

Fysieke belasting van het bewegingsapparaat

Citation for published version (APA):

van Haag, C., Houben, M. M. J., Kirkels, A. F., Kluijs, de, C. J. M., Meijer, R., Noukens, E., Ruimerman, R., & Verstegen, J. H. J. (1994). *Fysieke belasting van het bewegingsapparaat*. Technische Universiteit Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1994

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Fysieke belasting van het bewegingsapparaat

door:	Chris van Haag	343332
	Mark Houben	367649
	Arjan Kirkels	352471
	Carin de Kluijs	377664
	Riske Meijer	374668
	Erwin Noukens	368060
	Ronald Ruimerman	361010
	Ronald Verstegen	364137

*"Scurrilitates
vero vel verba
otiosa et risum
moventia aeterna
clausura in
omnibus locis
damnamus, et
ad talia eloquia
discipulum aperire os
non permittimus."*

Umberto Eco
De naam van de roos

Voor Patricia.

Inhoudsopgave

1	Inleiding Probleemgestuurd Onderwijs (PGO)	3
2	Inleiding fysieke belasting van het bewegingsapparaat	4
3	Biomechanica	6
3.1	Inleiding	7
3.2	Statisch model	8
3.2.1	Inleiding	8
3.2.2	De aannames voor het model	9
3.2.3	Berekening uit evenwichtsvoorwaarden	10
3.2.4	Conclusie	12
3.3	Dynamisch model	13
3.3.1	Inleiding	13
3.3.2	De aannames voor het model	13
3.3.3	De oplossingsstrategie	14
3.3.4	Het berekenen van de massatraagheidsmomenten	15
3.3.5	Het berekenen van de compressiekracht	16
3.3.6	Parametervariatie	17
3.3.7	Conclusie	17
3.4	Criteria	18
3.4.1	Inleiding	18
3.4.2	Vorm van belasting	18
3.4.3	Technieken om de belasting te bepalen	19
3.4.4	Validatie van het model	21
3.4.5	Conclusie	21
3.5	Modelvergelijking	22
3.5.1	Inleiding	22
3.5.2	De modellen van Schultz en Chaffin	22
3.5.3	Conclusie	23
3.6	Eindconclusie	24

4	Ergonomie	26
4.1	Inleiding	27
4.2	Opzet van het onderzoek	28
4.2.1	Criteria voor arbeidsanalysemethoden	29
4.3	Literatuurstudie	31
4.4	Conclusie	33
4.5	Toepassing op de problematiek van de naaisters	34
4.6	Conclusies en aanbevelingen	36
4.7	Literatuur	37
5	Epidemiologie	41
5.1	Inleiding	42
5.2	Vakgebiedsverkenning	43
5.3	Onderzoeksvormen en methoden	45
5.4	Keuze van de onderzoeksopzet	47
5.5	Het kiezen van een patiënt- en een controlegroep	49
5.6	Beoordeling van de resultaten	52
5.7	Literatuur	54
6	Evaluatie	55
7	Conclusie	56

1 Inleiding Probleemgestuurd Onderwijs (PGO)

Deze onderwijsbenadering bestaat uit het werken aan taken en problemen in onderwijsgroepen van ongeveer tien personen onder begeleiding van een tutor. Probleemgestuurd onderwijs is meestal georganiseerd in een onderwijsblok waarin een bepaald thema gedurende een aantal weken centraal staat. Het blokboek bevat de taken of probleemstellingen die een uitwerking zijn van het thema van het blok.

In de onderwijsgroep analyseren studenten problemen, formuleren leerdoelen en rapporteren wat ze gevonden hebben bij de zelfstandige bestudering van literatuur en andere leermiddelen. Er wordt dus een groot beroep gedaan op eigen initiatief.

Bij deze onderwijsvorm leren de studenten samenwerken in groepen, waarbij leiden van een gesprek, luisteren, uitleggen en samenvatten belangrijke vaardigheden zijn. Er wordt methodisch gewerkt aan de hand van de zevensprong. Dit is een methode van werken speciaal afgestemd op het oplossen van problemen. De zevensprong bestaat uit zeven stappen, die een onderwijsgroep moet volgen om een maximaal leerrendement uit een probleem te halen. Er moet veel gebruik gemaakt worden van studie- en onderzoeksvoorzieningen, met name de bibliotheek.

Als startpunt van het leerproces wordt er aan de studenten een probleem gepresenteerd dat uitdaagt tot nadenken, nog voordat de leerstof bestudeerd is. Op basis van aanwezige voorkennis wordt er een voorlopige analyse van het probleem gemaakt. Onduidelijkheden en vragen die overblijven worden in enkele leerdoelen voor zelfstudie geformuleerd. Voor de volgende bijeenkomst gaan de studenten aan de hand van deze leerdoelen zelfstandig op zoek naar informatie. Op deze bijeenkomst wisselen zij uit welke informatie gevonden is en bekijken samen in hoeverre zij het probleem nu beter begrijpen.

Enkele belangrijke voordelen van PGO zijn het verwerven van kennis die onthouden wordt en bruikbaar is, self-directed learning (het leren te leren) en het leren analyseren en oplossen van problemen.

2 Inleiding fysieke belasting van het bewegingsapparaat

In Nederland gaat jaarlijks een fors deel van de begroting op aan arbeidsongeschiktheidsuitkeringen. Er wordt door het ministerie van sociale zaken en werkgelegenheid dan ook een subsidie beschikbaar gesteld voor onderzoek naar de relatie tussen arbeidsongeschiktheid en werk.

Arbeidsverzuim en arbeidsongeschiktheid wordt als eerste veroorzaakt door lage rugklachten, en nek- en schouderklachten vormen de tweede oorzaak. De fysieke belasting van het bewegingsapparaat is daarom gekozen als thema voor dit verslag.

Er zijn drie soorten onderzoek om lichamelijke belasting te onderzoeken: biomechanica, ergonomie en epidemiologie.

In het onderdeel biomechanica wordt voor een individu bekeken of de belasting op het lichaam bij fysieke inspanning toelaatbaar is of niet. In dit verslag wordt de belasting van de lage rug bekeken, met een aantal verschillende modellen, die onderling vergeleken worden.

In het onderdeel ergonomie worden een aantal arbeidsanalysemethoden toegepast op een rugprobleemgroep en zo vergeleken met elkaar. Aan de hand van de uitkomsten hiervan wordt een onderzoeksmethode gekozen om een (fictief) onderzoek op te stellen.

Met epidemiologie werd beoogd een oorzaak-gevolg relatie aan te tonen tussen werken en ziekte. Ook hier waren een aantal mogelijke onderzoeksmethoden mogelijk, die geëvalueerd en gewaardeerd werden. Het epidemiologisch onderzoek werd dus gebruikt voor het onderzoek van de nek- en schouderklachten bij een nek- schouder probleemgroep.

Met een combinatie van deze drie onderzoeksgebieden wordt inzicht verkregen in de ingewikkelde relatie tussen fysieke belasting en optredende schade. Naast de praktische toepassing van de onderzoeksmethoden wordt ook gekeken naar de maatschappelijke, economische en ethische aspecten hiervan.

Belasting van de lage rug

Een biomechanisch onderzoek behorende bij het vak
Fysieke belasting van het bewegingsapparaat

Mark Houben id.nr. 367649
Erwin Noukens id.nr. 368060
Ronald Ruimerman id.nr. 361010

Technische Universiteit Eindhoven

Datum : 16 mei 1994

Tutor : Patricia van Kemenade

3 Samenvatting

Het doel van dit onderzoek is het bekijken van de belasting van de lage rug bij tillen. Met behulp van een zelf ontwikkeld statisch model worden 'tillen met de rug' en 'tillen met de benen' met elkaar vergeleken met als criterium de belasting van de lage rug ter hoogte van de tussenwervelschijf L5-S1. Hieruit blijkt dat bij 'tillen met de rug' de lage rug aanzienlijk meer belast wordt.

Het statische model wordt uitgebreid tot een dynamisch model door de invloed van versnellingen mee te nemen. Hiertoe worden de massa's en massatraagheidsmomenten van de verschillende lichaamsdelen berekend. Hieruit blijkt dat versnellingen een niet te verwaarlozen rol spelen voor de belasting van de lage rug.

We confronteren ons model met bestaande biomechanische modellen en bekijken hoe een model in het algemeen gevalideerd kan worden via experimenten of parameterstudie. Ons eigen model blijkt overeenkomst te vertonen met het bestaand biomechanisch model van Chaffin. Het model van Schultz blijkt uitgebreider te zijn maar misschien onnauwkeuriger door meer onzekere invoergegevens.

Met behulp van een aantal criteria worden enkele onderzoeksmethoden om in vivo de momentane belasting te bepalen vergeleken. De meest geschikte onderzoeksmethoden om in vivo experimenten uit te voeren waarmee de modellen gevalideerd kunnen worden zijn EMG en meting van de intra-abdominale druk.

3.1 Inleiding

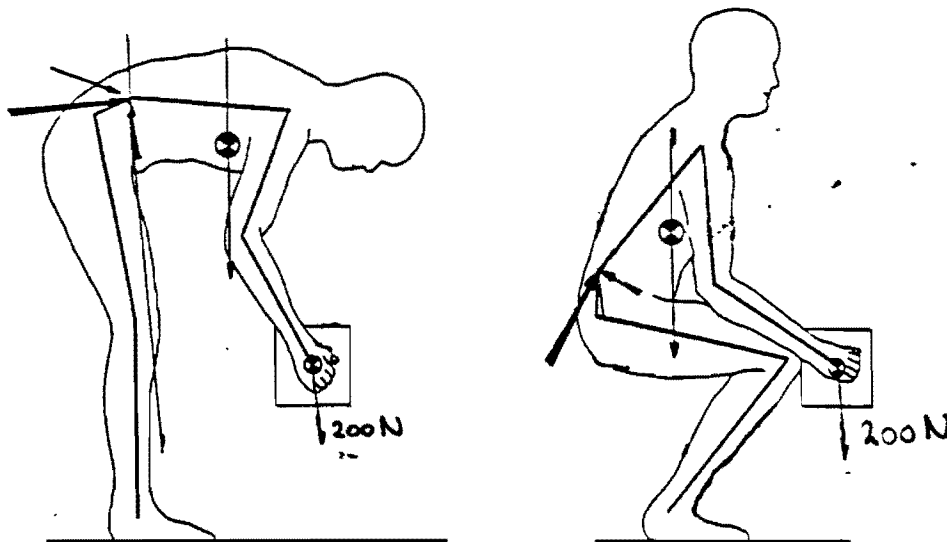
De mens wordt bij het uitvoeren van arbeidstaken geconfronteerd met allerlei gezondheidsbedreigende factoren. Een belangrijke factor is verkeerde of overmatige belasting van de lage rug tijdens arbeidsprocessen. In dit kader gaan wij aan de hand van een biomechanische modelstudie onderzoeken in hoeverre bepaalde houdingen en bewegingen schadelijk zijn of problemen kunnen veroorzaken. Onze probleemstelling is dan ook om inzicht te verkrijgen in het modelleren van de lage rug. Hierbij is het de bedoeling kritisch te kijken naar de mogelijkheden en beperkingen van een biomechanisch model in het algemeen.

