

SAMENVATTING

In de algemene inleiding in **Hoofdstuk 1** worden de hoofddoelstellingen van dit proefschrift uiteengezet. Allereerst hebben we beschreven hoe werk-gerelateerde stressoren een rol kunnen spelen in de ontstaansmechanismen van werk-gerelateerde klachten in de nek en bovenste extremiteiten. Klachten in de nek en bovenste extremiteiten komen nog steeds veel voor onder kantoormedewerkers op de huidige arbeidsmarkt. Eén van de meest geaccepteerde theorieën stelt dat werk-gerelateerde stressoren de interne fysieke belasting van medewerkers verhoogt, zoals spieractiviteit, ongunstige houdingen en bewegingssnelheden en -versnellingen, tijdens computergebruik, wat op den duur kan leiden tot weefselschade door overbelasting. Tevens zijn er aanwijzingen dat werk-gerelateerde stressoren een ongunstige invloed hebben op de patronen van computergebruik gedurende een werkdag, zoals bijvoorbeeld het verlagen van de frequentie en de duur van werkonderbrekingen tijdens computergebruik, of het verhogen van het werktempo. De in de literatuur beschreven aanwijzingen voor deze mogelijke ontstaansmechanismen zijn gebaseerd op laboratoriumstudies met simulaties van werk-gerelateerde stressoren of op zelf-gerapporteerd computergebruik in veldstudies. Omdat de fysieke belasting tijdens computergebruik bij kantoormedewerkers in hun natuurlijke werkomgeving lastig te meten is (kost veel tijd en geld), is er op dit moment een tekort aan veldstudies die de relatie tussen direct gemeten fysieke belasting en computergebruik aan de ene kant en het vóórkomen van klachten in de nek en bovenste extremiteiten aan de andere kant, prospectief hebben onderzocht. Het gebruik van voorspelde maten van fysieke belasting op basis van zelf-gerapporteerde factoren, observaties door een expert en/of software-geregistreerd computergebruik zou onderzoek naar deze relatie kunnen faciliteren.

Gebaseerd op bovenstaande is het van belang onderzoek te doen naar de rol van werk-gerelateerde stressoren in de ontstaansmechanismen van werk-gerelateerde klachten in de nek en bovenste extremiteiten bij kantoormedewerkers, naar technieken om fysiologische belasting tijdens computergebruik in een natuurlijke werksetting te meten ten behoeve van veldstudies en naar mogelijke toekomstige alternatieve meettechnieken om de fysiologische belasting tijdens computergebruik vast te leggen. We hebben dan ook de volgende hoofddoelstellingen geformuleerd voor dit proefschrift:

- 1) Het bepalen van de fysieke belasting tijdens computergebruik bij kantoormedewerkers in een realistische werkomgeving (Hoofdstuk 3).
- 2) Het onderzoeken van het effect van verschillende soorten werk-gerelateerde stressoren op de fysieke belasting in de nek en bovenste extremiteiten bij kantoormedewerkers en of deze belasting (deels) wordt beïnvloed door veranderde patronen van computergebruik (Hoofdstukken 2, 4, 5 en 6).
- 3) Het onderzoeken van methoden om de fysieke belasting van kantoormedewerkers in een veldsetting te voorspellen, zodat het verzamelen van dit type data goedkoper en efficiënter kan (Hoofdstuk 7).

-
- 4) Het onderzoeken van het effect van een hoge voorspelde fysieke belasting in de nek-schouder en de arm-pols-hand regio tijdens computergebruik op het ontstaan van klachten in de nek-schouder en arm-pols-hand regio's in een groot cohort kantoormedewerkers (Hoofdstuk 8).

