

Bijlagen

Overzicht

Bijlage A: Opzet gebruikersenquête..... ii

A.1. Inleiding ii

A.2. Persoonlijke gegevens ii

A.3. Eigen ervaringen ii

A.4. Marktkennis..... iv

A.5. Afsluiting iv

Bijlage B: Resultaten gebruikersenquête..... v

B.1. Persoonlijke gegevens v

B.2. Eigen ervaringen v

B.3. Marktkennis..... vii

B.4. Resultaten voor hypothese I..... ix

Bijlage C: Interview fysiotherapeuten..... x

Bijlage D: Berekeningen aan koelingxii

D.1. Benodigde energie-onttrekkingxii

D.2. Verdampingswarmte xiii

D.3. Endotherme Reactiexiv

D.4. Warmtestroom.....xv

D.5. Thermo-elektrisch effect xvi

Bijlage E: Morfologisch schema xviii

Bijlage F: Conceptkeuzetabelxix

Bijlage G: Biopolymeren.....xx

G.1. Natuurlijke polyesters:xx

G.2. Polyesters uit fossiele brandstoffen: xxi

Bijlage H: Conceptuitwerking..... xxiii

H.1. Flexibel kompresxxiii

H.2. Zout in zakje..... xxv

H.3. Instant gaskompresxxvii

Bijlage A:

Opzet gebruikersenquête

A.1. Inleiding

Het doel van deze enquête is een beter beeld te krijgen van het gebruik van koude therapie door de consument in het dagelijks leven en tijdens de sport. De resultaten van deze enquête zullen enkel en alleen worden gebruikt als informatiebron bij het ontwikkelen van een nieuw middel voor koude therapie.

Gelieve de vragenlijst volledig en naar waarheid in te vullen. Het onderzoek zal ongeveer 10 minuten duren. Alvast bedankt voor uw medewerking.

A.2. Persoonlijke gegevens

Wat is uw geslacht?

Man
vrouw

Wat is uw leeftijd?

19 of jonger
20 - 25
26 - 30
31 - 35
36 - 40
41 - 45
46 - 50
51 of ouder

Heeft u kinderen? Zo ja, kunt u aangeven hoe oud zij zijn? Meerdere antwoorden mogelijk

0 - 2
3 - 6
7 - 12
13 - 17
18 - 25
26 of ouder
ik heb geen kinderen

A.3. Eigen ervaringen

Heeft u wel eens een blessure opgelopen?

Ja (verder naar 3A)
Nee (verder naar 3B)

3A

Waarbij heeft u een blessure opgelopen? (open vraag)

Waar heeft u deze blessure opgelopen?

Thuis
Bij de sportvereniging
Buiten
Ergens anders, namelijk:

Heeft u de blessure toen gekoeld?

Ja (verder naar 3A.1)

Nee (verder naar 3A.2)

3A.1

Hoe lang nadat u de blessure heeft opgelopen hebt u deze gekoeld?

Binnen 30 minuten

30 minuten – 1 uur

1 – 4 uur

Langer dan 4 uur nadat ik de blessure heb opgelopen

Hoe vaak hebt u de blessure die eerste dag gekoeld?

1 keer

2 keer

3 keer

4 keer

vaker dan 4 keer

Zou u een eventuele blessure in de toekomst hetzelfde behandelen? Waarom?

Ja, want... (verder naar 3C)

Nee, want... (verder naar 3C)

3A.2

Waarom heeft u de blessure niet gekoeld? (open vraag) (verder naar 3B)

3B

heeft u ergens anders/bij iemand anders wel eens cryotherapie toegepast?

Ja (verder naar 3B.1)

Nee (verder naar 4)

3B.1

Waar was deze blessure opgelopen?

Thuis

Bij de sportvereniging

Buiten

Ergens anders, namelijk:

Hoe lang nadat de blessure werd opgelopen hebt u deze gekoeld?

Binnen 30 minuten

30 minuten – 1 uur

1 – 4 uur

Langer dan 4 uur nadat de blessure werd opgelopen

Hoe vaak hebt u de blessure die eerste dag gekoeld?

1 keer

2 keer

3 keer

4 keer

vaker dan 4 keer

Zou u een eventuele blessure in de toekomst hetzelfde behandelen? Waarom?

Ja, want... (verder naar 3C)

Nee, want... (verder naar 3C)

3C

Koude therapie of koelen wordt vaak toegepast als eerste hulpmiddel bij blessures. Wanneer het geblesseerde lichaamsdeel wordt afgekoeld tot een temperatuur tussen 0 en 10 graden Celcius, worden er een aantal fysiologische reacties opgeroepen in het lichaam die kunnen bijdragen aan het verlichten van de pijn en het verminderen van zwelling. Om pijn en zwelling zoveel mogelijk tegen te gaan, is het van belang om de blessure zo snel mogelijk nadat deze is opgelopen ten minste 4 uur lang te koelen. Hierbij wordt steeds ca. 20 minuten gekoeld, met tussenpauzes

van 1 uur. Het op tijd toepassen van koude therapie kan de duur van de herstelperiode in de meeste gevallen aanzienlijk verkorten.

Verandert deze kennis de manier waarop u een eventuele blessure in de toekomst zou behandelen?

Ja, ik zou nu zeker gaan koelen

Ja, ik zou nu vaker gaan koelen

Ja, ik zou nu sneller beginnen met koelen

Alle bovenstaande

Nee, want ik deed dit al

Nee, geen verandering

A.4. Marktkennis

Welke producten of middelen om blessures te koelen kent u, ook al is het alleen maar van naam?

Welke heeft u zelf wel eens gebruikt?

Ice Packs – zakjes water die in de vriezer koud worden

Instant Cold Packs – zakjes met twee compartimenten, die koud worden door de scheiding tussen de compartimenten stuk te knijpen

Gel packs – zakjes met een gel, die in de vriezer koud, of in de magnetron/heet water warm worden

Cold Spray – sterk verkoelende spray

Cold Gel – sterk verkoelende gel of zalf die op de zere plek gesmeerd kan worden

Cold Wrap – sterk verkoelend drukverband

Cold Patch – sterk verkoelende pleister

Kunt u aangeven in hoeverre u deze uitspraken vindt passen bij deze producten? U hoeft het product niet perse te kennen, u kunt antwoorden naar uw gevoel. meerdere antwoorden mogelijk

Handig

Veilig

Leuk

Comfortabel

Milieuvriendelijk

Geschikt voor kinderen

Voor onderweg

Voor thuis

Gebruiksvriendelijk

Zou ik willen proberen

Welk cijfer zou u ieder product geven?

Kunt u de producten naar voorkeur op volgorde zetten, waarbij 1 uw favoriete, en 7 uw minst favoriete product is?

A.5. Afsluiting

De enquête is afgerond. Hartelijk bedankt voor uw medewerking.

Bijlage B:

Resultaten gebruikersenquête

n= aantal respondenten dat de betreffende vraag heeft gezien.
#= aantal antwoorden dat is ontvangen voor de betreffende vraag.

B.1. Persoonlijke gegevens

Bent u een man of een vrouw? n=44; #44
Man: 13 (29,55%)
Vrouw: 31 (70,45%)

Wat is uw leeftijd? n=43; #43
19 of jonger: 4 (9,3%)
20 – 25: 28 (65,12%)
26 – 30: 2 (4,65%)
31 – 35: 1 (2,33%)
36 – 40: 0 (0%)
41 – 45: 1 (2,33%)
46 – 50: 3 (6,98%)
51 of ouder: 4 (9,3%)

Heeft u kinderen? Zo ja, kunt u aangeven hoe oud zij zijn?
Meerdere antwoorden mogelijk n=43; #48
0 – 2: 1 (2,33%)
3 – 6: 2 (4,65%)
7 – 12: 1 (2,33%)
13 – 17: 3 (6,98%)
18 – 25: 3 (6,98%)
26 of ouder: 2 (4,65%)
Ik heb geen kinderen: 36 (83,72%)

B.2. Eigen ervaringen

Heeft u wel eens een blessure opgelopen? n=40; #43
ja: 34 (79,07%)
Nee: 9 (20,93%)

Waarbij heeft u deze blessure opgelopen?
· Sport: ballet, fietsen, fitness, voetbal, volleybal, turnen, handbal, wedstrijdzwemmen, skiën, hardlopen, basketbal, softbal, dansen
· verstappen
· Werk
· Geen idee

Waar heeft u deze blessure opgelopen? n=32; #32
Thuis: 3 (9,38%)
Bij de sportvereniging: 20 (62,5%)
Buiten: 7 (21,88%)
Ergens anders, namelijk: 2 (6,25%)

Ergens anders, namelijk (open antwoorden):

- In het zwembad
- Op het werk
- Op school (toernooi)

Heeft u de blessure toen gekoeld?

Ja

Nee

n=32; #32

18 (56.25%)

14 (43.75%)

Hoe lang nadat u de blessure heeft opgelopen hebt u deze gekoeld?

Binnen 30 minuten

30 minuten – 1 uur

1 – 4 uur

Langer dan 4 uur nadat ik de blessure heb opgelopen

n=17; #17

13 (76.47%)

2 (11.76%)

2 (11.76%)

0

Hoe vaak hebt u de blessure die eerste dag gekoeld?

1 keer

2 keer

3 keer

4 keer

Vaker dan 4 keer

n=17; #17

11 (64.71%)

2 (11.76%)

1 (5.88%)

0 (0%)

3 (17.65%)

Zou u een eventuele blessure in de toekomst hetzelfde behandelen?

Waarom?

Ja, want

Ja, want (open antwoorden):

- Het hielp goed
- Verminderde zwelling
- Verminderde pijn
- Het schijnt te helpen
- Ik denk dat het zo moet

Nee, want

Nee, want (open antwoorden):

- Ik zou eerder beginnen met koelen
- Ik zou dan niet verder doorsporten
- Ben toen niet naar de dokter geweest
- Nu heb ik er vaker last van

n=17; #17

13 (76.47%)

4 (23.53%)

Waarom heeft u de blessure niet gekoeld?

- Verder willen sporten
- Het idee dat warmte bij een blessure beter zou helpen
- Op het moment zelf er geen last van hebben
- Werd niet geadviseerd door huisarts/fysiotherapeut
- Geen koelmateriaal aanwezig
- Denken dat het vanzelf wel over gaat
- Open wonden
- Denken dat het niet werkt

Heeft u in een andere situatie of bij iemand anders wel eens koude therapie toegepast?