Daarom gaan wij eerst een model maken voor statische belasting in het sagittale vlak bij verschillende tilmethoden. Daarna breiden wij dit model uit met dynamische aspecten. Als we deze modellen hebben gemaakt zullen we ons afvragen wat als criterium genomen kan worden voor overbelasting van de lage rug en bekijken we de validatie met de werkelijkheid. Tenslotte zullen we twee bestaande biomechanische modellen kritisch bekijken en vergelijken, zowel onderling als met ons eigen model.

3.2 Statisch model

3.2.1 Inleiding

We willen twee verschillende tilmethoden vergelijken door te kijken naar de belasting van de lage rug met behulp van een statisch model. De tilmethoden zijn in figuur 3.2.1 afgebeeld. De eerste methode betreft het tillen met de rug, waarbij de benen niet gebogen worden. De tweede methode is het tillen met de benen. Bij beide methoden wordt een last getild van 20 kilogram. We zijn geïnteresseerd in de belasting van de lage rug gedurende de initiële fase van het tillen, wanneer de last juist van het vloeroppervlak los komt. Als maat voor de belasting wordt de compressiekracht op de tussenwervelschijf L5-S1 gebruikt.



Figuur 3.2.1 "Tillen met de rug" (links) en "tillen met de benen" (rechts)

3.2.2 De aannames voor het model

Om tot een model te komen zijn er verschillende aannames noodzakelijk :

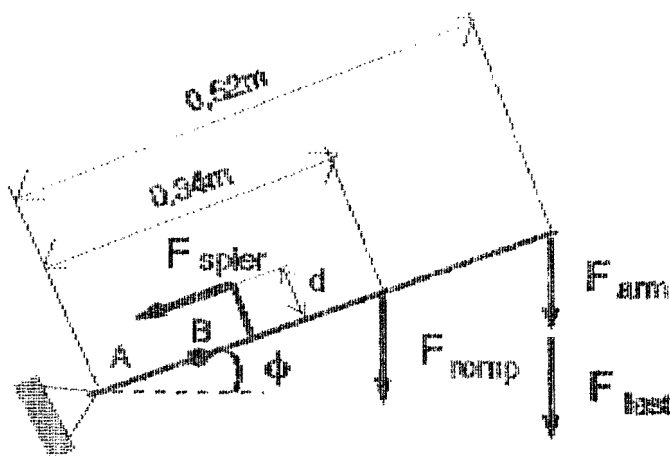
- Niet alle wervels meenemen: we beschouwen de rug als een starre staaf, met scharnierpunt bij het bekken.
- Niet alle spieren meenemen: we nemen slechts 1 spier mee in het model, nl. de erector spinae. Uit literatuur ¹ is gebleken dat de activiteit van andere spieren verwaarloosbaar is.
- We nemen 0,061 m voor de momentsarm van de erector spinae ².
- Armen star veronderstellen: bij beide filmethoden zijn de armen gestrekt en recht naar beneden op het moment van optillen.
- We laten de benen geheel buiten beschouwing, zodat we de rug kunnen laten scharnieren bij het bekken. In eerste instantie wilden we het scharnierpunt in L5-S1 plaatsen, maar op L5-S1 vindt juist een momentdoorleiding plaats. Een scharnierpunt kan geen moment opvangen.
- Puntbelasting: we gaan er vanuit dat de krachten van zowel de last als van de massa van de persoon als een puntbelasting aangrijpen.
- Lengte en het gewicht van een gemiddeld persoon nemen : 1,80 m en 70 kg. We gebruiken de antropometrische gegevens van de gemiddelde man ³.
- Bij tillen met de rug is de initiële hoek ϕ tussen de wervelkolom en de horizontaal 0 graden. Bij tillen met de benen is deze hoek gelijk aan 70 graden.
- We verwaarlozen dat de buik ook een deel van de belasting opneemt ten gevolge van de intra-abdominale druk ⁷.
- L5-S1 zit op 25% van de lengte van de rug gerekend vanaf het scharnierpunt in het bekken ².
- Afschuifkrachten hebben geen schadelijke invloed op de tussenwervelschijf ⁷.

3.2.3 Berekening uit evenwichtsvoorwaarden

Bij figuur 3.2.2

De som van de momenten ten opzichte van scharnierpunt A is nul:

$$\begin{aligned}\Sigma M_{\text{tov}A} = 0 &\Rightarrow 0,061 F_{\text{Spier}} - (0,34 * 434 + 0,52 * (200 + 74)) \cos(\varphi) = 0 \\ &\Rightarrow F_{\text{Spier}} = 4719 \cos(\varphi) \text{ [N]}\end{aligned}$$



$$d = 0,0061 \text{ m}$$

$$F_{\text{arm}} = 74 \text{ N}$$

$$F_{\text{laet}} = 200 \text{ N}$$

$$F_{\text{romp+hoofd}} = 434 \text{ N}$$

Figuur 3.2.2 Modelweergave

Bij figuur 3.2.3

De som van de momenten ten opzichte van L5-S1 (deze bevindt zich in punt B) is nul:

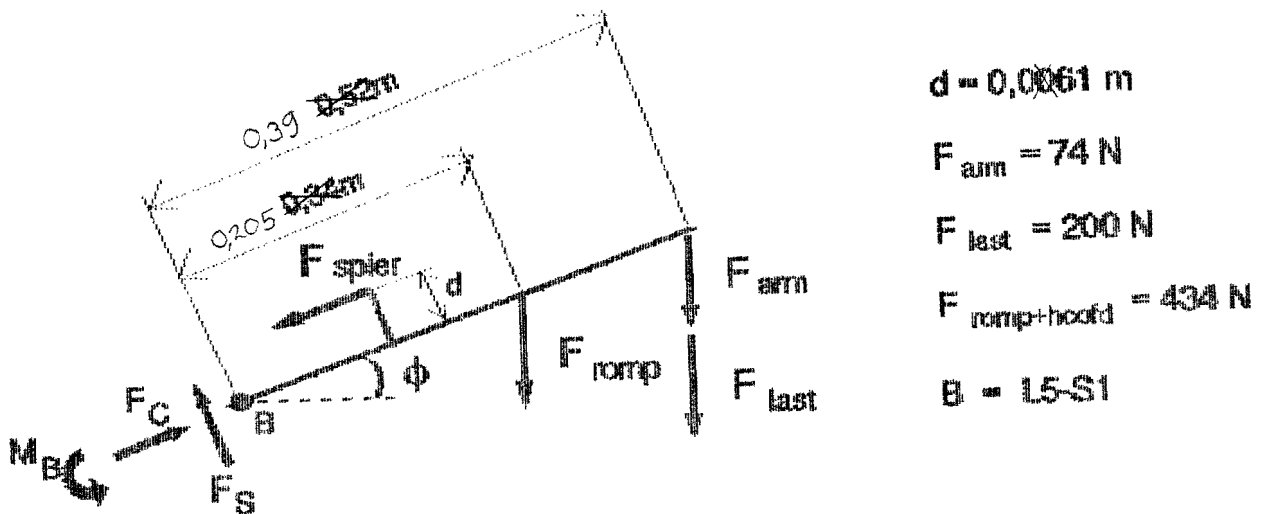
$$\begin{aligned}\Sigma M_{\text{tov}B} = 0 &\Rightarrow M_B = 0,061 * 4719 \cos(\varphi) - (0,205 * 434 + 0,39 * (200 + 74)) \cos(\varphi) = 0 \\ &\Rightarrow M_B = 92 \cos(\varphi) \text{ [Nm]}\end{aligned}$$

De som van de krachten evenwijdig aan de rug is nul:

$$\begin{aligned}\Sigma F_{\parallel} = 0 &\Rightarrow F_C - 4719 \cos(\varphi) - 434 \sin(\varphi) - (200 + 74) \sin(\varphi) = 0 \\ &\Rightarrow F_C = 4719 \cos(\varphi) + 708 \sin(\varphi) \text{ [N]}\end{aligned}$$

De som van de krachten in de richting loodrecht op de normaal is nul:

$$\begin{aligned}\Sigma F_{\perp} = 0 &\Rightarrow F_s - (434 + 74 + 200) \cos(\varphi) = 0 \\ &\Rightarrow F_s = 708 \cos(\varphi) \text{ [N]}\end{aligned}$$



Figuur 3.2.3 Doorsnijing bij L5-S1

Bij tillen met de rug is de hoek φ initieel gelijk aan 0 graden.

De compressiekracht F_C is dan 4719 [N]

De afschuifkracht F_S is dan 708 [N]

Bij tillen met de benen is de hoek φ initieel gelijk aan 70 graden.

De compressiekracht F_C is dan 2279 [N]

De afschuifkracht F_S is dan 242 [N]

3.2.4 Conclusie

De conclusie die we hieruit kunnen trekken is dat tillen met de rug meer belastend is voor de tussenwervelschijf L5-S1 dan tillen met de benen. De compressiekracht is bij tillen met de rug ruim 2 maal zo groot als bij tillen met de benen. De afschuifkracht is bijna 3 keer zo groot bij tillen met de rug.

3.3 Dynamisch model

3.3.1 Inleiding

We gaan bekijken in hoeverre dynamische belasting bijdraagt aan de compressiekracht op de tussenwervelschijf L5-S1. Hiertoe nemen we een produktiemedewerker die in een hoog tempo (15 per minuut) doosjes van 100 gram van de grond oppakt en op ooghoogte neerzet. Het resultaat vergelijken we met de uitkomsten van het statische model. We zullen de invloed van diverse parameters op de belasting van de rug bekijken.

3.3.2 De aannames voor het model

Tillen met de rug is niet zo gunstig, maar komt in de praktijk het meest voor. Daarom kiezen we voor de produktiemedewerker deze manier van tillen en gebruiken we het statisch model uitgebreid met dynamische aspecten. Bovendien hoeven we nu niet de versnellingen mee te nemen die veroorzaakt worden door de strekking van de benen bij het tillen met de benen, zodat het model niet onnodig gecompliceerd wordt.

Bij versnellen van het bovenlichaam zullen versnellingskrachten optreden ten gevolge van de massa-traagheid van het menselijk lichaam en de last. Het blijkt mogelijk de massa-traagheden van de delen van het bovenlichaam te berekenen. Voor deze berekening was in eerste instantie gekozen om zowel de lichaamslengte (H) als de massa (m) als parameter mee te nemen. Dit is echter niet mogelijk vanwege de beperkte beschikbaarheid van gegevens (voor de massa zijn maar enkele gegevens bekend). Daarom is er besloten om gebruik te maken van de gegevens van de gemiddelde man³ met een lichaamslengte van 1.80 m.

In het statische model hadden we een hoek van 90 graden tussen armen en romp genomen, maar aangezien de produktiemedewerker de doosjes op ooghoogte neer moet zetten nemen we in het dynamische model voor deze constante hoek 105 graden. De armen zijn star verondersteld.

De benen worden wederom geheel weggelaten.

De hoek tussen de wervelkolom en de horizontaal nemen we als functie van de tijd en moet van 0 tot 90 graden lopen. Om te voorkomen dat er sprongen in de versnelling optreden, maken we gebruik van de scheve sinus functie:

$$\varphi = \varphi_m \cdot \frac{t}{t_m} - \frac{\varphi_m}{2\pi} \cdot \sin\left(2\pi \frac{t}{t_m}\right) = \frac{t}{4} \pi - \frac{1}{4} \sin(\pi t)$$

waarin : φ : de hoek tussen bovenlichaam en horizontaal (in rad)

t : de tijd (in sec)

φ_m : de maximale hoek = 90 graden = $1/2 \pi$ rad

t_m : de maximale tijd = 2 sec (volgt uit 15 bewegingen per minuut, dus 4 sec per heen- en weergaande beweging, dus 2 sec voor een omhooggaande beweging).