In **Hoofdstuk 2** hadden we tot doel: 1) het geven van een overzicht van het effect van werk-gerelateerde stressoren op de spieractiviteit in de nek-schouder en onderarmen en 2) het bepalen of de spieractiviteit in de nek-schouder en onderarmen verschillend werd beïnvloed door verschillende typen werk-gerelateerde stressoren: a) cognitieve/emotionele stressoren, die niet per definitie interfereren met de taakuitvoering, zoals cognitieve inspanning of feedback over de taakuitvoering, en b) stressoren die wel interfereren met de taak, zoals werktempo en precisie eisen. Om onze onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden, hebben we een systematische literatuur studie gedaan naar studies die de relatie tussen gesimuleerde of realistische werk-gerelateerde stressoren en spieractiviteit in de nek-schouder en onderarmen hebben onderzocht. Alleen studies die voldeden aan de door ons geformuleerde inclusiecriteria werden geselecteerd en geïncludeerd: i) de spieractiviteit diende gemeten te zijn tijdens muisgebruik, toetsenbordgebruik, of het gebruik van simulatietoetsen en ii) de deelnemers dienden vrij te zijn van pijn of andere klachten in de nek, schouders en onderarmen. De methodologische kwaliteit van de geïncludeerde studies werd geëvalueerd en de data van de spieractiviteit werden uit de studies geëxtraheerd voor synthese. Indien mogelijk werden deze data gepoold in een meta-analyse en anders omschreven. De systematische zoekstrategie genereerde in totaal 6.484 referenties, waarvan 28 artikelen (data vertegenwoordigend uit 25 verschillende studies) voldeden aan onze inclusiecriteria en werden geïncludeerd. Met uitzondering van één veldstudie, waren alle geïncludeerde studies laboratorium studies. Data van 19 artikelen konden worden gepoold in de meta-analyse, die een statistisch significante middelmatige verhoging van nek-schouder en onderarm spieractiviteit aantoonde als reactie op werk-gerelateerde stressoren. Om onze tweede onderzoeksvraag te beantwoorden, hebben we aparte subgroep-analyses uitgevoerd voor cognitief/emotionele stressoren, en de stressoren werktempo en precisie. Deze subgroep-analyses lieten eenzelfde effect zien van de verschillende typen stressoren op spieractiviteit in de nek-schouder en onderarm regio's. Daarnaast duidde de literatuur studie een tekort aan veldstudies aan met betrekking tot dit onderwerp. Dit is een relevante bevinding omdat de effecten van gesimuleerde stressoren in een laboratorium setting kunnen verschillen van de effecten van werkelijke stressoren in een realistische werksetting.

In **Hoofdstuk 3** hebben we de fysieke belasting tijdens computerwerk gemeten bij kantoormedewerkers in hun eigen werkomgeving. Deze fysieke belasting betrof spieractiviteit in de nek-schouder (trapezius) en onderarmen (extensor carpi radialis), hoofd-, nek-, schouder-, torso- en polshoudingen en krachten uitgeoefend op het toetsenbord en de muis. We hebben onderzocht of er een verschil was in fysieke belasting tussen verschillende computeractiviteiten (d.w.z. toetsenbordgebruik, muisgebruik

en idle time). Met “idle time” worden tijdsintervallen bedoeld waarin een medewerker geen toetsenbord of muis gebruikt maar verondersteld wordt wel te interacteren met de computer, zoals bijvoorbeeld lezen van het scherm. Verschillende maten van fysieke belasting werden gedurende twee uur, continu gemeten bij 120 kantoormedewerkers die hun eigen werk uitvoerden op hun eigen werkplek. Voor bijna alle maten van fysieke belasting (spieractiviteit, houdingen en krachten) werden verschillen gevonden tussen de verschillende computeractiviteiten. Toetsenbordgebruik liet een 50% hogere mediaan (P50) zien voor spieractiviteit van de rechter trapezius in vergelijking tot muisgebruik. De mediaan van schouderrotatie was 25 graden interne rotatie tijdens toetsenbordgebruik en 15 graden externe rotatie tijdens muisgebruik. Alleen tijdens toetsenbordgebruik werd, zowel links als rechts, ulnair deviatie gevonden met een mediaan groter dan 5 graden (een stand van de pols die geassocieerd is met een verhoogd risico op het ontstaan van klachten). De grootste variatie in spieractiviteit en houdingen werd waargenomen tijdens idle activiteiten.

