

2014•2015  
FACULTEIT GENEESKUNDE EN LEVENSWETENSCHAPPEN  
*master in de revalidatiewetenschappen en de  
kinesitherapie*

## Masterproef deel 1

Het gebruik van sensoren voor detectie van fysieke activiteit bij  
patiënten met musculoskeletale aandoeningen en pijnproblematiek

Promotor :  
Prof. dr. Annick TIMMERMANS

Thomas Vanhees

*Eerste deel van het scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de  
revalidatiewetenschappen en de kinesitherapie*

2014•2015  
FACULTEIT GENEESKUNDE EN  
LEVENSWETENSCHAPPEN  
*master in de revalidatiewetenschappen en de  
kinesitherapie*

## Masterproef deel 1

Het gebruik van sensoren voor detectie van fysieke  
activiteit bij patiënten met musculoskeletale  
aandoeningen en pijnproblematiek

Promotor :  
Prof. dr. Annick TIMMERMANS

Thomas Vanhees

*Eerste deel van het scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de  
revalidatiewetenschappen en de kinesitherapie*



# Masterproef deel 1: Het gebruik van sensoren voor detectie van fysieke activiteit bij patiënten met musculoskeletale aandoeningen en pijnproblematiek

## Onderzoeksvragen:

*Welke verschillende soorten sensoren worden gebruikt voor het monitoren van fysieke activiteit bij patiënten met musculoskeletale aandoeningen en pijnproblematiek? Over welke parameters verzamelen deze sensoren informatie?*

## Highlights:

- Accelerometers worden het vaakst gebruikt voor het monitoren van fysieke activiteit bij patiënten met musculoskeletale aandoeningen en pijnproblematiek
- Energieverbruik en het dagelijks aantal stappen zijn de belangrijkste parameters waarover sensoren informatie verzamelen.

Vanhees Thomas

Promotor: Prof. dr. TIMMERMANS Annick



## SITUERING – Context van het onderzoek

Deel één van deze masterproef situeert zich in het musculoskeletale domein van de revalidatiewetenschappen en kinesitherapie. Het doel van de studie is te onderzoeken welke soorten sensoren gebruikt worden voor het monitoren van fysieke activiteit en over welke parameters deze sensoren informatie verzamelen betreffende patiënten met musculoskeletale aandoeningen en pijnproblematiek. Ondanks het feit dat de afgelopen jaren veel aandacht werd besteed aan het belang van fysieke activiteit voor het onderhouden van een gezonde levensstijl en de preventie van chronische aandoeningen zoals obesitas, diabetes type II en kanker (Warburton, Nicol et al. 2006). Vormt een gebrek aan fysieke activiteit nog steeds een groot probleem bij zowel patiënten met musculoskeletale aandoeningen als gezonde personen (Warburton et al.). Gezien de omvang van deze problematiek is er behoefte aan interventies die fysieke activiteit kunnen promoten. Om de doeltreffendheid van dergelijke interventies na te gaan is er nood aan meetinstrumenten die fysieke activiteit accuraat en objectief kunnen meten (Lutzner, Voigt et al. 2014). Activity monitoring sensors zijn een goed voorbeeld van zulke meetinstrumenten. Er bestaan drie klassen activity monitoring sensors met name, pedometers, accelerometers en multisensor activity monitors (Van Remoortel, Giavedoni et al. 2012). Activity monitoring sensors zijn voornamelijk gevalideerd bij kinderen en gezonde personen (Naranjo-Hernandez, Roa et al. 2012; Van Hees et al., 2010; Van Remoortel et al.). Voor patiënten met musculoskeletale aandoeningen en pijnproblematiek is er echter weinig informatie beschikbaar omtrent het gebruik en de psychometrische eigenschappen van activity monitoring sensors. Omwille van deze reden is het van belang om onderzoek te voeren naar dit onderwerp.

Prof. dr. Annick Timmermans formuleerde in samenspraak met T. Vanhees, student kinesitherapie en revalidatiewetenschappen de onderzoeksvraag, deze thesis is opgebouwd volgens het centrale format. In deel twee van deze masterproef, zullen veranderingen in het activiteitsniveau gemonitord worden bij patiënten met specifieke lage rugpijn. De monitoring zal plaatsvinden voor, tijdens en na de revalidatie. Het activiteitsniveau zal gekoppeld worden aan het verplaatsingsgedrag om zo de progressie van het activiteiten- en participatieniveau te beoordelen. Deel twee van deze masterproef zal gebeuren in samenwerking met Konstantin Braun. Deze student doet momenteel een gelijkaardige studie over: het gebruik van sensoren voor detectie van fysieke activiteit bij gezonde personen.