De optredende hoekversnelling $d^2\varphi/dt^2$ is dan:

$$\ddot{\varphi} = 2\pi \cdot \frac{\varphi_m}{t_m^2} \cdot \sin\left(2\pi \frac{t}{t_m}\right) = \frac{1}{4} \pi^2 \sin(\pi t)$$

3.3.3 De oplossingsstrategie

We gaan eerst het totale dynamische moment bepalen. Dit bepalen wij door de totale massatraagheidsmoment te vermenigvuldigen met de hoekversnelling, die gedefinieerd is als functie van de tijd via het bewegingsvoorschrift. Het dynamische moment tellen we op bij het statische moment.

3.3.4 Het berekenen van de massatraagheidsmomenten

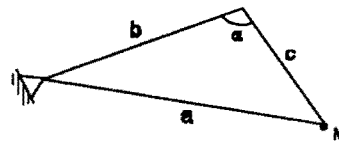
Het is beter de verschillende massatraagheidsmomenten van de lichaamsdelen apart uit te rekenen en op te tellen, dan de totale massa van de romp te concentreren in een punt en daarbij een massatraagheidsmoment uit te rekenen. Dit heeft te maken met de verdeling van de massa over de ruimte. Voor het uitrekenen van de massatraagheidsmomenten wordt het bovenlichaam ingedeeld in 4 delen, te weten : torso + hoofd, bovenarmen, onderarmen en handen + last. We beschouwen de verschillende delen als homogene slanke cilinders en gebruiken de verschuivingsstelling van Steiner voor het uitrekenen van het massatraagheidsmoment ten opzichte van het scharnierpunt in het bekken.

Berekenen van de afstand van het zwaarte-

punt van de onderarm tot aan het scharnierpunt gaat met behulp van de cosinus-regel (zie figuur 3.1):

$$\begin{aligned} a^2 &= b^2 + c^2 - 2bc \cos(\alpha) \\ &= (0,5184)^2 + (0,4478)^2 \\ &\quad - 2 * 0,5184 * 0,4478 * \cos(105^\circ) \\ &= 0,5894 \end{aligned}$$

$$a = 0,7677 \text{ [m]}$$



Figuur 3.1 Cosinus-regel

Het massatraagheidsmoment van een homogene cilinder met lengte l en massa m is gelijk aan $(1/12)ml^2$, waarbij het draaipunt in het midden van de cilinder ligt. De onderarm heeft een lengte van $0,2628$ [m] en een gewicht van $1,2$ [kg]. De massatraagheid ten opzichte van het eigen middelpunt is dan $(1/12) * 1,2 * (0,2628)^2 = 0,0069$ [kgm²]. De afstand van het zwaartepunt van de homogene cilinder naar het scharnierpunt in het bekken is $0,7677$ [m] (zie figuur 3.1). De verschuivings-stelling van Steiner geeft dan $J = 0,0069 + 1,2 * (0,7677)^2 = 0,7141$ [kgm²]. Voor twee onderarmen geldt dan $J = 2 * 0,7141 = 1,43$ [kgm²].

Voor de overige delen kan de massa-traagheid op identieke wijze worden bepaald. De resultaten zijn als volgt :

hand + last	$J = 0,8 \text{ kgm}^2$
bovenarm	$J = 1,47 \text{ kgm}^2$
onderarm	$J = 1,43 \text{ kgm}^2$
hoofd + romp	$J = 7,46 \text{ kgm}^2$
totaal	$J_{\text{tot}} = 11,16 \text{ kgm}^2$

3.3.5 Het berekenen van de compressiekracht

Het totale moment rond het scharnierpunt is de optelsom van M_D en M_{ST} .

Het dynamische moment M_D rond het scharnierpunt in het bekken is te bepalen als functie

van de tijd : $M_D = J_{\text{tot}} * d^2\varphi/dt^2 = 11,16 * (\frac{1}{4} * \pi^2) \sin(\pi t)$

$$M_D = 27,5 \sin(\pi t)$$

Het statische moment M_{ST} rond het scharnierpunt is:

$$M_{ST} = (0,335 * 434 + 0,52 * (1+74)) \cos \varphi = 184 \cos \varphi$$

Het totale moment is $M_{\text{tot}} = 184 \cos \varphi + 27,5 \sin(\pi t)$

Het bewegingsvoorschrift, $\varphi(t)$, moet ingevuld worden in de vergelijking voor M_{tot} :

$$M_{\text{tot}} = 27,5 \sin(\pi t) + 184 \cos(\frac{1}{4} \pi t - \frac{1}{4} \sin(\pi t))$$

De formule voor de compressiekracht is als volgt:

$$F_c = F_{\text{spier}} + (434+74+1) \sin \varphi$$

$$\text{met } F_{\text{spier}} = M_{\text{tot}} / 0,061$$

$$F_c = 451 \sin(\pi t) + 3016 \cos(\frac{1}{4} \pi t - \frac{1}{4} \sin(\pi t)) + 509 \sin(\frac{1}{4} \pi t - \frac{1}{4} \sin(\pi t))$$

De maximale waarde voor de compressiekracht is 3509 [N] en treedt op bij $t=0,51$ [s] (uitgerekend met Matlab).

Deze waarden zijn niet te vergelijken met de krachten in het statische model, omdat we in het statische model een last van 20 kg hadden genomen en bij het dynamische model een last van 100 gram. Echter, we kunnen zeggen dat versnellingen van het bovenlichaam aanzienlijk bijdragen tot belasting van L5-S1.

3.3.6 Parametervariatie

We gaan bekijken wat de invloed is van het variëren van enkele parameters. Deze zijn de last die de produktiemedewerker moet tillen en de tijd die de produktiemedewerker heeft om de last van de grond op ooghoogte te brengen. In eerste instantie wilden we ook de massa en de lengte van de produktiemedewerker variëren, maar we hadden niet de beschikking over voldoende gegevens over de massa. De massa van de verschillende lichaamsdelen zijn slechts gegeven voor een gemiddeld persoon en niet als functie van de lichaamslengte.

Het blijkt dat de invloed van de last (in de orde van 100 gram) op het moment rond het bekken van zeer geringe waarde is. Echter als de last zeer groot (bv. 20 kg) wordt, zal zowel het statische als het dynamische moment toenemen en hierdoor is de last niet meer te verwaarlozen. Daarentegen is de beschikbare tijd t_M om de last omhoog te tillen van grote invloed, omdat de belasting omgekeerd evenredig is met de beschikbare tijd t_M in het kwadraat.

3.3.7 Conclusie

Het dynamische model is waarschijnlijk nauwkeuriger dan het statische model omdat er nu ook rekening wordt gehouden met invloeden van versnellingen van het bovenlichaam.

Echter, er zijn ook meer invoergegevens nodig voor het model die een extra onnauwkeurigheid introduceren.

Omdat de dynamische beweging een extra moment veroorzaakt op de lage rug neemt de compressiekracht op L5-S1 toe t.o.v. alleen statische belasting. De versnellingen hebben dus een niet te verwaarlozen invloed op de belasting van de lage rug. In werkelijkheid is de beschikbare tijd om iets op te tillen van grote invloed en dit komt ook tot uiting in het model.

3.4 Criteria

3.4.1 Inleiding

We gaan proberen een criterium voor overbelasting van de lage rug te bepalen. Het gaat er daarbij om wat de maximale toelaatbare belastingen zijn en welke structuren er daarbij kapot gaan. Verder zullen we proberen een manier te vinden om de actuele waarde van het criterium te bepalen.

3.4.2 Vorm van belasting

Het blijkt dat er verschillende vormen van belasting bestaan zoals compressiekrachten en afschuifkrachten in combinatie met flexie, rotatie en trillingen. Als de belasting een bepaalde waarde overschrijdt zal er in de wervelkolom een beschadiging optreden. De structuur die beschadigd wordt is meestal de tussenwervelschijf tussen twee wervels. Bij elke combinatie van belastingen hoort een andere maximale waarde waarboven beschadiging optreedt. Omdat er zo veel verschillende combinaties van belastingen bestaan is het niet mogelijk om één maximale waarde voor overbelasting te vinden. Het blijkt echter wel mogelijk om aan te geven welke belastingsvorm erg schadelijk is en welke niet. Rotatie blijkt de meest bedreigende beweging te zijn, helemaal als dit in combinatie met flexie gebeurt ⁷.

Afschuifkrachten blijken bijna geen nadelige gevolgen te hebben ⁷.

Voor zuivere compressiekrachten worden in de literatuur wel maximale waarden gegeven. Deze variëren echter van 3500 t/m 10000 N. Vaak wordt 3500 N als veilige grens genomen. In de praktijk komt het echter vaak voor dat deze waarde wordt overschreden ⁷.

Er zijn ook nog andere criteria zoals:

- De 15 % norm: Bij statische arbeid mogen de spieren maximaal 15 % van hun maximale kracht leveren, anders is het schadelijk.
- De 30 % norm: Bij dynamische belastingen ligt de norm op 30 %.

Het is dus niet mogelijk om voor verschillende belastingen een maximale waarde aan te geven. Er zijn wel enkele belangrijke invloedsfactoren aan te wijzen. Zo is het van belang of er sprake is van:

- Statische of dynamische belasting.
- Opname van een deel van de belasting door de intra-abdominale druk.
- Chronische of incidentele belasting.
- Verder hebben gefixeerde houdingen een negatieve invloed.

3.4.3 Technieken om de belasting te bepalen

Er zijn verschillende technieken om de belasting op de wervelkolom te bepalen. We zullen er nu enkele kritisch beoordelen aan de hand van een paar criteria om te bekijken of deze technieken in aanmerking komen voor het bepalen van de belasting in de rug.

Enkele bekende onderzoeksmethoden zijn:

- 1 ARBO = registratie van de ervaren belasting
- 2 EMG = electromyogram : registratie van de spieractiviteit
- 3 Houding-/bewegingsregistratie
- 4 Meting van de intra-abdominale druk. (De proefpersoon moet een meetsensor inslikken. Deze sensor meet een druk die samenhangt met de druk in de discus.)
- 5 Directe meting van de druk in de discus.
- 6 Metingen aan het energetische systeem. (Een laag energieverbruik komt overeen met een lage belasting.)

De belangrijkste criteria om de methoden op te toetsen zijn:

- a) ethiek (Is het toelaatbaar wat er met de proefpersoon gebeurt),
- b) uitvoerbaarheid (Is de meting technisch te realiseren),
- c) nauwkeurigheid (Zijn de afwijkingen niet ontoelaatbaar groot),
- d) bruikbaarheid (Zijn de uitkomsten nuttig),
- e) inzetbaarheid (Is de methode wel in elke situatie toepasbaar),
- f) kosten.