Om de hypothese te testen dat werk-gerelateerde stressoren de fysieke belasting verhogen tijdens computergebruik, hebben we in **Hoofdstuk 4** onderzocht of de werk-gerelateerde stressoren “overcommitment” (overmatige toewijding) en “reward” (beloning), of de interactie van deze beide stressoren, spieractiviteit in de trapezius en hoofd-, nek-, schouder- en torsohoudingen tijdens computergebruik beïnvloedden. Dit hebben we gedaan met behulp van directe metingen van fysieke belasting gedurende twee uur, bij 120 kantoormedewerkers die hun eigen werkzaamheden uitvoerden op hun eigen werkplek. We hebben de fysieke belasting bepaald voor vier verschillende groepen (gebaseerd op 4 combinaties van de laagste en de hoogste mate van overcommitment en/of reward). De mediaan van trapezius spieractiviteit en de mediaan van anteflexie van de nek waren het hoogst voor deelnemers die zowel hoge overcommitment als lage reward rapporteerden. Verder vonden we geen verschillen in fysieke belasting. Deze bevindingen suggereren dat de interactie van overcommitment en reward de spieractiviteit en de houdingen in de nek-schouder regio kan beïnvloeden tijdens computergebruik in een realistische werkomgeving.

In **Hoofdstuk 5** zijn de effecten gepresenteerd van de werk-gerelateerde stressoren overcommitment en reward, en de interactie van deze beide factoren, op de fysieke belasting in de onderarm tijdens computergebruik in een realistische werksetting. We hebben gedurende twee uur, continu, de spieractiviteit van een strekker van de pols (extensor carpi radialis), houdingen en bewegingen van de pols en de krachten op het toetsenbord en de muis gemeten bij 120 kantoormedewerkers met verschillende niveaus van overcommitment en reward (laag-hoog, hoog-hoog, laag-laag en hoog-laag). We vonden dat radiaal-ulnaire polssnelheden en versnellingen hoger waren voor medewerkers met een hoge mate van overcommitment vergeleken met een lage mate van overcommitment, terwijl hun polsbewegingsuitslag (“range of motion”) gelijk was. Dit zou mogelijk kunnen duiden op een hoger werktempo onder medewerkers met een hoge mate van overcommitment. De spieractiviteit van de polsstrekker en krachten op het toetsenbord en de muis waren niet verhoogd bij een hoge mate van overcommitment, een lage mate van reward, of hun interactie.

Om onze hypothese te testen dat werk-gerelateerde stressoren de fysieke belasting tijdens computergebruik kunnen verhogen bij kantoormedewerkers via een verandering in het werkpatroon, hebben we in **Hoofdstuk 6** de effecten gerapporteerd van overcommitment (overmatige toewijding), effort (inspanning), reward (beloning) en perceived stress (ervaren stress) op de i) de totale duur van computergebruik, ii) het aantal onderbrekingen van computergebruik (betreffende de tijdsintervallen $\geq 2-30s$, $\geq 30s-5min$, $\geq 5-15min$ en $\geq 15min$) en iii) de snelheid van toetsenbord- en muisgebruik (zoals frequentie van toetsaanslagen, duur van toetsaanslagen, muisverplaatsingssnelheid en muisklikfrequentie) van kantoormedewerkers gedurende een werkdag. We hebben hiervoor data gebruikt van 93 kantoormedewerkers bij wie gedurende twee weken met software hun interactie met de computer gemeten was, d.w.z. hun toetsaanslagen en activiteiten met de muis. Medewerkers met een hoge mate van overcommitment en hoge perceived stress werkten per dag significant langer met de computer, gemiddeld 30 minuten, dan medewerkers met een lage mate van overcommitment en perceived stress. Medewerkers met een hoge mate van effort en een lage mate van reward hadden significant minder korte computeronderbrekingen (d.w.z. $\geq 2-30s$ en $\geq 30s-5min$), ongeveer 20% minder, dan medewerkers met een lage mate van effort en een hoge mate van reward. We vonden geen effecten van werk-gerelateerde stressoren op de snelheid van toetsenbord- en muisgebruik. Alleen na correctie voor leeftijd, was de duur van toetsaanslagen gemiddeld 22ms korter voor degenen met een hoge vergeleken met een lage mate van effort. Samengevat waren overcommitment en perceived stress geassocieerd met de duur van computergebruik en effort en reward met een lage frequentie van computeronderbrekingen. Deze bevindingen ondersteunen de hypothese dat patronen van computergebruik verschillen voor kantoormedewerkers met verschillende niveaus van werk-gerelateerde stressoren.