# Inhoudsopgave

<b>Deel 1 – Literatuurstudie</b> .....	<b>5</b>
1 Abstract .....	5
2 Inleiding .....	7
3 Methode.....	9
3.1 Onderzoeksvraag .....	9
3.2 Literatuursearch.....	9
3.3 Selectiecriteria .....	10
3.4 Kwaliteitsbeoordeling.....	10
3.5 Data-extractie .....	10
4 Resultaten .....	11
4.1 Resultaten studieselectie.....	11
4.2 Resultaten kwaliteitsbeoordeling .....	11
4.3 Resultaten data-extractie.....	13
5 Discussie .....	19
5.1 Reflectie over kwaliteit studies .....	19
5.2 Reflectie over bevindingen in functie van onderzoeksvraag(en).....	19
5.3 Reflecties over de sterktes en beperkingen van de literatuurstudie.....	20
5.4 Aanbevelingen voor toekomstige studies.....	21
6 Conclusie.....	23
7 Referentielijst.....	25
8 Bijlagen literatuurstudie .....	45
8.1 Bijlage 1 : Voortgangsformulier.....	45
8.2 Bijlage 2 : Overzicht zoekstrategie en –resultaten in Pubmed en IEEE Xplore.....	46
8.3 Bijlage 3 : Kwaliteitsbeoordeling .....	53
8.4 Bijlage 4 : Data-extractie van de geïncludeerde artikels.....	55



<b>Deel 2 – Onderzoeksprotocol.....</b>	<b>67</b>
1 Inleiding.....	67
2 Doel onderzoek.....	69
2.1 Onderzoeksvragen.....	69
2.2 Hypothesen.....	69
3 Methoden.....	71
3.1 Onderzoeksdesign.....	71
3.2 Participanten.....	71
3.2.1 Inclusiecriteria.....	71
3.2.2 Exclusiecriteria.....	71
3.2.3 Rekrutering.....	71
3.3 Medische ethiek.....	71
3.4 Interventie.....	71
3.5 Uitkomstmaten.....	72
3.5.1 Primaire uitkomstmaten.....	72
3.5.2 Secundaire uitkomstmaten.....	73
3.6 Data-analyse.....	73
4 Time-planning.....	75
5 Referentielijst.....	77

# Deel 1: Literatuurstudie

## 1. Abstract

### Achtergrond:

Musculoskeletale aandoeningen (MSKA) zijn de voornaamste oorzaak van chronische pijn en vormen een steeds groter wordend probleem. Het merendeel van de patiënten met MSKA vertoont een verminderd niveau van fysieke activiteit. De voordelen van regelmatige fysieke activiteit zijn algemeen gekend. Het is dan ook belangrijk dat zowel patiënten als therapeuten betrouwbare feedback krijgen over het activiteitsniveau. Sensoren kunnen hierin een belangrijke rol spelen.

### Doel:

Het doel van deze literatuurstudie is te onderzoeken welke verschillende soorten sensoren er worden gebruikt voor het monitoren van fysieke activiteit en over welke parameters deze sensoren informatie verzamelen betreffende patiënten met musculoskeletale aandoeningen en pijnproblematiek.

### Methode:

Door het gebruik van een combinatie van relevante zoektermen in Pubmed/Medline en IEEE Xplore werden er in totaal 237 artikels bekomen. Na screening van deze artikels op basis van de selectiecriteria werden uiteindelijk 21 artikels geïncorporeerd uit beide databanken.

### Resultaten:

In totaal werden er drie verschillende sensortypes besproken (multisensor activity monitor, uni- en tri-axiale accelerometer) voor het monitoren van fysieke activiteit bij acht verschillende patiëntenpopulaties. Deze sensoren verzamelden informatie over zeven verschillende parameters, waarvan vijf gemeten parameters (aantal stappen, activity counts, lichaamspositie, hartritmevariabiliteit, temporele- en spatiale gangparameters) en twee berekende parameters (energieverbruik en bewegingsintensiteit).

### Discussie en conclusie :

Accelerometers worden het vaakst gebruikt voor het monitoren van fysieke activiteit bij patiënten met musculoskeletale aandoeningen en pijnproblematiek. Energieverbruik en het dagelijks aantal stappen zijn de belangrijkste parameters waarover de sensoren, besproken in deze literatuurstudie, informatie verzamelden.