In de nu volgende tabel zijn de onderzoeksmethoden tegen de bovenstaande criteria uitgezet. De kosten (criterium f) zijn in de tabel niet meegenomen, omdat we hiervan te weinig weten om er een gegronde uitspraak over te doen.

methode	criterium				
	a	b	c	d	e
1	++	++	-	+	+
2	++	+	+	+	-
3	++	++	+	-	+
4	?	+	+	+	+
5	--	+	+	++	-
6	++	+	+	-	-

Uit de tabel blijkt dat EMG en meting van de intra-abdominale druk twee goede wetenschappelijke onderzoeksmethoden zijn die nuttige meetwaarden opleveren. De ARBO-methode (methode 1) is een goede methode om te kijken of iets te belastend is. Een nadeel van deze methode is dat zij pas inzetbaar is als er al klachten zijn, want werknemers moeten hun ervaren belasting zelf aangeven. Daarom wordt deze methode meestal te laat toegepast.

3.4.4 Validatie van het model

Nadat er een model is gemaakt moeten de modelvoorspellingen met de experimenteel bepaalde waarden worden vergeleken om te kijken of een experiment een model in voldoende mate valideert. De belangrijkste punten waar dan op moet worden gelet zijn de reproduceerbaarheid, nauwkeurigheid en de correlatie van de experimenteel bepaalde waarden met de modeluitkomsten.

Reproduceerbaarheid houdt in dat als het experiment verschillende keren wordt gedaan er geen grote verschillen in de uitkomsten ontstaan.

Nauwkeurigheid houdt in de mate waarin de apparatuur de precieze waarde aangeeft.

Correlatie van de experimenteel bepaalde waarden met de modeluitkomsten houdt in dat er voldoende samenhang moet bestaan tussen deze twee waarden.

3.4.5 Conclusie

Het is niet mogelijk om voor het criterium van overbelasting van de lage rug een maximale waarde te geven. Een goede methode om de waarde op een bepaald moment te bepalen blijkt electromyogram (EMG) te zijn. Ook het meten van de intra-abdominale druk is een goede manier.

Om te kijken of een experiment een model in voldoende mate valideert moet het experiment reproduceerbaar en nauwkeurig zijn. Natuurlijk moeten de resultaten met de uitkomsten van het model overeen komen.

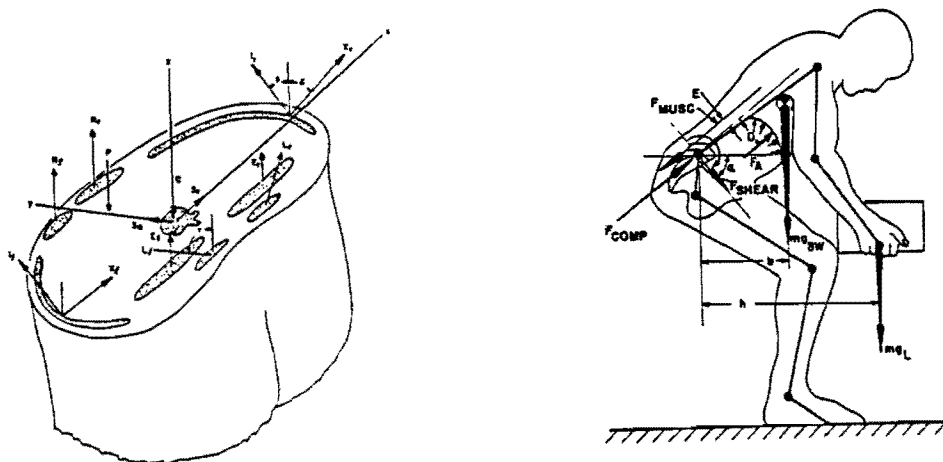
3.5 Modelvergelijking

3.5.1 Inleiding

We zullen twee modellen bekijken en er proberen een waarde-oordeel over te geven op basis van sterke en zwakke punten. Daarna zullen we de twee modellen vergelijken met het zelf ontwikkelde model.

3.5.2 De modellen van Schultz en Chaffin

De twee modellen die we zullen bekijken zijn beide macromodellen. Dit houdt in dat het om modellen gaat waarbij de input de uitwendige krachten en momenten zijn die op het menselijk lichaam aangrijpen. Het gaat om het model van Schultz en het model van Chaffin. Zie voor een verduidelijking de onderstaande afbeelding.



Figuur 3.5.1 Het model van Schultz (links) en het model van Chaffin (rechts).

Dit zijn beide quasi-statische modellen. Het model van Schultz is 3-D en dat van Chaffin 2-D, maar ze zijn beide slechts geschikt om 2-Dimensionale bewegingen in het sagittale vlak door te rekenen, want Schultz verliest zijn geldigheid als de vervorming niet meer symmetrisch is.

Bij Schultz worden er tien spieren meegenomen. De intra-abdominale druk wordt verwaarloosd. Als invoer worden de EMG's van de spieren gebruikt.

Bij Chaffin wordt er maar één spier meegenomen, de erector spinae met een momentsarm van 5 cm. Het model bestaat uit zeven starre staven met zes draaipunten. Het zwaartepunt tussen schouder en heup verandert niet van positie. De invoer is cinematografisch. Dit is redelijk onnauwkeurig. Het is mogelijk om de massa, de lengte van de lichaamssegmenten en de in te voeren last te variëren. Validatie van het model kan gebeuren door middel van een EMG van de erector spinae en grondkrachten.

3.5.3 Conclusie

Bij de methode van Chaffin zijn er minder mogelijkheden voor verbetering van het model. Er is veel verwaarloosd maar de ingevoerde gegevens zijn veelal betrouwbaar. Daarentegen staat het model van Schultz meer open voor verbeteringen omdat het model inzichtelijker is en meer invoer- gegevens nodig heeft die nu nog niet nauwkeurig zijn maar wellicht in de toekomst preciezer kunnen worden bepaald.

Als we ons eigen model vergelijken met deze twee modellen zien we dat ons model vrij veel overeenkomsten met het model van Chaffin vertoont, afgezien van de intra-abdominale druk die in ons model wordt verwaarloosd en de werklijn die bij ons model 6.1 cm is. Chaffin valideert zijn model met EMG metingen, wat wij als een goede validatiemethode hadden aangewezen.

Van alle bekeken modellen is als nadeel aan te geven dat er geen ligamenten en articulaties zijn meegenomen. Deze nemen een groot deel van de belasting op bij buigen.

3.6 Eindconclusie

Als met ons model tillen met de rug en tillen met de benen (knieën) worden vergeleken blijkt dat de belasting op de lage rug bij tillen met de benen een stuk lager is. Als het statische model dynamisch wordt gemaakt door versnellingen mee te nemen zal het model de werkelijkheid beter benaderen. Een extra moeilijkheid is dan dat er juiste waarden voor de versnellingen en massa-traagheidsmomenten zullen moeten worden genomen. Deze hebben veel invloed op de uitkomsten. Ook de te tillen last is niet te verwaarlozen. Het blijkt moeilijk te zijn om een waarde te geven waarboven beschadiging van de lage rug zal optreden. Dit komt vooral omdat er zoveel verschillende vormen van belasting zijn. Voor zuivere compressiekrachten is het wel mogelijk een maximale waarde te geven. Over het algemeen wordt 3500 N als veilige grens genomen. Om de compressiekrachten gedurende een bepaalde belasting te bepalen zijn er verschillende onderzoeksmethoden mogelijk. Electromyogram (EMG) en meting van de intra-abdominale druk blijken hiervoor geschikt te zijn.

Als ons model met twee bekende modellen, namelijk Schultz en Chaffin, wordt vergeleken blijkt ons model veel overeenkomst met Chaffin te vertonen. Het model van Schultz is veel uitgebreider maar hoeft door de vele onzekere invoer niet nauwkeuriger te zijn.

3.7 Literatuur

- 1 The load on the lumbo-sacral joint and trunk muscle activity during lifting. Ergonomics, 25, (2).
- 2 Noone, G., Mazumdar, J. (1992). Lifting low-lying loads in the sagittal plane. Ergonomics, 35, (1), 65-92.
- 3 Vakgroep fundamentele werktuigkunde TUE-Centrum BMGT (1994), Blokboek fysieke belasting van het bewegingsapparaat, (pag.71). Technische Universiteit Eindhoven.
- 4 Frankel, V.H., Nordin, M. (1980). Basic biomechanics of the skeletal system, Philadelphia.
- 5 Freivalds, A., Chaffin, D.B. Garg, A., Lee, K.W. (1984). A dynamic biomechanical evaluation of lifting maximum acceptable loads. Journal of biomechanics, 17, (4), 251-262.
- 6 Marras, W.S., Sommerich, C.M. (1991). A three-dimensional motion model of loads on the lumbar spine: I. Model structure. Human factors, 33, (2), 123-137.
- 7 Belasting en belastbaarheid van de lage rug. Tijdschrift voor ergonomie, 13, (2), 2-10.
- 8 Grinten, M.P. van der, Douwes, M., Dul, J. (1990). Bepalen van fysieke arbeidsbelasting. Arbovisie, 6, (4), 1-4.
- 9 Bendix, T., Eid, S.E. (1983). The distance between the load and the body with three bi-manual lifting techniques. Applied Ergonomics, 14, (3), 185-192.
- 10 Kippers, V., Parker, A.W. (1989). Validation of single-segment and three-segment spinal models used to represent lumbar flexion. Journal of biomechanics, 22, (1), 67-75.
- 11 Jager, M., Luttman, A. (1987). Determination of spinal stresses by biomechanical model calculations and comparison with spinal mechanical strength. Biomechanics: basic and applied research, 473-478
- 12 Spaepen, A.J., Baumann, w., Maes, H. (1987). Relation between mechanical load and EMG-activity of selected muscles of the trunk under isometric conditions. Biomechanics: basic and applied research, 595-600

Arbeidsanalysemethoden

Toegepast op de problematiek van naaisters
in de confectie- en meubelindustrie

Groepsverslag PGO, 1994

OWG 2, Ergonomie

R. Meijer

A. Kirkels

C. de Kluijs

Tutor: P. van Kemenade

4.1 Inleiding

Ergonomie is het aanpassen van de taaksituatie aan de beperkingen en mogelijkheden van de taakuitvoerder. Ergon-nomos betekent letterlijk: werk op maat maken. Daarbij wordt in de relatie mens en machine of systeem de gezondheid, veiligheid, efficiency en comfort zoveel mogelijk geoptimaliseerd.

In een ergonomisch onderzoek wordt eerst de situatie kritisch bekeken, vervolgens wordt de werksituatie aangepast en dan getest. Als de werksituatie voldoet aan de wensen wordt hij ingevoerd. Daarna volgt een evaluatie.

In deze casus beperken we ons tot de situatie-analyse. Als rugprobleemgroep is gekozen voor de naaisters in de meubel- en confectie-industrie. Zij hebben vaak lichamelijke klachten vooral in de nek, de linker schouder en de lage rug. Waarschijnlijk hangen deze klachten samen met hun werkhouding en de werkplekinrichting.

4.2 Opzet van het onderzoek

Probleemstelling:

Praktisch en methodologisch beoordelen van onderzoekstechnieken om één of meerdere betrouwbare en valide methoden te vinden voor de beschrijving van de problematiek van een rugprobleemgroep.

In lit. 1 staan 18 onderzoeksmethoden kort beschreven. Aan de hand van deze methoden wordt een keuze gemaakt. Allereerst is er een voorselectie gemaakt: de methoden die niet toepasbaar zijn op de problematiek van de naaisters zijn niet in de verdere beschouwing meegenomen. Hierbij is er rekening mee gehouden dat de methode toegepast moet kunnen worden op dynamische situaties. Verder mogen de naaisters niet te veel gehinderd worden in hun bewegingsvrijheid, aangezien dit de arbeidshoudingen beïnvloed.

