

# Taakvariatie tijdens repeterend manueel werk

Bij manueel werk zijn werken in ongemakkelijke houdingen, zoals boven schouderhoogte, en repeterende en statische werktaken de belangrijkste risicofactoren voor het ontwikkelen van lichamelijke klachten (Linaker & Walker-Bone, 2015). Uit eerder onderzoek is gebleken dat lokale spiervermoeidheid als gevolg van de bovengenoemde risicofactoren een belangrijke voorloper kan zijn van het ontwikkelen van lichamelijke klachten (Rashedi & Nussbaum, 2015).

Het ontwikkelen van klachten op de werkvloer is modelmatig weergegeven in afbeelding 1, een aangepaste versie van het belastingbelastbaarheidmodel (Burger, 1959). Het begin van een keten aan reacties is de *externe blootstelling*, met kenmerkende factoren als werken in ongemakkelijke houdingen, en repeterende en statische bewegingen. Volgend op externe blootstelling is de *interne blootstelling*. Deze wordt geschat door het meten van de belasting op de werknemer, bijvoorbeeld de spierspanning in de arm die nodig is om een taak te kunnen vervullen (Westgaard & Winkel, 1996). De interne blootstelling kan leiden tot fysiologische reacties of verstoringen, de *acute reacties*. Deze reacties beslaan onder andere ervaren vermoeidheid, verstoorde doorbloeding, en spiervermoeidheid zoals gemeten met elektromyografie (EMG). Als deze acute reacties niet voldoende herstellen, dan kunnen *langetermijn gevolgen* optreden (Visser & Van Dieën, 2006), zoals klachten en aandoeningen aan het bewegings-

apparaat. Bij alle relaties in dit model spelen individuele en psychosociale factoren een belangrijke rol, zoals geslacht of hoeveelheid autonomie die een werknemer heeft binnen een bedrijf. Deze factoren worden ook wel *effect modificatoren* genoemd.

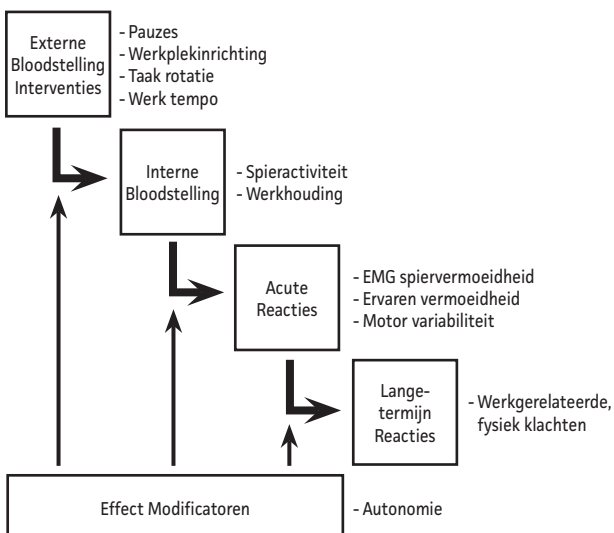
## Lokale spiervermoeidheid

Een belangrijke acute reactie die voorafgaat aan de ontwikkeling van werkgerelateerde fysieke klachten is lokale spiervermoeidheid (afbeelding 2). Lokale spiervermoeidheid kan subjectief worden beoordeeld door ervaren ongemak of objectief in kaart worden gebracht met spieractiviteitsmetingen (EMG; Basmajian & De Luca, 1985; Borg, 1982). Wanneer de spieractiviteit wordt gemeten met EMG is het belangrijk te weten dat houdings- en bewegingsparameters (kinematica), zoals armheffingshoek en rompflexie, een belangrijke rol spelen.

Een concept gerelateerd aan spieractiviteit en kinematica is *motor variabiliteit*: de intrinsieke variabiliteit die aanwezig is in onze handelingen en gecontroleerd wordt door ons sensomotorische systeem in de hersenen (Madeleine, 2010). Men gelooft dat de aanwezigheid van motor variabiliteit in onze spieractiviteit en kinematicapatronen de belasting op ons lichaam kan verlagen. Dit zou dan als een soort beschermingsmechanisme werken voor werknemers om de ontwikkeling van werk gerelateerde fysieke klachten tegen te gaan (Heiderscheit, 2000).