**Keywords:** Sensor, physical activity, ambulatory monitoring, pain, musculoskeletal diseases



## 2. Inleiding

Musculoskeletale aandoeningen (MSKA) zijn een steeds groter wordend probleem, en kennen een zeer hoge wereldwijde prevalentie (Hoy, Smith et al. 2014). Volgens de WHO is de globale prevalentie tussen 1990 en 2000 gestegen met 25% (WHO 2000). Globaal gezien zijn MSKA de vierde meest voorkomende pathologie en voornaamste oorzaak van chronische fysieke beperking (Hoy et al. 2015; Woolf et al. 2006). MSKA hebben een grote impact op zowel het fysiek functioneren als het psychologisch en economisch welbevinden van de patiënt (Brooks 2006). Daarnaast vormt deze pathologische entiteit zowel een last voor het gezondheidszorgsysteem als voor de samenleving. Het brengt directe en indirecte kosten met zich mee door enerzijds de behandeling van patiënten en anderzijds door het verlies van productiviteit (Brooks 2006; Connelly, Woolf et al. 2006). Pijn en MSKA zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden, MSKA zijn dan ook de voornaamste oorzaak van chronische pijn (Marley, Tully et al. 2014). De twee meest frequent gerapporteerde MSKA, osteoartrose (OA) en chronische lage rugpijn (CLBP), vormen respectievelijk de voornaamste oorzaak en locatie van chronische pijn (Breivik, Collett et al. 2006; Marley et al.).

Patiënten met MSKA vertonen een verminderd niveau van fysieke activiteit (Hootman, Macera et al. 2003; Brooks 2006). Een mogelijke verklaring hiervoor is dat patiënten bepaalde activiteiten die pijn veroorzaken gaan vermijden (Raijmakers, Nieuwenhuizen et al. 2015). Hierdoor ontwikkelen deze patiënten een sedentaire levensstijl. Bijgevolg draagt deze minder actieve levensstijl bij tot de instandhouding of verergering van de pijnklachten. Op deze manier ontstaat er een vicieuze cirkel die kan leiden tot de ontwikkeling van chroniciteit (Raijmakers et al.; Vlaeyen and Linton 2000). Fysieke inactiviteit is een steeds groter wordend probleem bij zowel patiënten met musculoskeletale aandoeningen als gezonde personen. Regelmatige fysieke activiteit draagt bij tot de preventie van cardiovasculaire aandoeningen, obesitas en diabetes type II (Warburton et al. 2006). Gezien de omvang van deze problematiek is er behoefte aan interventies die fysieke activiteit kunnen promoten. Bijgevolg is fysieke activiteit een belangrijke uitkomstmaat en dient deze accuraat gemeten te worden (Lutzner et al. 2014). Het is belangrijk dat zowel patiënten als therapeuten betrouwbare feedback krijgen over het activiteitsniveau. Daarnaast kan fysieke activiteit ook beschouwd worden als een belangrijke therapeutisch interventie op zich, voor het promoten van een actievere levensstijl (Backhouse, Hensor et al. 2013).

Fysieke activiteit kan op diverse manieren worden gemeten (Van Remoortel et al. 2012). Activity monitoring sensors, zoals pedometers en accelerometers, zijn echter de vaakst toegepaste en onderzochte manier voor het monitoren van fysieke activiteit (Naranjo-Hernandez, Roa et al. 2012; Van Hees et al., 2010). Deze sensoren zijn in staat om de duur, intensiteit, frequentie en type activiteit te registreren (Ainsworth, Cahalin et al. 2015). Het merendeel van de activity monitors is gevalideerd bij kinderen en gezonde personen (Naranjo-Hernandez et al. (2012); Van Hees et al., (2010) Van Remoortel et al.(2012). Bij patiënten met musculoskeletale aandoeningen is er echter weinig informatie beschikbaar omtrent het gebruik en de psychometrische eigenschappen van deze monitors.

Het doel van de studie is te onderzoeken welke verschillende soorten sensoren gebruikt worden voor het monitoren van fysieke activiteit en over welke parameters deze sensoren informatie verzamelen betreffende patiënten met musculoskeletale aandoeningen en/of pijnproblematiek.

### 3. Methoden

#### 3.1 Vraagstelling

De onderzoeksvraag is tweeledig

- Welke verschillende soorten sensoren worden gebruikt voor het monitoren van fysieke activiteit bij patiënten met musculoskeletale aandoeningen en/of pijnproblematiek?
- Over welke parameters verzamelen deze sensoren informatie?

