

# Nederlandse Samenvatting

---

Dutch Summary

## INTRODUCTIE

### *Lage rugpijn in de samenleving*

Lage rugpijn (LRP) is een van de meest voorkomende gezondheidsklachten in onze samenleving en leidt tot verschillende problemen, zowel medisch als financieel (Maetzel & Li, 2002). De puntprevalentie in Nederland is 26% wat inhoudt dat op elk moment, een kwart van de Nederlandse populatie LRP heeft. Ook is er bekend dat, als mensen LRP hebben gekregen, deze pijn vaak terug komt (Andersson, 1999; Picavet & Schouten, 2003) en uiteindelijk chronisch wordt (Kovacs et al., 2005). Bij werknemers blijkt bovendien dat LRP kan leiden tot arbeidsongeschiktheid (Matsudaira et al., 2012), ziekteverzuim (Geuskens et al., 2008) en op jongere leeftijd stoppen met werken (Picavet & Schouten, 2003). De totale kosten voor de Nederlandse samenleving bedragen €4.3 miljard per jaar (0.6% van het bruto nationaal product; Lambek et al., 2011). Het is daarom evident dat LRP een groot probleem is, wat onderzoek naar deze aandoening rechtvaardigt.

Naast persoonlijke risicofactoren (zoals leeftijd, geslacht, fysieke capaciteit en lichaamsgewicht; Hamberg-van Reenen et al., 2007; Leboeuf-Yde, 2004) en (werkgerelateerde) psychosociale risicofactoren (zoals stress, sociale steun op het werk en de mate waarin een werknemer zijn werk zelf kan indelen; Eatough et al., 2012; Hartvigsen et al., 2004) wordt LRP vaak geassocieerd met fysieke risicofactoren. Voorbeelden van dergelijke fysieke risicofactoren zijn tillen, dragen, duwen, trekken en belastende houdingen zoals een gebogen of een gedraaide romp (da Costa & Vieira, 2010; Griffith et al., 2012; Lis et al., 2007). Het effect van deze risicofactoren op LRP kennen we echter nog onvoldoende. Het verder bestuderen van fysieke risicofactoren van LRP is daarom het uitgangspunt van dit proefschrift. Deze samenvatting bevat alle onderwerpen die aan bod komen in dit proefschrift. Tevens worden de resultaten van de studies die in dit proefschrift zijn beschreven samengevat en bediscussieerd.

### *Van belasting tot schade*

Ondanks het gebrek aan kennis over de etiologie (ontstaansmechanismen) van LRP zijn er binnen de literatuur verschillende modellen geopperd die het causale pad van het ontstaan van LRP beschrijven (Chaffin, 2009; van der Beek & Frings-Dresen, 1998; van Dieën et al., 1999; Wells et al., 2004). Deze modellen veronderstellen dat mechanische belasting op de lage rug als gevolg van blootstelling op het werk (zoals door de bovengenoemde variabelen tillen of buiging in de romp) een belangrijke factor is bij het ontstaan van LRP. Mechanische belastingsmaten (zoals momenten op de lage rug of krachten op de wervelkolom) omvatten meerdere traditionele blootstellingsmaten en houden bovendien rekening met andere factoren zoals geslacht en leeftijd. We veronderstellen daarom dat mechanische belasting een direct verband heeft met schade aan de rug wat uiteindelijk kan leiden tot rugklachten. In eerdere studies is gebleken dat dergelijke mechanische belastingsmaten een sterkere relatie met LRP hebben dan blootstellingsmaten zoals tillen of belastende houdingen. Inzicht in dergelijke maten is daarom belangrijk om de etiologie van LRP beter te begrijpen (Wells et al., 2004).

Twee soorten mechanische belasting kunnen leiden tot LRP: Kortdurende hoge belasting die kan leiden tot acute schade aan de rug of langdurige cumulatieve belasting. Deze langdurige belasting kan op den duur tot schade leiden doordat er steeds meer kleinere schades aan de rug komen. Hierdoor vermindert de capaciteit van de rug om belasting op te vangen. Een andere verklaring is dat door vermoeidheid de balans afneemt of de coördinatie vermindert. Dit zorgt voor blootstelling aan hoge rugbelastingen. Voor al deze theorieën is in de wetenschappelijke literatuur wel enig bewijs gevonden. Wat echter de exacte oorzaak voor klachten is, is nog onvoldoende bekend.