## Interventie: taakvariatie

Onderzoekers veronderstellen dat meer variatie in fysieke blootstelling op de werkvloer een effectieve interventie kan zijn om de ontwikkeling van lokale spier-

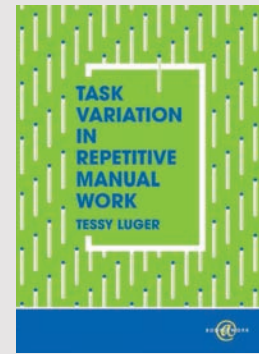


Afbeelding 1. Conceptueel belasting-belastbaarheidmodel dat de aaneenschakeling van reacties beschrijft die kunnen leiden tot de ontwikkeling van lichamelijke klachten.



Tessy Luger  
Promotie: 9 november, VU Amsterdam  
Prof.dr. H.E.J. Veeger (promotor)  
Prof.dr. M.P. de Looze (promotor)  
Dr. T. Bosch (copromotor)

Afdeling Bewegingswetenschappen  
Faculteit der Gedrags- en Bewegingswetenschappen, VU  
Amsterdam  
MOVE Onderzoeksinstituut Amsterdam  
tessy\_luger@hotmail.com



vermoeidheid te verminderen (Mathiassen, 2006). Bovendien zou dit dan de ontwikkeling van fysieke klachten remmen. Afbeelding 1 geeft weer welke interventies kunnen aangrijpen op het niveau van de externe blootstelling. Deze interventies zijn bedoeld om taakvariatie te verhogen en omvatten organisatorische en fysieke ergonomische aspecten. Verschillende studies hebben het effect van de verschillende interventies op de interne blootstelling en acute reacties in kaart gebracht, maar het aantal studies is schaars en geeft soms tegenstrijdige resultaten waardoor concrete aanbevelingen uitblijven. Daarom zet ik hierna de resultaten van verschillende interventies uit mijn promotieonderzoek uiteen. Spiervermoeidheid zoals gemeten met EMG en ervaren ongemak zijn gebruikt als uitkomstmaten om de effecten van de interventies zichtbaar te maken. De centrale vraagstelling luidt: *'Hoe worden spiervermoeidheid en ervaren ongemak beïnvloed door verschillende interventies tijdens repeterende manuele taken?'*

### Effecten van diverse soorten taakvariatie

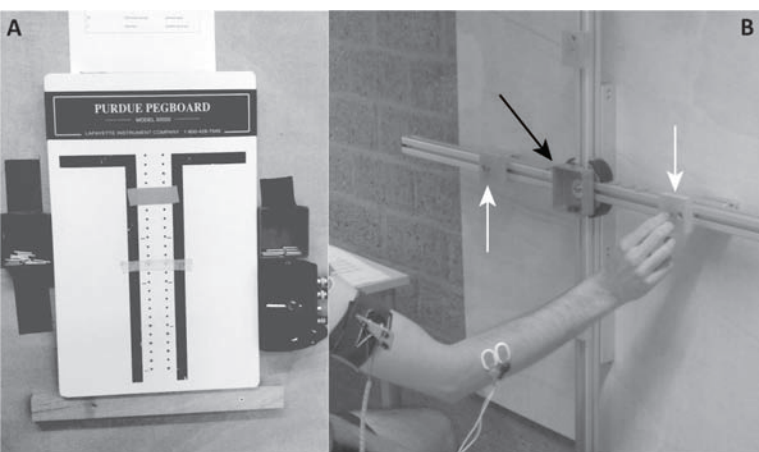
Uit een recent literatuurreview blijkt dat belangrijke uitkomstmaten om de effectiviteit van de hoeveelheid taakvariatie in kaart te brengen, ervaren ongemak, objectieve spiervermoeidheid en prestatie zijn (Luger

e.a., 2014). Uit het literatuurreview blijkt dat vooral ondersteuning voor het toepassen van temporele taakvariatie te vinden is in de waarneming dat de deelnemers minder ongemak ervaren bij meer variatie. De objectieve metingen van spiervermoeidheid in deze studies gaven echter geen ondersteuning voor de toepassing van taakvariatie; er werd geen effect van taakvariatie op spiervermoeidheid (EMG) gevonden.

Passieve en actieve pauzes onderzocht ik tijdens een gesimuleerde, repeterende, pak-en-plaats-taak (afbeelding 2A; Luger e.a. (2015)), waarbij de effectiviteit van de pauzes in kaart is gebracht door spiervermoeidheid (afbeelding 3, pag. 54) en ervaren ongemak in de schouder. Actieve pauzes verminderden het lokaal ervaren ongemak in de schouder, maar passieve pauzes hadden geen effect op ervaren ongemak en spiervermoeidheid (EMG).