#### 3.2 Literatuursearch

Pubmed

Op basis van relevantie voor de onderzoeksvraag werden volgende zoektermen gekozen: 'Musculoskeletal Diseases', 'Pain', 'Telemetry', 'Telemedicine', 'Mobile Applications', 'Mobile Applications', 'Accelerometry', 'Motor Activity', 'Sensor', 'Ambulatory monitoring' en 'Physical activity'. Alle termen zijn MeSH-termen, met uitzondering van de laatste drie omdat er voor deze geen MeSH-termen beschikbaar zijn. Om deze reden werd voor deze drie laatste geopteerd voor Title/Abstract. De gebruikte zoektermen werden onderverdeeld in drie groepen, met name Patiënt, Observatie en Uitkomstmaat. In de groep 'Patiënt' werden MeSH-termen 'Musculoskeletal disease' en 'Pain' gebruikt. Voor de groep 'Observatie' zijn volgende termen ingedeeld: 'Sensor' (Title/Abstract), 'Telemetry' (MeSH), 'Telemedicine' (MeSH), 'Mobile Applications' (MeSH), 'Ambulatory Monitoring' (MeSH) en 'Accelerometry' (MeSH). In de laatste groep werden de zoektermen 'Physical Activity' (Title/Abstract) en 'Motor Activity' (MeSH) ingedeeld. Intra-groep werden de zoektermen gecombineerd met boolean operator "OR", inter-groep werd er gecombineerd met boolean operator "AND". Bij het toepassen van deze zoekstrategie werd er geen gebruik gemaakt van filters. Zo werd er initieel geen rekening gehouden met bijvoorbeeld datum van publicatie of type studie. Vervolgens gebeurde er een screening van de bekomen artikels op basis van Title/Abstract. Van de goedbevonden artikels werd de full tekst geanalyseerd.

IEEE Xplore

Voor deze databank werd dezelfde zoekstrategie toegepast als in Pubmed. Verschillende zoektermen werden onderverdeeld in dezelfde bovengenoemde groepen: Patiënt, Observatie en Uitkomstmaat. Tevens werden dezelfde zoektermen gebruikt met uitzondering van 'Telemetry', 'Telemedicine', 'Mobile Applications' en 'Accelerometry', omdat voor deze termen geen relevante artikels werden bekomen. Dezelfde selectiemethodologie werd gehanteerd voor het screenen van de artikels. (Zie Bijlage 2 – Tabel 1: Zoekstrategie en –resultaten in Pubmed, Tabel 2: Zoekstrategie en –resultaten in IEEE Xplore, Figuur 1: stroomdiagram van de zoekstrategie)

### 3.3 Selectiecriteria

Inclusiecriteria:

- Sensoren die bewegingsactiviteit en/of fysieke fitheid registreren:
  - Mobiele applicaties
  - Accelerometer
  - Magnetometer
  - Telemetrie
  - Multisensor activiteiten monitor
- Populatie:
  - Volwassenen tussen de leeftijd van 18 en 65 jaar gediagnosticeerd met musculoskeletale aandoeningen en/of pijnproblematiek.
- Fysieke activiteit als uitkomstmaat.

Exclusiecriteria

- Geen Engelse of Nederlandstalige artikels.
- Sensoren die geen bewegingsactiviteit registreren.
- Populatie:
  - Studies waarin het ging om personen jonger dan 18 jaar of ouder dan 65 jaar, gezonde personen of personen met neurologische-, psychische- of cardiale aandoeningen.

### 3.4 Kwaliteitsbeoordeling

De GRACE-checklist werd gebruikt ter beoordeling van de kwaliteit van de observationele studies. Deze bestaat uit elf onderdelen waarvan zes handelen over data en vijf over studiemethode. Voor de GRACE-checklist bestaan geen standaard cut-off scores. In dat opzicht wordt een score van 5/10 of 5/11 beschouwd als een studie van slechte kwaliteit. Er werden geen studies geëxcludeerd op basis van de kwaliteitsbeoordeling.

### 3.5 Data-extractie

Volgende data werden geëxtraheerd uit de geselecteerde studies: onderzoekspopulatie, sensor waarbij er een onderscheid wordt gemaakt tussen naam en soort sensor, plaatsing van de sensor, psychometrische eigenschappen, uitkomstmaten onderverdeeld in gemeten parameters en berekende parameters.

## 4. Resultaten

### 4.1 Resultaten studieselectie

In totaal werden 237 artikels bekomen na het toepassen van de zoekstrategie, 192 uit Pubmed en 45 uit IEEE Xplore. Het totaal aantal artikels uit Pubmed werd gereduceerd tot 34 artikels na screening van titel/abstract. Bij IEEE Xplore werden dit er acht. Eén dubbel artikel werd weggelaten (Alschuler, Hoodin et al. 2011). De voornaamste reden voor exclusie was een niet relevante onderzoekspopulatie (n=154) andere redenen voor exclusie waren: sensoren die geen bewegingsactiviteit of fysieke fitheid registreren (n=33), geen bespreking van fysieke activiteit als uitkomstmaat (n=12), geen gebruik van sensoren in de studie (n=2), studiedesign (n=14). Na screening van de full tekst werden uiteindelijk 21 artikels geselecteerd uit beide databanken. (Zie bijlage 2: Tabel 3: Overzicht van geëxcludeerde studies en reden van exclusie)

### 4.2 Resultaten kwaliteitsbeoordeling

De GRACE checklist werd gebruikt voor de beoordeling van de observationele studies. Op basis van de bekomen resultaten werden de bevindingen per vraag besproken. Vraag tien van de GRACE-checklist heeft geen betrekking op cross-sectioneel onderzoek en werd om deze reden niet verder besproken. De kwaliteitsbeoordeling was geen reden tot exclusie. Geen enkel artikel behaalde een score van lager dan vijf op tien. Gemiddeld werd er 6,2 op 10 gescoord. De gedetailleerde resultaten van de kwaliteitsbeoordeling zijn terug te vinden in Bijlage 3 – Tabel 4: GRACE checklist.