Relevante onderzoeksmethoden blijken te zijn:

- 1) Electro-inclinometer
- 2) Multimoment fotografie
- 3) Coda-3
- 4) Arban
- 5) Vicon-systeem
- 6) Standard posture classification system
- 7) VIRA-methode
- 8) OWAS-methode
- 9) Ergoloc
- 10) ROTA-methode
- 11) Lest-methode
- 12) Predetermined-motion-time

Het belangrijkste criterium voor deze methoden is: Wat voor interventie of maatregel kun je nemen wanneer je de diagnose klaar hebt? En lost die interventie dan werkelijk het probleem op? Indien het probleem ligt bij de werkhoudingen kan de interventie liggen in het voorkómen van schadelijke werkhoudingen. Hiertoe worden eerst de werkhoudingen vastgelegd, om vervolgens een beoordeling te maken op hun schadelijkheid. Op basis hiervan weet men wat de meest schadelijke houdingen zijn. Vervolgens is het de taak aan de onderzoeker en het bedrijf de arbeidssituatie zo aan te passen dat deze houdingen vermeden worden. Om uit deze methoden een gefundeerde selectie te maken, moeten deze getoetst worden aan belangrijke criteria voor arbeids-analysemethoden.

4.2.1 Criteria voor arbeidsanalysemethoden

Tijdens het college over Ergonomie van J. Graafmans zijn meerdere criteria besproken. Hieruit hebben wij de vier hoofdgroepen overgenomen. Waar nodig hebben we verder onderscheidt gemaakt. Bij de keuze van criteria is in alle gevallen tot doel gesteld dat er een onderzoeksmethode geselecteerd moet worden die direct praktisch toepasbaar is (een criterium als kosten) en waardevolle resultaten oplevert op basis waarvan een interventie gerechtvaardigd is. Voor dit laatste zijn een goede content validiteit, beproefdheid van de methode en nauwkeurigheid van meetinstrumenten en dataregistratie belangrijke criteria.

Deze zijn:

- a) Algemeen
 - a1) Doel van de methode: wat meet je
 - a2) Content validiteit
 - a3) Beproefdheid van de methode
- b) Nauwkeurigheid van de gebruikte meetinstrumenten en dataregistratie
- c) Objectiviteit òf subjectiviteit van de beoordeling of normering
- d) Praktische toepasbaarheid
 - d1) Kosten van het onderzoek
 - d2) Tijd en duur van het onderzoek

Op basis van de geraadpleegde literatuur kan geen onderscheid gemaakt worden in de beproefdheid per methode (criterium a3). Het is dus niet nuttig dit als selectiecriterium in het vergelijk te betrekken.

De 12 onderzoeksmethoden zijn beoordeeld op bovenstaande criteria. Hierbij is gebruik gemaakt van plussen en minnen (+ = goed, - = slecht, \pm = redelijk). Indien dit niet mogelijk was is volstaan met een omschrijving (criteria a1 en c). De resultaten van deze beoordeling zijn in tabel 1 uiteengezet.

Tabel 4.1. Beoordeling van de geselecteerde methoden aan de hand van vastgestelde criteria.

methode	a1	a2	b	c	d1	d2
1	hoek als functie van de tijd	\pm	+	sub	+	+
2	houding	\pm	\pm	sub	-	-
3	houding	+	?	obj	\pm	\pm
4	belasting per lichaamsdeel	\pm	\pm	sub	-	-
5	houding + beweging + belasting	+	+	obj	+	--
6	houding	\pm	-	sub	\pm	\pm
7	nek + schouder houding	\pm	\pm	sub	\pm	\pm
8	houding + belasting	+	\pm	sub	+	+
9	houding + belasting	+	\pm	sub	+	+
10	houding + belasting	\pm	\pm	---	+	+
11	houding, duur, energetische en psychologisch factoren	-				
12	houding + beweging	\pm	-	---	+	\pm

Bij de beoordeling is criterium a2 zwaarder meegewogen ten opzichte van de andere criteria. Op basis van de beoordeling in tabel 1 zijn de volgende methoden geselecteerd:

- 1) Electro-inclinometer
- 2) Coda-3
- 3) Vicon
- 4) OWAS
- 5) Ergoloc

Om uit deze 5 methoden een gegronde keuze te maken wordt een verdere literatuurstudie gedaan.

4.3 Literatuurstudie

De OWAS-methode

Deze methode is ontworpen voor de staalindustrie in Finland. Hij bestaat uit 2 delen. Het eerste deel is een observatorische techniek om werkhoudingen te evalueren. Het tweede deel is een set criteria voor het blootleggen van kritische werkhoudingen met hoge belasting. Op basis hiervan kunnen arbeidsmethoden en arbeidsplaatsen herontworpen worden. De methode is gebaseerd op "werk bemonstering". Dit levert de frequentie of de tijd die een bepaalde houding wordt aangehouden op. Deze houdingen worden beoordeeld aan de hand van een aantal werkhoudingen die geclassificeerd zijn volgens het ervaren ongemak en het effect op de gezondheid van de werknemers. Op deze manier kan een gefundeerde beoordeling gegeven worden van de belasting. De houdingen worden ingedeeld in vier klassen, van normale houdingen waarbij niet ingegrepen hoeft te worden tot zeer schadelijke houdingen waarbij direct moet worden ingegrepen.^{2,7}

Coda-3

Coda-3 is een opto-elektronische scanner, die bij de registratie van de ruimtelijke positie van een punt kan worden gebruikt. Voor de houdings- en bewegingsregistratie van symmetrische bewegingen worden reflecterende prisma's op de lichaamsdelen bevestigd in het zicht van de scanner. De computer kan de punten registreren met een frequentie van 250 Hz of meer.

Echter voor asymmetrische houdingen kan alleen een speciale aanwijsstok worden gebruikt. Het duurt ongeveer dertig seconden om de 16 punten op het lichaam aan te wijzen. De 16 punten zijn: pols, elleboog, schouder, heup, knie en enkel aan beide kanten, boven op het hoofd, de navel en in de buurt van de wervels L2 en L4. De registratie met behulp van de aanwijsstok is preciezer dan met de prisma's op de huid. De prisma's zijn bevestigd op de huid. Huid verschuift ten opzichte van de gewrichten tijdens bewegingen. Deze onnauwkeurigheid vervalt bij het gebruik van een aanwijsstok, aangezien de gewrichten dan altijd op dezelfde manier aangewezen kunnen worden. Tenslotte is er een computerprogramma van een biomechanisch model dat de geregistreerde punten, het lichaamsgewicht en de geleverde kracht van de handen gebruikt om de krachten op het lichaam te berekenen. Een groot voordeel van Coda-3 is dat het erg gemakkelijk in gebruik is en dat het toegepast kan worden door ongetraind personeel. Nadelen zijn dat deze methode beperkt is tot het registreren van statische houdingen en dat de geobserveerde persoon vermoeid kan raken door steeds dertig seconden dezelfde houding aan te houden.³

Ergoloc (Ergonomische beoordeling van de belasting van het locomotore systeem)

De methode bestaat uit een registratiesysteem voor houdingen en bewegingen van de romp, de nek en de bovenarmen. Tevens is een voorlopige versie van een beoordelingssysteem opgezet.

Deze methode gaat uit van een vereenvoudiging: het lichaam wordt voorgesteld als een stangenstelsel met vaste draaipunten. Registratie van werkhoudingen en -bewegingen gebeurt met behulp van een toetsenbord met de lay-out van een cirkelvormig diagram. Een klok registreert de tijd gedurende welke een houding wordt aangenomen.

De beweging/houding krijgt op basis hiervan een waarde toegekend die de belasting weergeeft. Deze waarde is gebaseerd op kennis van effect van houdingen/bewegingen op tussenwervelschijven (epidemiologisch en biomechanisch). Deze waarde is functie van bewegingsrichting, bewegingsuitslag en van de tijd gedurende welke een bepaalde houding wordt aangenomen. De waarde is tijdsafhankelijk, omdat bij het langer aannemen van een houding specifieke statische effecten een rol gaan spelen naast algemene statische effecten. Algemeen statische effecten worden weergegeven in een tijdsfactor.

Ergoloc lijkt voldoende te differentiëren tussen verschillende werkmethoden. Daardoor lijkt Ergoloc beter dan OWAS geschikt om lokale overbelasting op te sporen. Continue registratie maakt het mogelijk een statische component in de beoordeling te betrekken. De Ergoloc-methode blijkt praktisch goed uitvoerbaar te zijn. De betrouwbaarheid van de methode moet nog getoetst worden, daar er nog geen onderzoek naar gedaan is en de methode nog weinig praktisch toegepast is. Verder worden in de methode een aantal factoren meegenomen waarvan de validiteit nog onvoldoende gewaarborgd is.^{4,7}

Helaas was er geen literatuur over de methode met de electro-inclinometer en de Vicon-methode beschikbaar. Het was dus niet mogelijk hier een gefundeerd oordeel over te vellen. Deze methoden zullen daarom verder buiten beschouwing worden gelaten.

4.4 Conclusie

Vanwege de beperking van Coda-3 tot statische houdingen valt deze methode af voor toepassing op de naaisters. In een vergelijk tussen Ergoloc en OWAS valt op dat beide methoden makkelijk toepasbaar zijn. Een voordeel van Ergoloc is dat het met een wetenschappelijk onderbouwd waardeoordeel komt. Een groot nadeel is echter dat de methode nog te weinig betrouwbaar is. Op basis hiervan wordt gekozen voor OWAS, die wel betrouwbaar is. Verdere voordelen van OWAS zijn dat het eenvoudiger is aan te leren en tot een snellere beoordeling van de belasting van het gehele bewegingsapparaat leidt.

4.5 Toepassing op de problematiek van de naaisters

Voor het opstellen van een onderzoek naar de problematiek bij naaisters wordt de OWAS-methode verder bestudeert.^{2,5,6,7} Hierbij wordt de werking van de OWAS-methode nader toegelicht.

Bij de OWAS-methode wordt gekeken naar de houdingen die werknemers aannemen. Deze houdingen zijn opgedeeld in 84 grondhoudingen. De registratie hiervan kan op verschillende manieren plaats vinden. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen directe observatiemethoden, die gebruik maken van waarnemers, en indirecte observatiemethoden, waarbij de arbeidshoudingen vast worden gelegd op film, video of foto.

Indirecte observatie methoden worden met name in situaties toegepast waar veel factoren tegelijk geregistreerd moeten worden (bv. ook taken en krachten) of waar de houdingen snel veranderen. Dit om te voorkomen dat de registratie de gegevensstroom niet kan bijhouden. Nadeel is dat de geregistreerde gegevens achteraf min of meer handmatig geanalyseerd moeten worden. Dit maakt indirecte observatie langzamer en duurder dan directe observatie.

Directe observatie maakt gebruik van waarnemers die de houdingen in tabellen noteren. Voor deze waarnemers staat een trainingsduur van een week. Hiervoor kunnen verschillende werknemers van het eigen bedrijf worden opgeleid. Hier kleven voor en nadelen aan. Een voordeel is dat dit de kennis omtrent werkhoudingen vergroot in het bedrijf waardoor een aantal (toekomstige) problemen op dit gebied vermeden kunnen worden. Ergonomie wordt een permanent aandachtspunt. Dit kan slechts slagen indien dit gesteund wordt door de leiding van het bedrijf. Nadelen zijn dat de waarnemers dan zelf belanghebbend zijn bij de uitkomsten van het onderzoek, zodat het onderzoek niet langer objectief is, en dat de waarnemers waarneming vermengen met de eigen ervaring. Op basis hiervan is de keuze van waarnemers van buiten het bedrijf te rechtvaardigen en verdient misschien zelfs de voorkeur.

