmiddelen moet hierdoor zo makkelijk mogelijk zijn.

Wens 1: Het gebruik van de hulpmiddelen moet zo makkelijk mogelijk zijn

Probleemstelling

Mijnheer Janse wil zelfstandig thuis op een hometrainer kunnen trainen. Het doel is de hometrainer (Fitness24, 2014) in figuur 1 te voorzien van aanpassingen, waardoor mijnheer Janse zelfstandig thuis kan trainen.



Figuur 1: De hometrainer die voorzien moet worden van aanpassingen

Randvoorwaarde 1: Mijnheer Janse moet zelfstandig kunnen trainen

Meebewegen van het aangedane been

Om erachter te komen wat het voordeel is van het meebewegen van het aangedane been is er gekeken in de literatuur. In (Duner, 1959) wordt er beschreven dat er 3 verschillende testen zijn uitgevoerd. Het fietsen met 2 benen en elk been apart. Het been dat niet mee trapt staat op een

plateau. Er is gekeken naar het behaalde vermogen en naar de hoeveelheid zuurstof verbruik tijdens een steady-state van hartslag 170. Het vermogen dat behaald kon worden met 1 been kwam overeen met 73-80% (figuur 2) van datgene met 2 benen. Het zuurstof verbruik met 1 been kwam overeen met 91-100% (figuur 3) van datgene met 2 benen. Hieruit blijkt dat er met 1 been minder vermogen getrapt kan worden terwijl het zuurstof verbruik vrijwel hetzelfde blijft. Bij mijnheer Janse zijn er 2 benen die bewegen, maar het vermogen komt van 1 been. Dit kan betekenen dat het vermogen nog meer zal afnemen ten opzichte van het trappen met 1 been en het andere been op een plateau. Hierbij zal waarschijnlijk het zuurstof verbruik nog dichterbij de 100% komen. Om te kijken of dit laatste ook daadwerkelijk zo is, is er een onderzoek uitgevoerd.

Case	Physical working capacity kpm/min			
	Right leg	Left leg	Both legs	One leg as % of both
1	750	750	1,000	75
2	550	550	750	73
3	750	700	900	80
4	700	700	900	78
5	1,000	1,000	1,350	74

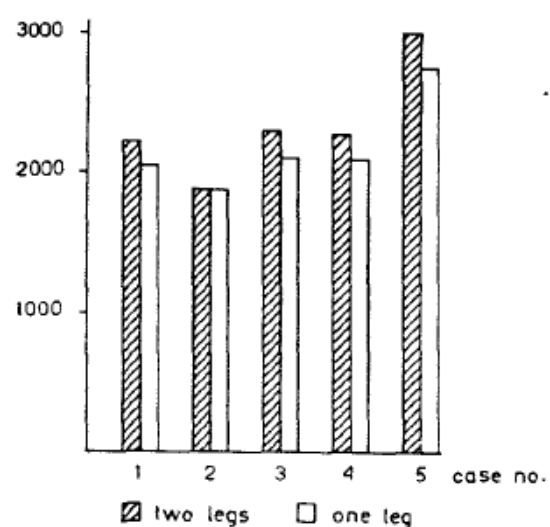
Figuur 2: Het behaalde vermogen van de verschillende situaties bij een hartslag van 170.

Wat zijn de effecten van het meebewegen van het aangedane been ten opzichte van het fietsen met alleen het gezonde been op de fietsprestaties?

Om hierachter te komen is er een test opgesteld en uitgevoerd.

De test begon met het fietsen op een vermogen van 45 Watt. Elke 3 minuten werd het vermogen verhoogt met 15 Watt. Dit werd net zolang gedaan totdat een hartslag van 110 per minuut werd behaald. Dit is gedaan tijdens het fietsen waarbij het aangedane been meebeweegt op het pedaal en het aangedane been vastgezet op een plateau. Er is gekozen voor een hartslag van 110 per minuut in plaats van 170 per minuut aangezien de hartslag van mijnheer Janse zeer moeizaam omhoog gaat en hij hartslag 170 niet zal halen. Het behaalde vermogen bij een hartslag van 110 is voor beide testen gelijk, echter moet mijnheer Janse steeds corrigeren om stabiel te kunnen blijven zitten wanneer het aangedane been vast staat op een plateau. Wanneer hij niet zou corrigeren dan zou hij van het zadel vallen. Het corrigeren van de beweging zorgt ervoor dat er energie verloren gaat aan een beweging die niet getraint zou moeten worden. Hierdoor gaat de hartslag sneller omhoog. Het boven genoemde probleem wordt veroorzaakt doordat het gezonde been veel meer trekkracht moet leveren, dan wanneer het aangedane been wel meebeweegt. Dit aangedane been wordt door de zwaartekracht naar beneden bewogen. Dit helpt het gezonde been om weer bovenaan te komen.

Verder zal de bloeddorstrooming in het aangedane been bevorderd worden door het bewegen van dit been. Het is dus van essentieel belang dat het aangedane been meebeweegt tijdens het fietsen.



Figuur 3: zuurstof opname van twee benen en één been bij hartslag 170.

Eis 1: Het aangedane been moet meebewegen tijdens het fietsen

Deelproblemen

Doordat mijnheer Janse met twee benen tegelijk moet fietsen zijn er verschillende onderdelen waarmee mijnheer Janse problemen heeft. Deze onderdelen zullen hieronder benoemd worden.

Opstappen

Mijnheer Janse kan zelfstandig op het zadel gaan zitten en zijn rechtervoet in het pedaal doen. Vervolgens zorgt mijnheer Janse dat hij met zijn rechterbeen het pedaal omhoog haalt. Hierdoor gaat het linker pedaal omlaag en deze komt dus dichtbij zijn linkervoet. Echter zit zijn linkervoet nog steeds lager dan het pedaal, dit is te zien in figuur 4. Het probleem is dat hij niet zelfstandig zijn linkervoet in het pedaal kan krijgen.



Figuur 4: Het moment waarbij de voet lager zit dan het pedaal.

Onderstaande link bevat een filmpje van de huidige manier van opstappen.

https://www.dropbox.com/s/tcvwu1mxm2rjp4fr/IMG_1237.MOV?dl=0

In bijlage A is stapsgewijs te vinden hoe mijnheer Janse opstapt.

Om zelfstandig te kunnen trainen op een hometrainer moet hij kunnen opstappen en beide voeten in de pedalen krijgen.

Tijdens het fietsen

Mijnheer Janse geeft aan dat hij het idee heeft dat hij de hele tijd van het zadel afglijdt. Dit komt doordat hij geen gevoel heeft in het linkerbeen. Echter zit mijnheer Janse wel gewoon stevig op het zadel. Verder treedt er ook nog een probleem op tijdens het fietsen. De linkervoet zit aan het begin stevig in het pedaal, echter zit de voet na verloop van tijd minder stevig waardoor de voet in het pedaal kan bewegen. Door deze vrijheid kan de knie tijdens het fietsen naar lateraal of mediaal bewegen in combinatie met een exorotatie of endorotatie in de heup. Dit kan veroorzaken dat de knie tegen de hometrainer aan kan komen. Dit kan letsel veroorzaken zonder dat dit wordt opgemerkt door mijnheer Janse.

Eis 2: Mijnheer Janse moet het gevoel krijgen dat hij stevig op het zadel zit

Eis 3: De knie mag de hometrainer niet raken tijdens het fietsen

Onderstaande link bevat een filmpje van de huidige manier van fietsen.

https://www.dropbox.com/s/h3zgf7rsi9bvv67/IMG_1240.MOV?dl=0

In bijlage A is het moment te vinden waarbij de knie tegen de hometrainer kan komen.

Tijdens het fietsen moet mijnheer Janse het gevoel krijgen dat hij niet van het zadel af kan glijden en de linkervoet moet stevig vast blijven zitten.

Afstappen

Om af te kunnen stappen moet zijn linkervoet uit het pedaal gehaald worden. Mijnheer Janse kan dit niet zelfstandig. Mijnheer Janse kan daarna zelfstandig van het zadel af komen en staan. Wanneer het rechterbeen naast het linkerbeen staat kan mijnheer Janse zelfstandig wegllopen door middel van een tricepskruk.

Onderstaande link bevat een filmpje van de huidige manier van afstappen

https://www.dropbox.com/s/gzl1nas5s4qhruw/IMG_1241.MOV?dl=0

In bijlage A is stapsgewijs te vinden hoe mijnheer Janse afstapt.

Om af te kunnen stappen moet de linkervoet uit het pedaal getild worden.

Methode

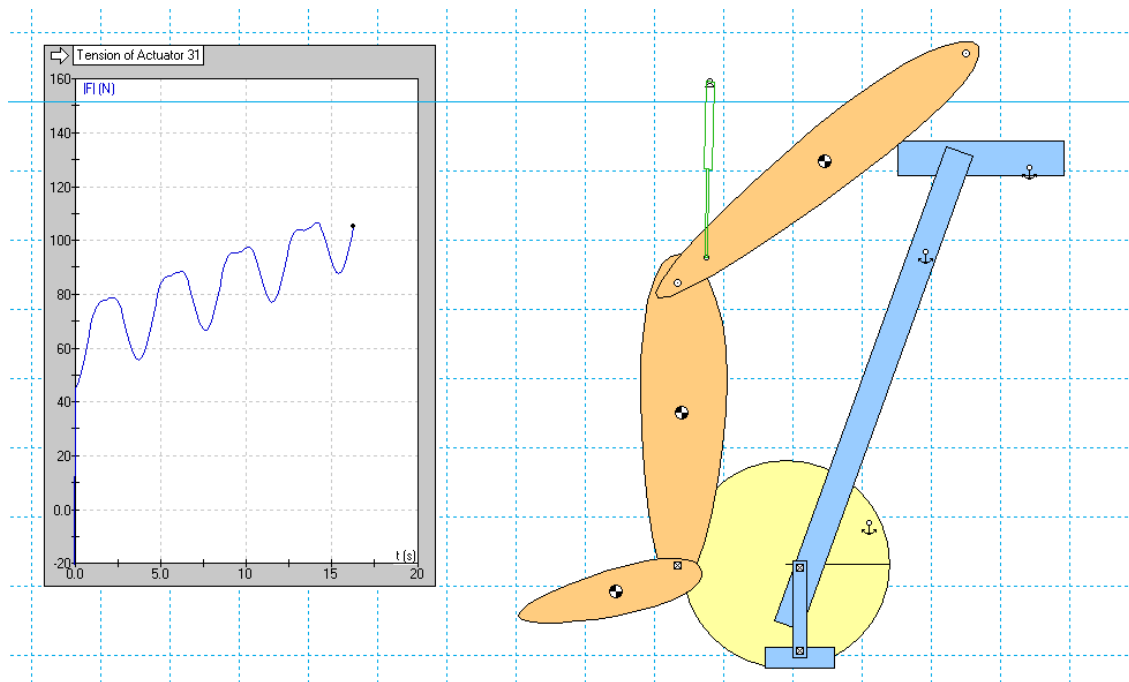
De deelproblemen genoemd in de probleemstelling zullen hieronder kort beschreven worden. Daarna worden de deelproblemen verder uitgewerkt.

1. Hoe kan ervoor gezorgd worden dat de voet van het aangedane been in het pedaal kan komen?

- Benodigde informatie: Er moet uitgezocht worden hoe de voet opgetild kan worden. Vervolgens moet hier een krachtanalyse van gemaakt worden. Dit zal gedaan worden in Interactive Physics. De afmetingen van de hometrainer en de afmetingen van mijnheer Janse moet opgemeten worden om te kijken hoeveel hoogte overbrugd moet worden, zodat de voet wel in het pedaal kan komen. Ook moet er uitgezocht worden wat voor bewegingen er allemaal mogelijk zijn in het aangedane been, arm en romp met behulp van spierkracht. Deze bewegingen kunnen het opstappen mogelijk makkelijker maken.

Krachtenanalyse

Om de voet op de hoogte te krijgen van het fietspedaal moet de voet een stuk omhoog komen. Er zijn verschillende mogelijkheden om dit te doen. De voet optillen of het bovenbeen optillen. Om te kijken hoeveel kracht het kost in de heup om het been op te tillen is er een Interactive Physics model gemaakt. Het model is te zien in figuur 5. Dit model heeft de fietshouding van mijnheer Janse. De delen van de onderste extremiteit zijn voorzien van massa. De massa is gebaseerd op "Gewichtspercentage van lichaamsdelen van het totale lichaam" uit de handleiding (Broeren, 2010). De bijbehorende tabel is te vinden in bijlage B. De totale massa is 79 kg. Dit betekent dat de voet 1,15kg, het onderbeen 3,56kg en het bovenbeen 8,30kg weegt.



Figuur 5: Interactive Physics model en tabel waarbij het bovenbeen omhoog getrokken wordt.

Uit het Interactive Physics model blijkt dat wanneer er aan het bovenbeen (figuur 3) getrokken wordt het 110N kost om de voet op de juiste hoogte te krijgen. Dit is wanneer er recht omhoog getrokken wordt. Wanneer er een veiligheidsmarge van 20% wordt genomen dan krijg je de onderstaande berekening.

$$110 * 1,2 = 132N$$

Om het anteflecterend moment te berekenen om de kracht van 132N te genereren is de onderstaande berekening gemaakt. Hierin is de bovenbeenlengte 0,45 meter.

$$132 * 0,45 = 59,4Nm$$

Eis 1A: Het hulpmiddel moet een anteflecterend moment in de heup van 59,4 Nm genereren

Belangrijk hierbij is dat er zo dicht mogelijk bij de knie getild wordt, aangezien er dan een zo groot mogelijke momentsarm ontstaat. Dit zorgt ervoor dat er minder kracht nodig is om het been op te tillen.

Hometrainer

De hometrainer die van aanpassingen voorzien moet worden is de Kettler ergometer E7. Deze hometrainer heeft een groter stuur waar goed opgeleund kan worden. Verder heeft deze hometrainer een extra breed zadel voor steun. In afbeelding 6 is deze hometrainer te zien. De opgemeten maten van de hometrainer zijn te zien in deze afbeelding. Bijbehorende uitleg over deze maten is te vinden onder de afbeelding.



Figuur 6: Kettler ergometer E7. De bijbehorende afmetingen staan in de afbeelding. $b = 756,5$ mm. Hieronder berekend.

Afstand van stuur naar zadel is 380 mm.

Het hoogte verschil tussen het stuur en het zadel is 110 mm.

Cranklengte = 170 mm

Diameter = 340 mm

$$\begin{aligned}a^2 + b^2 &= c^2 \\c^2 &= a^2 + b \\c &= \sqrt{a^2 + b^2} \\c &= \sqrt{190^2 + 756^2} = 780\end{aligned}$$

Wanneer het pedaal in het verlengde staat van de afstand tussen het zadel en de as van het pedaal dan is de totale lengte hiervan $170 + 780 = 950$ mm. Wanneer mijnheer Janse op het zadel zit en probeert zijn linkerbeen op het pedaal te krijgen is dit niet mogelijk, want zijn totale beenlengte (v+schoen) is 990 mm (zie bijlage C). Dit betekent dat de voet of het been 40 mm omhoog moet komen om op het pedaal te komen, echter is het ook mogelijk dat het pedaal 40 mm omlaag gaat.

Randvoorwaarde 2: De huidige hometrainer moet voorzien worden van aanpassingen

Eis 2A: De voet of het pedaal moet 40 mm in hoogte versteld kunnen worden

Bewegingsanalyse

Het is belangrijk om te weten welke bewegingsmogelijkheden mijnheer Janse heeft in de gewrichten van de onderste- en bovenste extremiteit van de aangedane linkerzijde van het lichaam. Deze bewegingen kunnen misschien helpen bij het vereenvoudigen van het ontwerp. Hierbij wordt nog verschil gemaakt tussen een ontspannen houding en een niet ontspannen houding.

Er is een lichamelijk onderzoek gedaan. Deze gegevens zijn te vinden in bijlage D. Uit dit onderzoek kunnen we concluderen dat er in de bovenste extremiteit van de aangedane zijde geen bewegingen kunnen plaats vinden om het opstappen en afstappen makkelijker te maken. Bij de onderste extremiteit is de strek functie van de knie mogelijk te gebruiken om het opstappen en afstappen makkelijker te maken. In de romp is het mogelijk om flexie en extensie te maken. De randvoorwaarden hiervoor is dat er geen spasme mag optreden. Dit ontstaat door een ontspannen houding.

Eis 3A: Er mag geen spasme optreden

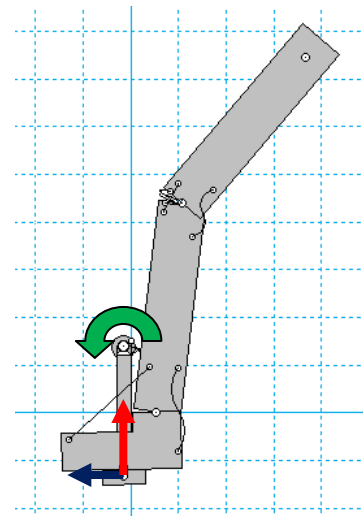
2. Hoe kan ervoor gezorgd worden dat de voet van het aangedane been in het pedaal blijft tijdens het fietsen?

- Benodigde informatie: Welke krachten komen er op het pedaal en hoe groot zijn deze krachten tijdens het fietsen?

Krachtenspel op het pedaal

Hoe groot zijn de krachten in x- en y-richting die vrijkomen op het pedaal?

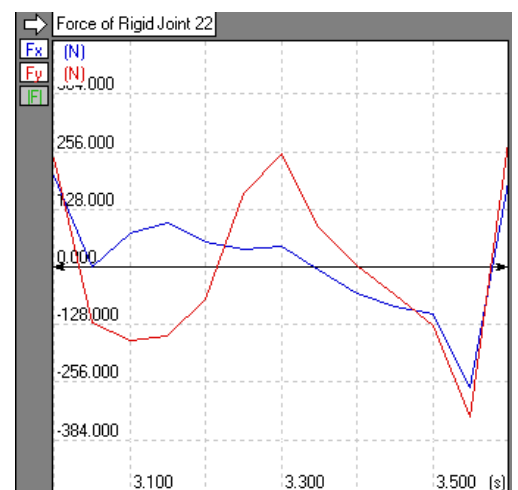
Om hier achter te komen is er in Interactive Physics een model gemaakt van het aangedane been. Dit aangedane been zit met de voet vast aan het pedaal. Het pedaal wordt aangedreven door een motor, die zich in de as bevindt. Deze motor stelt het gezonde been voor dat zorgt voor de aandrijving. In figuur 7 is het aangedane been te zien in Interactive Physics. Dit been is passief aangezien er geen krachten op het been komen door middel van spieren (actuatoren). Om een extra veiligheid in te bouwen draait deze motor met 100 omwentelingen per minuut. Normaal gesproken wordt er gefietst met 80 tot 90 omwentelingen per minuut. Het enkel- en het kniegewricht kunnen bewegen. Deze gewrichten zijn echter wel beperkt door middel van touwtjes, zodat deze gewrichten geen abnormale bewegingsuitslagen kunnen maken. De maten en het gewicht van de lichaamsdelen komen overeen met de maten en het gewicht van Mijnheer Janse.