Vraag één: *Werden behandeling en/of belangrijke details van de interventie adequaat opgenomen voor het studiedoel in de data?*

In alle geïnccludeerde studies werden de gebruikte sensoren gedetailleerd besproken, bijgevolg voldeden alle artikels aan dit criterium.

Vraag twee: *Werden de primaire uitkomstmaten adequaat opgenomen?*

De primaire uitkomstmaten werden in alle artikels uitvoerig besproken en opgenomen. Alle artikels voldeden aan dit criterium.

Vraag drie: *Werden de primaire uitkomstmaten objectief gemeten?*

De voornaamste uitkomstmaat in alle cross-sectionele studies is fysieke activiteit. Aangezien fysieke activiteit steeds bepaald werd met behulp van sensoren kunnen we stellen dat alle artikels voldoen aan dit criterium.



Vraag vier: *Waren primaire uitkomstmaten gevalideerd?*

Slechts één artikel (Hermann, Ried-Larsen et al. 2014) maakte gebruik van een sensor (multisensor activiteiten monitor) die reeds gevalideerd werd in dezelfde patiëntenpopulatie als de populatie onderzocht in dit artikel. Acht artikels gebruiken sensoren die gevalideerd zijn in een populatie die echter verschilt van de onderzochte patiëntenpopulatie. Het merendeel van deze sensoren is immers gevalideerd in een gezonde populatie (Almeida, Wasko et al. 2011; Backhouse, Hensor et al. 2013; Hirata, Ono et al. 2006; Khemthong, Packer et al. 2006; Kop, Lyden et al. 2005; Munguia-Izquierdo, Santalla et al. 2012; Plasqui, Boonen et al. 2012; Raijmakers, Nieuwenhuizen et al. 2015).

Vraag vijf: *Werden de primaire uitkomstmaten op een equivalente manier gemeten tussen de interventiegroep en controlegroep?*

Alle studies voldeden aan dit criterium.

Vraag zes: *Waren belangrijke covariaten die mogelijks confounders zijn, beschikbaar en opgenomen?*

Alle geïnccludeerde studies voldeden aan dit criterium en corrigeerden voor confounders zoals: leeftijd, sociaal demografische karakteristieken en ziekteduur. Zes artikels vermeldden expliciet belangrijke confounders en corrigeerden hiervoor (Hallman and Lyskov 2012; Hernandez-Hernandez, Ferraz-Amaro et al. 2014; Kop et al. (2005); McLoughlin, Colbert et al. 2011; Plasqui, Boonen et al. 2012; Pioreschi, Hodkinson et al. 2013 ).

Vraag zeven: *Was de studiepopulatie beperkt tot subjecten die de interventie nog nooit eerder gevolgd hadden?*

In de geïnccludeerde studies was onvoldoende informatie beschikbaar om met duidelijkheid te stellen of de studies voldoen aan dit criterium. Omwille van deze reden kregen alle artikels een 'negatieve' score. In het artikel van Pioreschi et al. (2014) werden voor de samenstelling van de onderzoekspopulatie enkel personen geïnccludeerd met nieuw gediagnosticeerde reumatoïde artritis. Er kan echter niet met zekerheid gesteld worden dat deze patiënten vooraf nog nooit gemonitord zijn met een sensor.

Vraag acht: *Wanneer men één of meerdere groepen onderzocht, werden deze dan gelijktijdig vergeleken?*

Drie studies geven te weinig informatie om deze vraag te kunnen beantwoorden en scoren 'negatief' op deze vraag (Kop et al. (2005); Plasqui, Boonen et al. 2012; Pioreschi et al. (2013)). In twee artikels ondergingen de patiënten- en controlegroep niet dezelfde procedure. (Pioreschi et al. (2014); Hernandez-Hernandez, Ferraz-Amaro et al., 2014). In beide artikels werd tijdens de follow-up meting enkel de patiëntengroep opnieuw gemeten.