### *Metten van fysieke belasting*

Een belangrijke reden voor het in de vorige alinea's besproken gebrek aan kennis over de relaties tussen fysieke belasting en LRP is dat deze relaties vaak beïnvloed worden door de gekozen meetmethoden (Burdorf, 2010; David, 2005). Bij het kiezen van een meetmethode moet namelijk een afweging gemaakt worden tussen nauwkeurigheid en toepasbaarheid (bijvoorbeeld vanwege investeringen in tijd en kosten) van de methode. Nauwkeurige methoden zijn vaak duur, waardoor naar minder nauwkeurige methoden wordt gegrepen om toch grote groepen proefpersonen te kunnen meten. Fysieke belasting wordt daarom vaak bepaald aan de hand van zelfrapportages door werknemers of aan de hand van observaties door observatoren (subjectieve beoordelingen of gestructureerde observaties van houdingen). Hoewel zelfrapportages en observaties vaak gebruikt worden binnen onderzoek is het bekend dat deze methoden een beperkte nauwkeurigheid hebben (van Wyk et al., 2009). Een derde groep meetmethoden vormen de directe meetmethoden (zoals metingen van spieractiviteit of houdingsmetingen met behulp van markers). Deze methoden zijn het meest objectief en onderzoekers beschouwen deze als het meest betrouwbaar. Een nadeel is echter dat deze methoden vaak kostbaar zijn en lastig op de werkvloer zijn toe te passen. Videoanalysemethoden vormen een tussenweg om toch op een objectieve en accurate manier mechanische belasting op de werkvloer te meten. Hierbij hoeven immers enkel video-opnames op de werkvloer te worden gemaakt die op een later moment gedetailleerd geanalyseerd kunnen worden.

### *Variatie in fysieke belasting*

Een ander belangrijk aspect waar rekening mee gehouden moet worden bij het ontwikkelen van een meetstrategie voor fysieke belasting is de variatie van de belasting. Fysieke belasting kan nogal verschillen tussen en binnen werknemers. Het is daarom ook lastig om fysieke belasting op de juiste momenten te meten. Omdat het continu meten van fysieke belasting kostbaar is, is het van belang om een meetstrategie te kiezen waarbij op gezette tijden wordt gemeten op een zodanige manier dat de kans op fouten zo klein mogelijk is. Zo is het in voorgaande studies gebleken dat data verzamelen over verschillende dagen en van verschillende werknemers meer informatie oplevert dan wanneer diezelfde meettijd gebruikt zou worden om dezelfde werknemer voor een langere tijd op één dag te meten

(Liv et al., 2010; Svendsen et al., 2005). Daarnaast is ook bekend dat, als er meerdere werknemers gemeten worden of als er per werknemer meerdere meetmomenten worden gedaan, de nauwkeurigheid van de meting op den duur niet meer toeneemt als er nog meer mensen of meetmomenten worden toegevoegd (Mathiassen et al., 2002; Mathiassen et al., 2003). Daarom kiezen onderzoekers vaak voor methoden waarbij binnen een groep werknemers (bijvoorbeeld een beroepsgroep) fysieke belasting in een gedeelte van de groepsleden wordt gemeten. Deze methode is succesvol gebleken om op een efficiënte manier fysieke belasting te meten. Over het effect van het gebruik van dergelijke methoden op uiteindelijke schattingen van risico's is echter nog onvoldoende bekend.

#### ONDERWERPEN VAN DIT PROEFSCHRIFT

Uit bovenstaande paragrafen blijkt dat het ontstaansmechanisme van LRP nog onvolledig bekend is. Dit komt omdat we nog te weinig weten over bepaalde aspecten van meetmethoden (zoals het meten van variatie in werkbelasting of het kwantificeren van belasting). Bovendien bestaan er maar weinig meetmethoden om mechanische belasting te meten op de werkvloer die eenvoudig toepasbaar zijn. Deze hiaten staan aan de basis van de volgende vier onderwerpen van dit proefschrift (die gedetailleerd besproken zijn in Hoofdstuk 2 tot en met 8 van dit proefschrift).