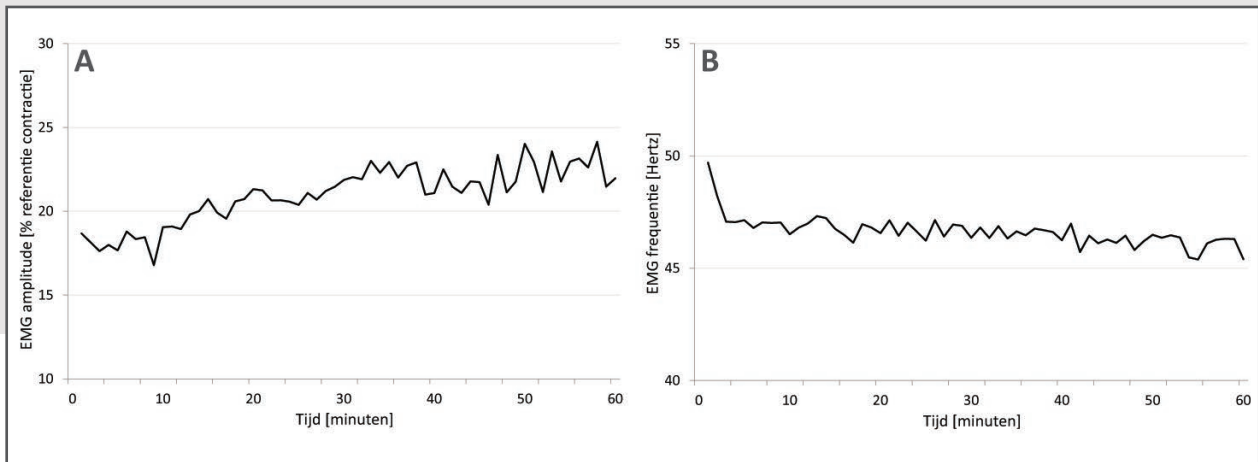
In een volgende studie onderzocht ik of taakrotatie tot meer variatie leidt (Luger e.a., 2016a). De deelnemers aan dit onderzoek roteerden met verschillende frequenties tussen een pak-en-plaats-taak (afbeelding 3A, pag. 54) en een tiltaak. De verwachting was dat een hoge frequentie (9 rotaties/uur) zou leiden tot meer herstel mogelijkheden voor de spier dan een lage frequentie (1 rotatie/uur). Rotatiefrequentie bleek geen invloed te hebben op spiervermoeidheid (EMG). Ervaren ongemak in de schouder was bij de hoge rotatiefrequentie echter wel lager dan bij de lage. In een van de condities in deze studie bepaalden de deelnemers gedurende een uur zelf hun werkindeeling. Dertig minuten moesten besteed worden aan de pak-en-plaats-taak en dertig minuten aan de tiltaak. Het zelf kunnen kiezen van de mate van taakrotatie had een duidelijk effect: de proefpersonen ervoeren minder ongemak in de schouder wanneer zij zelf hun werkindeeling mochten bepalen, maar dit werd niet ondersteund door de EMG-metingen.

In een volgende studie varieerde ik taakvariatie via de werkplekinrichting (afbeelding 3B; Luger e.a. (2016b), pag. 54). Door de werkplek te veranderen in werkhoogte (30° en 50° armheffingshoek) en werkrichting (horizontaal, verticaal, diagonaal) werd er variatie in de armheffingshoek opgelegd. Het doel was om te bestuderen wat beide veranderingen voor effect hadden op maximaal acceptabel werktempo, houding en spieractiviteit na één uur



Afbeelding 2A. Deze grafiek laat zien hoe de amplitude van het EMG-signaal toeneemt over de tijd (de amplitude is een maat voor de spieractiviteit).

Afbeelding 2B. Deze grafiek laat zien hoe de frequentie van het EMG-signaal afneemt over de tijd. De combinatie van A en B geeft aan dat er in de grote schouder spier (trapezius) lokale spiervermoeidheid is opgetreden over de tijd.



Afbeelding 3A. De pak-en-plaats-taak die onderdeel was van de experimenten in Luger e.a. (2015) en Luger e.a. (2016a).