Vraag negen: *Werd er rekening gehouden met belangrijke covariaten, die mogelijk een effect hebben, in de analyse en/of design?*

Covariaten die de resultaten kunnen beïnvloeden dienen in rekening te worden gebracht. In vijftien van de 21 studies werd geen melding gemaakt van mogelijke covariaten. Tevens werd er ook geen informatie teruggevonden over: restrictie, stratificatie of multivariaat analyses, etc. Zes artikels vermeldden expliciet belangrijke covariaten en corrigeerden hiervoor (Hallman and Lyskov 2012; Hernandez-Hernandez, Ferraz-Amaro et al. 2014; Kop et al. (2005); McLoughlin, Colbert et al. 2011; Plasqui, Boonen et al. 2012; Prioreshi, Hodkinson et al. 2013).

Vraag tien: *Is de studie vrij van de 'immortal time bias'?*

Deze vraag is niet van toepassing op cross-sectionele studies, bijgevolg wordt deze vraag buiten beschouwing gelaten.

Vraag elf: *Werden er analyses uitgevoerd die de invloed van mogelijke biases op de primaire uitkomstmaten evalueerden?*

Vier artikels maakten gebruik van post hoc analyse en analyses voor het evalueren van mogelijke biases (Hermann, Ried-Larsen et al. 2014; Hirata, Ono et al. 2006; Kop, Lyden et al. 2005; Raijmakers, Nieuwenhuizen et al. 2015). In de overige artikels werd geen informatie gegeven over dit criteria, bijgevolg kregen deze artikels een 'negatieve' score.

#### 4.3 Resultaten data-extractie

De gedetailleerde resultaten van de data-extractie zijn terug te vinden in Bijlage 4 – Tabel 5: Data-extractie geïnccludeerde artikels. De resultaten worden besproken per onderdeel.

##### Onderzoekspopulatie

In de geïnccludeerde artikels werden er in totaal acht verschillende patiëntpopulaties besproken. In de meeste artikels bestond de onderzoekspopulatie uit reumatoïde artritis patiënten, namelijk in zes van de 22 artikels (Almeida, Wasko et al., 2011; Backhouse, Hensor et al., 2013; Ferraz-Amaro et al., 2014; Hermann, Ried-Larsen et al., 2014; Hernandez-Hernandez, Prioreshi, Hodkinson et al., 2014; Khemthong, Packer et al., 2006). Voor de bepaling van de onderzoekspopulatie maakte (Almeida, Wasko et al.; Ferraz-Amaro et al.; Hermann, Ried-Larsen et al.; Hernandez-Hernandez, Prioreshi, Hodkinson et al.) gebruik van de 1987 de American College of Rheumatology (ACR) criteria voor reumatoïde artritis. Twee artikels beschreven echter geen duidelijke selectiecriteria voor het samenstellen van de onderzoekspopulatie (Backhouse et al; Khemthong et al.). Verder werd ook fibromyalgie veelvuldig besproken in de geïnccludeerde studies (vijf van de 22). In de geïnccludeerde artikels werd er telkens gebruik gemaakt van eenzelfde selectie criterium om de onderzoekspopulatie samen te stellen. Hierbij gaat het om de ACR-criteria voor fibromyalgie (Alvarez-Gallardo et al., 2014; Kop, Lyden et al., 2005; McLoughlin, Colbert et al., 2011; Munguia-Izquierdo et al., 2013; Munguia-

Izquierdo, Santalla et al., 2012). De derde grote patiëntenpopulatie bestaat uit patiënten met lage rugpijn. Hierbij besproken drie artikels chronische lage rugpijn (Alschuler, Hoodin et al., 2011; Dekker-van Weering, Vollenbroek-Hutten et al., 2012; Spenkeliink, Hutten et al., 2002) en één artikel dysfunctie ter hoogte van L4-L5 (Uiterwaal, Glerum et al., 1998). Voor chronische lage rugpijn werd in twee artikels een minimale duur van drie maanden geaccepteerd om deel te nemen in het onderzoek (Alschuler et al.; Dekker-van Weering et al.). In één artikel bedroeg de minimale duur hiervoor echter zes maanden (Spenkelink et al.) In de geïncludeerde artikels werd zowel twee keer artrose als twee keer chronisch vermoeidheidssyndroom (CVS) besproken (Hermann, Ried-Larsen et al., 2014; Hirata, Ono et al., 2006; Kop et al.; Sisto, Tapp et al., 1998). Bij artrose ging het in beide artikels om heupartrose. Bij de studies rond CVS, vergeleek Kop et al. (2005) de werking van de sensoren bij CVS-patiënten en fibromyalgiepatiënten. In beide artikels gebruikten de onderzoekers verschillende selectiecriteria om de onderzoekspopulatie samen te stellen met name: de working case definition en de criteria gedefinieerd door Fukada et al. (1994). In de resterende drie artikels werd telkens een andere populatie geobserveerd. Het gaat hier om chronische pijnklachten bij een onderzoekspopulatie waarbij de aanwezigheid van de klachten langer dan één jaar bedroeg (Raijmakers, Nieuwenhuizen et al., 2015), ankylosing spondylitis (Plasqui, Boonen et al., 2012) en chronische nekpijn gedurende minstens zes maanden (Hallman and Lyskov, 2012).