Ja

Nee

n=22; #22

17 (77.27%)

5 (22.73%)

Waar was deze blessure opgelopen?

Thuis

Bij de sportvereniging

Buiten

Ergens anders, namelijk:

n=13; #13

4 (30.77%)

7 (53.85%)

2 (15.38%)

0 (0%)

<i>Hoe lang nadat de blessure werd opgelopen hebt u deze gekoeld?</i>	n=13; #13
Binnen 30 minuten	11 (84,62%)
30 minuten – 1 uur	1 (7,69%)
1 – 4 uur	0 (0%)
Langer dan 4 uur nadat de blessure werd opgelopen	1 (7,69%)

<i>Hoe vaak hebt u de blessure diezelfde dag gekoeld?</i>	n=13; #13
1 keer	8 (61,54%)
2 keer	2 (15,38%)
3 keer	3 (23,08%)
4 keer	0 (0%)
Vaker dan 4 keer	0 (0%)

<i>Zou u een eventuele blessure in de toekomst hetzelfde behandelen?</i>	n=13; #13
<i>Waarom?</i>	10 (76,92%)
Ja, want..	
Ja, want (open antwoorden):	
· Zo zijn de EHBO voorschriften	
· De zwelling nam af	
· De pijn nam af	
· Direct koelen heeft het meeste effect	
Nee, want..	3 (23,08%)
Nee, want (open antwoorden):	
· Ik zou langer koelen (te kort gekoeld)	
· Ik zou het sneller behandelen	
· Ligt aan de blessure, sommige zou ik wel koelen, andere niet	

<i>Verandert deze kennis de manier waarop u een eventuele blessure in de toekomst zou behandelen?</i>	n=30; #30
Ja, ik zou nu zeker gaan koelen	3 (10%)
Ja, ik zou nu vaker gaan koelen	10 (33,33%)
Ja, ik zou nu sneller beginnen met koelen	5 (16,67%)
Alle bovenstaande	2 (6,67%)
Nee, want ik deed dit al	7 (23,33%)
Nee, geen verandering	3 (10%)

B.3. Marktkennis

<i>Welke producten of middelen om blessures te koelen kent u, ook al is het alleen maar van naam?</i>	n=31; #110
Ice Packs	27 (87,1%)
Instant Cold Packs	16 (51,61%)
Gel packs	22 (70,96%)
Cold Spray	22 (70,69%)
Cold Gel	16 (51,61%)
Cold Wrap	4 (12,90%)
Cold Patch	3 (9,68%)

<i>Welke heeft u zelf wel eens gebruikt?</i>	n=31; #49
Ice Packs	17 (54,84%)
Instant Cold Packs	5 (16,13%)
Gel packs	20 (64,52%)
Cold Spray	3 (9,68%)
Cold Gel	3 (9,68%)
Cold Wrap	1 (3,23%)
Cold Patch	0 (0%)

Kunt u aangeven in hoeverre u deze uitspraken vindt passen bij deze producten? U hoeft het product niet perse te kennen, u kunt antwoorden naar uw gevoel. Meerdere antwoorden mogelijk n=27; #580

	<i>Handig</i>	<i>Veilig</i>	<i>Leuk</i>	<i>Comfortabel</i>	<i>Milieuvriendelijk</i>
Ice packs	17 (62,96%)	12 (44,44%)	0 (0%)	3 (11,11%)	7 (25,93%)
Instant cold packs	20 (74,07%)	7 (25,93%)	9 (33,33%)	5 (18,52%)	2 (7,41%)
Gel packs	19 (70,37%)	8 (29,63%)	0 (0%)	7 (25,93%)	1 (3,70%)
Cold spray	19 (70,37%)	6 (22,22%)	2 (7,41%)	6 (22,22%)	0 (0%)
Cold gel	16 (59,26%)	8 (29,63%)	1 (3,70%)	9 (33,33%)	1 (3,70%)
Cold wrap	9 (33,33%)	8 (29,63%)	0 (0%)	7 (25,93%)	3 (11,11%)
Cold patch	13 (48,15%)	8 (29,63%)	3 (11,11%)	6 (22,22%)	4 (14,81%)
	<i>Geschikt voor kinderen</i>	<i>Voor onderweg</i>	<i>Voor thuis</i>	<i>Gebruiks-vriendelijk</i>	<i>Zou ik willen proberen</i>
Ice packs	10 (37,04%)	2 (7,41%)	20 (74,07%)	10 (37,04%)	5 (18,52%)
Instant cold packs	9 (33,33%)	23 (85,19%)	6 (22,22%)	13 (48,15%)	11 (40,74%)
Gel packs	10 (37,04%)	2 (7,41%)	19 (70,37%)	10 (37,04%)	4 (14,81%)
Cold spray	7 (25,93%)	20 (74,07%)	8 (29,63%)	10 (37,04%)	6 (22,22%)
Cold gel	10 (37,04%)	21 (77,78%)	11 (40,74%)	12 (44,44%)	6 (22,22%)
Cold wrap	4 (14,81%)	10 (37,04%)	7 (25,93%)	6 (22,22%)	7 (25,93%)
Cold patch	8 (29,63%)	13 (48,15%)	5 (18,52%)	6 (22,22%)	2 (7,41%)

Welk cijfer zou u ieder product geven?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ice packs (n=28; #28)	0 0%	0 0%	2 7,14%	0 0%	3 10,71%	10 35,71%	7 25%	5 17,86%	1 3,57%	0 0%
Instant cold packs (n=27; #27)	1 3,7%	0 0%	0 0%	0 0%	2 7,41%	2 7,41%	7 25,93%	10 37,04%	5 18,52%	0 0%
Gel packs (n=29; #29)	0 0%	0 0%	0 0%	1 3,45%	2 6,9%	4 13,79%	8 27,59%	9 21,03%	5 17,24%	0 0%
Cold spray (n=26; #26)	1 3,85%	1 3,85%	0 0%	1 3,85%	1 3,85%	5 19,23%	12 46,15%	3 11,54%	2 7,69%	0 0%
Cold gel (n=27; #27)	1 3,7%	0	0 0%	0 0%	0 0%	8 29,63%	9 33,33%	8 29,63%	1 3,7%	0 0%
Cold wrap (n=25; #25)	1 4%	2 8%	0 0%	1 4%	2 8%	4 16%	8 32%	5 20%	2 8%	0 0%
Cold patch (n=25; #25)	1 4%	2 8%	0 0%	3 12%	3 12%	10 40%	4 16%	2 8%	0 0%	0 0%

Gemiddelde cijfers:

Ice packs	6,4
Instant cold packs	7,3
Gel packs	7,3
Cold Spray	6,5
Cold Gel	6,9
Cold Wrap	6,3
Cold Patch	5,4

Kunt u de producten naar voorkeur op volgorde zetten,
 waarbij 1 uw favoriete, en 7 uw minst favoriete product is? n=26; #26

	1	2	3	4	5	6	7
Ice packs	5 (19,23%)	4 (15,38%)	5 (19,23%)	2 (7,69%)	2 (7,69%)	3 (11,53%)	5 (19,23%)
Instant cold packs	9 (34,62%)	6 (23,08%)	8 (30,77%)	0 (0%)	1 (3,85%)	2 (7,69%)	0 (0%)
Gel packs	4 (15,38%)	7 (26,92%)	1 (3,85%)	3 (11,53%)	3 (11,53%)	6 (23,08%)	2 (7,69%)
Cold spray	2 (7,69%)	4 (15,38%)	4 (15,38%)	8 (30,77%)	4 (15,38%)	2 (7,69%)	2 (7,69%)
Cold gel	4 (15,38%)	2 (7,69%)	4 (15,38%)	9 (34,62%)	6 (23,08%)	1 (3,85%)	0 (0%)
Cold wrap	2 (7,69%)	3 (11,53%)	3 (11,53%)	1 (3,85%)	6 (23,08%)	7 (26,92%)	5 (19,23%)
Cold patch	0 (0%)	0 (0%)	1 (3,85%)	3 (11,53%)	5 (19,23%)	5 (19,23%)	12 (46,15%)

Samengevat:

- 1 Instant cold packs
- 2 Gel packs
- 3 Ice packs
- 4 Cold gel
- 5 Cold Spray
- 6 Cold wrap
- 7 Cold patch

B.4. Resultaten voor hypothese 1

Hypothese 1 luidt: "vrouwen en mensen met kleine kinderen koelen vaker een blessure dan anderen".

Vrouwen & mensen met kleine kinderen:

Koelen:	eigen blessure	iemand anders	totaal
Ja	12/22 (54,55%) +	13/16 (81,25%) =	25/38 (65,79%)
Nee	10/22 (45,45%) +	3/16 (18,75%) =	13/38 (34,21%)

Mannen zonder kleine kinderen:

Koelen:	eigen blessure	iemand anders	totaal
Ja	6/10 (60%) +	4/6 (66,67%) =	10/16 (62,5%)
Nee	4/10 (40%) +	2/6 (33,33%) =	6/16 (37,5%)

Bijlage C:

Interview fysiotherapeuten

Middels een interview met een aantal fysiotherapeuten is gezocht naar een verklaring voor de resultaten van de gebruikersenquête, bijvoorbeeld waarom de consument het ene product verkiest boven het andere. Tevens kon middels deze interviews gecontroleerd worden of de gevonden gegevens omtrent koeltemperatuur en –middelen correct zijn. Bovendien zal uit de expertise van de fysiotherapeuten blijken of het ene product mogelijk beter werkt of betrouwbaarder is dan het andere. Al met al belangrijke gegevens om een nieuw koelproduct te ontwikkelen. In deze bijlage wordt per gestelde vraag een samenvatting gegeven van de antwoorden die door de fysiotherapeuten zijn gegeven.

Cryotherapie is het koelen van het weefsel, zodat de bloedvaten vernauwen en zenuwuiteinden zich terugtrekken. Tot welke temperatuur moet het weefsel worden gekoeld om deze reacties op te roepen in het lichaam?

Koelen met bijvoorbeeld water is vooral gericht op het terugdringen van de pijn. Met ijs kun je ook het diepere weefsel koelen, zodat ook een ontstekingsreactie verminderd kan worden. Tot welke temperatuur het weefsel gekoeld moet worden, is bij de meesten niet bekend. Velen houden gewoon een duur van 15 minuten aan.

Hoe lang moet een blessure worden gekoeld om de gewenste reacties in het lichaam op te roepen? En wanneer koel je te lang?