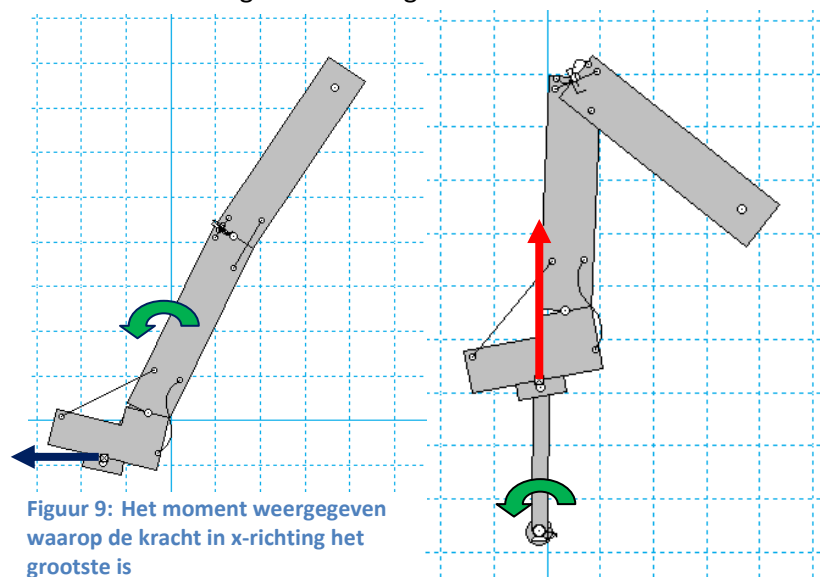
Figuur 7: Het Interactive Physics model van het aangedane been met het krachtenstelsel in de kleuren van grafiek ...

In grafiek 8 zijn de vrijgekomenkrachten in x en y richting van 1 omwentelling weergegeven. De kracht richting met de bijbehorende kleuren is te zien in figuur 7. De groene pijl stelt de draairichting van de motor voor.

Figuur 9 geeft weer wanneer de grootste kracht vrijkomt in x-richting. Dit is de blauwe pijl in de figuur, hierbij komt een kracht van 280N vrij. De voet heeft in deze situatie nog steeds een voorwaartse verplaatsing terwijl het pedaal alweer een verplaatsing naar achteren heeft. Dit geeft dus het grootste kracht verschil. Figuur 10 geeft weer wanneer de grootste kracht vrijkomt in y-richting. Dit is de rode pijl in de figuur, hierbij komt een kracht van 346N vrij. De voet heeft in deze situatie nog steeds een opwaartse verplaatsing terwijl het pedaal alweer een verplaatsing naar beneden heeft. Dit geeft dus het grootste kracht verschil.



Grafiek 8: Krachtverloop in x en y richting van 1 omwentelling van het Interactive Physics model



Figuur 9: Het moment weergegeven waarop de kracht in x-richting het grootste is

Figuur 10: Het moment weergegeven waarop de kracht in y-richting het grootste is

Eis 1B: Het eindproduct moet een kracht van 280N in x-richting aankunnen

Eis 2B: Het eindproduct moet een kracht van 346N in y-richting aankunnen

Marktonderzoek

Er is een marktonderzoek gedaan naar verschillende soorten fietspedalen, deze is te zien in Bijlage E. Dit om te kijken of er voor dit deelprobleem al oplossingen bestaan.

De magnetische pedalen die uit het marktonderzoek naar voren komen zouden een oplossing kunnen zijn, echter moet er uitgezocht worden hoeveel kracht het kost om weer los te komen van dit soort pedalen. Is Mijnheer Janse hiertoe instaat of is hiervoor een andere oplossing nodig? Het is ook mogelijk dat de uitkomst van het overbruggen van de hoogte ervoor kan zorgen dat de voet los kan komen van het pedaal. De rest van de pedalen zetten de voet ook stevig vast, echter kan mijnheer Janse niet bij zijn voet wanneer hij op de hometrainer zit. Hierdoor is het onmogelijk om zelfstandig de pedalen vast te zetten aan de voet. De bewegingen die gemaakt moeten worden bij SPD pedalen waarmee wielrenners fietsen zijn te complex, waardoor dit niet gebruikt kan worden door iemand met een halfzijdige verlamming.

Magnetische pedalen

Om erachter te komen of het mogelijk is om de magnetische pedalen te kunnen gebruiken, moet er gemeten worden hoeveel kracht het kost om los te komen van dit soort pedalen. Dit is gemeten door met een veerunster loodrecht aan de magneet te trekken, wat te zien is in figuur 11.

De hoeveelheid Newton om de magneet los te maken is 50N. In werkelijkheid zal dit meer Newton worden aangezien het stukje staal niet helemaal tot op de magneet kan komen. Er zitten nog staaldraadjes tussen de magneet en het stukje staal, deze staaldraadjes zorgen voor extra ruimte (figuur 12). Deze staaldraadjes zijn er om de veerunster te kunnen vast maken. De kracht van 50N kan niet geleverd worden door iemand met een halfzijdige verlamming. Echter is dit wel te combineren met het mechanisme dat ervoor moet zorgen dat de voet 40mm omhoog komt.

Ook moet er getest worden of de magneet sterk genoeg is om tijdens het fietsen de voet bij het pedaal te houden. Wanneer de voet kan draaien op het pedaal kan dit ervoor zorgen dat de knie erg ver naar lateraal of mediaal kan bewegen. Hierdoor kan de knie tegen de hometrainer aan komen. Wanneer de voet volledige los komt van het pedaal is een magnetisch pedaal niet te gebruiken. Om hier achter te komen moeten de magnetische pedalen uitgetest worden.

Magnetisch pedaal tijdens het fietsen

Het magneet pedaal is getest op de huidige hometrainer. De magneet zorgt ervoor dat de voet niet kan draaien tijdens het fietsen. Hierdoor kan de knie niet naar lateraal of mediaal bewegen. Op een laag fiets tempo blijft de magneet goed zitten op het pedaal, echter wanneer er harder gefietst wil worden is de magneet niet sterk genoeg. Er komt te veel kracht op de magneet, waardoor deze de voet niet bij het pedaal kan houden. De voet komt dan los van het pedaal en hierdoor kan er niet verder gefietst worden. Een magneet pedaal is dus geen oplossing voor het probleem en valt dus af.



Figuur 11: Het magnetische pedaal met een veerunster.



Figuur 12: Verbinding van de magneet met het stukje staal.

Er moet dus een sterker systeem komen dan de magneetpedalen. Dit systeem moet de voet vast zetten. Het systeem moet de krachten aankunnen die er vrijkomen tijdens het fietsen. Uit bovenstaand onderzoek is gebleken dat er geen oplossing is op de huidige markt. Tijdens het fietsen is het dus erg belangrijk dat de schoen vast zit, echter moet er ook rekening gehouden worden met de beperkte bewegingsmogelijkheid.

Eis 3B: De schoen zit volledig vast tijdens het fietsen

Wens 6B: De voet moet zo krachtig mogelijk aan het pedaal vast zitten

3. Hoe kan ervoor gezorgd worden dat de knie van het aangedane been niet naar lateraal of mediaal kan bewegen tijdens het fietsen?

- Benodigde informatie: hoe komt het dat de knie naar lateraal of mediaal beweegt?

Fietsen

Tijdens het fietsen is het belangrijk dat de knie niet te ver naar lateraal of mediaal kan bewegen. Dit kan letsels veroorzaken zonder dat dit wordt opgemerkt.

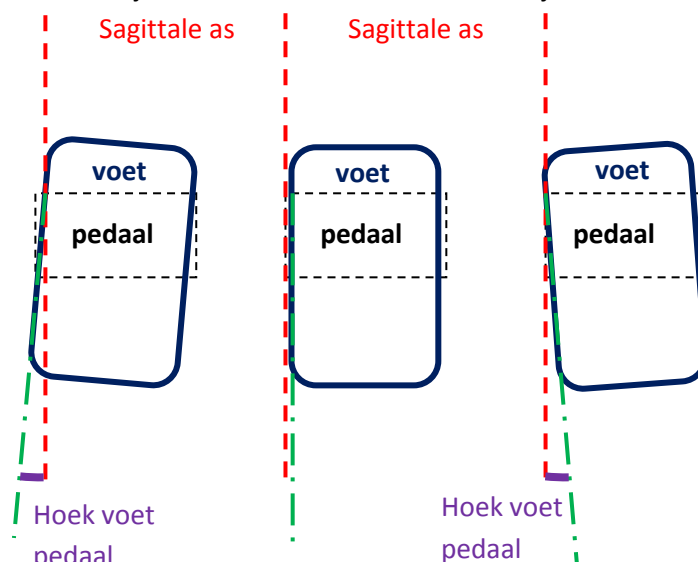
Doordat er in de heup een exorotatie of een endorotatie kan ontstaan tijdens het fietsen kan de knie naar lateraal of mediaal bewegen. De exorotatie en endorotatie kan niet verholpen worden door spierspanning aangezien het been verlamd is. De randvoorwaarden van deze exorotatie of endorotatie is dat er beweging mogelijk is in de enkel of voet. De enkel is vastgezet door een EVO die altijd gedragen wordt. Dit betekent dat er geen pronatie en supinatie kan optreden in de enkel. Wanneer de voet vastgezet is aan het pedaal betekent dit dat er geen beweging rond de voet mogelijk is. Dit zou dus voorkomen dat de knie naar lateraal of mediaal kan bewegen, echter is er nog wel de mogelijkheid van het schuiven van de voet in de schoen.

Fietsveiligheid

Voor de veiligheid tijdens het fietsen is het van belang dat de knie van het aangedane been voldoende afstand houdt tot de hometrainer.

Om ervoor te zorgen dat de knie niet tegen de hometrainer aan kan komen is de stand van de voet op het pedaal van groot belang. Wanneer het onderbeen met de knie in gebogen stand tijdens het fietsen in een exorotatie of endorotatie stand staat dan verandert de supinatie en pronatie in de enkel. Dit heeft weer effect op hoe ver de knie naar lateraal en mediaal kan transleren.

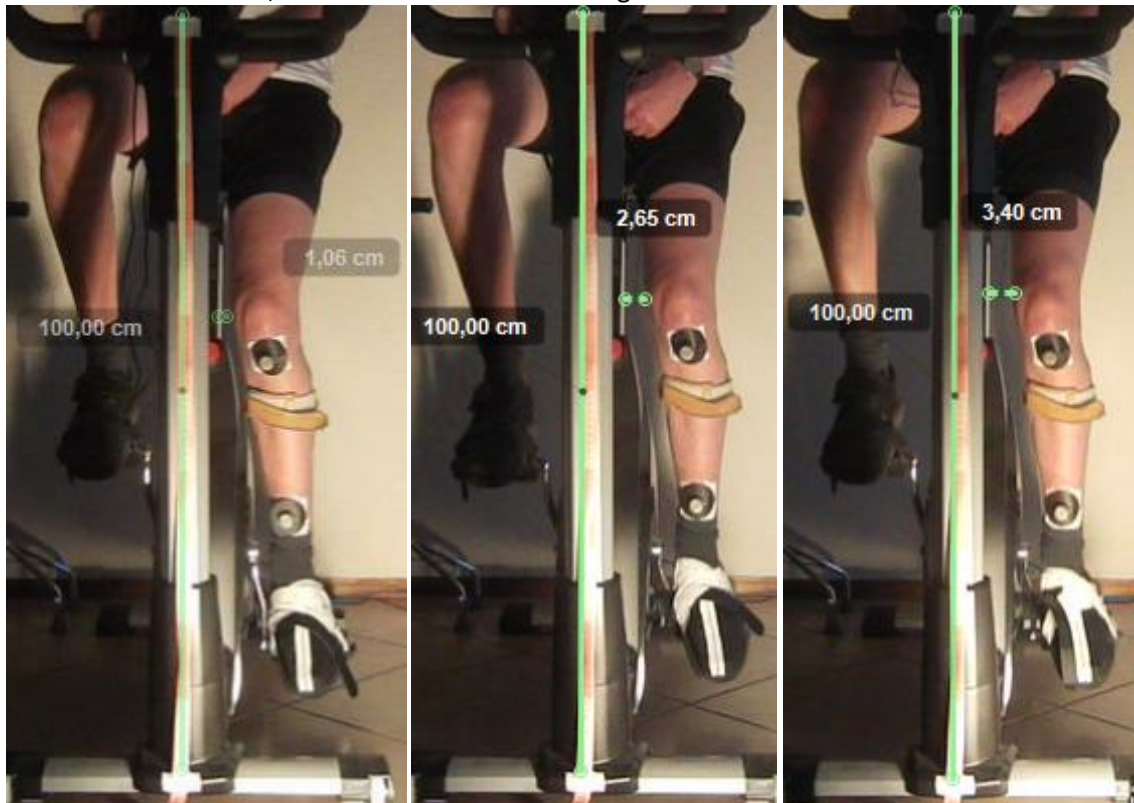
Om te kijken bij welke stand van de voet op het pedaal de knie niet tegen de hometrainer aan kan komen zijn er verschillende highspeed filmpjes gemaakt met 120 frames per seconde. Hierbij zijn drie verschillende standen gebruikt. De voet ten opzichte van het pedaal 10° naar binnen, neutraal en 10° naar buiten gedraaid. De hoeken tussen het pedaal en de voet zijn gemeten aan de binnenkant van het pedaal en de mediale zijde van de schoen. Deze hoeken zijn schematisch weergegeven in figuur 13.



Figuur 13: Schematische weergaven van de hoek van de voet ten opzichte van het pedaal

Op de hometrainer is een meetlint geplakt en precies afgemeten op 1 meter. Dit om ervoor te zorgen dat de afstand van de knie tot de hometrainer gemeten kan worden in Kinovea.

In figuur 14 zijn de verschillende afstanden van de knie tot de hometrainer te zien. Van links naar recht: 10° naar binnen, neutraal en 10° naar buiten gedraaid.



Figuur 14: knieafstanden tot de hometrainer, bij de verschillende standen op het pedaal. Van links naar rechts: 10° endorotatie, neutraal en 10° exorotatie.

Bij 10° naar binnen gedraaid is te zien dat de knie erg dichtbij de hometrainer komt, de afstand hierbij is ongeveer 11mm. Bij de neutrale stand is de afstand ongeveer 27mm. Bij 10° naar buiten gedraaid is de afstand ongeveer 34mm. 27mm is voldoende afstand om te kunnen zeggen dat het fietsen veilig zal verlopen.

Eis 4B: De schoen moet neutraal of verder naar buiten gedraaid op het pedaal staan

Wens 7B: De voet staat zo ver mogelijk naar buiten gedraaid op het pedaal

4. Hoe kan ervoor gezorgd worden dat de voet van het aangedane been uit het pedaal kan komen?

- Benodigde informatie: Er moet uitgezocht worden hoe de voet los van het pedaal kan komen en vervolgens weg van het pedaal kan komen.

Het klemsysteem waarbij de voet vastgezet kan worden aan het fietspedaal moet de voet ook weer los kunnen laten. De manier waarop de voet opgetild wordt om deze in het pedaal te krijgen zou gebruikt kunnen worden om het been tijdens het uitstappen weer op te tillen en weg te krijgen van het pedaal. Dit betekent dat het systeem dat de voet op het pedaal moet krijgen ook de voet weer bij het pedaal weg moet kunnen krijgen.

5. Wat zijn de algemene eisen waaraan beide ontwerpen moeten voldoen?

Het is belangrijk dat de handelingen die mijnheer Janse moet uitvoeren om zelfstandig te kunnen fietsen maximaal 5 minuten mag duren. Wanneer dit niet het geval is kan de drempel te hoog worden om vaak te gaan fietsen. Elke handeling die verricht moet worden, is mogelijk met alleen het gebruik van de rechter arm. Aangezien mijnheer Janse minder sterk is dan iemand zonder een halfzijdige verlamming is het van belang dat er zo min mogelijk kracht nodig is om de hulpmiddelen te bedienen. Verder mag het eindproduct maximaal €900 kosten. Aangezien mijnheer Janse halfzijdig verlamd is, is het belangrijk dat er geen scherpe delen aan het eindproduct zitten waaraan hij zich zou kunnen bezeren. De mogelijkheid bestaat dat hier niks van gemerkt wordt en dat de verwonding steeds groter wordt. Verder mogen de hulpmiddelen niet hinderen tijdens het instappen, uitstappen en fietsen. Graag zou mijnheer Janse willen dat de hometrainer ook nog te gebruiken is door andere personen.