### Sensor

Er werden drie verschillende sensortypes besproken. De eerste was de uni-axiale accelerometer, deze sensor registreert versnelling in sagittale richting. Een voorbeeld van deze sensor is de klassieke stappenteller. In de literatuurstudie werd deze sensor acht keer toegepast (Alschuler, Hoodin et al., 2011; Backhouse, Hensor et al., 2013; Hirata, Ono et al., 2006; Khemthong, Packer et al., 2006; Kop, Lyden et al., 2005; McLoughlin, Colbert et al., 2011; Segura-Jimenez, Alvarez-Gallardo et al., 2014; Sisto, Tapp et al. 1998). De vaakst gebruikte modellen waren de Actigraph GTM1 en de Actiwatch.

Het tweede sensortype is de tri-axiale accelerometer. Hierbij wordt versnelling als beweging geregistreerd in drie verschillende vlakken (het frontaal, sagittaal en transversaal vlak). Deze sensor kan naast verplaatsing, ook verschillende lichaamsposities en bewegingsintensiteit registreren (Raijmakers, Nieuwenhuizen et al., 2015; Spenkeliink, Hutten et al. 2002). In de geïncludeerde studies wordt er acht keer gebruik gemaakt van een tri-axiale accelerometer om het activiteitsniveau te bepalen (Backhouse, Hensor et al., 2013; Hernandez-Hernandez, Ferraz-Amaro et al., 2014; Plasqui, Boonen et al., 2012; Pioreschi, Hodkinson et al. 2013, 2014; Raijmakers, Nieuwenhuizen et al., 2015; Spenkeliink, Hutten et al., 2002; Uiterwaal, Glerum et al. 1998). In totaal maakten de auteurs gebruikt van vijf verschillende modellen. The DynaPort ADL monitor en Actical werden het vaakst gebruikt, respectievelijk drie en twee keer.

De multisensor activity monitor is het laatste sensortype. Dit type bestaat uit zowel een accelerometer (uni-, bi- of tri-axiaal) en één of meerdere sensoren die een bepaalde fysiologische toestand van het lichaam registreert (vb. lichaamstemperatuur). In de artikels uit de literatuurstudie werden drie verschillende modellen besproken. Het gaat om de Sensewear Pro<sub>3</sub> Armband (SWA), de Intelligent Device for Energy Expenditure and Activity (IDEEA) en de Body Area Network (BAN). De SWA bestaat uit een bi-axiale accelerometer, een headflux sensor, een huidtemperatuur sensor en een galvanische huidresponsensor. Deze laatste registreert de zweetsecretie (Almeida, Wasko et al., 2011; Hermann, Ried-Larsen et al., 2014; Munguia-Izquierdo, Santalla et al., 2012; Segura-Jimenez, Alvarez-Gallardo et al., 2013). De heatflux sensor maakt een registratie van de warmte die door het lichaam wordt afgegeven. De IDEEA bestaat uit vijf bi-axiale accelerometers en één microprocessorunit (Backhouse et al.; Hallman and Lyskov, 2012;). Bi-axiale accelerometers registreren beweging in twee verschillende vlakken (het frontaal en sagittaal vlak). Door de bevestiging van vijf bi-axiale accelerometers op drie verschillende plaatsen op het lichaam (armen, benen, borstkast) kan de IDEEA de positie van verschillende lichaamssegmenten bepalen. De BAN bestaat uit een tri-axiale accelerometer en een Personal Digital Assistant (PDA). De PDA verstrekt informatie over het dagelijks fysiek activiteitsniveau van de patiënt (Dekker-van Weering, Vollenbroek-Hutten et al., 2012).