In **Hoofdstuk 7** hebben we alternatieve meetmethoden verkend waarmee op een goedkopere en minder tijdrovende wijze dan met directe metingen de fysieke belasting tijdens computergebruik bepaald kan worden in het veld. Deze alternatieve meetmethoden kunnen ingezet worden in grote, prospectieve cohort studies naar de relatie tussen fysieke belasting en werk-gerelateerde klachten in de nek en bovenste extremiteiten, studies die momenteel veelal ontbreken vanwege de uitdagingen met betrekking tot het meten van de fysieke belasting in het veld. In deze studie hebben we modellen geëvalueerd die de fysieke belasting tijdens computergebruik in de arm-pols-hand regio voorspellen, zoals spieractiviteit, polshoudingen en -bewegingen en krachten op het toetsenbord en de muis. We hebben twee soorten voorspellende modellen geëvalueerd: a) modellen alleen gebaseerd op zelf-gerapporteerde factoren (waaronder individuele factoren, werk-gerelateerde factoren, computergebruik gedragingen, psychologische factoren, werkplek factoren, gezondheid en pijn en vrijetijdsactiviteiten) en software-geregistreerd computergebruik, oftewel de 'praktische modellen', en b) de praktische modellen aangevuld met werkplekmetingen betreffende antropometrie en werkplekinrichting, oftewel modellen gericht op de best haalbare voorspellende kwaliteit. De voorspellende kwaliteit van de praktische modellen hebben we geëvalueerd aan de hand van correlatiewaarden (R^2), de

relatieve afwijking van het kwadratisch gemiddelde (RMS; afgeleid van de veelgebruikte Engelse term “root mean squared”) en classificatieovereenstemming van voorspelde en geobserveerde fysieke belasting in de categorieën laag, middelmatig en hoog. De modellen gericht op de best haalbare voorspellende kwaliteit werden geëvalueerd door bepaling van de R²-waarden en de relatieve RMS afwijkingen. De praktische modellen hadden lagere R²-waarden (spreiding: 0.09-0.40) en kleinere relatieve RMS afwijkingen (spreiding: 10%-19%) vergeleken met de modellen gericht op de best haalbare voorspellende kwaliteit (spreiding R²-waarden: 0.19-0.80, spreiding relatieve RMS afwijkingen: 5%-24%). Wanneer de fysieke belasting, voorspeld aan de hand van de praktische modellen, werd geclassificeerd in laag, middelmatig en hoog, varieerde de classificatieovereenstemming tussen 33% en 75% en was voldoende voor de meest contrasterende (lage een hoge) groepen. De voorspellende modellen gericht op de best haalbare voorspellende kwaliteit, lieten een redelijke voorspellende kwaliteit zien, maar de resultaten varieerden erg tussen de verschillende maten van belasting.