Randvoorwaarde 3: Het eindproduct kost maximaal €900

Eis 4: Mijnheer Janse mag er niet langer dan 5 minuten over doen om zelfstandig te kunnen fietsen

Eis 5: De bediening van de hulpmiddelen is uitsluiten te bedienen met de rechter arm

Eis 6: Het eindproduct mag geen beschadigingen aanbrengen bij mijnheer Janse

Eis 7: Instappen, uitstappen en fietsen mogen niet gehinderd worden door de hulpmiddelen

Wens 2: Het eindproduct is in zo min mogelijk stappen te gebruiken

Wens 3: Het eindproduct is in zo min mogelijk tijd te gebruiken

Wens 4: De bediening van de hulpmiddelen moet zo min mogelijk kracht kosten

Wens 5: De hometrainer is na de aanpassingen ook te gebruiken door andere personen

Wens 8B: Er is een mogelijkheid om het eindproduct draadloos te maken

Eisen en wensen

Randvoorwaarden

1. Mijnheer Janse moet zelfstandig kunnen trainen
2. De huidige hometrainer moet voorzien worden van aanpassingen
3. Het eindproduct kost maximaal €900

Algemene Eisen

1. Het aangedane been moet meebewegen tijdens het fietsen
2. Mijnheer Janse moet het gevoel krijgen dat hij stevig op het zadel zit
3. De knie mag de hometrainer niet raken tijdens het fietsen
4. Mijnheer Janse mag er niet langer dan 5 minuten over doen om zelfstandig te kunnen fietsen
5. De bediening van de hulpmiddelen is uitsluitend te bedienen met de rechter arm
6. Het eindproduct mag geen beschadigingen aanbrengen bij mijnheer Janse
7. Instappen, uitstappen en fietsen mogen niet gehinderd worden door de hulpmiddelen

Eisen voor hulpmiddel dat de hoogte overbrugt

- 1A. Het hulpmiddel moet een anteflecterend moment van 59,4 Nm in de heup genereren
- 2A. De voet of het pedaal moet 40mm in hoogte versteld kunnen worden
- 3A. Er mag geen spasme optreden

Eisen voor het fietspedaal

- 1B. Het eindproduct moet een kracht van 280N in x-richting aankunnen
- 2B. Het eindproduct moet een kracht van 346N in y-richting aankunnen
- 3B. De voet zit volledig vast tijdens het fietsen
- 4B. De schoen moet neutraal of verder naar buiten gedraaid op het pedaal staan

Wensen

1. Het gebruik van de hulpmiddelen moet zo makkelijk mogelijk zijn
2. Het eindproduct is in zo min mogelijk stappen te gebruiken
3. Het eindproduct is in zo min mogelijk tijd te gebruiken
4. De bediening van de hulpmiddelen moet zo min mogelijk kracht kosten
5. De hometrainer is na de aanpassing ook te gebruiken door andere personen

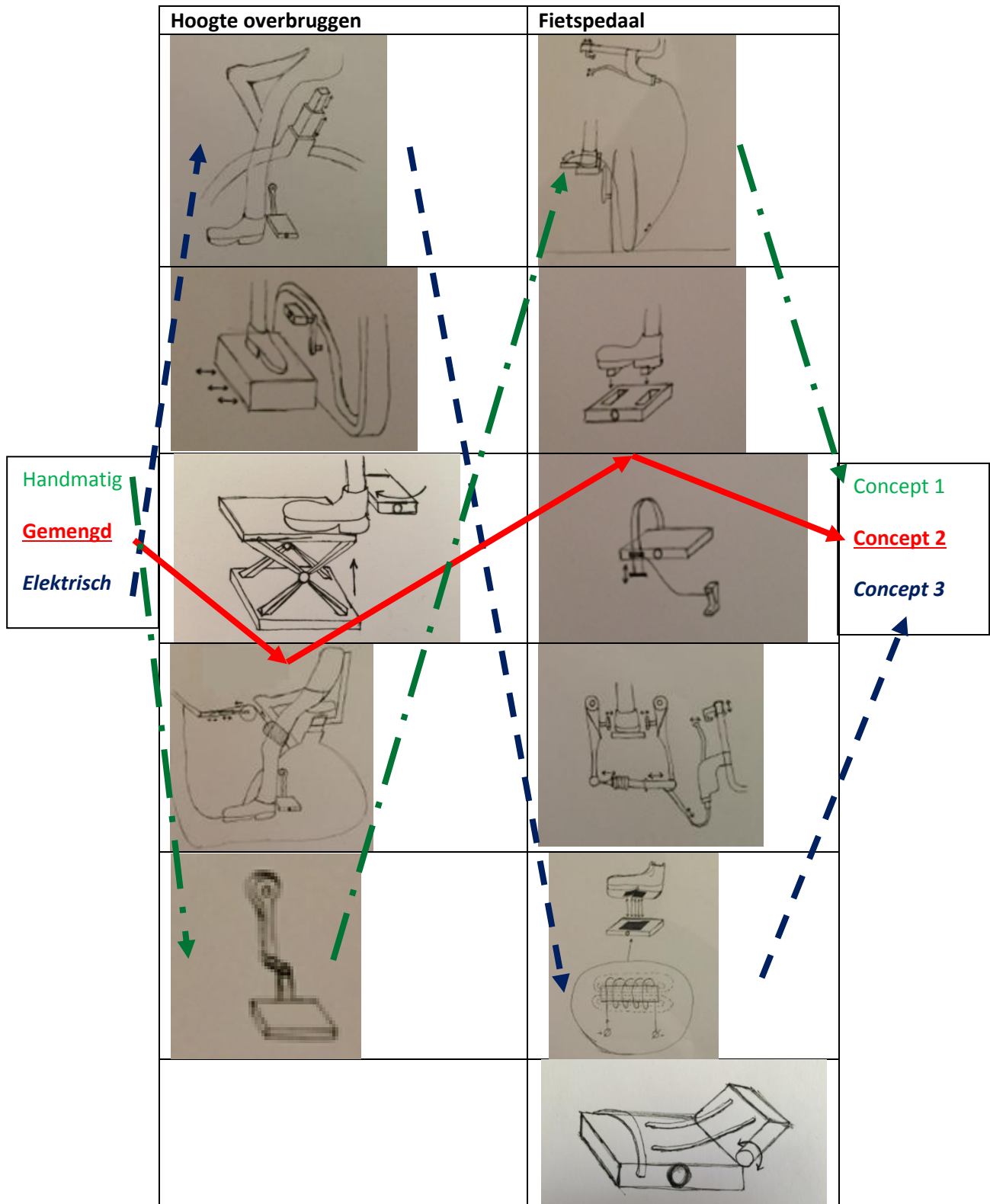
- 6B. De voet moet zo krachtig mogelijk aan het pedaal vast zitten
- 7B. De voet staat zo ver mogelijk naar buiten gedraaid op het pedaal
- 8B. Er is een mogelijkheid om het eindproduct draadloos te maken

Ontwerpfase

In deze fase gaat het eindproduct ontworpen worden. Door middel van een morfologische kaart worden de verschillende concepten opgesteld.

Morfologische kaart

De concepten zijn gekozen aan de hand van de onderdelen “handmatig”, “gemengd” en “elektrisch”.

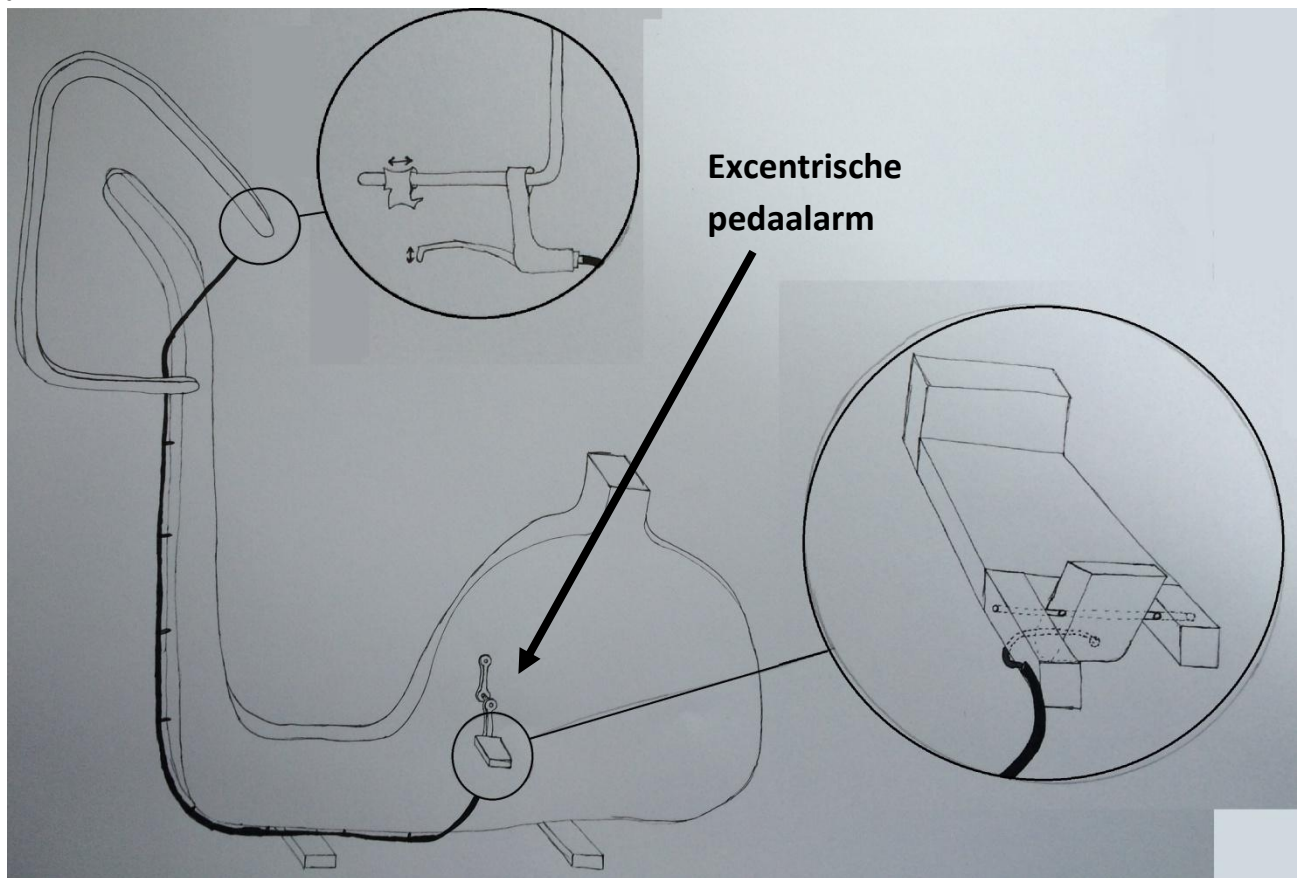


Concepten

Hieronder zullen de verschillende concepten besproken worden.

Concept 1, “Handmatig”

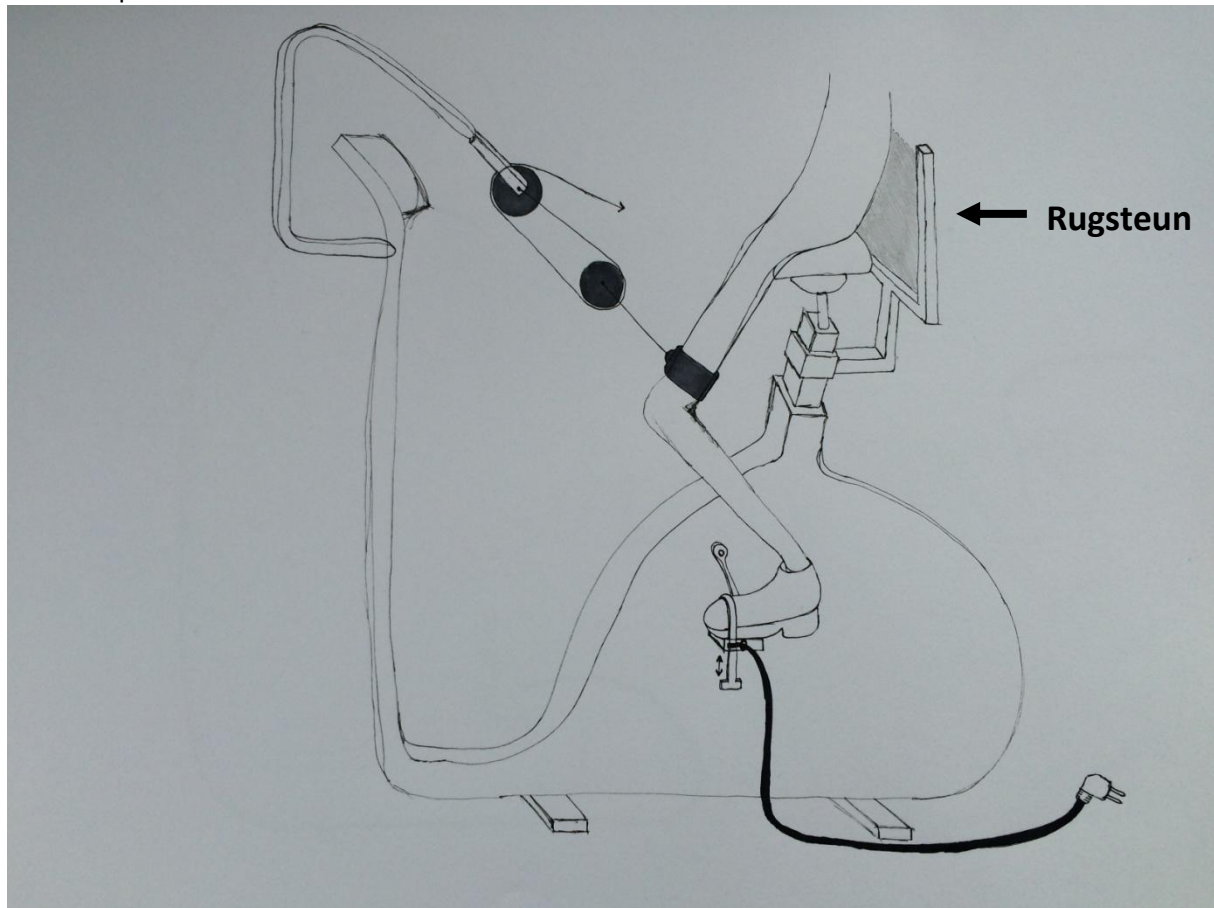
Bij het eerste concept is er voor het hoofdthema “handmatig” gekozen, te zien in figuur 15. Dit concept bevat een remkabel systeem dat bedient kan worden met de rechterhand. Door in de handrem te knijpen wordt het blokje bij het pedaal naar binnen gedraaid. Hierdoor zal de voet vast komen te zitten tussen de verhogingen op het pedaal. De handrem kan vastgezet worden, zodat deze niet continu ingedrukt moet worden. Om de voet van het aangedane been en het pedaal op gelijke hoogte te krijgen is er een excentrische pedaalarm toegepast. Wanneer het fietsen klaar is, dan wordt de handrem los gemaakt en dan kan de voet weer op de gebruikelijke manier van het pedaal af.



Figuur 15: Concept 1, “Handmatig”

Concept 2, “Gemengd”

Bij het tweede concept is er gekozen voor een “gemengd” systeem, te zien in figuur 16. Dit concept bevat een katrolsysteem om ervoor te zorgen dat de voet op gelijke hoogte komt met het pedaal. Om het aangedane bovenbeen wordt zo distaal mogelijk een band aangebracht waaraan het katrolsysteem verbonden kan worden. Dit katrolsysteem is dubbel uitgevoerd om te zorgen dat het optillen met de rechterhand twee maal zo licht wordt. Wanneer dit nodig is kan dit katrolsysteem ook driedubbel uitgevoerd worden om te zorgen dat het optillen drie maal zo licht wordt. De rugsteun die aangebracht is in dit concept is erg van belang om ervoor te zorgen dat er geen spasmes zullen ontstaan in het aangedane been. Mijnheer Janse zal hier alleen tegenaan leunen wanneer het aangedane been opgetilt wordt met het katrolsysteem. Verder is er een elektrisch systeem gebruikt om de voet vast en los te kunnen maken van het pedaal. Dit systeem zou ook aangesloten kunnen worden op een accu.



Figuur 16: Concept 2, “Gemengd”

Het dubbel katrolsysteem zorgt ervoor dat er tweemaal zo weinig kracht nodig is om het bovenbeen omhoog te tillen. Dit betekent dat het touw tweemaal zo lang wordt om ervoor te zorgen dat de voet op de juiste hoogte komt. Het katrolsysteem zit in een hoek van 31° (figuur 17). Wanneer het bovenbeen 80mm omhoog moet komen dan is de onderstaande berekening van toepassing voor de lengte van het touw.

$$\frac{80}{\cos 31} = 93 \text{ mm}$$

De totale lengte van het bovenbeen tot het stuur (figuur 17) is 485mm. Met de afstand van bovenstaande berekening betekent dat, dat er nog 392mm over is voor het katrolsysteem. Het touw moet tweemaal de afstand van de hoogte verplaatst worden.

$$\left(\frac{80}{\cos 31}\right)^2 = 186 \text{ mm}$$

In het geval van een driedubbel katrolsysteem krijg je de onderstaande berekening.

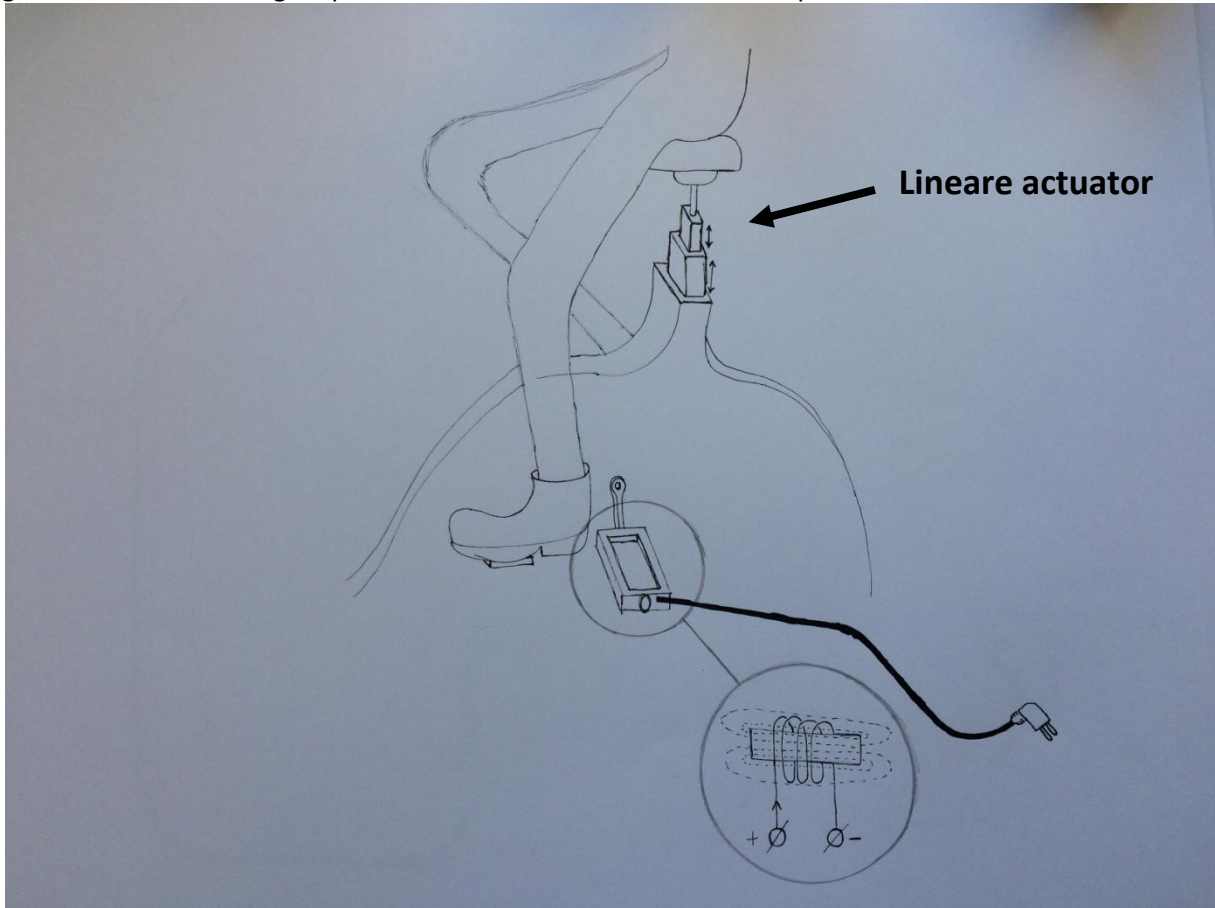
$$\left(\frac{80}{\cos 31}\right)^3 = 279 \text{ mm}$$



Figuur 17: De afstand van het bovenbeen tot het stuur en de hoek met de verticaal hiervan

Concept 3, “Elektrisch”

Bij het derde concept is er gekozen voor een “elektrisch systeem, te zien in figuur 18. Dit concept bevat een elektrische magneet om de voet vast te maken aan het pedaal en vervolgens ook weer los te maken. Dit systeem zou ook aangesloten kunnen worden op een accu. Verder bevat dit concept een lineaire actuator om ervoor te zorgen dat het zadel omhoog en omlaag kan. Hierdoor wordt het gehele lichaam omhoog verplaatst en komt de voet dus boven het pedaal terecht.



Figuur 18: Concept 3, “Elektrisch”

Conceptkeuze

Om te bepalen welke concept onderdelen het beste zijn, worden de concepten vergeleken met elkaar aan de hand van de wensen. Op sommige onderdelen zijn de verschillende concepten getest ten opzichte van elkaar. Dit betekent dat het beste concept de meeste punten behaalt. Bij wens 2 zijn de punten opgedeeld in het aantal benodigde stappen. Bij wens 9B is er een onderscheid gemaakt tussen wel en niet mogelijk. Hierbij zijn de punten verdeeld in alle punten of geen punten. Het kan voorkomen dat concepten even goed of slecht aan een bepaalde eis voldoen. Beide concepten krijgen dan evenveel punten. De resultaten van het hoogteverschil zijn te vinden in tabel 1 en de resultaten van het pedaal zijn te vinden in tabel 2. In beide gevallen is er een kolom met bijbehorende uitleg.