Afbeelding 3B. De pak-en-plaats-taak die onderdeel was van de experimenten in Luger e.a. (2016b) en Luger e.a. (2016c). In beide opstellingen pakten de proefpersonen pinnetjes uit de bakjes aan zijkant van het bord (a) of uit het centrale bakje middenin de opstelling (b, zwarte pijl). Ze plaatsten de pinnetjes in de gaatjes in het bord (a) of in de gaatjes op het kruis (b, witte pijlen). Hierna plaatsten ze de pinnetjes weer terug in de bakjes.

werken. De bewegingsrichting van de werkplek had geen invloed op de gemiddelde armheffingshoek van 30°, maar wel, zoals bedoeld, op de variatie rondom de gemiddelde armheffingshoek. Dit effect leidde echter niet tot een verschil in maximaal acceptabel werktempo tussen de verschillende beweegrichtingen. Bij hogere werkhoogte nam, zoals de intentie was, de armheffingshoek toe van 30° naar 50°. De spieractiviteit van de schouder nam toe (afbeelding 2A) en het zelf gekozen maximaal acceptabele werktempo nam 10% af bij werken op hogere werkhoogte.

Tijdens de repeterende pak-en-plaats-taak (zoals in de vorige alinea beschreven) heb ik bovendien het effect van werktempo op houding, spieractiviteit en motor variabiliteit bestudeerd (Luger e.a., 2016c). Met een toename in werktempo nam, zoals verwacht, de bewegingssnelheid van de bovenarm toe. Hetzelfde patroon was te zien voor de spieractiviteit van de schouderpijpen, die eveneens toenam bij een hoger werktempo. Zoals verwacht namen ook de variatie rondom de gemiddelde armheffing en de variabiliteit van de armheffing toe. Tegen de verwachting in nam de variatie van spieractiviteit niet toe bij een hoger werktempo.

## Conclusies

Op basis van de beschreven studies kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

1. Er is nauwelijks bewijs voor positieve effecten van meer taakvariatie. Uit het literatuurreview blijkt dat *variatie* in werk-rustverhoudingen (*temporele variatie*) leidt tot minder ervaren ongemak. Doorgaans wordt dit niet ondersteund door objectief gemeten spiervermoeidheid (EMG). Bij variatie in het type activiteit (*activiteit variatie*) is vaak geen rekening gehouden met werkintensiteit, waardoor het niet mogelijk was eenduidig conclusies te trekken.

2. Actieve pauzes bij een repeterende taak, in tegenstelling tot passieve pauzes, leiden tot minder ervaren ongemak. Het type pauze heeft geen invloed op spiervermoeidheid (EMG) in de schouder. De relatie tussen taakvariatie en EMG-uitkomsten wordt wel beïnvloed door houding.
3. Een hogere taakrotatie leidt tot minder ervaren ongemak, maar heeft geen effect op spiervermoeidheid (EMG).
4. Autonomie in de frequentie van taakrotatie leidt tot minder ervaren ongemak. Deze bevinding wordt niet ondersteund door de resultaten van objectieve maten van spiervermoeidheid (EMG).
5. Werken op hogere werkhoogte, leidend tot meer armheffing, leidt tot een lager maximaal acceptabel werktempo vergeleken met werken op lagere werkhoogte. Gelijktijdig met een verlaagd werktempo bij hogere werkhoogte, nemen de spieractiviteit van de schouderpijpen en het ervaren ongemak toe.
6. Een toename in het werktempo leidt tot verhoogde variatie en snelheid van armbewegingen en verhoogde spieractiviteit van de grote schouderpijpen. Bovendien leidt een toename in werktempo ook tot verhoogde variabiliteit van armbewegingen over werkcycli.

## Praktische implicaties

De huidige ergonomische richtlijnen voor het beoordelen van fysieke belasting houden geen rekening met taakvariatie. Dit betekent dat we kennis over taakvariatie en doorvertaling hiervan naar ergonomische richtlijnen verder moeten ontwikkelen. Op basis van de hier gepresenteerde resultaten en conclusies kunnen enkele praktische adviezen worden gegeven.

### Interventies gerelateerd aan organisatorische ergonomie

- Bied actieve pauzes aan tijdens het werk, geen passieve pauzes.
- Taakrotatie leidt over het algemeen tot minder ervaren ongemak, maar op dit moment is er nog onvoldoende kennis om een uitspraak te doen over de optimale taakrotatiefrequentie.
- Het is belangrijk om bij het adviseren over een geschikt werktempo, bijvoorbeeld op basis van het Methode-Tijd-Meting (MTM) systeem, niet alleen afzonderlijke taakhandelingen en af te leggen afstanden mee te nemen, maar ook andere ergonomische werkplekkenmerken als werkhoogte of bewegingsrichting.
- Het succes van taakrotatie wordt positief beïnvloed door de mate van autonomie die een individu of groep heeft binnen een bedrijf.