Dit proefschrift behandelt:

1. De voorspellende waarde van mechanische belastingen in vergelijking met (subjectieve) blootstellingsmaten voor LRP.
2. Methodologische keuzes in onderzoek naar het effect van rugbelasting op LRP.
3. De toepasbaarheid van een videoanalysemodel voor het meten van mechanische belasting.

Deze drie onderwerpen zullen als leidraad dienen voor het verwezenlijken van het einddoel, meer kennis vergaren over

4. De etiologie van LRP.

*De voorspellende waarde van mechanische belastingen in vergelijking met (subjectieve) blootstellingsmaten voor LRP.*

In Hoofdstuk 2 hebben we op basis van een longitudinale studie (waarbij over een periode van drie jaar het ontstaan van rug-, nek-, en schouderklachten is gevolgd) laten zien dat getrainde observatoren niet in staat waren om, aan de hand van observatie van video's genomen tijdens het werk, LRP te voorspellen, terwijl ze dat wel waren voor nek en schouderpijn. We kunnen dit verklaren doordat mechanische rugbelasting een samenspel is van verschillende factoren (zoals romphouding, armhouding en de grootte van de externe kracht) terwijl mechanische schouder- of nekbelasting dit niet is. De mate van rugbelasting is daardoor lastig (subjectief) in te schatten. De onnauwkeurigheid van deze subjectieve maten pleit voor het gebruik van meer accurate belastingmaten.

Uit het onderzoek beschreven in Hoofdstuk 3 blijkt dat een mechanische belastingsmaat, bepaald aan de hand van houdingsobservaties, voorspellend is voor LRP. Bovendien is een dergelijke maat een betere voorspeller voor LRP dan dat conventionele blootstellingsmaten (frequentie van tillen of mate van romflexie) dat zijn. Deze bevindingen ondersteunen daarmee de hypothese dat mechanische belasting een belangrijke maat is die ons meer kan leren over LRP. Op basis van deze twee studies kunnen we concluderen dat mechanische belastingmaten van toegevoegde waarde zijn in het onderzoek naar het ontstaan van LRP.

*Methodologische keuzes in onderzoek naar het effect van rugbelasting op LRP*

Het bepalen van het effect van methodologische keuzes op resultaten van epidemiologische studies is een volgende stap om de etiologie van LRP beter te begrijpen. De eerste methodologische keuze is de keuze van een cumulatieve belastingsmaat. Zo wordt bij het bepalen van een cumulatieve belastingsmaat de grootte van de belasting vaak vermenigvuldigd met het aantal keren dat deze belasting optreedt. Zo leidt 15 keer een belasting van 2000 Newton (N) tot een totale cumulatieve belasting van  $15 \times 2000 = 30.000\text{N}$ . Echter, op basis van de kennis die we nu hebben kunnen we ook veronderstellen dat een incidentele hoge belasting meer effect heeft op het risico op schade of rugpijn dan dat het vaker optreden van kleinere belastingen (zoals 20 keer een belasting van 1500N). Hoofdstuk 4 bevestigt deze hypothese. In een analyse van gegevens verzameld uit kadavermateriaal hebben laten zien dat compressiebelasting met een tweede macht gewogen moet worden om de cumulatieve belasting te berekenen. Het aantal keren dat deze belasting voorkomt hoeft maar met een macht 0.2 gewogen te worden. Uit deze gegevens blijkt dat hogere piekbelastingen inderdaad zwaarder meegewogen moeten worden bij het berekenen van cumulatieve belasting. Dit heeft belangrijke implicaties voor vervolgstudies naar dit onderwerp. Zo levert 15 keer een belasting van 2000N een groter gevaar op voor het ontstaan van LRP dan 20 keer een belasting van 1500N.