Tabel 1: Scoretabel voor het onderdeel hoogteverschil van de verschillende concepten. In de laatste kolom is er een uitleg over hoe de keuze tot stand is gekomen.

Wens	Concept "Handmatig"	Concept "Gemengd"	Concept "Elektrisch"	Uitleg
Hoogteverschil	Excentrische pedaalarm	Katrolsysteem	Lineaire actuator	
1. Makkelijk	3	1	2	Vergeleken met elkaar 1 -> 3 makkelijk -> moeilijk Het toepassen vergt weinig fijne motoriek en er hoeft weinig nagedacht te worden
2. Zo min mogelijk stappen	3	1	2	1= >5 stappen 2= 3-5 stappen 3= 0-2 stappen
3. Zo min mogelijk tijd	3	1	2	Vergeleken met elkaar 1 -> 3 langzaamste-> snelste
4. Zo min mogelijk kracht	3	1	2	Vergeleken met elkaar 1 -> 3 meeste -> minste kracht
5. Andere gebruikers	1	3	2	1 -> 3 veel -> geen last
Totaal	13	7	10	

Tabel 2: Scoretabel voor het onderdeel pedaal van de verschillende concepten. In de laatste kolom is er een uitleg over hoe de keuze tot stand is gekomen.

Wens	Concept "Handmatig"	Concept "Gemengd"	Concept "Elektrisch"	Uitleg
Pedaal	Remkabel systeem	Elektrische binding	Elektrische magneet	
1. Makkelijk	1	2	3	Vergeleken met elkaar 1 -> 3 makkelijk -> moeilijk Het toepassen vergt weinig fijne motoriek en er hoeft weinig nagedacht te worden
2. Zo min mogelijk stappen	1	3	3	1= >5 stappen 2= 3-5 stappen 3= 0-2 stappen
3. Zo min mogelijk tijd	1	2	3	Vergeleken met elkaar 1 -> 3 langzaamste-> snelste
4. Zo min mogelijk kracht	1	3	3	Vergeleken met elkaar 1 -> 3 meeste -> minste kracht
5. Andere gebruikers	1	3	2	1 -> 3 veel -> geen last
6B. Zo Krachtig mogelijk op het pedaal	2	1	3	Vergeleken met elkaar 1 -> 3 minst -> meest krachtig
7B. Zo ver mogelijk gedraaid op het pedaal	3	2	2	Optie tot draaiing 1 -> 3 moeilijkst -> makkelijkst
8B. Draadloos	0	3	3	0= niet mogelijk 3= mogelijk
Totaal	10	19	22	

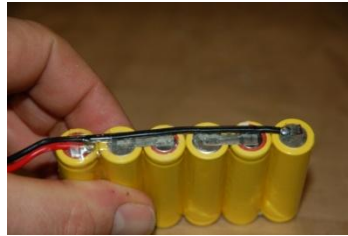
Elk onderdeel van de concepten wordt los getest aan de hand van de wensen. Bij het onderdeel "Hoogteverschil" komen de wensen 1 t/m 5 aanbod. Hieruit blijkt dat concept "Handmatig" de meeste punten heeft behaald. Dit is het excentrische pedaalarm systeem.

Bij het onderdeel "Pedaal" komen de wensen 1 t/m 5, 6B, 7B en 8B aanbod. Hieruit blijkt dat concept "Elektrisch" de meeste punten heeft behaald. Dit is de elektrische magneet.

Het excentrische pedaalarm systeem en de elektrische magneet gecombineerd wordt het eindconcept.

Eindconcept

Het eindconcept gaat dus bestaan uit een excentrische pedaalarm in combinatie met een elektrische magneet. Echter kan de elektrische magneet aangesloten worden op een accu in plaats van een adapter. De elektrische magneet moet op een 12V DC of 24V DC accu aangesloten worden. In het geval van 12V zijn dit 10 oplaadbare AA batterijen in serie geschakeld. Een mogelijkheid om dit zo compact mogelijk te houden is te zien in figuur 19.



Figuur 19: Oplaadbare batterijen in serie geschakeld

In figuur 19 zijn 6 oplaadbare AA batterijen gebruikt. Dit moeten er in dit geval 10 worden. De afmetingen van 1 AA batterij zijn 14x14x50. De afmetingen van de totale accu zal dan 140x14x50 worden.

De elektrische magneet heeft een stroomverbruik van 12V @ 300mA. Om ervoor te zorgen dat de batterijen in de loop van de jaren lang genoeg mee gaan is het belangrijk dat deze batterijen minimaal 1000mA leveren.

Normaal gesproken wordt de elektrische magneet op een 12V adapter aangesloten. Deze adapter geeft een constante stroomtoevoer van 12V. Bij een accu werkt dit anders, hierbij is het voltage niet constant. Wanneer de accu volledig is opgeladen dan is het voltage meer dan 12V. Wanneer de accu voor lange tijd gebruikt wordt kan het voltage veel minder dan 12V zijn. Het voltage kan dan bijvoorbeeld 6V worden. Hoe leger de accu hoe minder het voltage.

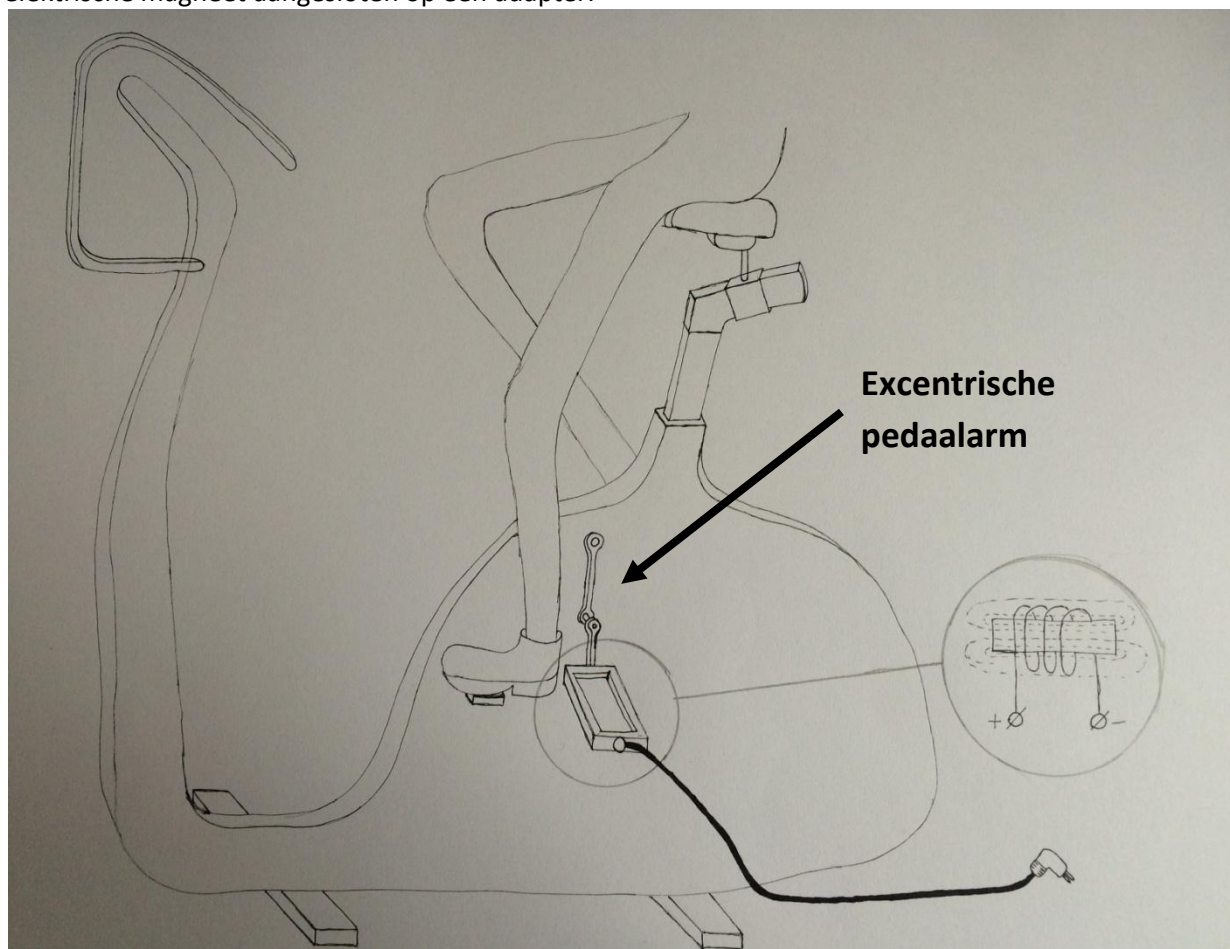
Om erachter te komen wat het effect hiervan op de elektrische magneet is, is er contact opgenomen met de fabrikant van de elektrische magneet. De fabrikant gaf aan dat de elektrische magneet zeer snel zijn sterkte zal verliezen wanneer deze wordt aangesloten op een accu. Wanneer de elektrische magneet op 11V aangesloten wordt dan zal de magneet ongeveer de helft van zijn sterkte verliezen. De fabrikant raadt het af om een accu te gebruiken bij de elektrische magneet.

Verder zou er nog gebruik gemaakt kunnen worden van een mechanisch sluitsysteem. Dit zou een stepper motor kunnen zijn, te zien in figuur 20. Deze stepper motor kan je verstellen in stappen van $1,8^\circ$. De behuizing van een stevige stepper motor is al snel 40mm hoog. Hierbij komt dan ook nog de as die ongeveer 20mm hoog is. Om deze stepper motor vast te kunnen zetten aan de voet moet er aan de onderkant ruimte komen waar de stepper motor in verankerd wordt. Dit zorgt nog eens voor extra hoogte verlies. Deze hoogte is niet aanwezig onder het pedaal en dit zou ook betekenen dat het fietsen steeds lastiger wordt voor Mijnheer Janse, aangezien de draaicirkel dan steeds groter zou worden.



Figuur 20: Stepper motor

Dit betekent dus dat het eindconcept (figuur 21) bestaat uit een excentrische pedaalarm met een elektrische magneet aangesloten op een adapter.



Figuur 21: Het eindconcept met een excentrische pedaalarm en een elektrische magneet aangesloten op een adapter

Vervaardigingfase

In deze fase gaat het eindconcept vervaardigd worden.

Elektrische magneet

Om te beginnen is de Conas ML1801 Elektrische Magneet (180kg) aangeschaft met bijbehorende 12V adapter bij (CredexAlarmSystems, 2014). Deze magneet is oorspronkelijk bedoelt om een deur te sluiten. Vandaar dat er twee verschillende versies zijn. Een opbouw versie (figuur 22) en een inbouw versie (figuur 23).



Figuur 22: Opbouw versie van de elektrische magneet



Figuur 23: Inbouw versie van de elektrische magneet

Het verschil is de manier waarop de magneet de deur sluit. (Maaslandgroep, 2015) geeft het verschil weer in filmpjes bij de verschillende soorten magneten. Figuur 24 geeft een opbouw versie weer bij de deurpost. Figuur 25 geeft een inbouw versie weer bij de deurpost. Bij de opbouw versie trekt men loodrecht van de magneet af. Bij de inbouw versie wordt er onder een hoek van 90° getrokken. Er is gebeld met (CredexAlarmSystems, 2014). Zij gaven aan dat de inbouw versie een derde van de kracht van een opbouw versie heeft. Dit betekent dat de opbouw versie 180kg aan kan. De opbouw versie is hetzelfde als de y-richting in het Interactive Physics model. De kracht die hierbij vrijkomt is 346N (eis 2B). De inbouw versie kan 60kg aan. De inbouw versie is hetzelfde als de x-richting in het model. De kracht die hierbij vrijkomt is 280N (eis 1B).



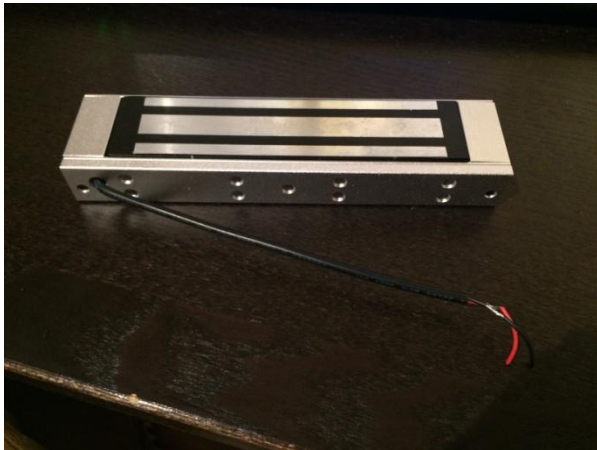
Figuur 24: Opbouw versie bij een deurpost



Figuur 25: Inbouw versie bij een deurpost

Loodrecht (y-richting) kan deze magneet dus 180kg aan en een afschuifkracht (x-richting) van 60kg. Dit is dus voldoende voor de krachten die vrijkomen tijdens het fietsen volgens het Interactive Physics model.

Er is gekozen om een opbouw versie van de elektrische magneet te kopen. Dit vanwege de handige optie om de magneet te bevestigingen. Deze magneet is te zien in figuur 26. De magneet heeft afmetingen van 170x41,4x20,5mm. Om ervoor te zorgen dat de elektrische magneet op de adapter aangesloten kan worden is er een plug op de kabels gesoldeerd (figuur 27).



Figuur 26: Conas ML1801 Elektrische magnet



Figuur 27: Plug om de adapter aan te sluiten

Om erachter te komen hoe goed de elektrische magneet werkt is er een klein onderzoek opgesteld. Hieruit moet de volgende informatie komen: is de magneet krachtig genoeg wanneer er met 100 omwentelingen per minuut getrapt wordt, verschuift het stukje staal tijdens het fietsen?

De elektrische magneet is aan het pedaal vast gemaakt met duct tape. Hierbij is het deel waar de magneet kracht op uitoefent vrijgelaten van tape, zodat de magneet zo sterk mogelijk is. Vervolgens is er nog een contragewicht van 750gram aan de onderkant van het pedaal bevestigd. Dit gewicht zorgt ervoor dat de elektrische magneet altijd aan de bovenkant van het pedaal zit aangezien de elektrische magneet 663gram weegt. Deze opstelling is te zien in figuur 28.



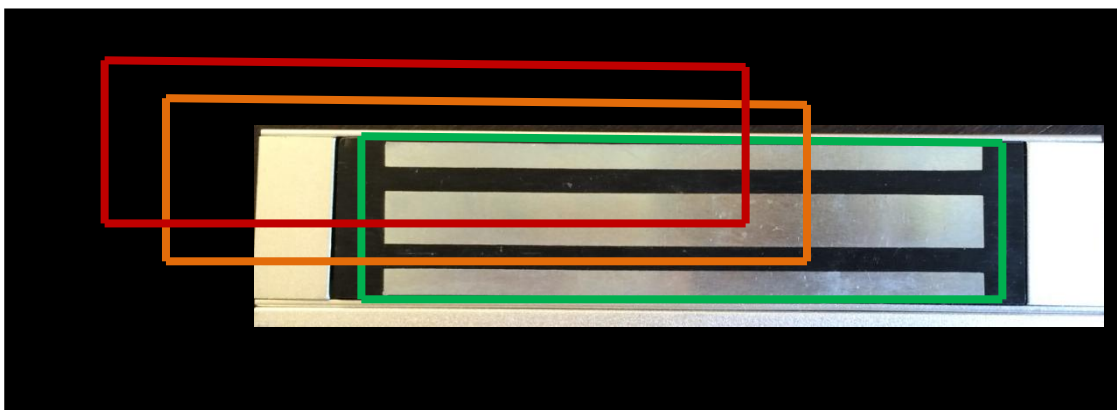
Figuur 28: De elektrische magneet vastgebonden aan het pedaal met contragewicht aan de onderkant van het pedaal.

Vervolgens is het bijbehorende stuk staal met de afmetingen 130x33x9,3mm vast gemaakt onder een schoen (figuur 29) door middel van tape.



Figuur 29: Stukje staal vast gemaakt onder een schoen met tape

Deze tape zorgt voor een minimale afstand van het staal tot de elektrische magneet. Het kan dus zijn dat de kracht waarmee het staal aangetrokken wordt door de elektrische magneet minder is. Om een zo realistisch mogelijk beeld te krijgen van de werking van de magneet is er uitsluitend met 1 been gefietst. Dit is dus het been wat niet vast zit met de elektrische magneet. Aangezien de proefpersoon niet verlamd is, is het zo dat er automatisch wel een beetje gecorrigeerd wordt. Dit betekent dat de werkelijke krachten op de elektrische magneet groter zullen zijn. Het stukje staal is op verschillende plekken vastgezet aan de elektrische magneet om te kijken hoeveel contact er nodig is voor de elektrische magneet om het stukje staal vast te houden. In figuur 30 zijn de verschillende plekken te zien van het stukje staal op de elektrische magneet. De groene lijnen stellen het stuk staal voor in de perfecte positie, dit is test 1. De oranje lijnen stellen het stuk staal voor in positie 2. Deze positie wijkt 48mm af in de lengte en 6mm in de breedte. De rode lijnen stellen het stuk staal voor in positie 3. Deze positie wijkt 60mm af in de lengte en 12mm in de breedte. Voor elke positie zal de proefpersoon op 3 verschillende omwentelingen per minuut fietsen. De eerste minuut wordt er gefietst met 80 omwentelingen per minuut. Vervolgens 1 minuut lang op 100 omwentelingen per minuut en daarna 1 minuut lang op 120 omwentelingen per minuut.



Figuur 30; Groen: stukje staal in positie 1. Oranje: stukje staal in positie 2. Rood: stukje staal in positie 3.

Er zijn dus 9 verschillende testen uitgevoerd. De uitkomst van al deze testen is dat de magneet sterk genoeg is om het stuk staal onder de schoen vast te houden tijdens het fietsen. Dit betekent dat de elektrische magneet sterk genoeg is om de krachten in y-richting op te vangen. Verder verschuift de magneet in geen van de gevallen. Dit betekent dat er geen verhogingen op de elektrische magneet hoeven te komen om de krachten in x-richting op te vangen.

Pedaal

Nu blijkt dat de elektrische magneet werkt moet de magneet verbonden worden met het fietspedaal. Hierdoor blijft de elektrische magneet ten alle tijden op dezelfde plek. Er is gekozen om een ander fietspedaal te gebruiken dan de huidige fietspedalen op de hometrainer. Dit fietspedaal is te zien in figuur 31. Het rechter deel van figuur 31 is het pedaal bewerkt met een vijl om plek te maken voor de elektrische magneet. Dit pedaal heeft als voordeel dat er gaten inzitten, waardoor er een verbinding met de magneet gemaakt kan worden. Verder is dit pedaal van staal waardoor er iets opgelast kan worden.