De meeste fysiotherapeuten geven aan vooral te koelen met een koelkompres. Na ca. 15 minuten koelen zijn deze vaak niet echt koud meer, waardoor deze niet goed meer werken. Vaak wordt er op dit moment gestopt met koelen. De meeste fysiotherapeuten geven aan dat 15 minuten naar hun mening ook wel lang genoeg is.

Wat behoor je te merken en voelen aan de blessure, wanneer een cryotherapeutische behandeling goed werkt? Doet het pijn, gaat het tintelen? Wat voel je?

Wanneer je koelt met een koelkompres merk je er eigenlijk niet zoveel van, behalve dan dat het plaatselijk erg koud wordt. Je moet natuurlijk niet het kompres direct op de huid leggen, want dan kunnen bevriezingsverschijnselen optreden, wat wel erg veel pijn kan doen. Bij bijvoorbeeld een ijsmassage merk je wel wat; eerst gaat het tintelen, en daarna wordt het een beetje gevoelloos, net als wanneer je bijvoorbeeld sneeuwballen hebt gegooid (ijsvingers). Ijs-massages worden de laatste jaren echter niet veel meer toegepast.

Uit een enquête onder consumenten is gebleken dat het overgrote deel van de blessures worden opgelopen tijdens het sporten. Kunt u dit bevestigen?

Dit klopt.

Welke blessures komen het vaakst voor, of welke lichaamsdelen worden het vaakst geblesseerd?

Bij voetballers zie je vaak een blessure aan de kruisbanden (knie), maar ook enkelblessures komen vaak voor. Enkelblessures worden vaak overal opgelopen, op onverwachte momenten, bijvoorbeeld door de enkel gaan kan overal gebeuren.

Uit de gebruikersenquête is ook naar voren gekomen dat veel mensen niet goed weten wanneer, hoe lang en hoe vaak een blessure het best gekoeld kan worden. Weet u misschien waar dit door komt?

De meeste fysiotherapeuten denken dat veel mensen wel weten dat direct koelen het best werkt. Maar waarom veel niet weten hoe lang en hoe vaak het best gekoeld moet worden is voor hen ook een vraagteken. Misschien komt het doordat men vooraf geen interesse heeft, en daarom niet goed weten hoe ze moeten handelen wanneer het erop aankomt.

Denkt u dat de aard van een product de consument kan helpen bij het correct koelen van de blessure? Zo ja, hoe bijvoorbeeld?

Velen denken dat het vooral voor de duur van het koelen goed kan helpen. Als je bijvoorbeeld een klokje, geluidje of lampje hebt, zal je veel minder vaak hebben dat mensen denken dat het kwartier nu wel om is, terwijl ze pas 5 minuten aan het koelen zijn. Ook handig omdat ze nu niet meer eerst moeten nadenken/bijsluiter moeten raadplegen over hoe lang gekoeld moet worden. Ze kunnen zo dus sneller koelen, wat alleen maar gunstig is.

Verschillende blessures zijn vaak van wisselende grootte. Denkt u dat het kunnen variëren van het koeloppervlak van een koelproduct in dit opzicht gunstig is? Waarom?

Op deze vraag wordt wisselend gereageerd. Aan de ene kant wordt aangegeven dat het handig zou zijn, vooral omdat de enkels van een dik persoon vaak veel groter zijn dan deze van een dun persoon, waardoor het dus wel handig zou zijn als je de lengte van het product kunt variëren. Aan de andere kant is men bang dat het ook uitlokt om meer huid gaan koelen dan nodig is, en dat is niet de bedoeling, dit zou tot meer beschadiging kunnen leiden.

De consument verkiest de standaard koelkompressen over andere koelproducten zoals bijvoorbeeld een verkoelende spray. Heeft u enig idee waar dit door komt?

Hierop kunnen de fysiotherapeuten niet met zekerheid op antwoorden. Wel wordt er gegokt dat de consument directe koeling met een kompres betrouwbaarder vindt. Er wordt ook geopperd dat kompressen een diepere werking hebben, dus het dieperliggende weefsel beter koelen dan de andere middelen. Hoewel het niet aannemelijk is dat de consument hiervan bewust is, zou het een reden kunnen zijn.

Als u kunt kiezen uit een koelproduct dat koelt doordat het zelf koud is, doordat het bij verdamping warmte onttrekt aan de huid of doordat het verkoelende ingrediënten (zoals menthol) bevat, welk product zou u dan gebruiken? Waarom?

Als het kan een koelkompres, omdat deze een diepere werking hebben, en dus de blessure beter behandelen. Maar wanneer er geen koelkompres in de buurt is zou men een ander middel gebruiken, onder het motto van 'iets is beter dan niets'.

Gelooft u in de werking van menthol en vergelijkbare ingrediënten, als het gaat om cryotherapie? Waarom?

Nee. Het werkt heel erg oppervlakkig, waardoor het wel de pijn verminderd, maar geen zwelling en ontstekingsreactie remt. Het is meer voor het idee van 'ik heb er wat aan gedaan' dan dat het dus echt helpt.

Gelooft u in de werking van verkoelende sprays, als het gaat om cryotherapie? Waarom?

Nee. Het werkt heel erg oppervlakkig, waardoor het wel de pijn verminderd, maar de zwelling en een ontstekingsreactie niet zo goed remt als dieper werkende producten zoals koelkompressen of een ijsmassage.

Bijlage D:

Berekeningen aan koeling

In deze bijlage zijn de berekeningen aan het koelen van een enkelblessure getoond. De enkel en knie zijn de meest geblesseerde lichaamsdelen, en kunnen zodoende als uitgangspunt gebruikt worden. De eerste paragraaf beschrijft de berekening van de hoeveelheid warmte die aan een enkel onttrokken moet worden om deze goed te koelen. In de paragrafen 2 tot 5 wordt gerekend aan de verschillende koelprincipes, zodat een overwogen keuze gemaakt kan worden welke principes toe te passen in het te ontwerpen koelproduct.

D.1. Benodigde energie-onttrekking

Om een succesvol koelproduct te ontwikkelen is het van belang om te weten hoeveel energie dit ongeveer kost, zodat het product hierop aangepast kan worden. Een exacte berekening is hierbij niet aan de orde, een globale schatting zou in deze fase voldoende moeten zijn. Omdat een enkelblessure door fysiotherapeuten genoemd wordt als meest voorkomende blessure, zal de enkel ook het uitgangspunt zijn voor deze berekening.

Om te bepalen hoeveel warmte aan de huid en het onderliggende weefsel moet worden onttrokken om een blessure goed te koelen, is het belangrijk om te weten welke gegevens nodig zijn om deze berekening te maken. De basisformule voor warmte is als volgt:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T, \text{ met:}$$

Q = warmte in kJ
 m = massa in kg
 c = soortelijke warmte in kJ/(kg·K)
 ΔT = temperatuursverschil in K

Omdat de massa van een enkel lastig te bepalen is, moet de massa eerst worden berekend:

$$m = \rho \cdot V, \text{ met:}$$

ρ = dichtheid in kg/dm³
 V = volume in dm³
Er geldt nu dus:
 $Q = \rho \cdot V \cdot c \cdot \Delta T$



De formule is compleet, de gegevens over menselijk weefsel kunnen worden verzameld. Het menselijk lichaam bestaat uit verschillende weefsels, welke ook in ieder lichaamsdeel in andere verhoudingen voorkomen. Bovendien verschilt dit ook per persoon; zo zal een stevig persoon bijvoorbeeld minder spierweefsel en juist meer vetweefsel hebben dan een atletisch persoon. Hierdoor is het lastig is om voor de enkel als specifiek lichaamsdeel de verschillende waardes te bepalen. De waardes die hieronder gegeven worden, zijn dan ook gebaseerd op aannames en gemiddelde waardes. Omdat de berekening niet exact hoeft te zijn is dit echter geen probleem.

Om het volume van de enkel te bepalen, is de omtrek van de enkel bij een gemiddeld persoon (niet dik, niet dun, matig sportief) opgemeten. Wanneer de enkel voor de berekening vereenvoudigd wordt tot een massieve cilinder en de enkel enigszins schuin is opgemeten (zie fig. D1), zal dit een redelijke aanname zijn. Hoewel de enkel in werkelijkheid waarschijnlijk niet door en door gekoeld hoeft te worden (het bot bijvoorbeeld hoeft niet te worden gekoeld), wordt op deze manier het energieverlies door convec-tie en de verwarming van het lichaam gecompenseerd.

Fig. D1: Opmeten enkelomtrek

De opgemeten omtrek bedraagt 30 cm. Door deze waarde in te voeren in de formule voor de omtrek van een cirkel kan de straal worden bepaald, welke vervolgens gebruikt kan worden om het oppervlak van deze cirkel te berekenen. Wanneer wordt aangenomen dat de blessure van redelijke grootte is, zou een cilinder met een hoogte van 15 cm volstaan om het volume te kunnen bepalen.

$$O=2\pi r=0,3 \text{ m, dus } r=0,3/2\pi=0,0477 \text{ m}$$

$$V=\pi r^2 \cdot h=\pi \cdot (0,0477)^2 \cdot 0,15=1,074 \cdot (10)^{-3} \text{ m}^3.$$

Dit is gelijk aan 1,074 dm³ (1,074 liter)

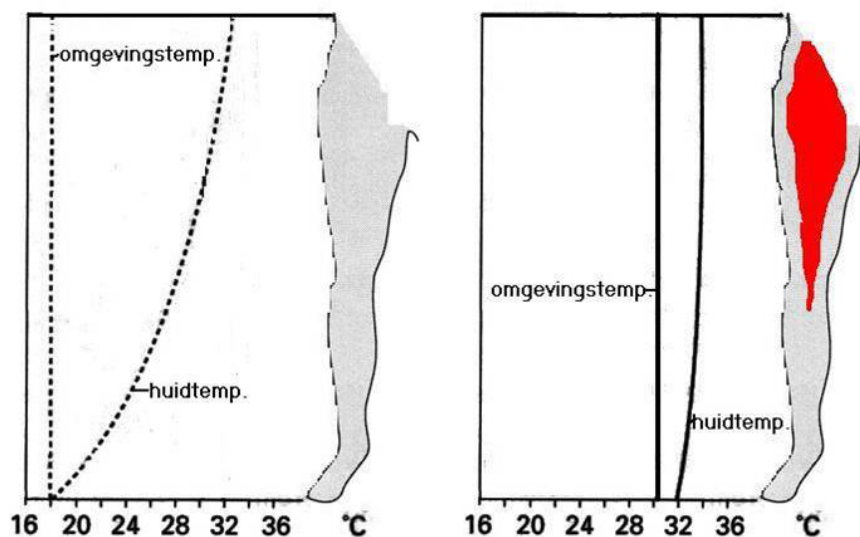


Fig. D2: Huidtemperatuur

Het temperatuurverschil kan vervolgens worden bepaald door de temperatuur die benodigd is om een blessure goed te koelen af te trekken van de temperatuur die het weefsel in de enkel normaalgesproken heeft bij kamertemperatuur. Zoals eerder al is genoemd, moet de temperatuur van het weefsel bij cryotherapie worden teruggebracht tot een temperatuur tussen 1 en 10 °C. Voor het gemak zal hier een temperatuur van 5 °C worden aangehouden. De temperatuur van het weefsel in de enkel bij kamertemperatuur kan worden afgeleid uit Fig. D2. Wanneer 22 °C wordt aangehouden als kamertemperatuur, kan de huidtemperatuur als volgt worden bepaald:

$$T_{22}=1/3 \cdot T_{30}+2/3 \cdot T_{18}=1/3 \cdot 32+2/3 \cdot 22 \approx 25 \text{ °C}$$

Immers kan het gebied tussen 18 en 30 °C worden opgedeeld in 3 gelijke delen, waarbij 22 °C op een deel van 18 °C af ligt.