Een tweede methodologische keuze die we hebben onderzocht is het effect van groeps grootte in een groepsmeetprotocol. In dergelijke protocollen wordt een meetpopulatie verdeeld in groepen op basis van een gemeenschappelijk kenmerk (bijvoorbeeld beroepsgroep). Vervolgens wordt de fysieke belasting maar in een deel van iedere groep gemeten omdat wordt verondersteld dat deze groepsbelasting representatief is voor belasting van de groepsleden. Groepsgemiddelden van de fysieke belasting worden dan gebruikt, en gekoppeld aan individuele gegevens over LRP, om LRP te voorspellen. In Hoofdstuk 5 van dit proefschrift wordt het effect van deze veelvoorkomende groepsstrategie onderzocht. De resultaten laten zien dat de mate waarin een fysieke belastingsmaat voorspellend is voor LRP voornamelijk beïnvloed wordt door het totaal aantal mensen in iedere groep. Het aantal mensen in iedere groep waarvan rugbelasting gemeten is, is minder relevant. Echter, als de fysieke belasting van onvoldoende mensen gemeten wordt, verminderd de nauwkeurigheid van de risicovoorspelling.

*De toepasbaarheid van een videoanalysemodel voor het meten van mechanische belasting*

Metten van fysieke belasting op de werkvloer is een lastige taak omdat de huidige meetmethoden vaak van invloed zijn op de manier waarop de werknemer zijn werk uit kan voeren. Bovendien zijn geavanceerde meetmethoden vaak duur. Bij goedkopere meetmethoden wordt de fysieke belasting vaak alleen in grove eenheden uitgedrukt waardoor de belastingsmeting minder betrouwbaar wordt. Daarom hebben we een videoanalysemethode ontwikkeld waarbij op de werkvloer video-opnames van werknemers gemaakt worden die later kunnen worden geanalyseerd. Hoofdstuk 6 van dit proefschrift beschrijft de validiteit (hoe goed wordt de beoogde belastingsmaat gemeten) van de videoanalysemethode. Hoofdstuk 7 beschrijft de inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid van de videomethode (hoe groot zijn de verschillen tussen verschillende beoordelaars bij het toepassen van de methode). De resultaten laten zien dat er geen significante verschillen in piek en gemiddelde belasting zijn tussen de videomethode en een gouden standaard methode waarbij gedetailleerd wordt gemeten met behulp van markers. Bovendien was de samenhang tussen de gegevens verkregen met de videomethode en met deze gouden standaard groot. Daarnaast was de overeenkomst tussen de verschillende beoordelaars goed. Hoewel er sporadisch enkele grote verschillen tussen de beoordelaars te zien waren, waren deze verschillen gemiddeld klein.

*De etiologie van LRP*

In de laatste studie van dit proefschrift (Hoofdstuk 8) hebben we de eerder beschreven videomethode toegepast op een groot databestand van werknemers. We hebben de mechanische belasting van werknemers gemeten en deze gerelateerd aan het ontstaan van LRP in de daaropvolgende drie jaar. Het bleek dat cumulatieve belasting wel, maar piekbelasting niet voorspellend is voor LRP. De wegging zoals voorgesteld in Hoofdstuk 4 zorgde niet voor een betere voorspelling van LRP dan wanneer deze wegging niet werd gebruikt. Hoe dan ook laten deze gegevens zien dat cumulatieve belasting een belangrijke rol speelt in het krijgen van LRP. Deze belasting kan leiden tot schade door een opstapeling van kleine schades of door vermoeidheid. Op basis van onze gegevens lijkt piekbelasting, waardoor er acute schade kan optreden aan de lage rug, een minder voor de hand liggende verklaring voor het krijgen van LRP. Deze laatste verklaring kan echter niet worden uitgesloten op basis van de gegevens die we hebben.

**DISCUSSIE**

We kunnen op basis van dit proefschrift een aantal conclusies trekken. Als eerste is gebleken dat we met mechanische belastingen LRP beter kunnen voorspellen dan met conventionele (subjectieve) blootstellingsmaten van fysieke belasting. Dit is in lijn met de gedachte dat mechanische belasting informatie bevat van duur, frequentie en intensiteit van verschillende blootstellingsmaten, waardoor mechanische belasting een sterkere associatie

met schade en daardoor met klachten heeft dan een individuele blootstellingsmaat. Daarom hebben we verder in dit proefschrift deze mechanische belastingsmaten gebruikt. Mechanische belasting, berekend op basis van observatiegegevens in een biomechanisch model, wordt vaak gebruikt in epidemiologische studies. Hoewel deze maten ook in dit proefschrift (Hoofdstuk 3) voorspellend zijn gebleken voor LRP is eerder aangetoond dat dergelijke methoden fikse onnauwkeurigheden kunnen bevatten (de Looze et al., 1994). Deze onnauwkeurigheden blijken onder andere uit de omvang van fouten bij het gebruik van grove houdingscategorieën tijdens observaties. Zo kunnen we bijvoorbeeld een tiltaak beschouwen die wordt beoordeeld in een romphoek-categorie van 30 tot 60°. Tiltaken waarbij 15 kg wordt getild en de romp zich in de beide extremen van deze categorie bevindt (30° of 60° buiging) kunnen leiden tot een verschil in mechanische belasting dat tot een factor twee kan oplopen.