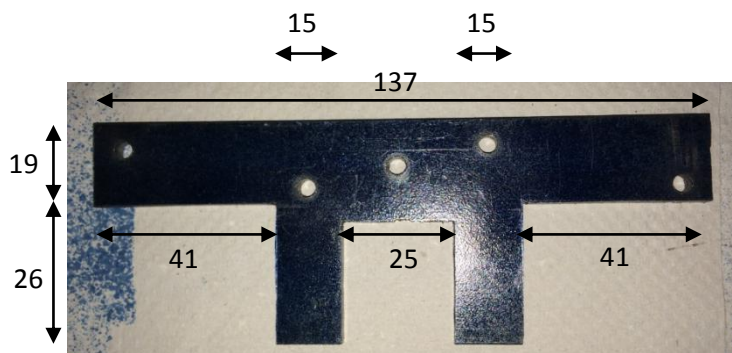


Figuur 31: Het fietspedaal met gaten. Links is onbewerkt. Rechts is bewerkt met een vijl om een plek te creëren voor de magneet.

Verbinding pedaal naar elektrische magneet

Om ervoor te zorgen dat de elektrische magneet aan het pedaal vast gemaakt kan worden is er uit een stuk staal (S235) van 4,5mm dikte (figuur 32) een plaatje gezaagd. De afmetingen in milimeter zijn te vinden in dezelfde figuur. Dit plaatje is een verbindingstuk van het pedaal naar de elektrische magneet. Door middel van 5 boutjes en 10 moertjes is dit stukje staal verbonden met de elektrische magneet.

Het verbindingstuk (figuur 32) is vastgelast aan het pedaal en vervolgens is de elektrische magneet vastgezet aan het verbindingstuk (figuur 33).



Figuur 32: Verbindingsstuk van de magneet naar het pedaal en de bijbehorende afmetingen



Figuur 33: De elektrische magneet vastgezet aan het verbindingstuk. Het verbindingstuk is vastgelast aan het pedaal

Er is een sterkte en stijfheid berekening gemaakt om te kijken of het verbindingstuk sterk genoeg is en niet te veel kan doorbuigen door de krachten die erop komen. In figuur 34 is de elektrische magneet en de verbinding naar het pedaal schematisch weergegeven. De bijbehorende afmetingen staan links van de afbeelding tussen de gegevens.

Gegevens:

$$F = 346 \text{ N}$$

$$L_1 = 0,0414 \text{ m}$$

$$L_2 = 0,045 \text{ m}$$

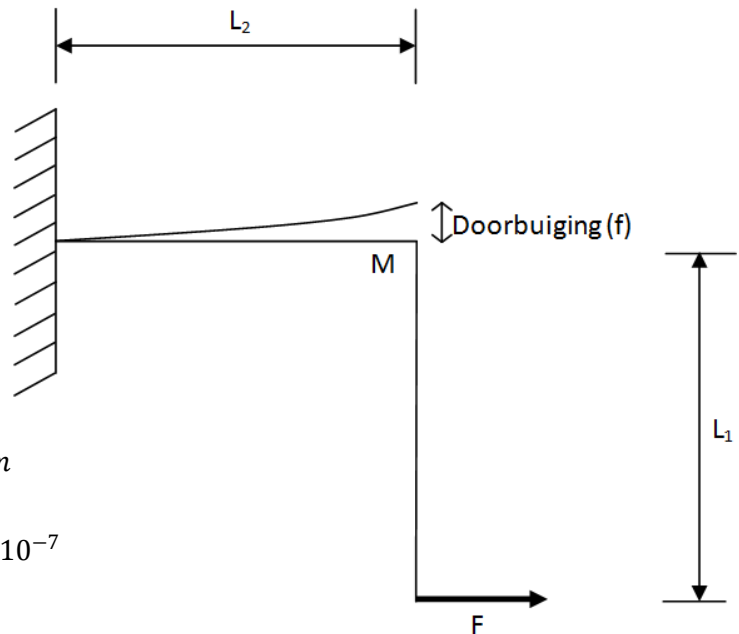
$$E = 210 \text{ N/m}^2$$

$$I = \frac{45 * 4,5^3}{12} = 341,7 \text{ mm}^4$$

Berekeningen

$$M = F * L_1 = 346 \text{ N} * 0,0414 = 14,32 \text{ Nm}$$

$$f = \frac{M * L_2^2}{2 * E * I} = \frac{14,32 * 0,045^2}{2 * 210 * 341,7} = 2,02 * 10^{-7}$$



Figuur 34: Schematische weergave van de elektrische magneet en de verbinding naar het pedaal

De kracht is op het uiteinde geplaatst, aangezien de plaatsing van het stuk staal op de elektrische magneet ook lateraal van het midden kan zijn. Het moment en de doorbuiging op het verbindingstuk zijn erg klein en dit zal geen probleem opleveren bij een kracht van 346 newton.

Contragewicht

Wanneer het pedaal nu al aan de crank wordt vastgezet dan zal de elektrische magneet naar de onderkant vallen aangezien dit het zwaarste deel van het pedaal is. Om dit te voorkomen is er uitgerekend hoeveel gewicht er aan de onderkant moet zitten als contragewicht. Het contragewicht moet 900 gram zijn. Er is gekozen voor lood aangezien lood al op 327°C smelt. Verder is lood erg zwaar wat ervoor zorgt dat het contragewicht kleiner wordt. Dit is van essentieel belang aangezien er weinig ruimte onder het pedaal is. Om het lood te smelten moet er een bakje gemaakt worden van aluminium. Lood weegt 11,3 gram per cm^3 . De afmetingen van dit bakje zijn 46x21x83mm. Dit komt overeen met 900 gram. Met een gasbrander is het lood gesmolten in het aluminium bakje, het resultaat hiervan is te zien in figuur 35.



Figuur 35: Gesmolten lood in het aluminium bakje

Het lood is zo dicht mogelijk bij het pedaal vastgemaakt aan de onderkant. Dit om zoveel mogelijk ruimte onder het pedaal te behouden. Het lood is door middel van verbindingstukjes vastgeschroeft aan het pedaal. Wanneer het pedaal bewogen wordt dan zal de elektrische magneet altijd aan de bovenkant van het pedaal zitten (figuur 36). Dit systeem zorgt er ook voor dat het pedaal niet 360° zal draaien. Dit om te zorgen dat de bedrading niet in de knoop kan raken en beschadigen.



Figuur 36: Met het contragewicht aan de onderkant van de trapper blijft de elektrische magneet aan de bovenkant

Staal

In het stuk staal dat bij de elektrische magneet hoort zijn twee gaten geboord om een verbinding te maken met de schoen. Aan de zijde waar de elektrische magneet moet komen zijn er twee gaten gevreesd, zodat de moertjes waarmee de bouten vastgezet worden niet uitsteken.

Schoen

Het stuk staal dat bij de elektrische magneet hoort moet verbonden worden aan de onderkant van de schoen. De plek waar het staal moet komen is mediaal van het midden van de schoen, zodat de mediale buitenzijde van de schoen verder van de crank af zit. Verder is er gekozen om een hoek van 5° aan te houden. Dit is afgetekend op de onderkant van de schoen. Vervolgens is er uit de hak een stuk weggesneden (figuur 37) waar het stuk staal moet komen. In de schoen zijn twee gaten geboord, zodat er een verbinding gemaakt kan worden met het stuk staal. Door ringen om de boutjes te plaatsen kunnen de boutjes niet uit de schoen getrokken worden. In de schoen is een uitsparing gemaakt met de diameter van de ringen. Dit zorgt ervoor dat de ringen en de boutjes niet uitsteken (figuur 38).



Figuur 37: Uitsparing in de hak waar het staal moet komen



Figuur 38: Uitsparing in de zool waar de ring en het boutje zitten

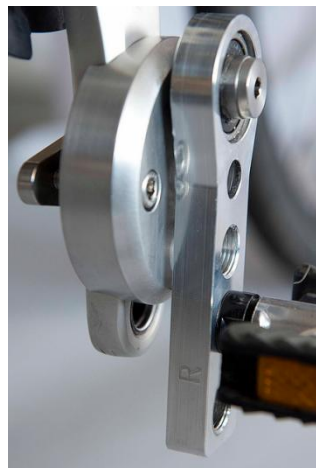
Vervolgens zijn de boutjes en de ringen afgedekt met schuimrubber om ervoor te zorgen dat deze geen schade kunnen aanrichten aan de EVO of voet. In figuur 39 is te zien dat het stuk staal onder de schoen vast zit. Het stuk staal kan niet heen en weer worden bewogen.



Figuur 39: Het stuk staal vastgezet onder de schoen

Excentrische pedaalarm

De excentrische pedaalarm (Reichardt, 2015) is een inkoop product en is te zien in figuur 40. Deze wordt vastgezet aan de crank van de hometrainer.



Figuur 40: Excentrische pedaalarm

Draadloos schakelsysteem

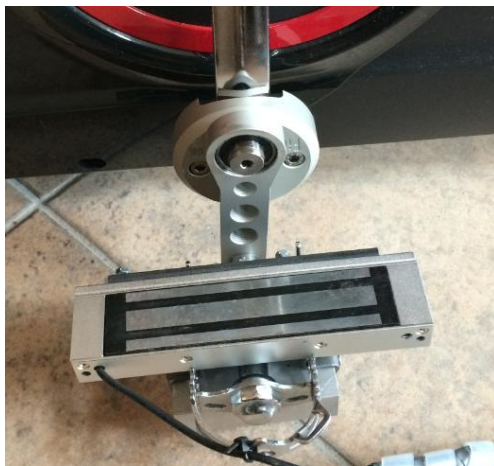
Het draadloos schakelsysteem (KlikAanKlikUit, 2015) is in een inkoop product van KlikAanKlikUit. Om de elektrische magneet aan en uit te zetten wordt er een draadloos schakelsysteem (figuur 41) gebruikt. De stekkerdoos schakelaar wordt in het stopcontact gestopt en hierop wordt de elektrische magneet aangesloten. Door de afstandsbediening te gebruiken kan de stekkerdoos schakelaar aan- en uitgezet worden. Hiermee gaat de elektrische magneet aan en uit.



Figuur 41: Draadloos schakelsysteem met één afstandsbediening en twee stekkerdoos schakelaars

Installatie

Alle onderdelen van de hulpmiddelen zijn klaar om gebruikt te worden en deze zijn vervolgens geïnstalleerd. De excentrische pedaalarm is vastgezet op de huidige fietscrank. Hieraan is het pedaal met de elektrische magneet vastgemaakt. Dit is te zien in figuur 42.



Figuur 42: De fietscrank van de hometrainer met daarop de excentrische pedaalarm. Hieraan zit het pedaal met de elektrische magneet



Figuur 43: De kabel van de elektrische magneet is beschermd met een spiraalkabel. Deze kabel zit vast aan de grond, maar is lang genoeg om het pedaal volledig rond te krijgen.

Vervolgens zijn de hometrainer en de elektrische magneet aangesloten op een verlengsnoer. Dit verlengsnoer is aangesloten op het draadloos schakelsysteem. De kabel van de elektrische magneet is vastgemaakt aan de vloer (figuur 43), zodat deze niet in de knoop kan raken met het pedaal. De kabel is lang genoeg om het pedaal rond te krijgen (figuur 43). Deze kabel heeft ook een spiraalkabel (figuur 43) ter bescherming.

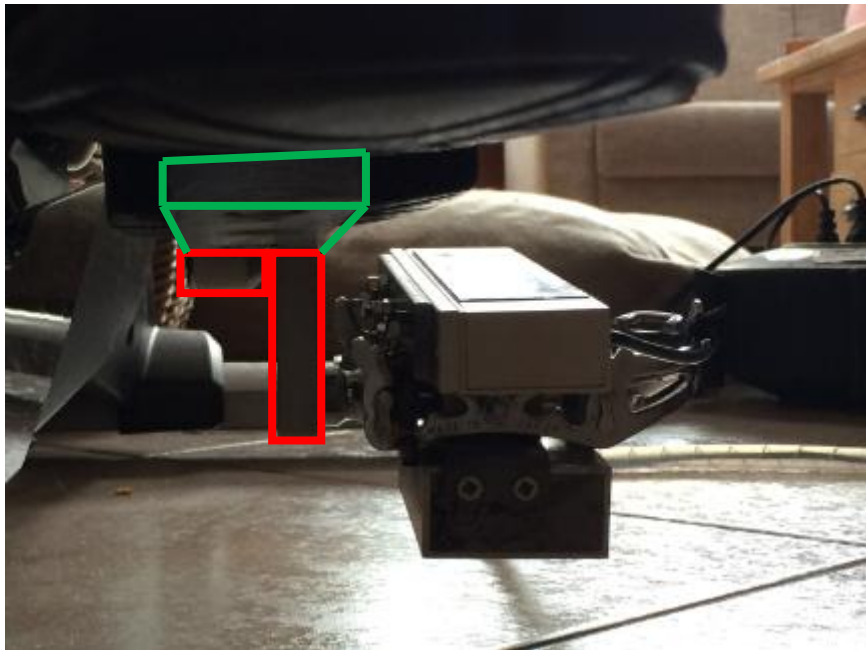
Via de afstandsbediening worden de hometrainer en de elektrische magneet tegelijk aan- of uitgezet. Wanneer de hometrainer aangaat zal het scherm oplichten, hierdoor is meteen duidelijk dat de magneet ook aan staat. De afstandsbediening van het draadloos schakelsysteem zit op de hometrainer vast, op een plek (figuur 44) dichtbij de rechterhand van mijnheer Janse.



Figuur 44: De afstandsbediening van het draadloos schakelsysteem bereikbaar voor de rechterhand

Testfase

Het oorspronkelijke idee was om dezelfde manier van opstappen te behouden. De test is dus ook op die manier gedaan. De verschillende stappen zijn te zien in bijlage F. Zoals aangegeven in de bijlage komt op deze manier de voet vast te zitten aan de voorkant van de crank. Dit is duidelijker weergegeven in figuur 45. De excentrische pedaalarm is aangegeven in het rood. Het stuk staal onder de schoen is aangegeven in groen. Deze onderdelen zitten dus achter elkaar in plaats van naast elkaar. Aangezien abductie gepaard gaat met anteflexie in de heup is het te moeilijk om op het pedaal te komen. De hoogte van het pedaal is wel correct. De excentrische pedaalarm is op de huidige crank gemonteerd en steekt daardoor 30mm uit naar de zijkant. Met heel veel moeite krijgt mijnheer Janse zijn voet wel boven het pedaal, maar de kans hierop is te klein. Het eindproduct voldoet dus niet aan eis 4 (korter dan 5 minuten) en eis 7 (hulpmiddelen mogen niet hinderen).



Figuur 45: De excentrische pedaal arm aangegeven in het rood. Het staalplaatje onder de voet aangegeven in het groen. Deze onderdelen zitten achter elkaar in plaats van naast elkaar. Dit maakt het instappen vrijwel onmogelijk.

Er is daarom besloten om te kijken of een andere volgorde van instappen dit kan verhelpen. Het veranderen van deze volgorde heeft als gevolg dat het instappen zelf makkelijker is voor mijnheer Janse. De juiste volgorde voor deze instapmethode is echter wel lastiger te onthouden voor mijnheer Janse. De volgorde van instappen op de nieuwe methode wordt beschreven in bijlage G. In deze bijlage is ook te vinden hoe het fietsen en afstappen verloopt. Om het opstappen op de nieuwe manier nog makkelijker te maken is er aan de rechterkant van de hometrainer een verhoging geplaatst (figuur 46). Deze verhoging zit vast met tape. Hierop staat de rechtervoet tijdens het opstappen. Dit zorgt ervoor dat mijnheer Janse binnen enkele seconden zijn linkervoet boven het pedaal krijgt. Tijdens het fietsen zit deze verhoging niet in de weg. Momenteel is deze verhoging een boek. Dit boek moet vervangen worden voor een houten plank van dezelfde afmetingen. Hierin moeten twee gaten geboord worden, zodat de houten plank verbonden kan worden met de hometrainer. Dit zorgt ervoor dat de houten plank niet kan bewegen ten opzichte van de hometrainer.



Figuur 46: Verhoging waar de rechtervoet op staat

Tijdens de test zat de schoen 14° naar buiten gedraaid (figuur 47) op de trapper. Deze hoek zorgt ervoor dat de afstand van de knie tot de hometrainer (figuur 48) 27mm is. De afstand is groot genoeg om te kunnen zeggen dat de knie niet tegen de hometrainer aan kan komen.



Figuur 47: De hoek van de voet ten opzichte van de trapper is 14°



Figuur 48: Afstand van de knie tot de hometrainer is 27mm

Test aan de hand van de eisen

Om te beoordelen of het eindproduct voldoet is er een test opgesteld. Deze test wordt beoordeeld op de eisen (tabel 3). Hierbij wordt een 0 (voldoet niet) of een 1 (voldoet wel) gegeven aan een eis. In de laatste kolom bevindt zich de uitleg van de bijbehorende score.

Tabel 3: Test aan de hand van de eisen. 0: voldoet niet, 1: voldoet wel. Uitleg te vinden in de laatste kolom

Eis		Uitleg
1. Aangedane been meebewegen	1	Het aangedane been beweegt mee
2. Stevig op zadel	1	Meneer Janse geeft aan dat hij stevig zit
3. Knie niet tegen hometrainer	1	De knie komt niet tegen de hometrainer
4. Niet langer dan 5 minuten	1	Opstappen, klein stukje fietsen en afstappen duurde 3 minuten
5. Bediening met rechterarm	1	De afstand wordt bedient met de rechterhand
6. Geen mogelijkheid op beschadiging	1	Mijnheer Janse kan zich niet openhalen
7. Hulpmiddelen hinderen niet	1	Geen last van de hulpmiddelen
1A. Anteflecterend moment	1	De voet komt boven de trapper
2A. 40mm hoogte	1	De trapper is 40mm versteld, echter is er nog een extra verhoging gebruikt om het makkelijker te maken
3A. Geen spasme	1	Er treedt geen spasme op
1B. 280N x-richting	1	De magneet is sterk genoeg in x-richting
2B. 346N y-richting	1	De magneet is sterk genoeg in y-richting
3B. Voet volledig vast	1	De voet verschuift niet tijdens het fietsen
4B. Schoen neutraal of verder naar buiten	1	De voet is 14° gedraaid naar buiten

Uit tabel 3 blijkt dat het eindproduct voldoet aan alle eisen.

Test aan de hand van de wensen

Om te beoordelen hoe goed het eindproduct werkt is er een test opgesteld. Deze test wordt beoordeeld op de wensen. De verschillende onderdelen (excentrische pedaalarm (tabel 4) en de elektrische magneet (tabel 5)) worden los beoordeeld. Hierbij wordt een score van 0 t/m 3 gegeven. Meer punten worden verdient bij een beter resultaat. In de 3^{de} kolom bevindt zich de bijbehorende uitleg en in de laatste kolom bevindt zich waarom een bepaalde score is gegeven.

Tabel 4: Test aan de hand van de wensen voor de excentrische pedaalarm. Score 0 van t/m 3.