Verder gelden voor het menselijk lichaam de volgende waarden:

$$\rho=1,050 \text{ kg/dm}^3 \text{ en } c=3,5 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}^*$$

Hiermee zijn alle gegevens compleet en kan worden berekend hoeveel warmte aan de enkel onttrokken moet worden om voldoende koeling te bieden:

$$Q=\rho \cdot V \cdot c \cdot \Delta T=1,050 \cdot 1,074 \cdot 3,5 \cdot (25-5)=78,939 \text{ kJ}$$

*: Soortelijke warmte mens afkomstig van: De Morree, J.J. et.al. (2006).

D.2. Verdampingswarmte

Er zijn veel verschillende stoffen beschikbaar welke kunnen volstaan als verkoelende spray; eigenlijk is alleen belangrijk dat het onder druk vloeibaar gehouden kan worden, en dat het kookpunt onder kamertemperatuur ligt, zodat het kan verdampen op de huid. Stoffen die hier vaak voor worden gebruikt zijn bijvoorbeeld dimethylether (DME), tetrafluorethaan (R134A) en difluorethaan (R152A). Hoeveel van deze stoffen er nodig is om de blessure te koelen, kan volgens volgende formule worden berekend:

$$V = Q / (\rho \cdot L), \text{ met:}$$

$$V = \text{Benodigde vloeistofvolume in m}^3$$

$$Q = \text{Warmte die onttrokken moet worden aan het weefsel (=78,939 kJ)}$$

$$\rho = \text{Vloeistofdichtheid in kg/m}^3$$

$$L = \text{Latente verdampingswarmte in kJ/kg}^{*1}$$

In tabel D1 zijn de eigenschappen van de drie bovengenoemde stoffen weergegeven, evenals de benodigde hoeveelheid om de enkelblessure goed te kunnen koelen. Uit de tabel kan worden opgemaakt, dat Dimethylether het best geschikt is om gebruikt te worden als koelspray voor deze toepassing. Hierbij moet wel de opmerking gemaakt worden, dat deze hoeveelheid vloeistof overeenkomt met ruim anderhalve spuitbus deodorant (deze bevatten ca. 150 ml), en dat deze hoeveelheid dan in een enkele koelbehandeling op de blessure gespoten moet worden. Zodoende kun je je afvragen of een verkoelende spray wel zo geschikt is om een blessure mee te koelen.

Omdat de opdrachtgever heeft aangegeven potentie te zien in een koelproduct op basis van een verkoelende spray, is wat verder gezocht. Na een brainstormsessie op het kantoor van Pronova, waarbij een paar heren aanwezig waren die veel kennis hebben over CO₂, is gebleken dat deze stof vermoedelijk beter geschikt is dan bijvoorbeeld dimethylether. Dit wordt door de berekening ook bevestigd.

Tabel D1: Gegevens koelstoffen, afkomstig van Air Liquide (z.d.) en Alibaba.com (z.d.).

Stof	Formule	Kookpunt (°C)	Vloeistofdichtheid (kg/m ³)*2	Latente verdampingswarmte (kJ/kg)	Benodigde hoeveelheid (ml)
Dimethylether (DME)	(CH ₃) ₂ O	-24.8	734.7	466.9	230
Difluorethaan (RI52A)	F ₂ HC-CH ₃	-24.7	899	279.1	315
Tetrafluorethaan (RI34A)	CH ₂ -FCF ₃	-26.1	1207	215.0	304
Koolstofdioxide	CO ₂	-78.5	1600*3	571.3	86.4

*1: De latente verdampingswarmte is een maat voor de hoeveelheid energie die nodig is om 1 kg van een bepaalde stof te laten verdampen.

*2: Bij standaarddruk en kookpunt

*3: dichtheid van droogeis (Koolstofdioxide sublimeert bij kamertemperatuur en 1atm druk)

D.3. Endotherme Reactie

Een tweede principe waarop een koelproduct gebaseerd kan zijn, is de endotherme reactie. Bij een dergelijke reactie is energie nodig om de reactie te laten verlopen, welke aan de omgeving onttrokken wordt. Zoals eerder al is bekend, moet er 78,939 kJ aan warmte-energie worden onttrokken aan de enkel om een blessure voldoende te koelen. De oploswarmte (ΔH) van de verschillende zouten is gegeven in kJ/mol. Door de benodigde energie (Q) te delen door de oploswarmte, kan worden bepaald hoeveel mol van een stof benodigd is om de blessure te koelen. Door deze formule te combineren met de molaire massa (M) van de stof, kan worden bepaald hoeveel gram van iedere stof hiervoor benodigd is:

$$m_{\text{benodigd}} = Q / \Delta H \cdot M$$

Aan de hand van de oplosbaarheid (S) kan hierna worden bepaald hoeveel water er ten minste nodig is om al het zout te kunnen oplossen:

$$V_{\text{water}} = m_{\text{benodigd}} / S$$

De gegevens van de verschillende zouten en de resultaten omtrent benodigde hoeveelheden zijn te vinden in tabel D2. Hieruit is duidelijk op te maken, dat ammoniumnitraat niet voor niets het meest gebruikt wordt in bijvoorbeeld instant cold packs: het heeft een zeer hoge oplosbaarheid, waardoor er in eenzelfde volume veel meer energie onttrokken wordt aan de omgeving dan bij de andere zouten. De dichtheid van ammoniumnitraat is 1,75 kg/L, wat betekent dat de benodigde hoeveelheid ammoniumnitraat een volume heeft van 142 ml. Opgeteld bij het volume van het water waarin het opgelost is levert dit een totaalvolume van 267 ml. Dit is een mooi formaat om blessures mee te koelen.

Tabel D2: Gegevens zouten

Zout	Formule	ΔH (kJ/mol)*1	M (g/mol)	S (g/L)*2	m _{benodigd} (g)	V _{water} (L)
Kaliumchloraat	KClO ₃	+41.38	122.55	85	236.75	2.785
Ammoniumnitraat	NH ₄ NO ₃	+25.69	80.052	2000	249.10	0.125
Natriumchloride	NaCl	+3.88	58.44	359	1188.97	3.312

*1: in water van 25 °C

*2: geschat door interpolatie

D.4. Warmtestroom

Koelen door een warmtestroom op te wekken is ook een optie. Belangrijk om hierbij op te merken, is dat het koelproduct hiervoor van tevoren op temperatuur gebracht moet worden door deze bijvoorbeeld voor langere tijd in de diepvries te leggen. Een diepvries met een temperatuur van -18 °C is de uitgangstemperatuur voor deze berekening.

Een belangrijke factor binnen deze berekening is de soortelijke warmte van de koelstof. Water heeft verreweg de grootste soortelijke warmte. Grappig is hierbij dat ijs een andere soortelijke warmte heeft dan water in vloeibare vorm. Behalve water zijn er de nodige andere middelen die, gezien de soortelijke warmte, in aanmerking zouden komen voor de functie van koelmiddel. Zo hebben ethanol (alcohol) en lithium hebben ook een hoge soortelijke warmte. Ethanol zal in deze berekening dan ook worden meegenomen. Lithium wordt achterwege gelaten, omdat het in contact met water tot ontploffing kan leiden en zodoende niet bepaald geschikt is om toegepast te worden in een consumentenproduct (het menselijk lichaam bestaat voor het grootste deel ook uit water). Daarnaast wordt water vaak gemengd met bijvoorbeeld propyleenglycol of ethyleenglycol. Deze stoffen verlagen het vriespunt van het water, waardoor het bij eenzelfde temperatuur vloeibaar blijft en zodoende gemakkelijker naar wens vervormd kan worden. De beide stoffen hebben vergelijkbare eigenschappen, echter is ethyleenglycol erg giftig, en is zodoende minder geschikt dan propyleenglycol voor toepassing in een koelproduct (Engineeringtoolbox, z.d.).

Het feit dat water smelt binnen het temperatuurtraject tussen -18 en 5 °C maakt het enigszins lastig, doordat je hierdoor te maken krijgt met de smeltwarmte; voor ijs is dit 334 kJ/kg. Omdat nu nog niet bekend is hoe groot het koelproduct zal worden, kan ook nog niet worden bepaald of het nodig is om de berekening zodanig aan te passen dat ook de smeltwarmte en de soortelijke warmte van water in vloeibare toestand in de berekening worden betrokken. Het idee is zodoende om eerst te berekenen hoeveel water nodig is wanneer het niet mag ontdooien (dus een maximale temperatuur van 0 °C). Mocht de benodigde hoeveelheid te groot zijn, kan de berekening worden aangepast zodat de smeltwarmte en de soortelijke warmte van water ook in de berekening worden opgenomen. Uiteraard wordt voor hetzelfde temperatuurverschil ook een berekening gemaakt voor ethanol en een oplossing van 40%- en 60%-propyleenglycol.

De benodigde gegevens van water en ethanol zijn te vinden in tabel D3:

Tabel D3: Gegevens koelvloeistoffen. Afkomstig van NVON (2004) en engineeringtoolbox (z.d.).