In **Hoofdstuk 8** hebben we de relatie tussen fysieke belasting tijdens computergebruik en het ontstaan van klachten in de nek en bovenste extremiteiten onderzocht door informatie van gedetailleerde metingen van fysieke belasting in een kleine studiepopulatie te combineren met vragenlijstmetingen in een groot, longitudinaal cohort. We hebben modellen ontwikkeld om 14 verschillende nek-schouder en 16 verschillende arm-pols-hand belastingmaten te voorspellen, op basis van zelf-gerapporteerde factoren als voorspellers en direct gemeten fysieke belasting van 120 kantoormedewerkers. We hebben de voorspellende kwaliteit van alle 30 modellen geëvalueerd aan de hand van de classificatieovereenstemming tussen de voorspelde en geobserveerde lage, middelmatige en hoge fysieke belasting (gebaseerd op tertielen) gebruikmakend van kruistabellen. In het geval dat minder dan 50% van de voorspelde belasting correct was geclassificeerd in de referentiecategorie, definieerden we die voorspelde belasting als onvoldoende. We waren in staat vijf nek-schouder en zeven arm-pols-hand belastingmaten voldoende te voorspellen. Deze twaalf voorspellende modellen werden toegepast op 1.220 en 1.379 kantoormedewerkers van een grote longitudinale cohortstudie die, bij aanvang, vrij waren van klachten in respectievelijk de nek-schouder en arm-pols-hand regio's. Gebruikmakend van logistische regressie hebben we de effecten van hoog voorspelde belasting op het ontstaan van klachten in de nek en bovenste extremiteiten in het komende jaar getoetst. We vonden dat medewerkers met hoog voorspelde trapezius spieractiviteit (rechter zijde), veel voorspelde lateroflexie van de torso en hoog voorspelde snelheden van de rechter pols tijdens computergebruik, een groter risico hadden op het ontwikkelen van klachten. Medewerkers met veel voorspelde anteflexie van de schouder hadden een lager risico op het ontwikkelen van klachten vergeleken met diegenen met weinig anteflexie van de schouder. Onze hypothese dat een hoge fysieke belasting tijdens computergebruik het risico op het ontstaan van klachten in de nek en bovenste extremiteiten verhoogt, werd deels ondersteund door deze bevindingen.

In **Hoofdstuk 9** zijn de belangrijkste bevindingen bediscussieerd en geïnterpreteerd met betrekking tot de manieren waarop werk-gerelateerde stressoren invloed kunnen hebben op de fysiologische belasting van kantoormedewerkers en als gevolg daarvan het optreden van klachten in de nek en bovenste extremiteiten. Bovendien worden in dit hoofdstuk conclusies geformuleerd en suggesties voor toekomstig onderzoek en praktische implicaties besproken. Onze belangrijkste bevinding was dat gesimuleerde stressoren in een laboratoriumsetting evenals werk-gerelateerde stressoren in een realistische werksetting, de fysieke belasting van kantoormedewerkers in de nek-schouder en arm-pols-hand regio's tijdens computergebruik kunnen verhogen. Verder vonden we dat in het veld geobserveerde, werk-gerelateerde stressoren een nadelige invloed kunnen hebben op de patronen van computergebruik van kantoormedewerkers. Daarnaast is aangetoond dat hoge niveaus van voorspelde fysieke belasting tijdens computergebruik het risico op klachten in de nek en bovenste extremiteiten kan verhogen. Samengevat geven de resultaten van dit proefschrift enige ondersteuning voor de door ons veronderstelde hypothese met betrekking tot het ontstaan van klachten. Toekomstig onderzoek zou kunnen uitwijzen of het mogelijk is dat interactie-effecten van hoge fysieke belasting en ongunstige patronen van computergebruik, als resultaat van werk-gerelateerde stressoren, een nog groter effect hebben op het ontstaan van klachten. Interventies met als doel het optreden van klachten onder kantoormedewerkers te verlagen, zouden zich in de eerste plaats kunnen richten op het verlagen van het niveau van werk-gerelateerde stressoren. Recente studies hebben laten zien dat dit het beste bereikt kan worden door middel van interventies die zowel focussen op de werkorganisatie als op het individu. In aanvulling daarop kunnen deze interventies zich ook richten op het behouden van veilige niveaus van fysieke belasting gedurende een werkdag, bijvoorbeeld door het gebruik van myofeedback, dat kan helpen om een gezond trapezius spieractiviteitsniveau te behouden.