Wens		Uitleg	Resultaat
Hoogteverschil	Excentrische pedaalarm		
1. Makkelijk	2	0 -> 3 makkelijk -> moeilijk Het toepassen vergt weinig fijne motoriek en er hoeft weinig nagedacht te worden	De excentrische pedaalarm zorgt voor makkelijk instappen, echter is er nog een verhoging extra aangebracht
2. Zo min mogelijk stappen	3	0= >8 stappen 1= 6-8 stappen 2= 3-5 stappen 3= 0-2 stappen	De enige extra stap is het leunen tegen de muur
3. Zo min mogelijk tijd	3	0 -> 3 langzaamste-> snelste	Binnen een minuut toepasbaar
4. Zo min mogelijk kracht	2	0 -> 3 meeste -> minste kracht	Leunen tegen de muur kost een beetje kracht
5. Andere gebruikers	1	0 -> 3 veel -> geen last De excentrische pedaalarm zorgt voor een andere fietsbeweging	De excentrische pedaalarm zorgt voor een andere fietsbeweging

Uit tabel 4 blijkt dat wens 1 en 4 niet maximaal scoren. Bij wens 1 komt dit door de extra verhoging aan de rechterkant. Dit zorgt een kleine verandering tijdens het opstappen. De punten vermindering bij wens 4 komt voort uit dat er tegen de muur geleund moet worden. Verder was bij wens 5 al de verwachting dat dit minder prettig zou zijn. Vandaar 1 punt voor die wens.

Tabel 5: Test aan de hand van de wensen voor de elektrische magneet. Score 0 van t/m 3.

Wens		Uitleg	Resultaat
Pedaal	Elektrische magneet		
1. Makkelijk	3	0 -> 3 makkelijk -> moeilijk Het toepassen vergt weinig fijne motoriek en er hoeft weinig nagedacht te worden	Via de afstandsbediening op de hometrainer te gebruiken
2. Zo min mogelijk stappen	3	0= <8 stappen 1= 5-8 stappen 2= 3-5 stappen 3= 0-2 stappen	Aan/uitzetten via afstandsbediening
3. Zo min mogelijk tijd	3	0 -> 3 langzaamste-> snelste	Binnen enkele seconde instelbaar
4. Zo min mogelijk kracht	3	0 -> 3 meeste -> minste kracht	Afstandsbediening gebruiken kost geen kracht
5. Andere gebruikers	3	0 -> 3 veel -> geen last	Andere gebruikers zetten de voet op de elektrische magneet
6B. Zo Krachtig mogelijk op het pedaal	3	0 -> 3 minst -> meest krachtig	De voet zit vast zonder te schuiven of los te komen van het pedaal
7B. Zo ver mogelijk gedraaid op het pedaal	3	Graden gedraaid 0= >1° 1= 1-5° 2= 6-10° 3= >10°	Tijdens de test zat de schoen 14° gedraaid op het pedaal
8B. Draadloos	0	0= Draad 3= Draadloos	Draad

Uit tabel 5 blijkt dat wens 8B geen punten krijgt, dit komt doordat het eindproduct werkt op een adapter met draad.

Evaluatiefase

In deze fase wordt er besproken hoe mijnheer Janse de testfase heeft ervaren en wat zijn mening is over het eindproduct.

Gebruikersonderzoek

Toen het eindproduct net was geïnstalleerd op de hometrainer was het erg lastig om het aangedane been op de trapper te krijgen. Het was verschillende keren gelukt na veel proberen, maar de kracht en moeite die daarvoor nodig was is veel te groot. Het was meer een geluksfactor dan dat oefening verbetering zou geven. De drempel om te gaan fietsen was daarom te groot.

Na de verandering van instappen kost het weinig moeite om te kunnen gaan fietsen en de tijd die nodig is om dit te doen is ook korter geworden. De drempel om te gaan fietsen is eigenlijk volledig verdwenen met deze manier van instappen.

Mijnheer Janse geeft aan dat de fiets hoogte net iets te laag is. Dat is juist opgemerkt aangezien het zadel één stand lager is ingesteld. Wanneer dit niet gedaan wordt dan kan mijnheer Janse niet meer bovenop het zadel komen.

Tijdens het fietsen zwaait het been wel meer naar voor en naar achter dan voor de aanpassing van de hometrainer. Dit komt door het extra draaipunt van de excentrische pedaalarm. Tijdens het fietsen is dit wel een apart gevoel. Mijnheer Janse merkt wel op dat hij hier steeds minder last van heeft. Het afstappen gaat erg makkelijk en erg snel. Dit vormt totaal geen probleem.

Dat er nu een stuk staal onder de schoen zit zorgt ervoor dat het lopen moeilijker is, maar door de rolstoel dichtbij de hometrainer te zetten geeft dit geen problemen. Zo hoeft op deze schoen bijna niet gelopen te worden. Mijnheer Janse geeft aan dat hij erg blij is met de aanpassing. Nu kan hij eindelijk zijn conditie zelfstandig verbeteren.

Discussie

- De analysefase en de ontwerpfase hebben meer tijd gekost dan verwacht, hierdoor was er minder tijd voor de vervaardigingsfase en de testfase. Er is daardoor minder lang gekeken naar een mogelijkheid met een mechanische sluiting (stepper motor). De voorkeur ging uit naar een werkend eindproduct.
- Het lood is gesmolten in een aluminium bakje. Er is uitgerekend hoe groot het bakje moet zijn voor de hoeveelheid lood die nodig is. Aangezien lood makkelijk kan vervormen door ergens tegen te stoten is het aluminium bakje niet verwijderd. Dit heeft ervoor gezorgd dat het contragewicht zwaarder is geworden dan de bedoeling is. Hierdoor is het linkerpedaal zwaarder uitgevallen.
- De verbinden van het contragewicht naar het pedaal is gemaakt van lood. Deze verbinding moet eigenlijk van staal gemaakt worden. Dit zou ervoor zorgen dat het contragewicht stevig op zijn plek blijft.
- Bij het uitwerken van het eindconcept is er niet gedacht aan dat de excentrische pedaalarm 3cm uitsteekt naar de zijkant. Dit heeft ervoor gezorgd dat het opstappen op de oorspronkelijke manier niet mogelijk is. Hierdoor is er een andere manier van opstappen bedacht, zodat mijnheer Janse wel zelfstandig kan fietsen. Dit betekent wel dat mijnheer Janse aan het begin meer moeite zal hebben met het onthouden van de juiste volgorde.
- Doordat het instappen nu gebeurt vanaf de verhoging en niet meer vanaf de rechtertrapper is de maximale hoogte die mijnheer Janse bereikt minder hoog geworden. Hierdoor moet het zadel één stand lager. Dit zorgt ervoor dat het fietsen minder prettig aanvoelt voor het gezonde been.

Conclusie

Het doel van dit project is een aanpassing maken voor de tunturi hometrainer, zodat mijnheer Janse zelfstandig zijn conditie kan trainen op deze hometrainer. Dit doel is behaald door middel van concrete eisen en wensen uit de analyse waaraan het eindontwerp moet voldoen. Door het eindontwerp te vervaardigen en het aanpassingen van het opstappen is het gelukt om mijnheer Janse zelfstandig te laten fietsen op de hometrainer. Het eindproduct dat vervaardigd is voldoet aan alle eisen en de meeste wensen. Uit het gebruikersonderzoek blijkt dat mijnheer Janse blij is met de aanpassing.

Literatuurlijst

Broeren, B. (2010, Juni). *Ergonomie Antropometrie*. Den Haag, Zuid-Holland, Nederland: Opleiding Bewegingstechnologie, De Haagse Hogeschool.

CredexAlarmSystems. (2014). *Elektromagneten*. Opgeroepen op Maart 3, 2015, van CredexAlarmSystems: <https://www.credexalarmsystems.eu/nl/toegangsbeveiliging/conas-toegangscontrole/elektronische-magneten/>

Duner, H. (1959). Oxygen Uptake and Working Capacity in Man During Work on the Bicycle Ergometer With One and Both Legs. *Acta physiol. scand.* , 55-61.

Fitness24. (2014). *Tunturi hometrainer*. Opgeroepen op November 20, 2014, van Fitness24.nl: <http://www.fitness24.nl/producten/hometrainers/hometrainers/tunturi-hometrainer-lage-instap-e80l-08tue80040/>

KlikAanKlikUit. (2015). *APA2-2300R 2-kanaals Afstandsbediening + Stekkerdoos Schakelaars*. Opgeroepen op Maart 19, 2015, van KlikAanKlikUit: <http://www.klikaanklikuit.nl/shop/nl/producten-1/afstandsbediening-stekkerdoos-schakelaar-apa2-2300r-1/#tabs>

Maaslandgroep. (2015). *Elektromagneten*. Opgeroepen op April 3, 2015, van Maaslandgroep: <http://www.maaslandgroep.nl/elektromagneten/elektromagneten>

Reichardt, P. (2015). *De excentrische pedaalarm*. Opgeroepen op Januari 15, 2015, van Fietsenopmaat: <http://www.fietsenopmaat.com/excentrische-pedaalarm/>

4/8/2015

OPLEIDING
BEWEGINGSTECHNOLOGIE,
DE HAAGSE HOGESCHOOL

SCRIPTIE
HOMETRAINER AANPASSING

BIJLAGE

Door: R.J. van de Meerendonk 10081763

Bijlagen

BIJLAGEN	47
Bijlage A	49
Opstappen	49
Fietsen	49
Afstappen	49
Bijlage B	50
Gewichtspercentages	50
Bijlage C	51
Afmetingen	51
Bijlage D	52
Onderste extremiteit	52
Bovenste extremiteit	52
Bijlage E	53
Marktonderzoek	53
Bijlage F	54
Opstappen	54
Bijlage G	55
Opstappen	55
Afstappen	55
Fietsen	55
Bijlage H	56
Evaluatie van Persoonlijke leerdoelen afstudeerfase (minimaal 3)	56
Bijlage I	57
Projectvoorstel	57

Bijlage A

Opstappen



Leunend op het stuur en zadel wordt de rechtervoet in het pedaal gedaan.



Door op het rechterbeen te staan wordt de hoogte naar het zadel overbrugt.



Met het rechterbeen wordt het linkerpedaal zo dicht mogelijk bij de linkervoet geplaatst.

Fietsen



Moment tijdens het fietsen waarbij de knie tegen de hometrainer aan kan komen.

Afstappen



Voet wordt uit het pedaal gehaald door iemand anders.



Leunend tegen het zadel staat meneer Janse op de grond.



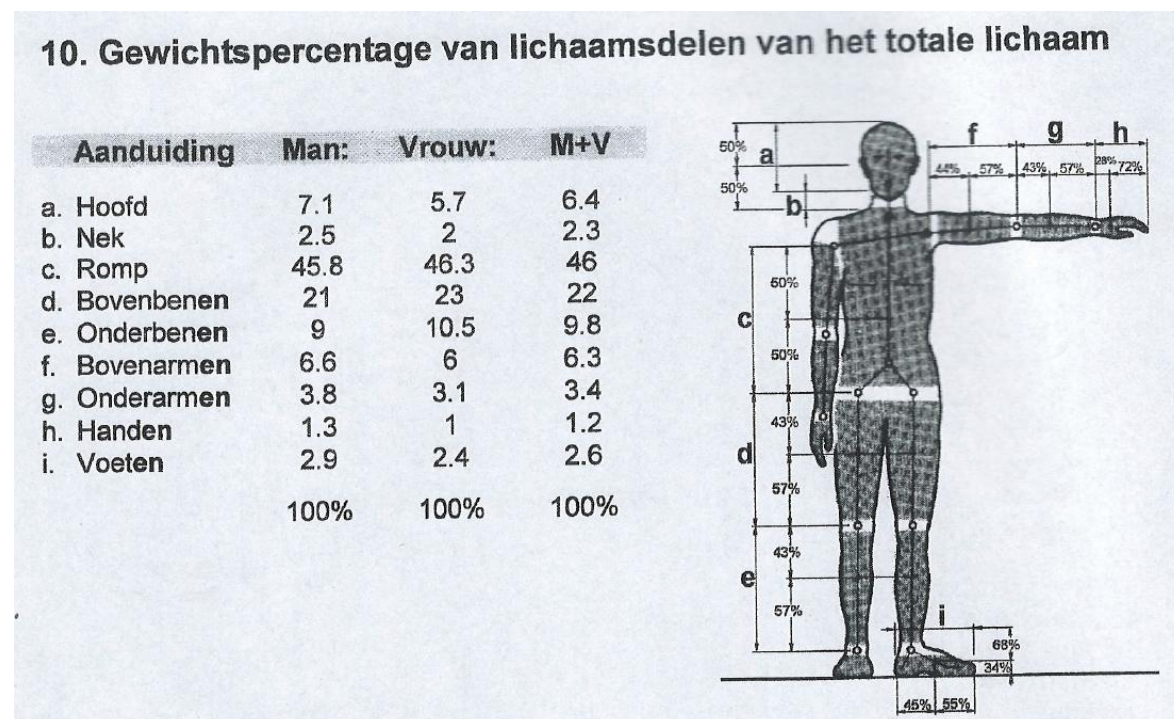
Leunend tegen het zadel worden beide benen naast elkaar geplaatst.

Bijlage B

In deze bijlage worden de gewichtspercentages van verschillende lichaamsdelen (figuur B1) weergegeven.

Gewichtspercentages

De totale massa is 79 kg. Dit betekent dat de voet 1,15kg, het onderbeen 3,56kg en het bovenbeen 8,30kg weegt.



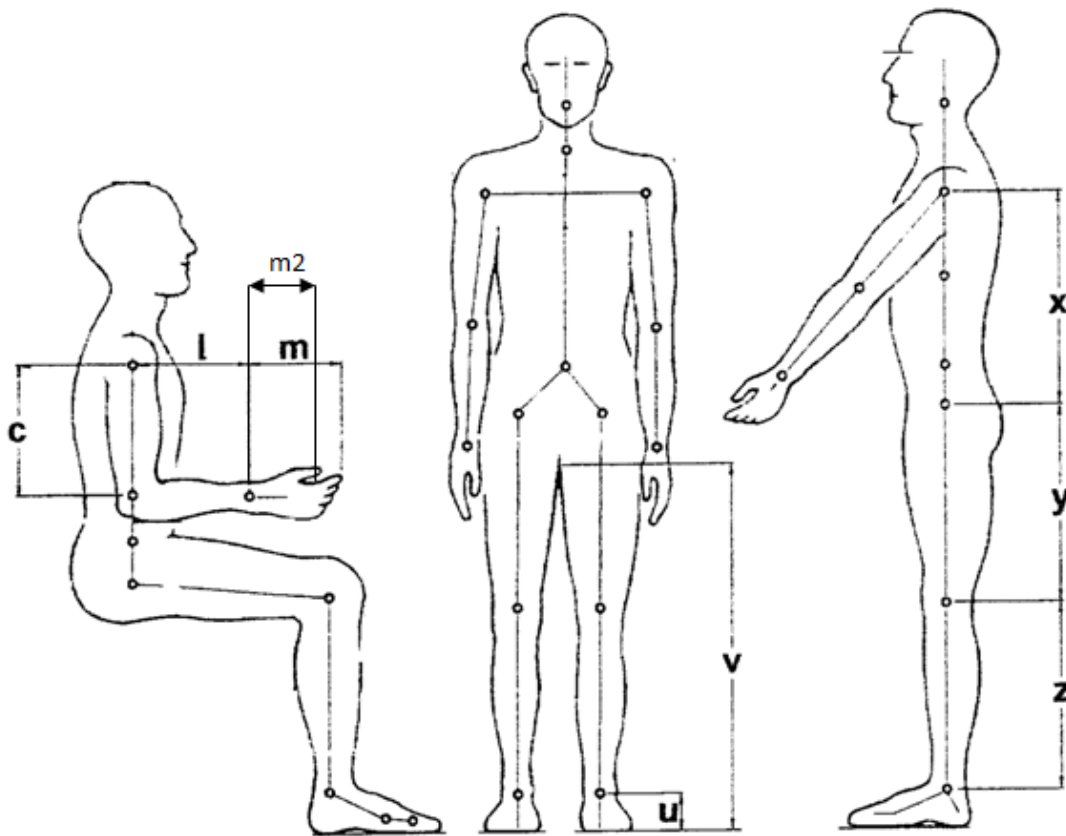
Figuur B1: Gewichtspercentage van lichaamsdelen van het totale lichaam

Bijlage C

In deze bijlage worden de afmetingen van mijnheer Janse weergegeven.

Afmetingen

In afbeelding C1 zijn de gemeten lichaamsmaten van mijnheer Janse te vinden en de bijbehorende lengtes zijn te vinden in tabel C1.



Afbeelding C1: De gemeten lichaamsmaten van mijnheer Janse. De bijbehorende lengtes staan in tabel A1.

Tabel C1: De afmetingen van de lichaamsmaten van mijnheer Janse

c = 330	u+schoen = 120	x =500
l = 280	v+schoen= 990	y = 450
m = 200	m2 = 87	z = 440

Bijlage D

In deze bijlage worden de bewegingsmogelijkheden door middel van spieractiviteit weergegeven.

Onderste extremiteit

Articulatio Talocruralis (bovenste spronggewricht):

Geen spieractiviteit mogelijk

Articulatio Talotarsalis (onderste spronggewricht):

Geen spieractiviteit mogelijk

Articulatio Genus(kniegewricht):

Knie extensie mogelijk over de gehele spierlengte, echter wanneer er geen ontspannen houding is dan treedt er een spasme op. Hierdoor kan de knie niet gebogen worden terwijl de zwaartekracht hiervoor zou moeten zorgen.

Articulatio Coxae (heupgewricht):

15 graden anteflexie mogelijk tijdens staan, echter wanneer mijnheer Janse op een hometrainer zit is de spier al zo veel verkort dat er geen kracht meer gezet kan worden.

Bovenste extremiteit

Articulatio Radiocarpalis (polsgewricht):

Geen spieractiviteit mogelijk

Articulatio Cubiti (ellebooggewricht):

Geen spieractiviteit mogelijk

Articulatio Humeri (schoudergewricht):

Enige beweging mogelijk in het schoudergewricht is endorotatie, echter is deze beweging zeer beperkt en erg lastig te maken.

Bijlage E

In deze bijlage wordt het marktonderzoek weergegeven.

Marktonderzoek

In tabel E1 is het marktonderzoek naar verschillende soorten fietspedalen te vinden.

Tabel E1: Marktonderzoek naar de verschillende soorten fietspedalen

	Soort	Voordelen	Nadelen
	Standaard fietspedaal	Goedkoop	Geen stevigheid
	Hometrainer pedalen	Goedkoop, band voor het vastzetten van de voet	Lastig vast te zetten wanneer er alleen een strek functie in de knie aanwezig is, voet kan mediaal schuiven
	Race pedalen	Door middel van kliksysteem en band zit de voet erg goed vast	Kliksysteem is lastig vast en los te maken, band aantrekken moet met hand gebeuren
	SPD pedalen	Door middel van kliksysteem zit de voet erg goed vast	Kliksysteem is lastig vast en los te maken
	Magnetische pedalen	Door voet enigszins boven het pedaal te houden word deze al vastgezet	Onbekend hoeveel kracht nodig is om voet los te krijgen, speciale schoen nodig
	Pedaal Hase contour bak met kuitsteun	Voet zit helemaal vast kan niet meer verschuiven	Band over de voet en kuit moet zelfstandig worden aangetrokken, door de kuitsteun zal dit pedaal altijd door de zwaartekracht naar beneden vallen

Bijlage F

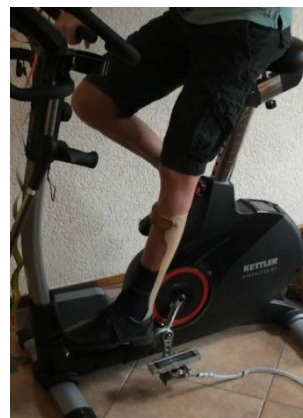
Opstappen



Leunend op het stuur en zadel wordt de rechtervoet in het pedaal gedaan .