Bij de houdingsregistratie wordt gebruik gemaakt van systematische vijf cijferige codes. Een cijfer voor de grondhoudingen van rug, armen, benen, hoofd en de belasting (zie bijlage 1). Aan de hand van deze codes (=houding) en de frequentie of tijd die een houding wordt aangenomen wordt bepaald in welke klasse deze valt, als maat voor de schadelijkheid (zie bijlage 2). De volgende klassen worden onderscheiden:

- klasse 1: normale houdingen die geen speciale aandacht vereisen, behalve in enkele uitzonderingsgevallen
- klasse 2: houdingen die aandacht verdienen tijdens de regelmatige controle van arbeidsmethoden
- klasse 3: houdingen die in de nabije toekomst aangepast moeten worden
- klasse 4: houdingen die onmiddellijk ingrijpen vereisen

Het bedrijf moet bereid zijn het onderzoek te steunen en de werksituatie te veranderen indien dit nodig mocht zijn. Het betreft dan vooral houdingen die in klasse drie en vier vallen. Dit geldt ongeacht de registratiemethode.

4.6 Conclusies en aanbevelingen

Voor de toepassing van arbeidsanalysemethoden op naaisters komen wij tot de volgende praktische punten:

- * Na vergelijking is er gekozen voor OWAS als onderzoeksmethode.
- * Indien de werksituatie het toelaat wordt er gekozen voor waarnemers in plaats van camera's, want het is sneller en goedkoper. Zowel voor waarnemers van binnen als buiten het bedrijf zijn goede argumenten aan te dragen.
- * Gezien de snelle houdingsveranderingen bij naaisters is het zeer goed mogelijk dat er gebruik gemaakt moet worden van een indirecte observatiemethode.
- * Om de betrouwbaarheid van de gegevens te vergroten wordt zowel 's ochtends als 's middags geobserveerd. Iedere geobserveerde naaister wordt achtereenvolgens door twee verschillende waarnemers geobserveerd.
- * Hoe de werkbemonstering in de praktijk gaat is ons onbekend. Er zal rekening gehouden moeten worden met dagen/weken en werkplanning.
- * Er zal een steekproef genomen moeten worden om te bepalen welke werknemers geobserveerd moeten worden.
- * Men dient er rekening mee te houden dat psychologische en sociale factoren niet in dit onderzoek zijn meegenomen, hoewel ze wel van invloed kunnen zijn.
- * Het Hawthorne-effect, mogelijk veroorzaakt door de aanwezigheid van waarnemers, wordt mogelijk verkleind indien de waarnemers uit het eigen bedrijf gerecruteerd zijn. Onderbouwing hiervan vanuit literatuur hebben we niet kunnen vinden.

Op basis van de zo verkregen resultaten kan bekeken worden welke de meest schadelijke houdingen zijn die in de toekomst zo veel mogelijk vermeden moeten worden.

Hierna volgen nog eventuele aanpassingen van de werksituatie, testen van deze aanpassingen, indien de nieuwe werksituatie voldoet invoering hiervan en tenslotte een evaluatie. Zaken waar wij bij gebrek aan onderzoek niet op in kunnen gaan.

4.7 Literatuur

- 1 Veldboer, E.J.B., Oostendorp, R.A.B., Spenkelink, G.P.J., Stelt, L.E.R. van der (1990). Inventarisatie en beoordeling van methoden ter bepaling van de fysieke belasting. Nederlands tijdschrift voor de Fysiotherapie, (vol.100), 142-150.
- 2 Stoffert, G. von (1985). Analyse und Einstufung von Körperhaltungen bei der Arbeit nach der OWAS-methode. Z. für Arbeitswissenschaft, 39, (1), 31-39.
- 3 Tracy, M., Haslegrave, C.M., Corlett, E.N. (1987). Automating the measurement and biomechanical analysis of posture. In: Corlett, N., Wilson, J., Manenica, I. (red). New methods in Applied Ergonomics, (267-272), Londen: Taylor and Francis.
- 4 Dieen, J.H. van (1989). Ergoloc: voorlopige resultaten van methode-ontwikkeling ter beoordeling van de belasting van de lage rug in arbeidssituaties. Tijdschrift voor Ergonomie, 14, (3), 3-7.
- 5 Karhu, O., Härkönen, R., Sorvali, P., Vepsäläinen, P. (1981). Observing working postures in industry; examples of OWAS application. Applied Ergonomics, 12, 13-17.
- 6 Karhu, O., Kansilainen, P., Kuorinka, I. (1977). Correcting working postures in industry: a practical method for analysis. Applied Ergonomics, 8, 199-201.
- 7 Grinten, M.P. van der, Douwes, M., Dul, J. (1990). Bepalen van fysieke arbeidsbelasting. Arbovisie, 6, 1-4.

Bijlage 1. Matrix van de 84 OWAS grondhoudingen²

MATRIX DER 84 OWAS-GRUND-ARBEITS-HALTUNGEN								
		BEINE 1	BEINE 2	BEINE 3	BEINE 4	BEINE 5	BEINE 6	BEINE 7
	 ARME 1							
RÜCKEN 1	 ARME 2							
	 ARME 3							
	 ARME 1							
RÜCKEN 2	 ARME 2							
	 ARME 3							
	 ARME 1							
RÜCKEN 3	 ARME 2							
	 ARME 3							



KOPF 1:
frei



KOPF 2:
nach vorn gebeugt
(über 30°)



KOPF 3:
zur Seite gebeugt
(über 30°)



KOPF 4:
nach hinten gebeugt
(über 30°)



KOPF 5:
zur Seite gedreht
(über 45°)

Bijlage 2. Tijdspercentage waarin een bepaalde houding is doorgebracht uitgezet tegen de schadelijkheid.

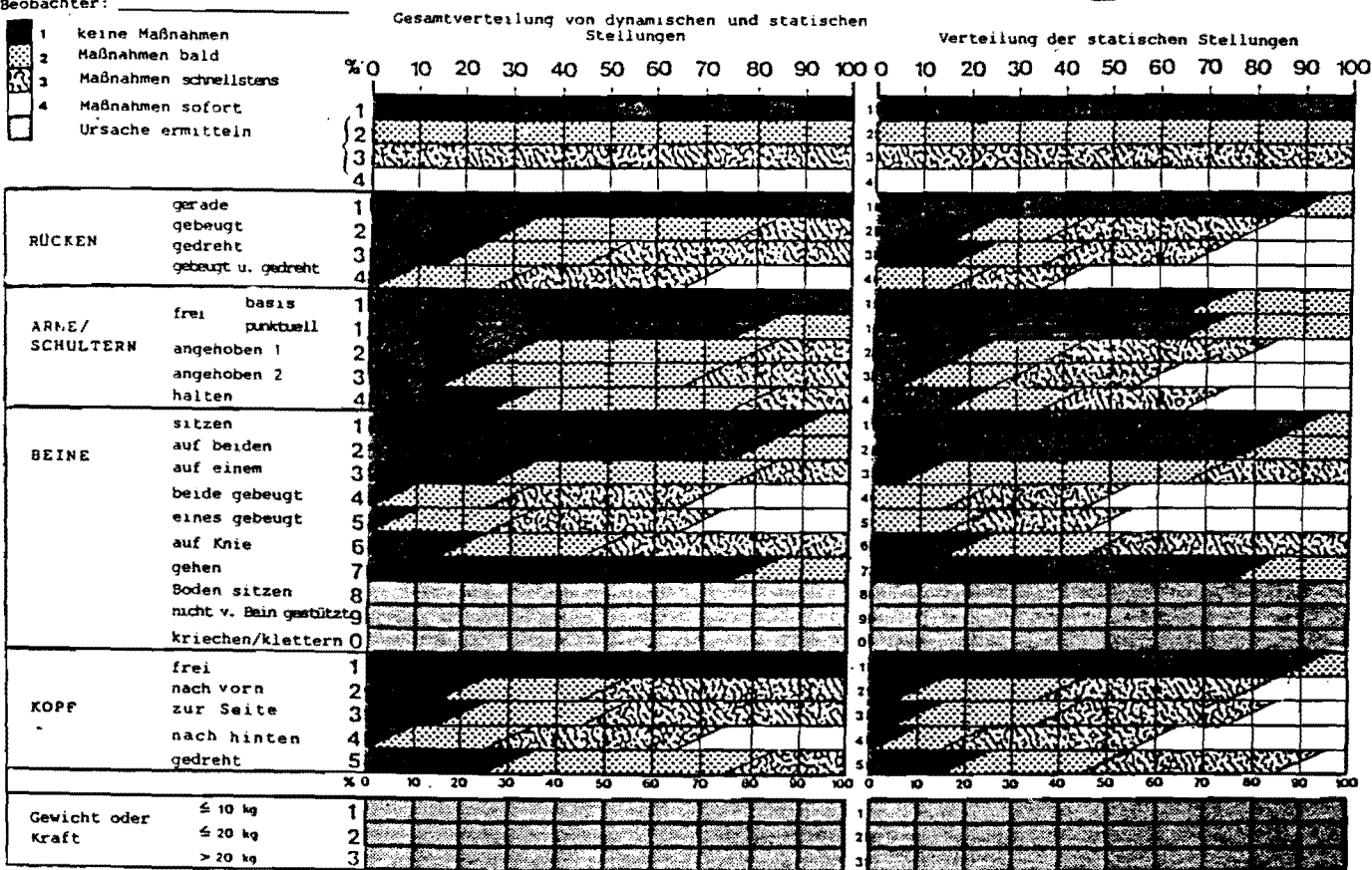
Betrieb: _____
 Arbeit: _____
 Produkt: _____
 Arbeiter: _____
 Beobachter: _____

Ergebnis der OWAS-Untersuchung
 Änderungsempfehlung

Datum: _____
 Anzahl Beobachtungen: _____

Basis Punktuell

- 1 keine Maßnahmen
- 2 Maßnahmen bald
- 3 Maßnahmen schnellstens
- 4 Maßnahmen sofort
- Ursache ermitteln



Het cervico-brachiaal syndroom bij lassers

Een epidemiologische onderzoeksopzet

door: C. van Haag 343332 en
J.H.J. Verstegen 364137
OWG 2
TUE WMT
tutor: P. van Kemenade
16 mei 1994

5 Samenvatting

Om tot een uitspraak te komen over het verband tussen nek- en schouderklachten en een bepaalde beroepsuitoefening, kan een epidemiologisch onderzoek plaatsvinden. In dit rapport is voor zo een onderzoek een mogelijke opzet opgesteld. Er is gekozen voor een patiënt- controle onderzoek, en met deze opzet is het mogelijk de causaliteit aan te tonen van nek- en schouderklachten en lassen. Let wel, dit is een mogelijke opzet, en dus niet de enige, maar na het afwegen van de voor- en nadelen van de onderzoeksmethoden die de epidemiologie biedt, bleek een patiënt- controle onderzoek de meest voor de hand liggende. Er zijn bij deze methode nog wel een aantal versturende factoren, die bij de beoordeling van de resultaten besproken worden, en waar terdege rekening mee gehouden moet worden. Bij dit soort onderzoek is een verantwoorde keuze van de onderzoekspopulatie zeer belangrijk. Een goede keuze lag dan ook niet direct voor de hand, maar uiteindelijk is toch een mogelijke populatie naar voren gekomen. Voor de vragenlijsten die gebruikt worden zij verwezen naar het rapport van Herberts et al. (1981).