Stof	Formule	Vriespunt (°C)	c _{vloeibaar} (J/(kg.K))	c _{vast} (J/(kg.K))	Q _{smelt} (kJ/kg)	Dichtheid (kg/m ³)
Water	H ₂ O	0	4186	2060	334	0.998
Ethanol	C ₂ H ₆ O	-114.4	2460	n.v.t.	n.v.t.	0.79
40%-propyleenglycol	C ₃ H ₈ O ₂	-22	3747	n.v.t.	n.v.t.	1.0132
60%-propyleenglycol	C ₃ H ₈ O ₂	-48	3370	n.v.t.	n.v.t.	1.0208

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T, \text{ en } V = \rho \cdot m, \text{ dus: } V = (\rho \cdot Q) / (c \cdot \Delta T)$$

$$\rho = \text{dichtheid}$$

$$Q = 78,939 \text{ kJ}$$

$$\Delta T = 0 - (-18) = 18 \text{ K}$$

Dit geeft:

$$\text{Voor water: } V = (0,998 \cdot 78939) / (2060 \cdot 18) = 2,125 \text{ L}$$

$$\text{Voor ethanol: } V = (0,79 \cdot 78939) / (2460 \cdot 18) = 1,408 \text{ L}$$

$$\text{Voor 40\%-propyleenglycol: } V = (1,0132 \cdot 78939) / (3747 \cdot 18) = 1,186 \text{ L}$$

$$\text{Voor 60\%-propyleenglycol: } V = (1,0208 \cdot 78939) / (3370 \cdot 18) = 1,328 \text{ L}$$

Voor alle stoffen geldt dat er een behoorlijke hoeveelheid nodig om de blessure goed te kunnen koelen, eigenlijk te veel. Hieronder dus de aangepaste formule voor water, waarin de smeltwarmte en de soortelijke warmte van water zijn toegevoegd, gevolgd door een herberekening voor alle stoffen.

In dit geval zijn er twee trajecten te onderscheiden:

Traject 1: $\Delta T_1 = 0 - -18 = 18 \text{ K}$; c_{vast}

Traject 2: smelten

Traject 3: $\Delta T_2 = 5 - 0 = 5 \text{ K}$; $c_{\text{vloeibaar}}$

De formule wordt dan als volgt:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T, \text{ en } V = \rho \cdot m, \text{ dus: } V = (\rho \cdot Q) / (c \cdot \Delta T)$$

$$Q = m(c_{\text{vast}} \cdot \Delta T_1 + Q_{\text{smelt}} + c_{\text{vloeibaar}} \cdot \Delta T_2), \text{ en } V = \rho \cdot m$$

$$\text{dus: } V = (\rho(c_{\text{vast}} \cdot \Delta T_1 + Q_{\text{smelt}} + c_{\text{vloeibaar}} \cdot \Delta T_2)) / Q$$

Dit geeft:

Voor water: $V = (0,998(2060 \cdot 18 + 334 + 4186 \cdot 5)) / 78939 = 0,738 \text{ L}$

Voor ethanol: $V = (0,79 \cdot 78939) / (2460 \cdot 23) = 1,102 \text{ L}$

Voor 40%-propyleenglycol: $V = (1,0132 \cdot 78939) / (3747 \cdot 23) = 0,928 \text{ L}$

Voor 60%-propyleenglycol: $V = (1,0208 \cdot 78939) / (3370 \cdot 23) = 1,040 \text{ L}$

De resultaten overzichtelijk weergegeven:

Stof	Verwarmen tot 0 °C	Verwarmen tot 5 °C
Water	2,125 L	0,738 L
Ethanol	1,408 L	1,102 L
40%-propyleenglycol	1,186 L	0,928 L
60%-propyleenglycol	1,328 L	1,040 L

Tabel D4: Resultaten warmtestroom

In principe zou je op basis van deze resultaten kunnen concluderen dat het het verstandigst is om het koelproduct te laten opwarmen tot 5 °C, gezien hiervoor aanzienlijk minder koelvloeistof en dus ruimte nodig is. In dit rijtje is er beduidend minder water nodig dan iedere andere stof, waardoor je al gauw zou kiezen voor water als koelmiddel. Echter mag er niet worden vergeten, dat water gedurende het grootste deel van de tijd bevroren is, en het hierdoor lastig is om een goede aansluiting op het lichaam te vinden. Ethanol en de beide propyleenglycolmengsels blijven wel vloeibaar, waardoor 40%-propyleenglycol in dit geval dus waarschijnlijk het meest geschikt is, gezien hiervan na water het minst nodig is om de blessure goed te koelen.

D.5. Thermo-elektrisch effect

Een laatste koelprincipe is het thermo-elektrisch effect. Door een peltier-element aan te sluiten op een stroombron, zal een temperatuurverschil ontstaan tussen de twee geleiders van het element, waarbij de temperatuur van de 'koude' zijde onder de omgevingstemperatuur komt te liggen.

Zoals bekend, moet er tenminste 78.939 kJ warmte onttrokken worden aan de blessure om deze voldoende te koelen. Om niet achter te blijven op de huidige producten, moet het nieuwe product ook binnen 15 minuten voldoende koeling bieden. Dit komt neer op het volgende:

$$Q' (W) = (Q (J)) / t(s) = 78939 / (15 \cdot 60) = 87,71 \text{ W}$$

Om voldoende energie aan het weefsel te onttrekken in 15 minuten, moet dus iedere seconde een hoeveelheid warmte gelijk aan 87,71 Joule aan het weefsel worden onttrokken. Wanneer dit gebeurt met een product op basis van peltier-elementen, betekent dit, dat de peltier-elementen in het product samen een vermogen moeten hebben van tenminste 87,71 Watt, waarbij de warme en de koude geleider respectievelijk een temperatuur van 25 en 5 °C hebben. Omdat peltier-elementen een laag rendement hebben (Tillmann Steinbrecher, z.d.), is gezocht naar een peltier-element met een vermogen dat ruim boven deze 87,71 Watt ligt.

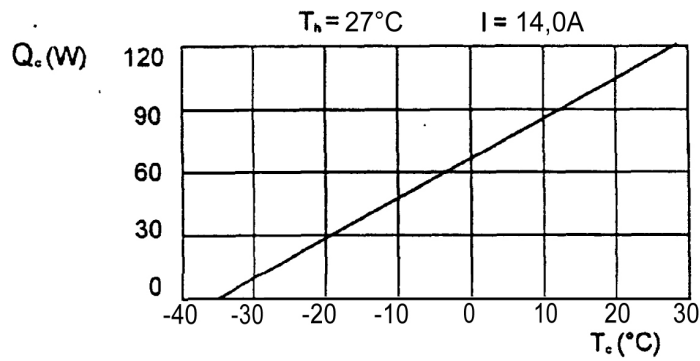


Fig. D3: vermogensgrafiek van element TEC 1-12714 (NTS, 1997).

Peltier-element TEC 1 – 12714 heeft een maximaal vermogen van 123,5 Watt. Uit figuur D3 is af te lezen, dat dit element bij een omgevingstemperatuur van 27 °C en wanneer de temperatuur van de koude geleider 5 °C bedraagt een warmtevermogen van ongeveer 80 Watt levert. 80 Watt is niet voldoende om de blessure in 15 minuten voldoende te koelen, waardoor dit element ten minste bijgestaan moet worden door een tweede element om aan de eisen te voldoen.

Dit element van 123,5 Watt kost maar liefst € 42,21, maar heeft een te laag vermogen om de blessure snel genoeg te koelen en zal dus bijgestaan moeten worden door een tweede element. Je kunt dus wel zeggen dat een koelproduct op basis van peltier-elementen een prijzige oplossing is voor het koelen van blessures zonder gebruik te maken van een diepvries. Zodoende kun je je afvragen of het eigenlijk wel zo vreemd is dat er nog geen product bestaat om blessures te koelen dat werkt volgens dit principe.

Bronnen:

Air Liquide (z.d.). Verkregen op 8 juni 2011 van: <http://encyclopedia.airliquide.com/encyclopedia.asp?LanguageID=7&CountryID=1&Formula=&GasID=80&UNNumber=&EquivGasID=53&VolLiquideBox=&MasseLiquideBox=&VolGasBox=&MasseGasBox=&RD20=29&RD9=8&RD6=64&RD4=2&RD3=22&RD8=27&RD2=20&RD18=41&RD7=18&RD13=71&RD16=35&RD12=31&RD19=34&RD24=62&RD25=77&RD26=78&RD28=81&RD29=82>

Alibaba.com (z.d.). Verkregen op 8 juni 2011 van:
<http://www.alibaba.com/product-tp/103211467/R152A.html>
http://www.alibaba.com/product-gs/356971846/R134a_refrigerant.html
<http://www.alibaba.com/product-gs/445168614/R134a.html>

De Morree, J.J. et.al. (2006). *Inspanningsfysiologie, oefentherapie en training*. Antwerpen: Standaard Uitgeverij/Manteau.