Door op het rechterbeen te staan wordt de hoogte naar het zadel overbrugt.



Met het rechterbeen wordt het linkerpedaal zo dicht mogelijk bij de linkervoet geplaatst.



De elektrische magneet wordt aangezet met de rechterhand



De voet bevindt zich hoger dan het pedaal, maar blijft steken aan de voorkant van de excentrische pedaalarm. Hierdoor kan de schoen niet boven het pedaal komen.

Bijlage G

Opstappen



Leunend op het stuur en zadel worden beide voeten naast elkaar gezet, met de hometrainer ertussen .



De hometrainer en de elektrische magneet worden aangezet met de afstandsbediening.



Tegen de muur leunend komt het bekken iets omhoog en daardoor de voet boven het pedaal, de voet zit meteen vast.



Vervolgens gaat mijnheer Janse op het zadel zitten.



De rechervoet wordt in het pedaal gestopt en er kan gefietst worden.



Mijnheer Janse is bezig met fietsen.

Afstappen



De hometrainer en de elektrische magneet worden uitgezet met de afstandsbediening.



De voet is los van het pedaal en mijnheer Janse kan weer afstappen.



Leunend op het stuur en zadel kan mijnheer Janse terug lopen naar de rolstoel.

Bijlage H

Evaluatie van Persoonlijke leerdoelen afstudeerfase (minimaal 3)

Bewegingsanalyse (B1)

Voordat ik kan beginnen aan het ontwerpproces moet ik een zorgvuldige analyse gemaakt hebben, zodat ik weet waar de problemen zich bevinden. Uit deze analyse moeten de eisen en wensen komen.

Er is een zorgvuldige analyse uitgevoerd. Uit de uitgevoerde analyses zijn de eisen en wensen gekomen.

Ontwerpen, vervaardigen en uitvoeren (B2)

Door het ontwerpproces te volgen wil ik uitkomen op een uiteindelijk ontwerp dat voldoet aan alle eisen en wensen. Vervolgens kan ik dit ontwerp dan gaan maken.

Tijdens het ontwerpproces is er goed nagedacht over alle eisen en wensen. Hierdoor is er uiteindelijk een goed eindconcept uitgekomen. Dit eindconcept is vervolgens vervaardigd.

Testen en onderzoeken (B3)

Door middel van een gebruikerstest wil ik uitzoeken of het gemaakte eindproduct werkt voor mijnheer Janse. Waar nodig is kunnen dan nog aanpassingen gemaakt worden.

Door het eindproduct te testen en het gebruikersonderzoek ben ik erachter gekomen dat de excentrische pedaalarm in de weg zit tijdens het opstappen. Door een aanpassing te maken in de volgorde van opstappen zit de excentrische pedaalarm niet meer in de weg. Mijnheer Janse kan zelfstandig fietsen met het eindproduct.

Bijlage I

Projectvoorstel

Naam: Rick van de Meerendonk

Studentnummer: 10081763

e-mail: rick.meerendonk@gmail.com

Behaalde studiepunten in de modules 9 t/m 12: alles

Datum: 10-12-2014

Onderwerp (Hometrainer aanpassing)

Werkveld: Revalidatie/sport

Beroepsrol: Ontwerper

Extern project (J/Å):

Opdrachtgever: Expertise centrum Bewegingstechnologie

Probleemstelling

Mijnheer Janse heeft een beroerte gehad, waardoor hij nu een halfzijdige verlamming heeft. In de enkel is geen enkele spieractiviteit meer mogelijk waardoor hij nu een EVO (enkel-voetorthese) draagt. In de knie is er nog een verminderde extensie aanwezig. Vroeger heeft mijnheer Janse fanatiek gewielrend op amateur niveau. Om ervoor te zorgen dat mijnheer Janse weer fit kan worden wil hij graag op een hometrainer kunnen fietsen. Echter levert dit zoveel problemen op dat hij niet instaat is om dit zelfstandig te doen. Voorheen werd hij altijd geholpen door de fysiotherapeut op het revalidatiecentrum. Echter wil hij zelfstandig thuis op een hometrainer kunnen trainen. Het doel is de hometrainer in figuur 1 te voorzien van aanpassingen, waardoor mijnheer Janse zelfstandig thuis kan trainen.

Eis 1: Mijnheer Janse moet zelfstandig kunnen trainen.



Figuur 1: De hometrainer die voorzien moet worden van aanpassingen

Er zijn verschillende onderdelen waarmee mijnheer Janse problemen heeft. Deze onderdelen zullen hieronder benoemd worden.

1. Opstappen

Mijnheer Janse kan zelfstandig op het zadel gaan zitten en zijn rechtervoet in het pedaal doen. Vervolgens zorgt mijnheer Janse dat hij met zijn rechterbeen het pedaal omhoog haalt. Hierdoor gaat het linker pedaal omlaag en deze komt dus dichtbij zijn linkervoet. Echter zit zijn linkervoet nog steeds lager dan het pedaal, dit is te zien in figuur 2. Het probleem is dat hij niet zelfstandig zijn linkervoet in het pedaal kan krijgen.



Figuur 2: Het moment waarbij de voet lager zit dan het pedaal

Onderstaande link bevat een filmpje van de huidige manier van opstappen.

https://www.dropbox.com/s/tcvwu1mm2rjp4fr/IMG_1237.MOV?dl=0

Om zelfstandig te kunnen trainen op een hometrainer moet hij kunnen opstappen en beide voeten in de pedalen krijgen.

2 & 3 Tijdens het fietsen

Mijnheer Janse geeft aan dat hij het idee heeft dat hij de hele tijd van het zadel afglijdt. Dit komt doordat hij geen gevoel heeft in het linkerbeen. Echter zit mijnheer Janse wel gewoon stevig op het zadel. Verder treedt er ook nog een probleem op tijdens het fietsen. De linkervoet zit aan het begin stevig in het pedaal, echter zit de voet na verloop van tijd minder stevig waardoor de voet in het pedaal kan bewegen. Door deze vrijheid kan de knie tijdens het fietsen naar lateraal of mediaal bewegen in combinatie met een exorotatie of endorotatie in de heup.

Eis 2: Mijnheer Janse moet het gevoel krijgen dat hij stevig op het zadel zit

Onderstaande link bevat een filmpje van de huidige manier van fietsen.

https://www.dropbox.com/s/h3zgf7rsi9bvv67/IMG_1240.MOV?dl=0

Tijdens het fietsen moet mijnheer Janse het gevoel krijgen dat hij niet van het zadel af kan glijden en de linkervoet moet stevig vast blijven zitten.

4. Afstappen

Om af te kunnen stappen moet zijn linkervoet uit het pedaal gehaald worden. Mijnheer Janse kan dit niet zelfstandig. Mijnheer Janse kan daarna zelfstandig van het zadel af komen en staan. Wanneer het rechterbeen naast het linkerbeen staat kan mijnheer Janse zelfstandig weglopen door middel van een tricepskruk.

Onderstaande link bevat een filmpje van de huidige manier van afstappen

https://www.dropbox.com/s/gzl1nas5s4qhruw/IMG_1241.MOV?dl=0

Om af te kunnen stappen moet de linkervoet uit het pedaal getild worden.

Vooronderzoek

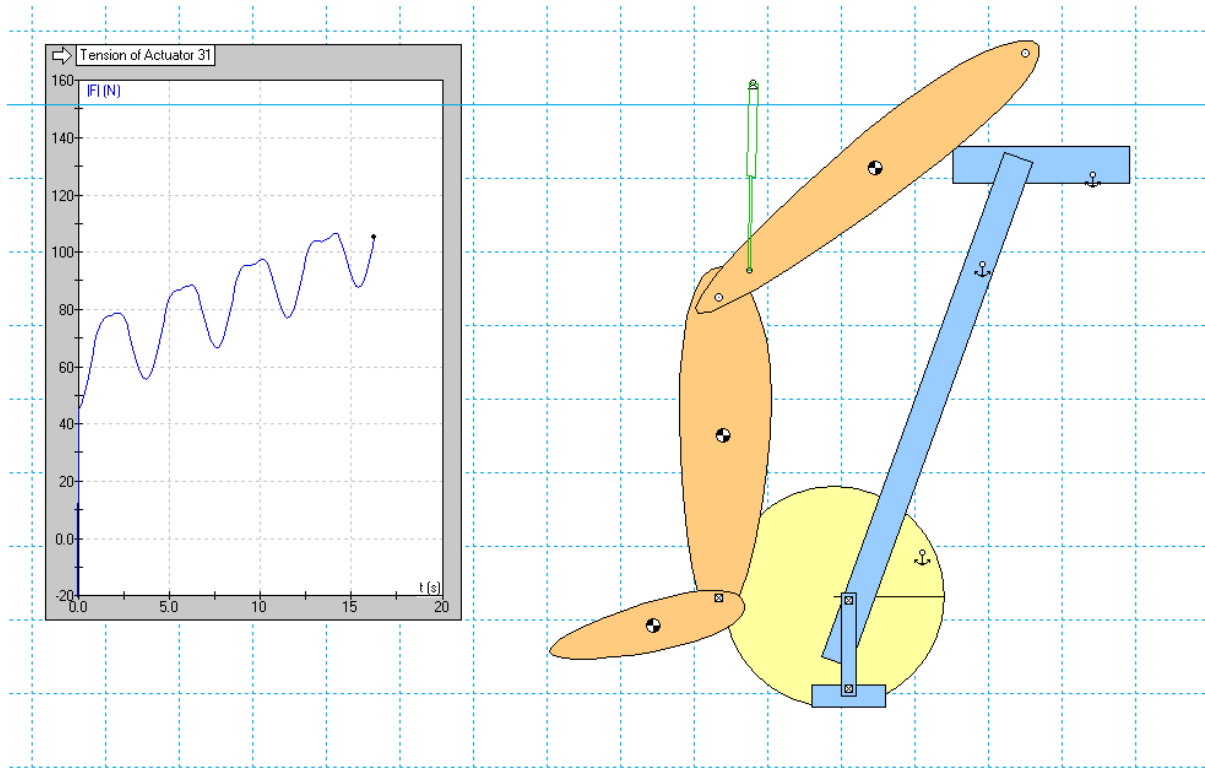
De deelproblemen genoemd in de probleemstelling zullen hieronder kort beschreven worden. Daarna worden de deelproblemen verder uitgewerkt.

1. *Hoe kan ervoor gezorgd worden dat de voet van het verlamde been in het pedaal kan komen?*

- Benodigde informatie: Er moet uitgezocht worden hoe de voet opgetild kan worden. Vervolgens moet hier een krachtanalyse van gemaakt worden. Dit zal gedaan worden in Interactive Physics. De afmetingen van de hometrainer en de afmetingen van mijnheer Janse moet opgemeten worden om te kijken hoeveel hoogte overbrugd moet worden, zodat de voet wel in het pedaal kan komen. Ook moet er uitgezocht worden wat voor bewegingen er allemaal mogelijk zijn in de verlamde benen, armen en romp met behulp van spierkracht. Deze bewegingen kunnen het opstappen mogelijk makkelijker maken.

Krachtenanalyse

Om de voet op de hoogte te krijgen van het fietspedaal moet de voet een stuk omhoog komen. Er zijn verschillende mogelijkheden om dit te doen. De voet optillen of het bovenbeen optillen. Om te kijken hoeveel kracht het kost om het been op te tillen is er een Interactive Physics model gemaakt. Het model is te zien in figuur 3. Dit model heeft de fietshouding van mijnheer Janse. De delen van de onderste extremiteit zijn voorzien van massa. De massa is gebaseerd op “Gewichtspercentage van lichaamsdelen van het totale lichaam” uit de handleiding “Ergonomie Antropometrie” van B. Broeren. De bijbehorende tabel is te vinden in bijlage C. De totale massa is 79 kg. Dit betekent dat de voet 1,15kg, het onderbeen 3,56kg en het bovenbeen 8,30kg weegt.



Figuur 2: Interactive Physics model en tabel waarbij het bovenbeen omhoog getrokken wordt.

Uit het Interactive Physics model blijkt dat wanneer er aan het bovenbeen (figuur 3) getrokken wordt het 110N kost om de voet op de juiste hoogte te krijgen. Dit is wanneer er recht omhoog getrokken wordt. Wanneer er een veiligheidsmarge van 20% wordt genomen dan krijg je de onderstaande berekening.

$$110 * 1,2 = 132N$$

Om het anteflecterend moment te berekenen om de kracht van 132N te genereren is de onderstaande berekening gemaakt. Hierin is de bovenbeenlengte 0,45 meter.

$$132 * 0,45 = 59,4Nm$$

Eis 1A: Het tilhulpmiddel moet 132N kunnen tillen

Eis 2A: Het tilhulpmiddel moet een anteflecterend moment in de heup van 59,4 Nm geven

Hometrainer

De hometrainer die van aanpassingen voorzien moet worden is de Kettler ergometer E7. Deze hometrainer heeft een groter stuur waar goed opgeleund kan worden. Verder heeft deze hometrainer een extra breed zadel voor steun. In afbeelding 4 is deze hometrainer te zien. De opgemeten maten van de hometrainer zijn te zien in deze afbeelding. Bijbehorende uitleg over deze maten is te vinden onder de afbeelding.



Figuur 4: Kettler ergometer E7. De bijbehorende afmetingen staan in de afbeelding. $b = 756,5$ mm. Hieronder berekend.

Afstand van stuur naar zadel is 380 mm.

Het hoogte verschil tussen het stuur en het zadel is 110 mm.

Cranklengte = 170 mm

Diameter = 340 mm

$$\begin{aligned}a^2 + b^2 &= c^2 \\c^2 &= a^2 + b^2 \\c &= \sqrt{a^2 + b^2} \\c &= \sqrt{190^2 + 756^2} = 780\end{aligned}$$

Wanneer de trapper in het verlengde staat van de afstand tussen het zadel en de as van de trapper dan is de totale lengte hiervan $170 + 780 = 950$ mm. Wanneer mijnheer Janse op het zadel zit en probeert zijn linkerbeen op het pedaal te krijgen is dit niet mogelijk, want zijn totale beenlengte (v+schoen) is 990 mm (zie bijlage A). Dit betekent dat de voet of het been 40 mm omhoog moet komen om op het pedaal te komen.

Eis 3: De huidige hometrainer moet voorzien worden van aanpassingen

Eis 3A: De voet moet 40 mm opgetild worden

Bewegingsanalyse

Het is belangrijk om te weten welke bewegingsmogelijkheden mijnheer Janse heeft in de gewrichten van de onderste- en bovenste extremiteit van de aangedane linkerzijde van het lichaam. Deze bewegingen kunnen misschien helpen bij het vereenvoudigen van het ontwerp. Hierbij wordt nog verschil gemaakt tussen een ontspannen houding en een niet ontspannen houding.

Er is een lichamelijk onderzoek gedaan. Deze gegevens zijn te vinden in bijlage B. Uit dit onderzoek kunnen we concluderen dat er in de bovenste extremiteit van de aangedane zijde geen bewegingen kunnen plaats vinden om het opstappen en afstappen makkelijker te maken. Bij de onderste extremiteit is de strek functie van de knie mogelijk te gebruiken om het opstappen en afstappen makkelijker te maken. In de romp is het mogelijk om flexie en extensie te maken. De randvoorwaarden hiervoor is dat er geen spasme mag optreden. Dit ontstaat door een ontspannen houding.

Eis 4A: Er mag geen spasme optreden

2. Hoe kan je ervoor zorgen dat de voet van het verlamde been in het pedaal blijft tijdens het fietsen?

- a. Benodigde informatie: Uit het marktonderzoek moet blijken wat voor soorten systemen hier al voor bestaan. Daarna moet gekeken worden welke van deze systemen toepasbaar zijn voor iemand met een halfzijdige verlamming.

Soorten fietspedalen

Er is een marktonderzoek gedaan naar verschillende soorten fietspedalen, deze is te zien in tabel 1. Tijdens het fietsen is het erg belangrijk dat de voet stevig vast zit, echter moet er ook rekening gehouden worden met de beperkte bewegingsmogelijkheid.

Eis 1B: De voet zit volledig vast tijdens het fietsen

	Soort	Voordelen	Nadelen
	Standaard fietspedaal	Goedkoop	Geen stevigheid
	Hometrainer pedalen	Goedkoop, band voor het vastzetten van de voet	Lastig vast te zetten wanneer er alleen een strek functie in de knie aanwezig is, voet kan mediaal schuiven
	Race pedalen	Door middel van kliksysteem en band zit de voet erg goed vast	Kliksysteem is lastig vast en los te maken, band aantrekken moet met hand gebeuren
	SPD pedalen	Door middel van kliksysteem zit de voet erg goed vast	Kliksysteem is lastig vast en los te maken
	Magnetische pedalen	Door voet enigszins boven het pedaal te houden word deze al vastgezet	Onbekend hoeveel kracht nodig is om voet los te krijgen, speciale schoen nodig
	Pedaal Hase contour bak met kuitsteun	Voet zit helemaal vast kan niet meer verschuiven	Band over de voet en kuit moet zelfstandig worden aangetrokken, door de kuitsteun zal dit pedaal altijd door de zwaartekracht naar beneden vallen

Tabel 1: Marktonderzoek naar de verschillende soorten fietspedalen

De magnetische pedalen zouden een oplossing kunnen zijn, echter moet er uitgezocht worden hoeveel kracht het kost om weer los te komen van dit soort pedalen. Is Mijnheer Janse hiertoe instaat of is hiervoor een andere oplossing nodig? Het is ook mogelijk dat de uitkomst van het overbruggen van de hoogte ervoor kan zorgen dat de voet los kan komen van het pedaal. De rest van de pedalen zetten de voet ook stevig vast, echter kan mijnheer Janse niet bij zijn voet wanneer hij op de hometrainer zit. Hierdoor is het onmogelijk om zelfstandig de pedalen vast te zetten aan de voet. De bewegingen die gemaakt moeten worden bij SPD pedalen waarmee wielrenners fietsen zijn te complex, waardoor dit niet gebruikt kan worden door iemand met een halfzijdige verlamming.

Magnetische pedalen

Om erachter te komen of het mogelijk is om de magnetische pedalen te kunnen gebruiken, moet er gemeten worden hoeveel kracht het kost om los te komen van dit soort pedalen. Dit is gemeten door met een veerunster loodrecht aan de magneet te trekken, wat te zien is in figuur 5.

De hoeveelheid Newton om de magneet los te maken is 50N. In werkelijkheid zal dit meer Newton worden aangezien het stukje staal niet helemaal tot op de magneet kan komen. Er zitten nog staaldraadjes tussen de magneet en het stukje staal, deze staaldraadjes zorgen voor extra ruimte (figuur 6). Deze staaldraadjes zijn er om de veerunster te kunnen vast maken. De kracht van 50N kan niet geleverd worden door iemand met een halfzijdige verlamming. Echter is dit wel te combineren met het mechanisme dat ervoor moet zorgen dat de voet 40mm omhoog komt.