Uit de Hoofdstukken 6 en 7 is gebleken dat de videomethode die we hebben ontwikkeld valide en betrouwbaar is. Wat betreft nauwkeurigheid lijkt deze methode daarom beter te zijn dan de eerder gebruikte methode op basis van observatiegegevens in een biomechanisch model. Bovendien is gebleken dat de videomethode goed toepasbaar is in het ergonomische werkveld. Er werden echter wel sporadisch relatief hoge fouten gerapporteerd. Ondanks dat deze fouten veel kleiner zijn dan de eerder genoemde onnauwkeurigheden uit eerdere methoden, bevat ook deze methode nog wat onnauwkeurigheden.

Het is bekend dat onnauwkeurigheden in meetmethoden kunnen leiden tot onnauwkeurigheden in het schatten van risico's (Tielemans et al., 1998) en dat LRP minder goed te voorspellen is bij onnauwkeurige metingen (Mathiassen et al., 2002; Mathiassen & Paquet, 2010). Toch is het niet altijd zo dat nauwkeuriger gemeten fysieke belasting leidt tot betere voorspellende waarden (Griffith et al., 2012). Dit zou kunnen komen doordat met nauwkeurige meetmethoden vaak onvoldoende proefpersonen gemeten kunnen worden omdat dit te kostbaar is. In Hoofdstuk 9 van dit proefschrift is daarom de voorspellende waarde van mechanische belasting, bepaald uit het videoanalysemodel (accuraat) vergeleken met de belasting bepaald op basis van observatiegegevens (minder accuraat). Uit deze vergelijking blijkt dat hoewel er substantiële verschillen zijn tussen de hoogte van de piekmomenten op individueel niveau, deze verschillen tamelijk goed wegmiddelen op groepsniveau. Bij het bepalen van cumulatieve belasting is het verschil tussen de twee methoden minimaal. Bovendien blijkt dat groepsgebaseerde piek of cumulatieve maten, maar marginaal beter voorspellend zijn als ze nauwkeuriger zijn gemeten. Dit houdt in dat een verbetering van de nauwkeurigheid van de belastingsmaat op individueel niveau niet noodzakelijk tot een verbetering van de voorspellende waarde van de maat op groepsniveau betekent. Men kan zich daarom afvragen of een grote investering (in geld en tijd) voor het verbeteren van de nauwkeurigheid van deze maat de moeite waard is. Een antwoord op deze vraag komt uit Hoofdstuk 5 waarin blijkt dat bij het meten van fysieke belasting van meer dan vijf mensen, de kans op het vinden van een significante associatie met LRP niet substantieel meer toeneemt.

*(Non-)lineariteit van het effect van fysieke belasting op LRP*

Op basis van verschillende bevindingen van dit proefschrift kan gespeculeerd worden dat er een niet-lineaire relatie bestaat tussen lage rugbelasting en LRP. Uit eerder onderzoek is gebleken dat piekbelasting zwaarder gewogen moet worden in berekeningen van cumulatieve belasting (Brinckmann et al., 1988; Rapillard et al., 2006). Volgens deze bevindingen leveren 15 belastingen van 2000N een groter gevaar op voor het ontstaan van LRP dan 20 belastingen van 1500N. Echter, deze weging leidde slechts tot marginaal betere voorspellende waarde voor LRP. Daarnaast is het ontbreken van een lineaire relatie ook terug te zien in de data uit Hoofdstuk 9, waarin blijkt dat de voorspellende waarde van mechanische belastingen voor een groot deel bepaald worden door een relatieve kleine groep met hoge mechanische belasting en een hoge prevalentie van LRP. De meerderheid van de werknemers had echter een relatief lage belasting en lage LRP prevalentie. Het al dan niet aanwezig zijn van deze non-lineariteit zal echter moeten blijken in vervolgstudies.