5.1 Inleiding

In Nederland gaat jaarlijks een fors deel van de begroting op aan arbeidsongeschiktheidsuitkeringen. Er wordt door het ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid dan ook een subsidie beschikbaar gesteld voor onderzoek naar arbeidsomstandigheden en de relatie tussen arbeidsongeschiktheid en werk. In de onderdelen biomechanica en ergonomie wordt o.a. besproken wat voor effect fysieke belasting op de rug kan hebben, en hoe arbeidsomstandigheden eventueel aan het werk aangepast kunnen worden. In het onderdeel epidemiologie wordt meer gekeken naar de relatie tussen ziekte en bijvoorbeeld werk, gewoonten, leeftijd, leefomstandigheden etc. In Nederland zijn lage rugklachten de eerste oorzaak van arbeidsverzuim, en komen de nek- en schouderproblemen op de tweede plaats. Voor het onderzoeken van de causaliteit van nek- en schouderproblemen bij een bepaald soort werk is gekozen voor lassers als uitgangsgroep, omdat deze mensen veel met nek, schouders en armen werken.

Als de causaliteit van lassen en nek- en schouderklachten aangetoond kan worden, kan dat voordelen hebben. Er kan gedacht worden aan selectie bij bijvoorbeeld een sollicitatiegesprek en een medische keuring, waarbij de uitkomst van de medische keuring bindend kan zijn op grond van de resultaten van het epidemiologisch onderzoek. Ook kan gedacht worden aan een aanpassing van het werk of een vorm van automatisering (indien mogelijk) wanneer de werkbelasting te groot blijkt.

Om deze causaliteit aan te tonen zijn er binnen de epidemiologie een aantal verschillende onderzoeksmethoden. Van deze onderzoeksmethoden worden een aantal voor- en nadelen onderzocht. Naar aanleiding van de resultaten is het mogelijk om een geschikte keuze te maken uit deze methoden om het onderhanden liggende probleem te onderzoeken.

5.2 Vakgebiedsverkenning

Als verzamelnaam voor de klachten in het nek- en schouder gebied wordt de term cervico-brachiaal syndroom gebruikt. Een van de aandoeningen die onder deze term vallen is de aandoening m. supraspinatus tendinitus, een peesontsteking.

Deze klacht komt veel voor bij naaisters en lassers. In dit verband is het interessant om eens nader te gaan kijken naar een mogelijk causaal verband tussen de werkzaamheden en de klacht. Dit causaal verband is eventueel aan te tonen door middel van epidemiologisch onderzoek.

Er is al eerder een onderzoek in deze richting geweest. Dit onderzoek (Herberts et al., 1981) richt zich op de nek en schouderproblemen van lassers in de scheepsbouw met als vergelijkende beroepsgroep kantoorpersoneel. Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt alleen dat supraspinatus tendinitus vaker onder lassers voorkwam dan onder kantoorpersoneel. Er werd gekeken naar mogelijke oorzaken zoals:

- laservaring
- aantal jaren gewerkt als lasser
- leeftijd
- werkbelasting

Het onderzoek heeft gebruik gemaakt van een enquête om individuen te selecteren voor een medisch onderzoek. Aan de hand van de enquête en het medisch onderzoek zijn er een aantal prevalentie cijfers bepaald. Vervolgens werden deze vergeleken met de prevalentiecijfers van het kantoorpersoneel. Er is ook een vergelijking gemaakt tussen de leeftijdsverdeling van lassers met supraspinatus tendinitus en de leeftijdsverdeling van de totale groep lassers.

De mogelijke invloeden die besproken zijn lijken geen van allen significant te zijn. Toch is significantie niet uitgesloten, omdat de lassers die gestopt zijn met dat werk vanwege schouderklachten niet in de populatie zijn meegenomen. Ook werden de enquête en de medische keuring met een tussenperiode van een jaar gehouden, waardoor een aantal mensen niet als supraspinatus tendinitus patiënt werden meegenomen terwijl ze dat in dat tijdsbestek misschien wel zijn geworden.

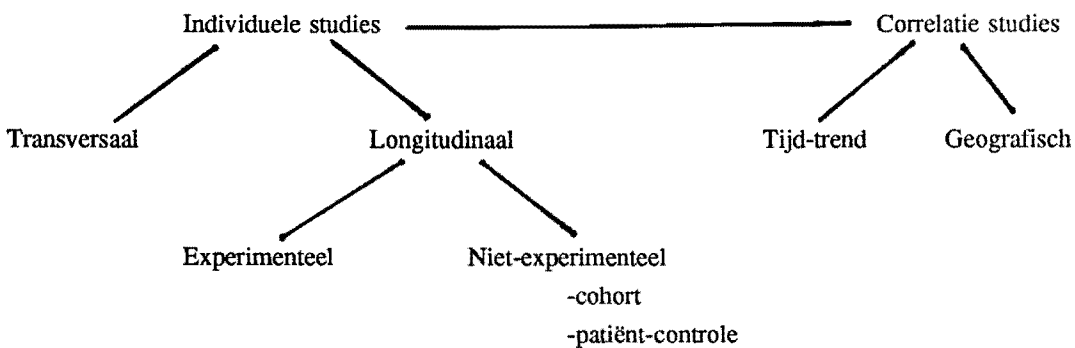
De Probleemstelling voor dit rapport kan als volgt omschreven worden.

Stel een epidemiologisch onderzoek op om de eventuele causaliteit aan te tonen tussen lassen en nek- en schouderklachten. Dit onderzoek moet reproduceerbaar en valide zijn.

5.3 Onderzoeksvormen en methoden

Er zijn een aantal methoden om een epidemiologisch onderzoek op te stellen. Deze onderzoeksmethoden worden bekeken en vergeleken op een aantal criteria, zoals validiteit, toepasbaarheid op het probleem, uitvoerbaarheid, kosten, eventuele storende invloeden (zgn. confounders), betrouwbaarheid van de resultaten, etc.

Uiteindelijk wordt een vergelijking gemaakt tussen 2 methoden, en er zal dus eerst een grove indeling gemaakt moeten worden van de methoden. Een indeling (Bouter en van Dongen, 1991) ziet er schematisch als volgt uit.



Aan de hand van dit schema worden de methodes behandeld.

Individuele studies: studies waarbij per individu wordt gekeken naar oorzaken en aandoeningen. Hieronder vallen de longitudinale en transversale studies.

Correlatie studies: hierbij wordt gekeken naar de invloed van tijd en plaats op een bepaald ziektebeeld.

Transversale studies: Per individu worden de vermeende determinant en de bestudeerde ziekte op een en hetzelfde tijdstip gemeten, beschrijvend onderzoek.

Longitudinale studies: verklarend of oorzaak-gevolg onderzoek. Hieronder vallen de experimentele en niet-experimentele studies.

Experimenteel onderzoek: het toewijzen van individuen in de onderzoekspopulatie aan alternatieve determinant categorieën op basis van randomisatie, verder verloopt het onderzoek als een cohort onderzoek (zie verder). Met andere woorden de individuen worden in cohorten ingedeeld en blootgesteld aan verschillende mogelijke oorzaken. Verder wordt dan het verloop van de ziekte bestudeerd, bijvoorbeeld bij geneesmiddelen.

Niet experimenteel onderzoek: hieronder vallen de cohort of patiënt-controle onderzoeken.

Cohort onderzoek: per individu worden de expositiestatus en de ziektestatus bepaald. Op basis van de expositiestatus worden die individuen die de ziekte nog niet hebben in groepen (cohorten) ingedeeld. De individuen in de cohorten worden gedurende een bepaald tijdsbestek gevolgd teneinde de ziekte incidentie vast te kunnen stellen. Dit is zowel prospectief als retrospectief mogelijk.

Patiënt-controle onderzoek: per individu wordt de ziektestatus vastgelegd. Indelen in groepen vindt plaats op basis van de ziektestatus. Vervolgens wordt informatie over de expositiefactoren in het verleden verzameld van de personen uit de onderzoekspopulatie. Hierna is het mogelijk om de groep met en zonder de ziekte te vergelijken ten aanzien van de frequentie van de expositiefactoren in het verleden. Op basis hiervan is het mogelijk om een uitspraak te doen over de eventuele causaliteit.

5.4 Keuze van de onderzoeksopzet

Voor het onderzoek naar de nek- en schouderklachten van lassers worden de keuzes gemaakt aan de hand van de indeling volgens Bouter en van Dongen (1991).

In deze indeling is te zien dat de eerste keuze die gemaakt moet worden ligt tussen individuele en correlatie studies. Omdat er op een bepaald tijdstip en plaats gekeken wordt en er dus niet in verloop in de tijd gekeken wordt, ligt de keuze voor individuele studies voor de hand.

Bij de keuze longitudinaal of transversaal wordt er gekozen voor een longitudinaal onderzoek. Deze biedt betere mogelijkheden om de aanwezigheid van potentiële ziekteverwekkers voor aanvang van de ziekte te identificeren dan transversaal onderzoek.

Dan blijven er nog twee keuzes over, de eerste van deze twee is de keuze tussen experimenteel en niet-experimenteel. Bij experimenteel onderzoek zijn de kosten vrij hoog en kleven er ethische bezwaren aan het onderzoek. Om deze redenen wordt er gekozen voor niet-experimenteel onderzoek.

De laatste keuze is die tussen cohort en patiënt-controle onderzoek. Aan de hand van een aantal voor- en nadelen van deze methodes kan gekozen worden voor een van beiden methodes.

Cohort onderzoek

- * vaak duur
- * vaak lang wachten indien prospectief
- * onderzoekspopulatie relatief groot
- * geschikt voor frequent voorkomende ziekten
- * geschikt voor zeldzame exposities

- * ongevoelig voor bias
- * incidentie cijfers en RR te berekenen

Patiënt-controle onderzoek

- * relatief goedkoop +
- * snel resultaten +
- * onderzoekspopulatie klein +
- * ook geschikt voor zeldzame ziekten
- * ongeschikt voor zeldzame exposities
- * gevoelig voor bias
- * alleen OR te berekenen

De doorslaggevende punten zijn aangegeven met een + de keuze valt dan ook op het patiënt-controle onderzoek.

5.5 Het kiezen van een patiënt- en een controlegroep

Bij het patiënt-controle onderzoek is het nodig om twee onderzoeksgroepen te hebben, de patiënt en de controlegroep. De patiënt groep bestaat uit mensen met de klachten en de controlegroep bestaat uit een groep mensen zonder klachten. Deze controle groep moet representatief zijn, dat wil zeggen moeten dezelfde persoonskenmerken hebben als de patiëntgroep, zoals bijvoorbeeld leeftijd.

De keuze van een controlegroep die representatief is, is een probleem.