Engineeringtoolbox (z.d.). Verkregen op 14 juni 2011 van:
http://www.engineeringtoolbox.com/ethanol-water-d_989.html

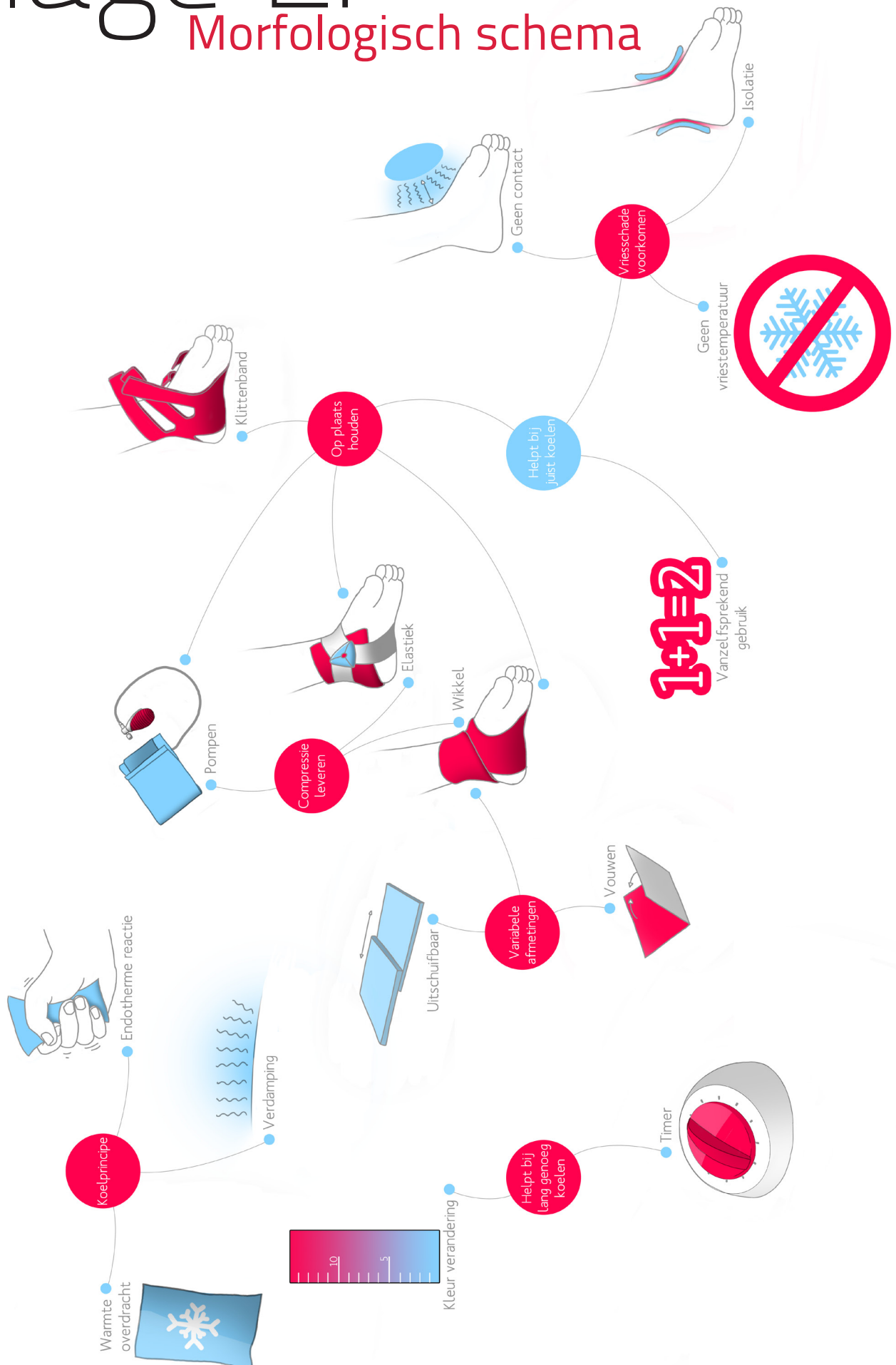
NVON (2004). *BINAS (5e druk): tabellen 10 en 11*. Groningen: Wolters-Noordhoff.

NTS (1997). Verkregen op 15 juni 2011 van: http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/175000-199999/193674-da-01-de-Peltierelement_12714.pdf

Tillmann Steinbrecher (z.d.). Verkregen op 14 juni 2011 van: <http://www.heatsink-guide.com/peltier.htm>

Bijlage E:

Morfologisch schema



Bijlage F:

Conceptkeuzetabel

Verkeleende spray	Gaskompres		Pompkom- pres (gas)		Trekkoord		Losse zout- kristallen		Zoutkristallen in zakje		Instant kompres		Pompkom- pres (zout)		Gelkompres		Elastisch Kompres		Verkeleende sok		Verkeleend schoetel		Koel- vleugeltes'	
	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S
Medische eisen: Weefsel wordt afgekoeld tot 1-10 graden Voldoende koeling in max. 15 minuten Diepe koeling Vriesschade voorkomen Compressie leveren (wens)	1	4	3	12	3	12	2	8	3	12	5	20	3	12	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20
	3	15	3	15	4	20	3	15	4	20	5	25	2	10	5	25	5	25	5	25	5	25	5	25
	2	10	2	10	3	15	4	20	4	20	5	25	3	15	5	25	5	25	5	25	5	25	5	25
	1	5	3	15	3	15	1	5	2	10	2	10	3	15	2	10	2	10	2	10	2	10	3	15
	1	4	2	8	3	12	1	4	2	8	2	8	4	16	2	8	5	20	5	20	3	12	4	16
Gebruikseisen: Te gebruiken met max. 1 hand (na aanbrengen) Logisch & vanzelfsprekend gebruik Bruikbaar voor meest voorkomende blessures Bruikbaar voor alle blessures (wens) Maximaal volume van 2 dm3 Maximaal volume van 0.5 dm3 (wens) Bruikbaar zonder verdere benodigdheden Gemakkelijk te reinigen Helpt juist & lang genoeg koelen (wens) Herbruikbaar (wens) groen' (wens)	2	4	3	6	4	8	2	4	3	6	3	6	3	6	3	6	5	10	5	10	5	10	5	10
	5	20	1	4	3	12	4	16	2	8	5	20	3	12	5	20	3	12	4	16	4	16	3	12
	5	25	5	25	4	20	5	25	5	25	5	25	4	20	5	25	4	20	3	15	2	10	4	20
	4	12	5	15	2	6	3	9	5	15	5	15	2	6	5	15	3	9	1	3	1	3	3	9
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	5	15	5	15	3	9	3	9	5	15	3	9	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3
	5	25	4	20	3	15	4	20	5	25	5	25	3	15	5	25	3	15	3	5	1	5	4	20
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	16	3	12	4	16	3	12	1	4	2	8	3	12	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20
	4	8	3	6	2	4	5	10	5	8	4	8	3	6	3	6	3	6	3	4	1	2	3	6
Eisen van de opdrachtgever: De verkoopprijs competitief aan soortgelijke producten Medisch hulpmiddel klasse I of lager Innovatief	4	20	4	20	2	10	5	10	5	25	5	25	1	5	5	25	4	20	5	20	2	10	3	15
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	20	5	20	4	16	3	16	3	12	1	4	3	12	1	4	2	8	1	8	3	12	3	12
Totaalscore:	203	203	204	204	204	204	189	208	239	171	237	223	214	183	228									

P Punten dat het idee krijgt voor de betreffende eis

S Score van het idee op de betreffende eis (=waarde x punten)

Bijlage G:

Biopolymeren

Biologisch afbreekbare kunststoffen zijn er in veel verschillende vormen. Zo kunnen ze worden geproduceerd uit zetmeel, cellulose en natuurlijk melkzuur of worden gemaakt door micro-organismen zoals bacteriën en gisten. Hoewel er talloze mogelijkheden zijn om biopolymeren te produceren, gebeurt dit momenteel nog erg weinig. Over het algemeen geldt dat de traditionele kunststoffen zoals PET, polystyreen (PS) en polyethyleen (PE) vele malen goedkoper zijn dan de biologisch afbreekbare kunststoffen, waardoor deze duurzame polymeren vrij weinig gebruikt worden. De vraag is hierdoor klein, waardoor slechts een klein aantal producenten zich bezig houdt met de productie van biologisch afbreekbare kunststoffen. Zodoende zijn slechts een paar van de vele biologisch afbreekbare kunststoffen goed verkrijgbaar en enigszins betaalbaar. De biologisch afbreekbare polymeren die (goed) beschikbaar zijn, worden hieronder beschreven.

G.1. Natuurlijke polyesters:

Natuurlijke polyesters zijn de kunststoffen die worden opgewekt uit biologische, duurzame bronnen. Zo zijn er kunststoffen die door bacteriën, schimmels, gisten of planten worden opgewekt. Deze kunststoffen komen vaak al van nature voor, echter worden deze vaak aangepast om de eigenschappen van het kunststof te optimaliseren. Daarnaast zijn er natuurlijke polyesters die geproduceerd kunnen worden uit natuurlijke suikers, bijvoorbeeld uit suikerbieten of mais. De belangrijkste natuurlijke polyesters worden hieronder beschreven.

G.1.1. Polylactic Acid (PLA of PDLA):

Polylactic Acid is de engelse naam voor thermoplastische melkzuur-polymeren, en is in het Nederlands ook wel bekend als Polylactide of Polymelkzuur. PLA is een polymeer dat wordt gemaakt uit natuurlijke monomeren, uit bijvoorbeeld mais of suikerriet. Zodoende zijn deze polymeren volledig biologisch afbreekbaar en biocompatibel (Moonen Packaging, z.d.). Polymelkzuur heeft een degradatietijd van 6 maanden tot 2 jaar, wat een flinke verbetering is ten opzichte van de 500 tot 1000 jaar voor de conventionele kunststoffen (Sinclair, 1996). PLA wordt dan ook veelvuldig gepromoot als duurzaam alternatief voor de traditionele kunststoffen.

Doordat de moleculen van het polymeer in twee verschillende vormen voorkomen, is er onderscheid te maken tussen L-polylactide, D-polylactide en een mengsel van beide: LD-polylactide. L-polylactide is het natuurlijke melkzuur, D-polylactide is de kunstmatig aangepaste variant (Henton et.al., 2005). Iedere soort heeft specifieke kenmerken die van belang kunnen zijn voor de keuze voor een bepaald type polymelkzuur.

Polymelkzuur is een polymeer dat geschikt is voor een zeer breed scala aan productietechnieken; het kan worden gevormd tot een dunne film, vezels, of worden spuitgegoten in de gewenste vorm of de buisjes die worden gebruikt om flessen uit te blazen. Daarnaast is PLA bij uitstek geschikt om voedsel in te verpakken (Henton et.al., 2005).

Kenmerken*:

- × Kleurloos en transparant
- × $\rho = 1,25 \text{ kg/dm}^3$
- × $T_g = 50^\circ\text{C}$
- × Niet bestend tegen temperaturen lager dan -18°C
- × $\epsilon = 9\%$, dus weinig elastisch
- × Brandbaar
- × Waterbestendig
- × PLA folie 'knispert'
- × Prijs ongeveer €1,50 - €4,00 per kilo granulaat
- × Verreweg de best beschikbare biopolymeer

*: Gegevens afkomstig van Averous (z.d.) en Agrotechnology & Food Sciences Group (2006).