### Randvoorwaarden

Er zijn bepaalde randvoorwaarden waaraan een bedrijf moet voldoen voordat het implementeren van taakvariatie of veranderingen in de mate van autonomie mogelijk zijn. Hierna volgen enkele randvoorwaarden die belangrijk zijn bij de vertaling van eerdergenoemde adviezen naar de praktijk.

- Bij het implementeren van taakrotatie moet een bedrijf een divers aanbod van werktaken hebben. Dit betekent dat taken van elkaar moeten verschillen in termen van blootstelling (krachtuitoefening, werkhoudingen en tijdsaspecten), zodat dit kan leiden tot een vermindering van eenzijdige belasting van het lichaam.
- In algemene zin moet een bedrijf voldoende financiële mogelijkheden, voldoende tijd en voldoende ruimte hebben om werknemers trainingen aan te bieden om de diversiteit aan taken uit te kunnen voeren die nodig zijn bij het implementeren van interventies. Een bijkomend voordeel is dat werknemers elkaars taken kunnen overnemen in geval van bijvoorbeeld ziekte of toegenomen vraag vanuit de markt voor een specifiek product.
- Zowel de werkgever als werknemer moet openstaan voor veranderingen in het werkproces, de werkplekinrichting of de werkorganisatie en deze bovendien accepteren.

### Referenties

- Basmajian, J. & De Luca, C. (1985), *Muscles Alive: their functions revealed by electromyography*, editie 5. Baltimore: Lippincott, Williams and Wilkins.
- Borg, G. (1982), Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), pp. 377-381.
- Burger, G.C.E. (1959), De betekenis van kwantitatieve meting en functionele beoordeling van arbeidsbelasting en belastbaarheid voor de praktische bedrijfsarts. *Tijdschrift voor Sociale Geneeskunde*, 37, pp. 77-384.
- Heiderscheit, B.C. (2000), Movement variability as a clinical measure for locomotion. *Journal of Applied Biomechanics*, 16(4), pp. 419-427.
- Linaker, C.H. & Walker-Bone, K. (2015), Shoulder disorders and occupation. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 29(3), pp. 405-423.
- Luger, T., Bosch, T., Hoozemans, M., De Looze, M. & Veeger, D. (2015), Task variation during simulated, repetitive, low-intensity work – influence on manifestation of shoulder muscle fatigue, perceived discomfort and upper-body postures. *Ergonomics*, 58(11), pp. 1851-1867.
- Luger, T., Bosch, T., Hoozemans, M.J.M., Veeger, H.E.J. & De Looze, M.P. (2016a), Is rotating between static and dynamic work beneficial for our fatigue state? *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 28, pp. 104-113.
- Luger, T., Bosch, T., Veeger, D. & De Looze, M. (2014), The influence of task variation on manifestation of fatigue is ambiguous – a literature review. *Ergonomics*, 57(2), pp. 162-174.
- Luger, T., Mathiassen, S.E., Bosch, T., Hoozemans, M.J.M., Douwes, M., Veeger, H.E.J. & De Looze, M.P. (2016b), Influence of posture variation on maximal acceptable work pace in a repetitive manual task. *Applied Ergonomics*, submitted.
- Luger, T., Mathiassen, S.E., Srinivasan, D. & Bosch, T. (2016c), Effect of work pace on biomechanical exposure in a short-cycle repetitive pick-and-place task. *Annals of Occupational Hygiene*, under review.
- Madeleine, P. (2010), On functional motor adaptations: from the quantification of motor strategies to the prevention of musculoskeletal disorders in the neck-shoulder region. *Acta Physiologica*, 199 (suppl. 679), pp. 1-46.
- Mathiassen, S.E. (2006), Diversity and variation in biomechanical exposure: what is it, and why would we like to know? *Applied Ergonomics*, 37(4), pp. 419-27.
- Rashedi, E. & Nussbaum, M.A. (2015), A review of occupationally-relevant models of localised muscle fatigue. *International Journal of Human Factors Modelling and Simulation*, 5(1), pp. 61-80.
- Visser, B. & Van Dieën, J.H. (2006), Pathophysiology of upper extremity muscle disorders. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 16(1), pp. 1-16.
- Westgaard, R.H. & Winkel, J. (1996), Guidelines for occupational musculoskeletal load as a basis for intervention: a critical review. *Applied Ergonomics*, 27(2), pp. 79-88.