*Etiologie van LRP*

Zowel in Hoofdstuk 3 als Hoofdstuk 8 van dit proefschrift hebben we laten zien dat cumulatieve belasting voorspellend is voor het ontstaan van LRP. Dit is in lijn met eerdere studies (Kumar, 1990; Neumann et al., 2001). We hebben daarom meer bewijs gevonden voor een model van cumulatieve belasting dan voor een model voor het ontstaan van LRP voortkomend uit een enkele piekbelasting. Dergelijke cumulatieve belastingsmodellen kunnen verklaard worden aan de hand van ophoping van micro-schade of door verminderde coördinatie als gevolg van vermoeidheid. Hoewel piekbelasting in dit proefschrift niet significant voorspellend is voor LRP, was dit wel het geval in eerdere studies (Marras et al., 2010; Neumann et al., 2001). Ondanks dat hier geen direct bewijs voor is gevonden in onze gegevens, kunnen we het model van piekbelastingen daarom niet helemaal uitsluiten. De bepaling van piekbelasting is vatbaar voor onnauwkeurigheden in de meetmethode waardoor we mogelijk geen significante associaties hebben gevonden. Dat we geen effecten hebben aangetoond, betekent daarom ook niet dat deze effecten er niet zijn. Omdat gebleken is dat bij berekeningen van cumulatieve belasting, piekbelasting zwaarder moet meegewogen worden, lijkt het bovendien dat pieken wel degelijk een rol spelen en daarom niet over het hoofd gezien mogen worden.

*Implicaties voor toekomstig onderzoek en voor het ergonomische werkveld*

Hoewel op basis van onze gegevens cumulatieve belasting LRP beter voorspelt dan piekbelastingen, hebben we het exacte causale mechanisme nog niet helemaal ontrafeld. Meer onderzoek is daarom nodig om het exacte mechanisme waarlangs klachten ontstaan te begrijpen. Zo is er meer kennis nodig over de bijdrage van piekbelastingen aan de cumulatieve belasting. Ook is er verbetering van de meetmethoden van mechanische belasting gewenst. Methoden die continu de belasting kunnen meten op de werkvloer,

waardoor veel data verzameld kunnen worden, kunnen hier uitkomst bieden. Daarnaast kan de non-lineariteit van de relatie tussen rugbelasting en LRP beter onderzocht worden. Meer kennis over deze relatie kan van belang zijn voor het ontwikkelen van preventieprogramma's om klachten te kunnen voorkomen. Zo is het denkbaar dat alleen boven een bepaalde belastingsgrens het risico op klachten substantieel toe zal nemen terwijl onder deze grens de kansen vergelijkbaar zijn. Als laatste hebben we meer informatie nodig over variatie in fysieke belasting en hoe dit een rol zou moeten spelen bij het ontwikkelen van nieuwe studies en meetmethoden van belasting op de werkvloer. Ook kennis over de kosten van metingen zou hierbij moeten worden meegenomen.

De belangrijkste implicaties van dit proefschrift voor het werkveld is dat cumulatieve belasting een belangrijke risicofactor is voor het ontstaan van rugklachten. Het is daarom van belang om cumulatieve belasting te verminderen bij werknemers om het risico op klachten te reduceren. Cumulatieve belasting kan bijvoorbeeld ontstaan uit het manueel werken met zware lasten, werken in onveilige omgevingen en werken in belastende houdingen (bijvoorbeeld met veel buiging in de romp, in combinatie met rotatie en grote lastafstanden van te tillen voorwerpen ten opzichten van de lage rug). Echter, omdat we piekbelastingen als risicofactor voor LRP niet uit kunnen sluiten, is reductie van piekbelasting eveneens van belang ter preventie van LRP. Deze belastingen ontstaan voornamelijk door hoge lasten als gevolg van het manueel werken met zware lasten in ongunstige houdingen (bijvoorbeeld met veel buiging in romp combinatie met rotatie en grote lastafstanden ten opzichten van de lage rug) in een hoog tempo (met grote lichaamsversnellingen).