G.1.2. Polyhydroxyalkanoaten (PHA's):

PHA's zijn polymeren die geproduceerd worden door sommige bacteriën, gisten of planten. Hoewel bacteriën dit uit zichzelf kunnen, moeten gisten en planten altijd genetisch gemodificeerd worden om het produceren van PHA's mogelijk te maken. Genetische manipulatie wordt bij bacteriën echter wel vaak toegepast, bijvoorbeeld om de productiecapaciteit te verhogen of om de eigenschappen van de PHA te veranderen (Innovatiecentrum Composteerbare Producten, z.d.). Een bekend type PHA is PHB, wat door bacteriën wordt geproduceerd. De productie van dit polymeer verloopt zoals ook bij veel andere PHA's erg langzaam, waardoor het een vrij prijzig biopolymeer is.

De eigenschappen van de polymeer zijn afhankelijk van de samenstelling van de monomeren waaruit ze worden geproduceerd. Verschillende soorten monomeren kunnen worden gecombineerd, waardoor een grote verscheidenheid aan PHA's geproduceerd kan worden met uiteenlopende eigenschappen. Hoewel PHA's dankzij de grote variëteit in eigenschappen materiaaltechnisch gezien veel uitkomsten kan bieden, worden deze polymeren slechts op zeer beperkte schaal geproduceerd (Innovatiecentrum Composteerbare Producten, z.d.).

Kenmerken*:

- × Hoog kristallijn (niet transparant)
- × UV-stabiel
- × Goede vocht- en aromaweerstand
- × Veel verschillende eigenschappen zijn mogelijk
- × Lage waterdampdoorlatendheid
- × Nauwelijks verkrijgbaar
- × Prijs ca. € 2,00 – 8,00 per kilo granulaat

**: Gegevens afkomstig van Innovatiecentrum Composteerbare Producten (z.d.) en el-Hadi & Ghaffar (2002).*

G.2. Polyesters uit fossiele brandstoffen:

Naast volledig biologische kunststoffen, bestaan er ook kunststoffen die zijn geproduceerd uit aardolie en biologisch afbreekbaar zijn. Deze kunststoffen worden net als de traditionele kunststoffen vervaardigd via synthetische route, echter worden tijdens de productie specifieke fasen doorlopen die het mogelijk maken een biologisch afbreekbare polyester te vervaardigen (Agrotechnology & Food Sciences Group, 2006). Omdat deze kunststoffen worden opgewekt uit aardolie, zijn deze minder milieuvriendelijk dan de volledig biologische kunststoffen, daarentegen zijn deze kunststoffen allicht beter dan de traditionele kunststoffen, welke niet biologisch afbreekbaar zijn.

Polycaprolacton (PCL) is een van de meest toegepaste bio-polyesters uit aardolie. Polycaprolacton kan worden verwerkt op vergelijkbare wijze als ieder polyester, echter is de verwerkingstemperatuur van PCL lager (Agrotechnology & Food Sciences Group, 2006). Vanwege de hoge prijs (zie onder) en het feit dat Polycaprolacton wordt geproduceerd uit aardolie wordt het vaak gemengd met een ander kunststof. Zo wordt het vaak gecombineerd met een biologisch afbreekbaar kunststof uit zetmeel, om de waterbestendigheid te verhogen (Agrotechnology & Food Sciences Group, 2006).

Vanwege de biologische afbreekbaarheid en de hoge prijs worden deze materialen nauwelijks als monomateriaal gebruikt; het wordt vooral vaak gemengd met (echte) bioplastics, zoals bijvoorbeeld polymelkzuur (PLA). Dit mengsel kan goed worden gebruikt om folies te maken met een betere scheurweerstand (Wageningen UR, z.d.).

Kenmerken*:

- × Semi-transparant
- × $\rho = 1,1 \text{ kg/dm}^3$
- × $T_g = -61 \text{ }^\circ\text{C}$
- × $\epsilon = 500\%$, dus zeer elastisch
- × De eigenschappen van PCL zijn te vergelijken met deze van reguliere polyesters
- × Prijs ongeveer €3,00 – €5,00 per kilo granulaat

**: Gegevens afkomstig van Averous (z.d.) en Agrotechnology & Food Sciences Group (2006).*

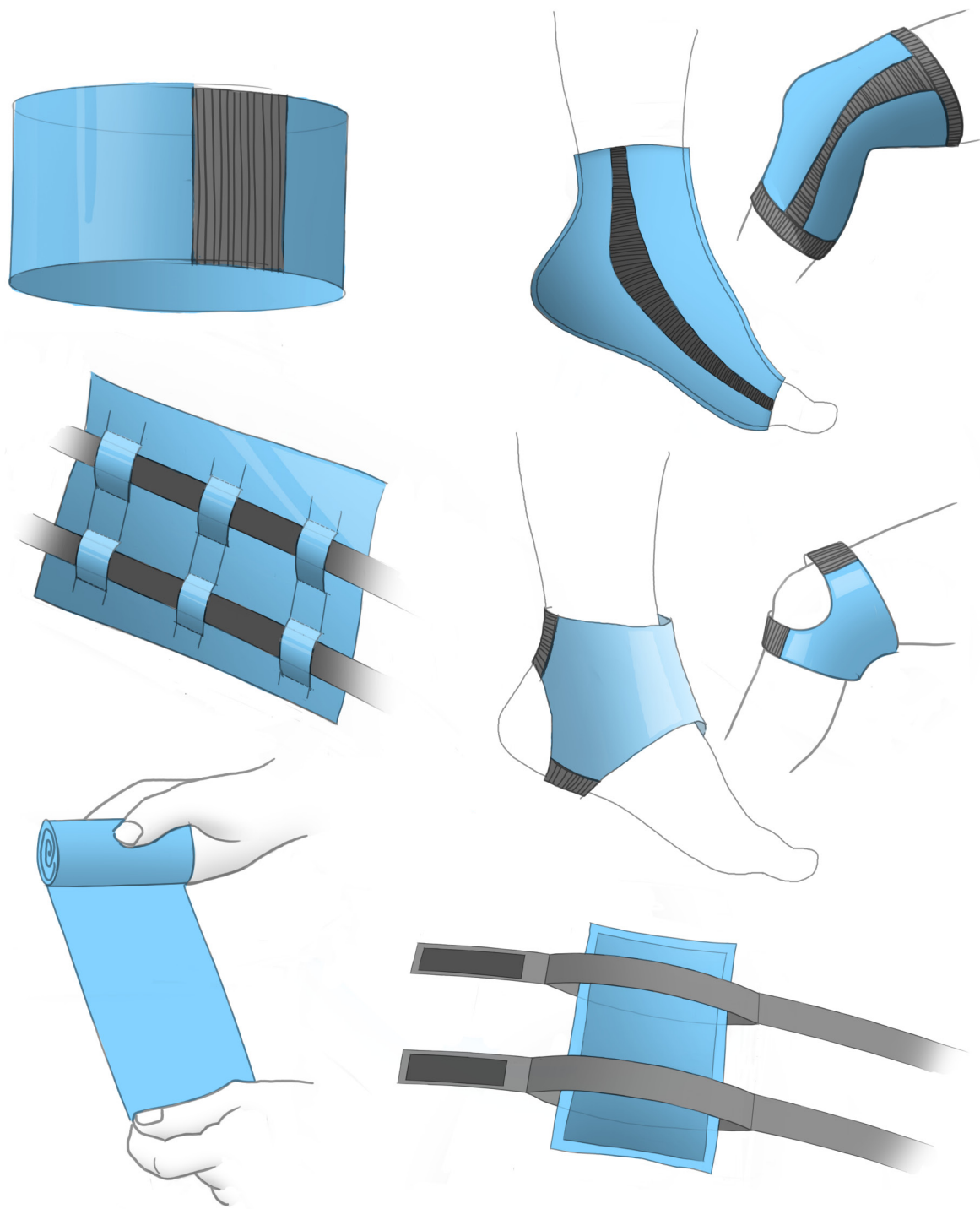
Bronnen:

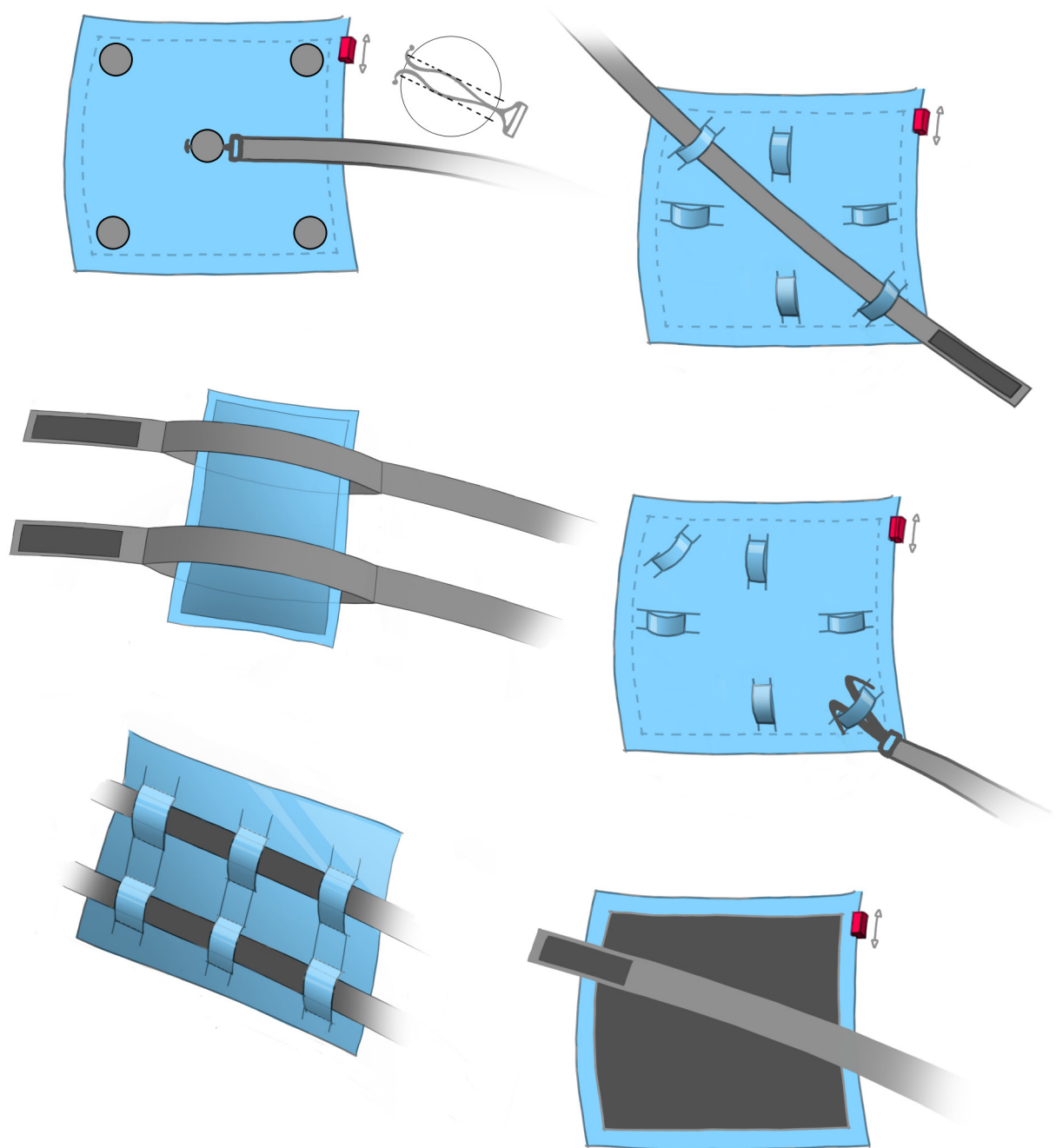
- Agrotechnology & Food Sciences Group (2006). *Bioplastics*. Verkregen op 20 juli 2011 van: <http://edepot.wur.nl/38120>
- Averous, L. (z.d.). Verkregen op 20 juli 2011 van: <http://www.biodeg.net/bioplastic.html>
- El-Hadi, A.M. & Ghaffar, A. (2002). *Development of a biodegradable materials based on PHB*. Verkregen op 22 augustus 2011 van: <http://sundoc.bibliothek.uni-halle.de/diss-online/02/02H017/t2.pdf>
- Wageningen UR (z.d.). *Biobased economy info sheet*. Verkregen op 23 augustus 2011 van: <http://www.groenegrondstoffen.nl/downloads/Infosheets/Composteerbare%20plastics%20uit%20aardolie.pdf>
- Henton, D.E. et.al. (2005). *Polylactic Acid Technology*. Verkregen op 20 juli 2011 van: http://www.jimluntllc.com/pdfs/polylactic_acid_technology.pdf
- Innovatiecentrum Composteerbare Producten (z.d.). Verkregen op 22 augustus 2011 van: <http://www.composteerbareproducten.nl/>
- Moonen Packaging (z.d.). Verkregen op 20 juli 2011 van: <http://www.moonennatural.com/pla.html>
- Sinclair, R.G. (1996). *Journal of Macromolecular Science: Pure and Applied Chemistry*. Verkregen op 12 augustus 2011 van: <http://ddr.nal.usda.gov/bitstream/10113/4048/1/IND43954069.pdf>