Wie moet bijvoorbeeld een brief gestuurd worden, en wat moet er in deze brief komen te staan? Hoeveel mensen moeten deze brief ontvangen, om het onderzoek betrouwbaar te maken? Al deze vragen maken het een stuk moeilijker om een groep uit te kiezen. Er moet namelijk niet alleen een patiënt-groep geselecteerd worden, maar ook een controlegroep.

In eerste instantie kan worden gedacht aan een selectie mensen uit het bestand van het GAK of van de vakbond van lassers. Een probleem hierbij is echter dat het GAK toch enigszins met een medisch beroepsgeheim zit, zodat het niet zonder meer mogelijk is om in hun bestanden te kijken. Als uit het vakbondsbestand een selectie wordt gemaakt, is het weer moeilijk om een goede controle groep te kiezen. Bij het GAK zou dit geen probleem zijn: er wordt gevraagd naar mensen met nek- en schouderklachten, en er wordt een controlegroep samengesteld uit overige mensen uit het bestand. Ook aan bestanden uit ziekenhuizen en fysiotherapie-praktijken kan gedacht worden, maar daar speelt ook het beroepsgeheim een rol.

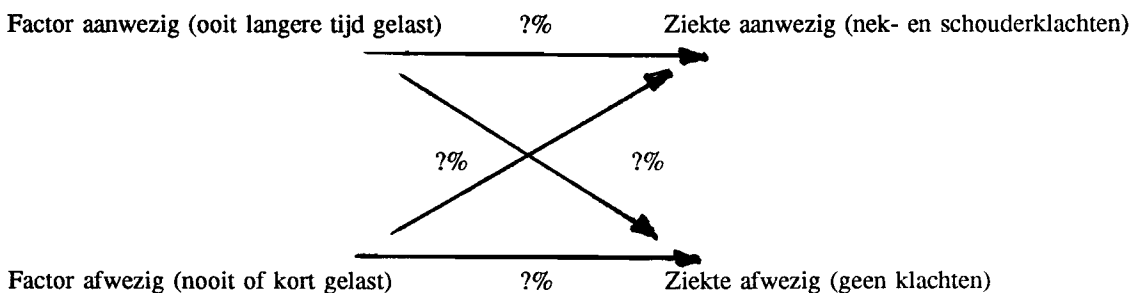
Uiteindelijk werd in een geheel andere richting gezocht: een groot bedrijf dat zowel lassers als andere mensen in dienst heeft, uiteenlopend van bijvoorbeeld schoonmaakpersoneel tot kantoorpersoneel tot lassers en bijvoorbeeld metselaars... Om zo'n bedrijf te vinden is nog geen makkelijke opgave, maar het is te doen.

Als uiteindelijk een patiënt-groep en een controlegroep geselecteerd is, kan door middel van vragenlijsten gekeken worden of er een verband bestaat tussen lassen en nek- en schouderklachten.

Er wordt gekeken hoeveel van de mensen met klachten ooit gelast hebben, en dat wordt vergeleken met het aantal mensen dat geen klachten heeft, maar wel ooit gelast heeft, en met het aantal dat wel klachten heeft maar nooit gelast heeft.

De mensen die geen klachten hebben en nooit gelast hebben, zijn voor het onderzoek verder niet interessant, maar ze moeten wel vermeld worden.

Patiënt-controle onderzoek zit schematisch als volgt in elkaar (F. Sturmans, 1986):



Er wordt aangenomen dat zeker voor 6 maanden dagelijks gelast moet zijn, om als geëxposeerd in aanmerking te komen.

Er wordt dus gewerkt met vragenlijsten, die in een groot bedrijf (Bijvoorbeeld IHC) verspreid worden onder alle medewerkers, van staf tot werkvloerpersoneel (waaronder dus lassers). Een voorbeeld van zo een vragenlijst is te vinden in het rapport dat eerder is genoemd (Herberts et al., 1981)

Naar aanleiding van de respons worden dan een aantal mensen onderworpen aan een medisch onderzoek. Uit de resultaten van dit onderzoek moet dan geconcludeerd worden of er inderdaad, zoals verwacht, een causaal verband bestaat tussen lassen en het probleem van nek- en schouderklachten. Dit verband moet blijken uit de enige associatiemaat die bij patiënt-controle onderzoek beschikbaar is: de OR (odds ratio). Om tot een oordeel te kunnen komen over de sterkte van de oorzaak-gevolg relatie moeten de foutenbronnen nog in acht genomen worden. Het kan zijn dat mensen met nek- en schouderklachten ooit gelast hebben, maar dat de klachten eigenlijk van andere aard/oorzaak zijn. Hierbij kan gedacht worden aan psychische, vasculaire, neurologische of musculaire oorzaken, die een bias in de resultaten met zich meebrengt. Deze andere oorzaken zijn misschien in het medisch onderzoek weg te filteren, maar de fout zal aanwezig blijven.

Verder moet er bij het onderzoek rekening mee gehouden worden dat waarschijnlijk nog niet de helft van de verstuurde vragenlijsten ook daadwerkelijk teruggestuurd worden. Ook vallen een deel van de teruggestuurde formulieren af omdat de vragen niet goed zijn ingevuld. Dit kan komen doordat sommige mensen niet precies weten hoe het met hun eigen lichaam gesteld is, of hun klachten, hoewel misschien wel aanwezig, niet onder ogen (willen) zien.

Ook confounding is een factor waarmee rekening gehouden dient te worden bij de beoordeling van de resultaten. Om dit te beperken zou op de vragenlijst bijvoorbeeld gevraagd kunnen worden of er nevenactiviteiten zijn waarbij de nek en schouders belast worden (denk aan sporten, andere baan, tuinieren, etc).

5.6 Beoordeling van de resultaten

De resultaten worden beoordeeld aan de hand van een aantal criteria, die uiteindelijk moeten bepalen of de causaliteit aangetoond is.

- * (interne) validiteit. De validiteit van het onderzoek is voldoende als het bedrijf dat geselecteerd wordt om de onderzoekspopulatie uit te selecteren groot genoeg, en divers genoeg is (veel verschillende soorten werkzaamheden). Als er een fout wordt gemaakt bij de selectie wordt de validiteit minder (als er mensen in de selectie worden opgenomen met vergelijkbaar werk als lassers). Ook worden de resultaten minder valide als de vragenlijsten niet of niet goed ingevuld worden, bijvoorbeeld omdat men geen zin heeft in een medische controle uit angst voor ontslag bij een negatieve uitkomst.
- * Sterkte van het verband. Hierover is nog geen uitspraak te doen. Wel kan bekeken worden wanneer het verband al dan niet sterk is. Dit moet gebeuren aan de hand van significantietesten en/of statistiek.
- * Biologische plausibiliteit. Deze is goed. Het is zeer wel mogelijk dat door veel met schouders en armen te werken er uiteindelijk klachten optreden door vermoeiing en slijtage van gewrichten.
- * (Externe) consistentie. Een onderzoeksuitkomst is consistent als de resultaten overeenkomen met resultaten uit eerdere onderzoeken, mits deze gedaan zijn. op dit moment is hierover nog geen uitspraak te doen.
- * Dosis-respons relatie. Als in de vragenlijst is opgenomen hoelang er per dag gewerkt is, en hoelang men in totaal in jaren gewerkt heeft (als lasser), is hierover een uitspraak te doen. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat niet duidelijk is hoe hard iemand werkt (hoeveel staven worden per uur verlast?). Dit brengt een bias met zich mee. Ingeval van een sterke dosis-respons relatie wordt de causaliteit sterker.

- * Analogie en een specifieke tijdsrelatie tussen risicofactor en aandoening. Uit de enquête kan men nagaan of deze relatie geldt. Er kan gevraagd worden of er al problemen met nek en schouders waren voordat begonnen werd met lassen, en of men, als men last kreeg van nek en schouders, dit kreeg tijdens of nadat men gestopt was met werken (indien al gestopt).

Wanneer aan meer van deze criteria voldaan wordt, wordt de causaliteit sterker.

5.7 Literatuur

- 1 Sturmans, F. (1986). Epidemiologie, theorie, methoden en toepassing. Nijmegen: Dekker & van de Vegt.
- 2 Hofman, A., Vandenbroucke, J.P. (1988). Grondslagen der epidemiologie. Utrecht: Wetenschappelijke uitgeverij Bunge.
- 3 Rose, G., Barker, D. (1986). Epidemiology for the uninitiated. London: British Medical Journal.
- 4 Bouter, L.M., van Dongen, M.C.J.M. (1991). Epidemiologisch onderzoek, opzet en interpretatie. Antwerpen: Bohn Steffen van Loghum
- 5 Herberts, P., Kadefors, R., Andersson, G., Petersén, I. (1981). Shoulder pain in industry: an epidemiological study on welders. Acta orthopaedica Scandinavica, **52**, 299-306

6 Evaluatie

Wij vinden het een zeer leerzame ervaring om te werken volgens het Probleem Gestuurd Onderwijs. Bij deze onderwijsmethode leer je samenwerken in groepen, deze te leiden, notulen maken, literatuur zoeken, verslagleggen van de opgedane kennis en deze te presenteren.

Ook zijn wij van mening dat op deze manier zeer veel kennis wordt vergaard en deze blijft waarschijnlijk ook nog beter hangen dan bij een normaal college. Je hebt immers zelf informatie moeten zoeken en deze over moeten dragen aan de rest van de groep. Zo lees je dus indirect heel veel bladzijden tekst.

De samenwerking in de groep is goed verlopen, zowel tussen de groepsleden onderling en met de tutor.

Het onderwerp van deze PGO (De belasting van de lage rug) sluit goed aan op onze studie Werktuigkundige Medische Technologie en is daarom zowel relevant als interessant.

Met het biomechanische gedeelte zullen wij nog vaak in aanraking komen maar het is ook zeer zeker nuttig om met ergonomie en epidemiologie kennis gemaakt te hebben.

7 Conclusie

Bij vergelijking van biomechanisch, ergonomisch en epidemiologisch onderzoek blijkt dat ieder onderzoek haar specifieke voor- en nadelen heeft.

Voor biomechanisch onderzoek is meer kennis nodig, maar het levert ook veel inzicht op. Verder is dit soort onderzoek in het algemeen langdurig van aard en heb je veel deskundigen nodig, zodat het erg duur is.

De resultaten van ergonomisch onderzoek zijn direct toepasbaar op de praktische situatie en geeft mogelijke oplossingen, maar is niet wetenschappelijk onderbouwd.

Epidemiologisch onderzoek vereist een grote groep mensen die bekeken moet worden, zodat betrouwbare gegevensbronnen beschikbaar moeten zijn. Dit soort onderzoek levert mogelijke oorzaken voor het probleem maar geen concrete oplossingen. De tijdsduur van het onderzoek kan erg lang zijn.

Het is niet mogelijk om op basis van slechts een methode uitsluitel te geven over een probleem.

Een combinatie van deze drie onderzoeksmethoden is dan ook aan te bevelen. Als er een klacht is gesignaleerd vanuit de maatschappij met een aantal mogelijke oorzaken, kan met behulp van epidemiologisch onderzoek de belangrijkste oorzaak worden gezocht.

Ergonomisch onderzoek moet uitwijzen hoe een probleem opgelost kan worden, waarbij biomechanica een inzicht verschaffende en sturende rol speelt. Biomechanica is de basis voor zowel ergonomie als voor epidemiologie.

Ons advies is dan ook om de drie onderzoeksmethoden te combineren, zodat een multidisciplinair onderzoek verkregen wordt.