Ook moet er getest worden of de magneet sterk genoeg is om tijdens het fietsen de voet bij het pedaal te houden. Wanneer de voet kan draaien op het pedaal kan dit ervoor zorgen dat de knie erg ver naar lateraal of mediaal kan bewegen. Hierdoor kan de knie tegen de hometrainer aan komen. Wanneer de voet volledige los komt van de trapper is een magnetisch pedaal niet te gebruiken. Om hier achter te komen moeten de magnetische pedalen uitgetest worden.

Magnetisch pedaal tijdens het fietsen

Het magneet pedaal is getest op de huidige hometrainer.

De magneet zorgt ervoor dat de voet niet kan draaien tijdens het fietsen. Hierdoor kan de knie niet naar lateraal of mediaal bewegen. Op een laag fiets tempo blijft de magneet goed zitten op het pedaal, echter wanneer er harder gefietst wil worden is de magneet niet sterk genoeg. Er komt te veel kracht op de magneet, waardoor deze de voet niet bij het pedaal kan houden. De voet komt dan los van de trapper en hierdoor kan er niet verder gefietst worden. Een magneet pedaal is dus geen oplossing voor het probleem en valt dus af.

Er moet dus een sterker systeem komen dan de magneetpedalen. Dit systeem moet de voet vast zetten. Het systeem moet de krachten aankunnen die er vrijkomen tijdens het fietsen.



Figuur 5: Het magnetische pedaal met een veerunster.



Figuur 6: Verbinding van de magneet met het stukje staal.

3. Hoe kan je ervoor zorgen dat de knie van het verlamde been niet naar lateraal of mediaal kan bewegen tijdens het fietsen?

- a. Benodigde informatie: hoe komt het dat de knie naar lateraal of mediaal beweegt?

Fietsen

Tijdens het fietsen is het belangrijk dat de knie niet te ver naar lateraal of mediaal kan bewegen. Dit kan letsel veroorzaken zonder dat dit wordt opgemerkt.

Doordat er in de heup een exorotatie of een endorotatie kan ontstaan tijdens het fietsen kan de knie naar lateraal of mediaal bewegen. De exorotatie en endorotatie kan niet verholpen worden door spierspanning aangezien het been verlamd is. De randvoorwaarden van deze exorotatie of endorotatie is dat er beweging mogelijk is in de enkel of voet. De enkel is vastgezet door een EVO die altijd gedragen wordt. Dit betekent dat er geen pronatie en supinatie kan optreden in de enkel. Wanneer de voet vastgezet is aan het pedaal betekent dit dat er geen beweging rond de voet mogelijk is. Dit zou dus voorkomen dat de knie naar lateraal of mediaal kan bewegen.

4. Hoe kan ervoor gezorgd worden dat de voet van het verlamde been uit het pedaal kan komen?

- a. Benodigde informatie: Er moet uitgezocht worden hoe de voet los van het pedaal kan komen en vervolgens weg van het pedaal kan komen.

Het klemsysteem waarbij de voet vast gezet kan worden aan het fietspedaal moet de voet ook weer los kunnen laten. De manier waarop de voet opgetild wordt om deze in het pedaal te krijgen zou gebruikt kunnen worden om het been tijdens het uitstappen weer op te tillen en weg te krijgen van het pedaal. Dit betekent dat het systeem dat de voet op het pedaal moet krijgen ook het voet weer bij het pedaal weg moet kunnen krijgen.

5. Wat zijn de algemene eisen waaraan beide ontwerpen moeten voldoen?

Het is belangrijk dat de handelingen die mijnheer Janse moet uitvoeren om zelfstandig te kunnen fietsen maximaal 5 minuten mag duren. Wanneer dit niet het geval is kan de drempel te hoog worden om vaak te gaan fietsen. Elke handeling die verricht moet worden, is mogelijk met alleen het gebruik van de rechter arm. Verder mag het eindproduct maximaal €900 kosten. Aangezien mijnheer Janse halfzijdig verlamd is, is het belangrijk dat er geen scherpe delen aan het eindproduct zitten waaraan hij zich zou kunnen bezeren. De mogelijkheid bestaat dat hier niks van gemerkt wordt en dat de verwonding steeds groter wordt. Verder mogen de hulpmiddelen niet hinderen tijdens het instappen, uitstappen en fietsen.

Eis 4: Mijnheer Janse mag er niet langer dan 5 minuten over doen om zelfstandig te kunnen fietsen

Eis 5: De bediening van de hulpmiddelen is uitsluiten te bedienen met de rechter arm

Eis 6: Het eindproduct kost maximaal €900

Eis 7: Het eindproduct mag geen scherpe delen bevatten

Eis 8: Instappen, uitstappen en fietsen mogen niet gehinderd worden door de hulpmiddelen

Voorlopige eisen en wensen

Algemene Eisen

1. Mijnheer Janse moet zelfstandig kunnen trainen
2. Mijnheer Janse moet het gevoel krijgen dat hij stevig op het zadel zit
3. De huidige hometrainer moet voorzien worden van aanpassingen
4. Mijnheer Janse mag er niet langer dan 5 minuten over doen om zelfstandig te kunnen fietsen
5. De bediening van de hulpmiddelen is uitsluiten te bedienen met de rechter arm
6. Het eindproduct kost maximaal €900
7. Het eindproduct mag geen scherpe delen bevatten
8. Instappen, uitstappen en fietsen mogen niet gehinderd worden door de hulpmiddelen

Eisen voor het tilhulpmiddel

- 1A. Het tilhulpmiddel moet 100N kunnen tillen
- 2A. Het tilhulpmiddel moet een anteflecterend moment van 59,4 Nm in de heup geven.
- 3A. De voet moet 40mm opgetild worden
- 4A. Er mag geen spasme optreden

Eisen voor het fietspedaal

- 1B. De voet zit volledig vast tijdens het fietsen

Ontwerpfase

Voordat er aan de ontwerpfase kan beginnen moet er een lijst van eisen en wens opgesteld zijn waaraan het product zal moeten voldoen. Door middel van ideeschetsen en een morfologische kaart moeten er conceptkeuzes komen. Vervolgens worden deze conceptkeuzes getest aan de hand van de eisen en wensen. Vanuit de verschillende concepten zullen de beste onderdelen samengevoegd worden, waar het definitieve concept uit zal bestaan. Het definitieve concept zal getekend worden in Solidworks. Hierin zal ook een sterkte en stijfheid berekening uitgevoerd worden om te kijken of het ontwerp stevig genoeg is voor de mogelijke krachten die erop kunnen komen.

Vervaardigingfase

Het eindproduct gaat bestaan uit een hulpmiddel om de voet in en uit het fietspedaal te krijgen en een voorziening om de voet stabiel te houden in het pedaal tijdens het fietsen. Via Sylwia van Vliet van Sophia revalidatie is er een mogelijkheid om in hun werkplaats te kunnen werken als bepaalde onderdelen niet in de werkplaats van Bewegingstechnologie kunnen gemaakt worden.

Testfase/Evaluatiefase

Het vervaardigde hulpmiddel zal op de hometrainer geïnstalleerd worden. Vervolgens zal er met mijnheer Janse een stappenplan gemaakt moeten worden, zodat mijnheer Janse elke keer dezelfde volgorde kan aanhouden. Hierdoor zal het voor hem makkelijker wordt om zelfstandig te kunnen trainen. Tijdens het testen gaat er bijgehouden worden hoe lang het opstappen en het afstappen duurt. Vervolgens ga ik het prototype terugkoppelen aan de eisen en wensen en met mijnheer Janse een vragenlijst doornemen. Uit deze vragenlijst moet blijken of het hulpmiddel gemakkelijk te bedienen is. Ook wordt er gevraagd wat mijnheer Janse vindt van het eindproduct. Voldoet het eindproduct aan wat hij in gedachten had. Hieruit kunnen dan eventuele aanpassingen naar voren komen.

Voorlopige literatuurlijst

Bronnenlijst

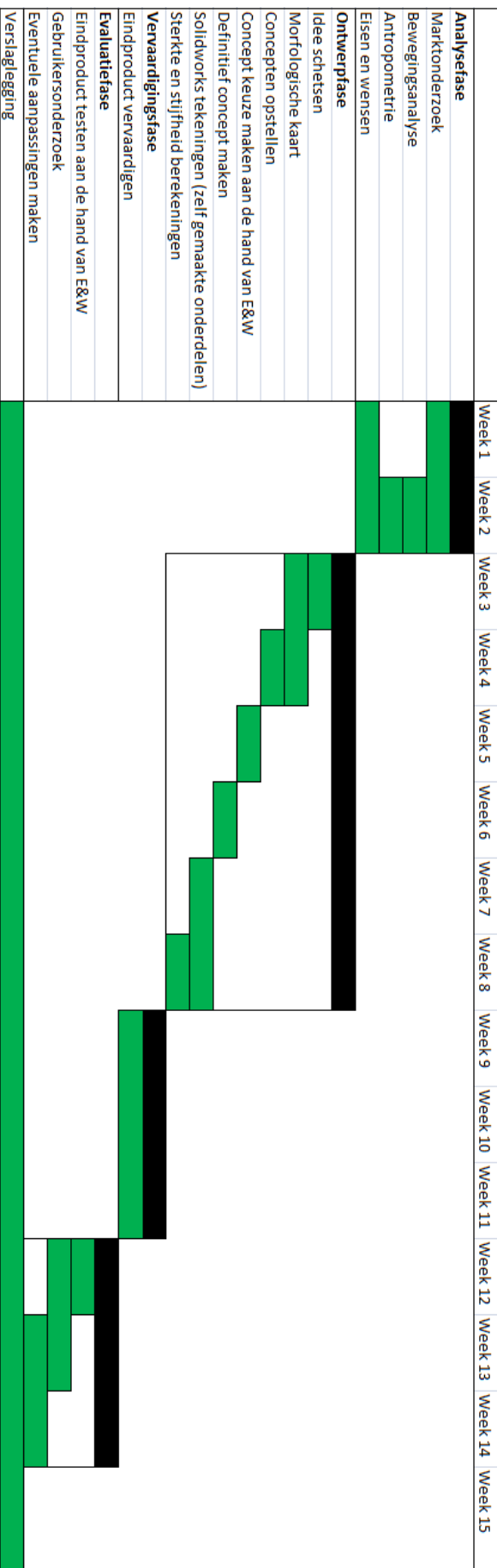
Handleiding Ergonomie Antropometrie van B. Broeren.

<http://www.fitness24.nl/producten/hometrainers/hometrainers/tunturi-hometrainer-lage-instap-e80l-08tue80040/>

<http://www.vanraam.nl/opties-aangepaste-fietsen/grp/103>

<http://www.revalidatiefietsen.nl/onderdelen>

Literatuurlijst



Planning

Persoonlijke leerdoelen afstudeerfase (minimaal 3)

Bewegingsanalyse (B1)

Voordat ik kan beginnen aan het ontwerpproces moet ik een zorgvuldige analyse gemaakt hebben, zodat ik weet waar de problemen zich bevinden. Uit deze analyse moeten de eisen en wensen komen.

Ontwerpen, vervaardigen en uitvoeren (B2)

Door het ontwerpproces te volgen wil ik uitkomen op een uiteindelijk ontwerp dat voldoet aan alle eisen en wensen. Vervolgens kan ik dit ontwerp dan gaan maken.

Testen en onderzoeken (B3)

Door middel van een gebruikerstest wil ik uitzoeken of het gemaakte eindproduct werkt voor mijnheer Janse. Waar nodig is kunnen dan nog aanpassingen gemaakt worden.

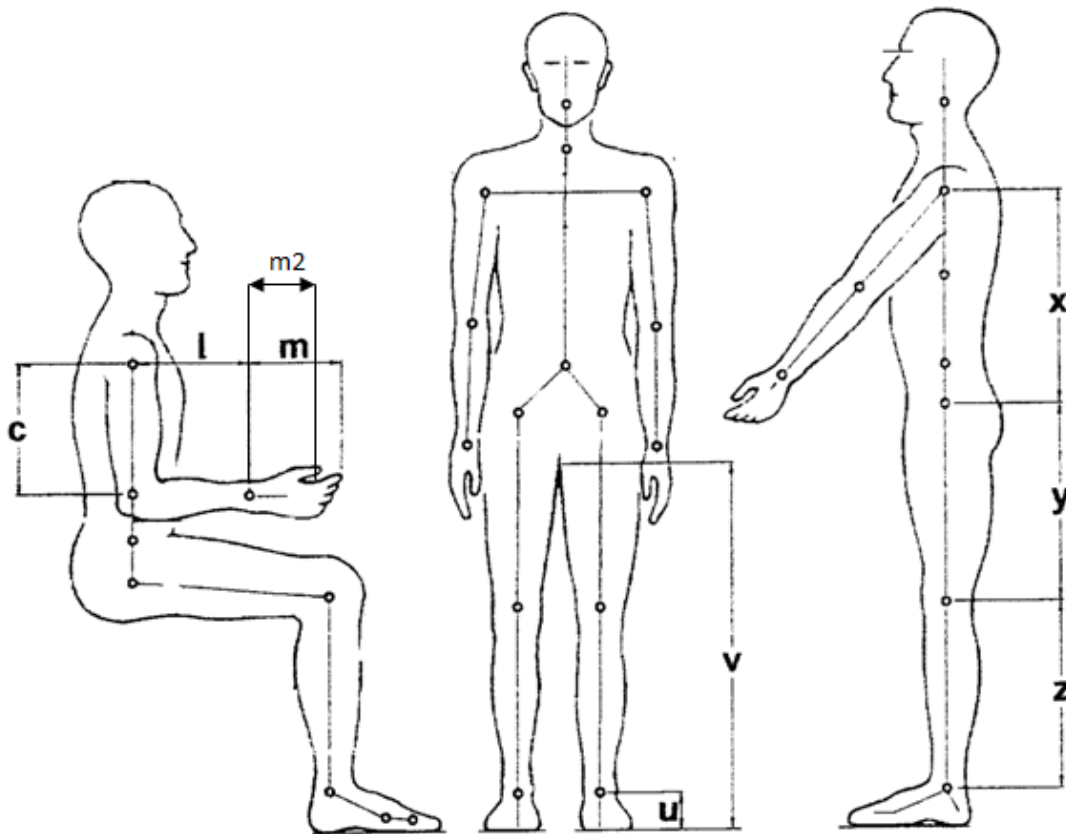
Bijlagen

Bijlage A

In deze bijlage worden de afmetingen van mijnheer Janse weergegeven.

Afmetingen

In afbeelding A1 zijn de gemeten lichaamsmaten van mijnheer Janse te vinden en de bijbehorende lengtes zijn te vinden in tabel A1.



Afbeelding A1: De gemeten lichaamsmaten van mijnheer Janse. De bijbehorende lengtes staan in tabel A1.

c = 330	u+schoen = 120	x = 500
l = 280	v+schoen = 990	y = 450
m = 200	m2 = 87	z = 440

Tabel A1: De afmetingen van de lichaamsmaten van mijnheer Janse

Bijlage B

In deze bijlage worden de bewegingsmogelijkheden door middel van spieractiviteit weergegeven.

Onderste extremiteit

Articulatio Talocruralis (bovenste spronggewricht):

Geen spieractiviteit mogelijk

Articulatio Talotarsalis (onderste spronggewricht):

Geen spieractiviteit mogelijk

Articulatio Genus(kniegewricht):

Knie extensie mogelijk over de gehele spierlengte, echter wanneer er geen ontspannen houding is dan treedt er een spasme op. Hierdoor kan de knie niet gebogen worden terwijl de zwaartekracht hiervoor zou moeten zorgen.

Articulatio Coxae (heupgewricht):

15 graden anteflexie mogelijk tijdens staan, echter wanneer mijnheer Janse op een hometrainer zit is de spier al zo veel verkort dat er geen kracht meer gezet kan worden.

Bovenste extremiteit

Articulatio Radiocarpalis (polsgewricht):

Geen spieractiviteit mogelijk

Articulatio Cubiti (ellebooggewricht):

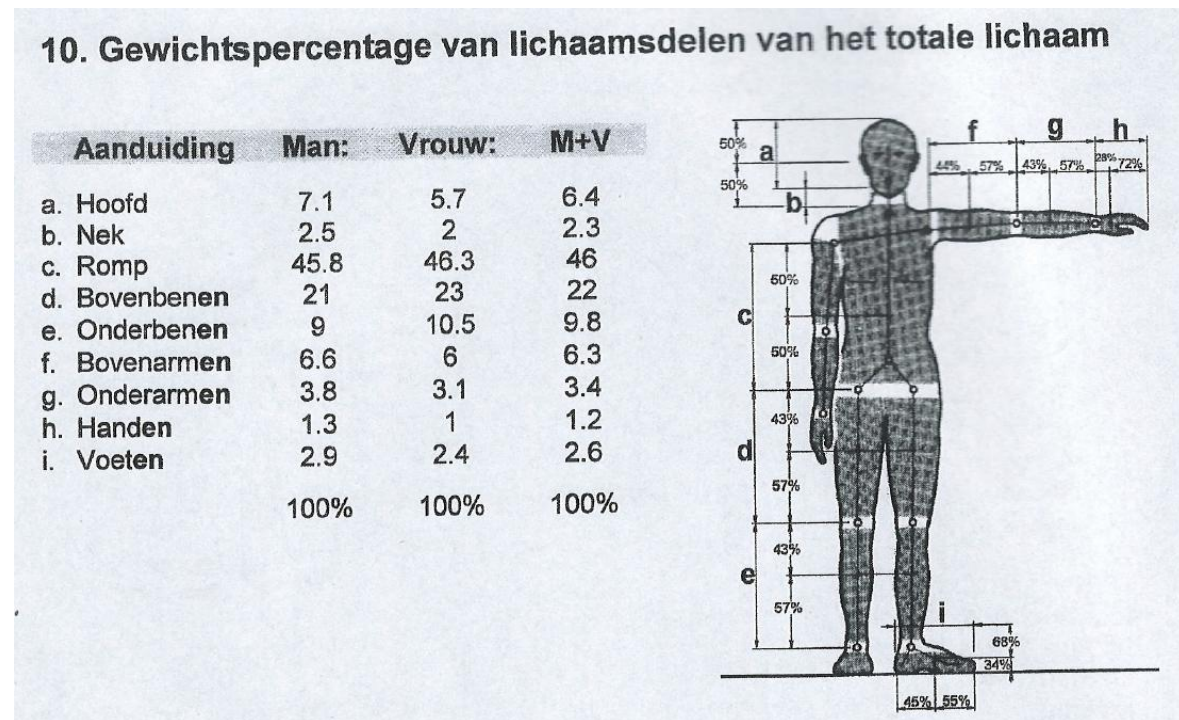
Geen spieractiviteit mogelijk

Articulatio Humeri (schoudergewricht):

Enige beweging mogelijk in het schoudergewricht is endorotatie, echter is deze beweging zeer beperkt en erg lastig te maken.

Bijlage C

In deze bijlage worden de gewichtspercentages van verschillende lichaamsdelen weergegeven.



Figuur C1: Gewichtspercentage van lichaamsdelen van het totale lichaam