Bijlage H:

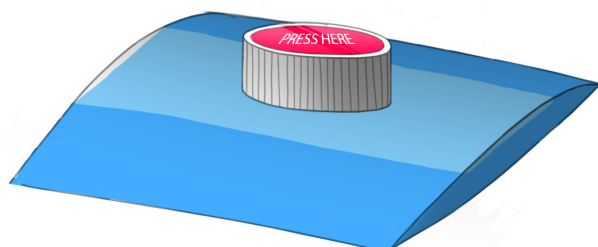
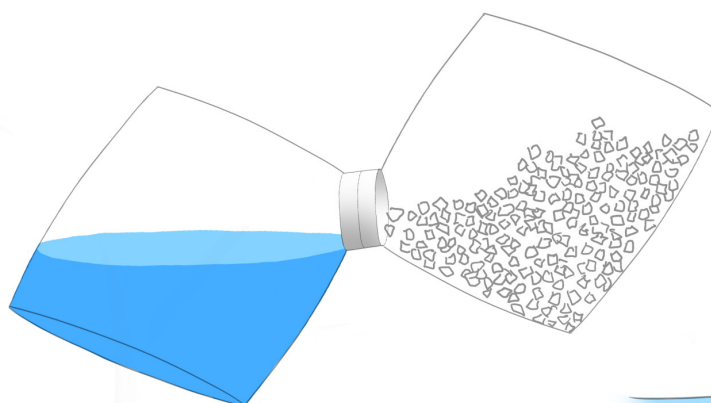
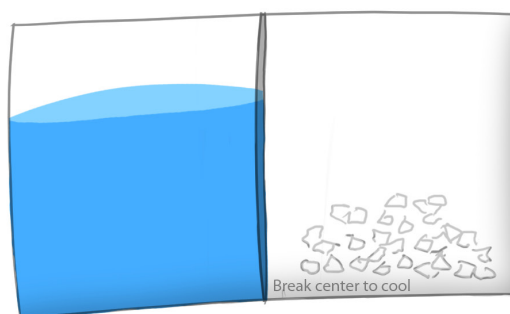
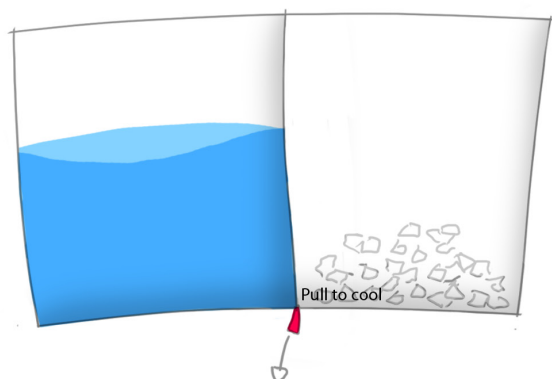
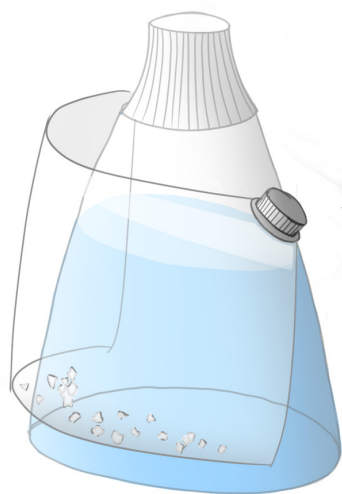
Conceptuitwerking

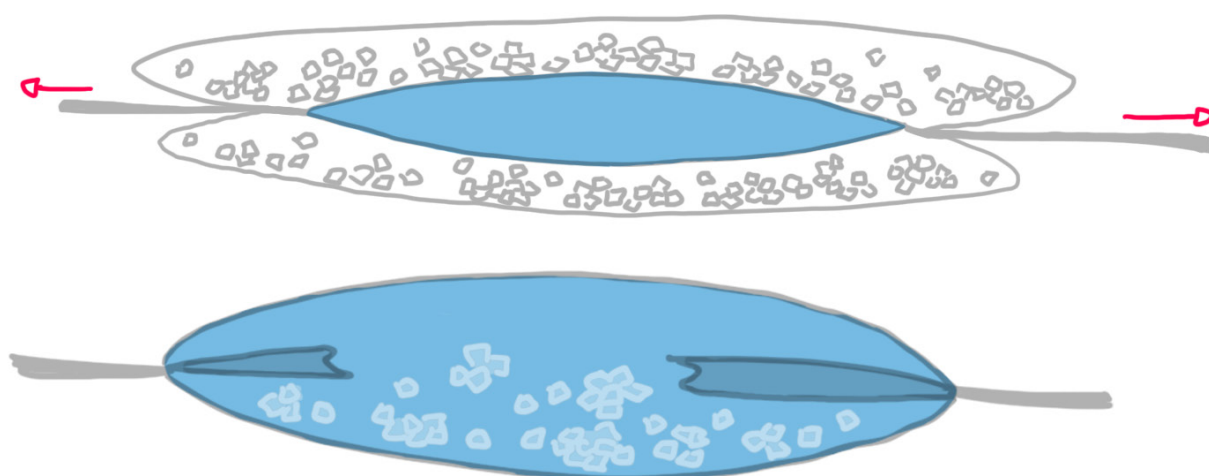
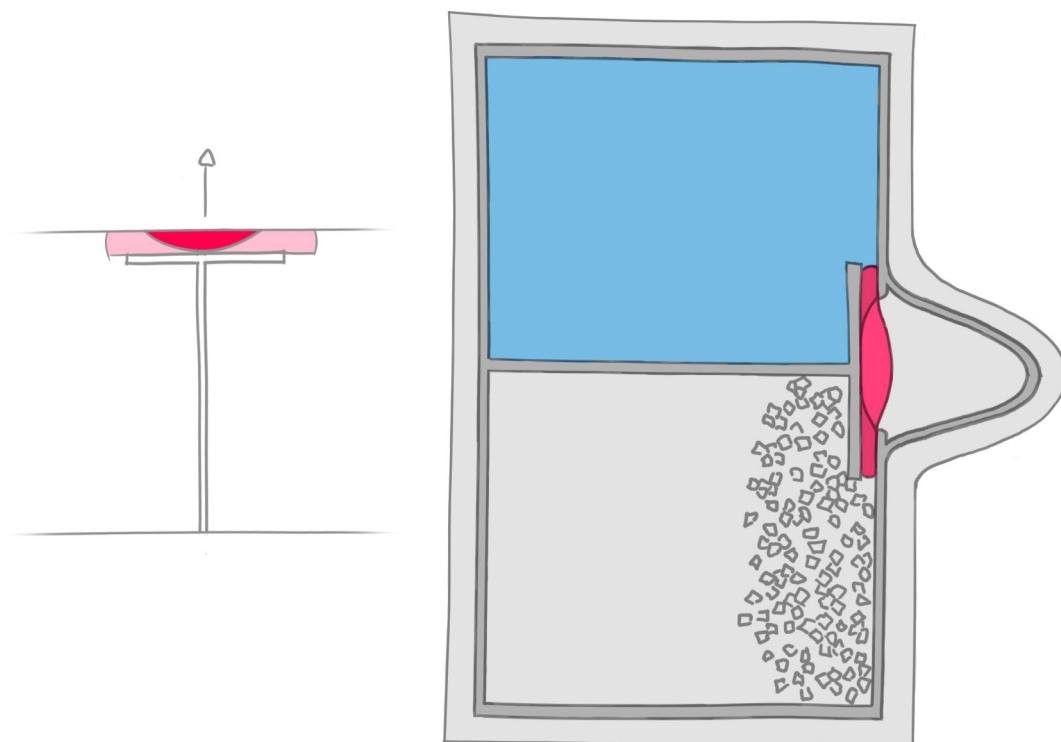
H.1. Flexibel kompres





H.2. Zout in zakje





H.3. Instant gaskompres