### Plaatsing

Voor de plaatsing van de sensoren maakten de geïnccludeerde auteurs gebruik van vier verschillende bevestigingsplaatsen: de heup, de bovenarm, de onderrug, de pols en de enkel. De meeste gebruikte bevestigingsplaats was de heup, hierop werd in twaalf artikels de sensor bevestigd (Backhouse, Hensor et al., 2013; Dekker-van Weering, Vollenbroek-Hutten et al., 2012; Hallman and Lyskov, 2012; Hernandez-Hernandez, Ferraz-Amaro et al., 2014; Hirata, Ono et al., 2006; Khemthong, Packer et al., 2006; McLoughlin, Colbert et al., 2011; Pioreschi, Hodkinson et al., 2013; Pioreschi, Hodkinson et al., 2014; Sisto, Tapp et al., 1998; Spenkelink, Hutten et al., 2002; Uiterwaal, Glerum et al., 1998). In drie artikels werd de locatie op de heup gespecificeerd: Hernandez (2014) bevestigde de sensor op de linkerheup, waar Pioreschi et al. (2013,2014) koos voor de dominante zijde. Ook de bovenarm is een frequent gebruikte bevestigingsplaats (Almeida, Wasko et al., 2011; Hermann, Ried-Larsen et al., 2014; Munguia-Izquierdo, Santalla et al., 2012; Segura-Jimenez, Munguia-Izquierdo et al., 2013). Backhouse et al. koos in zijn onderzoek naast de heup ook nog twee andere locaties om een sensor aan te brengen, met name de pols en enkel. Hierbij verzamelde hij de informatie van deze drie sensoren om tot een totaal activiteitenpatroon te komen. Verder werd in het artikel van Backhouse et.al ook gebruik gemaakt van een multisensor activity monitor die bestaat uit vijf bi-axiale accelerometers die naast de heup ook een bevestigingsplaats hadden op beide voeten en het sternum. In de vier artikels omtrent de bovenarm werd de plaatsing via specifieke referentiepunten bepaald. Het gaat hierbij om de rechterbovenarm, op de musculus triceps brachii en het middenpunt tussen het acromion en olecranon ulnae. Verder werd in drie artikels de sensor bevestigd ter hoogte van de onderrug (Raijmakers, Nieuwenhuizen et al., 2015; Segura-Jimenez, Alvarez-Gallardo et al.,

2014; Plasqui, Boonen et al., 2012). De precieze bevestigingslocatie werd in geen enkel artikel verder gespecificeerd. In het artikel van Alschuler et al. (2011) werd de sensor geplaatst op de pols, deze sensor was geïntegreerd in een horloge.

### Psychometrische eigenschappen

Betrouwbaarheid en validiteit van de toegepaste sensoren werd slechts in zes van de 22 geïnccludeerde artikels besproken. Vier artikels bespraken de SWA, drie artikels hiervan stelden voor validiteit een sterke correlatie vast tussen de gebruikte sensor en de gouden standaard (indirecte calorimetrie en Doubly Labelled Water method) voor bepaling van het energieverbruik (Almeida, Wasko et al., 2011; Hermann, Ried-Larsen et al., 2014; Munguia-Izquierdo, Santalla et al., 2012). Echter was er volgens Hermann et al. een positief verband tussen intensiteit en correlatie. Voor betrouwbaarheid stelde één artikel vast dat men de SWA minstens twee dagen moest dragen om een accurate schatting te kunnen maken van het totale energieverbruik (Almeida et al.). Test-retest betrouwbaarheid is volgens Munguia-Izquierdo et al. vergelijkbaar met de gouden standaard voor energieverbruik. Één artikel omtrent de uni-axiale accelerometer stelde een uitstekende inter-instrumentele betrouwbaarheid ( $r = .99$ ) vast (Alschuler, Hoodin et al., 2011). Dit betekent dat de sensor bij verschillende personen binnen dezelfde testsituatie gelijkaardige resultaten oplevert. Hirata et al. (2006) stelde voor een uni-axiale accelerometer een uitstekende accuraatheid vast wat betreft het registreren van het aantal stappen vergeleken met de gouden standaard (95,2%). In het artikel van Backhouse et al. (2013) werden de drie soorten sensoren met elkaar vergeleken. Hierbij werd een gelijkaardig verband, zoals bij de SWA, tussen intensiteit en correlatie vastgesteld. De multisensor activity monitor (de IDEAA) werd verder ook vergeleken met de gouden standaard voor gangparameters (de GAITRite), wat resulteerde in een slechte correlatie.

### Uitkomstmaten

In totaal werden er zeven verschillende uitkomstmaten besproken in de geïnccludeerde studies, waarvan vijf gemeten parameters (aantal stappen, activity counts, lichaamspositie, hartritmevariabiliteit, temporele- en spatiale gangparameters) en twee berekende parameters (energieverbruik en bewegingsintensiteit). Bij de uni-axiale accelerometer is 'activity count' (AC) de frequentst gemeten parameter. Vijf artikels bespreken deze uitkomstmaat (Alschuler, Hoodin et al., 2011; Khemthong, Packer et al., 2006; Kop, Lyden et al. 2005; McLoughlin, Colbert et al., 2011; Sisto, Tapp et al., 1998). 'Activity count' wordt gedefinieerd als het totaal van een welbepaald aantal versnellingen/bewegingen gedurende een bepaalde tijdsperiode, bijvoorbeeld gedurende 30 seconden (Semanik, Lee et al., 2011). Het 'aantal stappen' is de tweede meest gemeten parameter bij dit sensortype (McLoughlin, Colbert et al., 2011; Hirata, Ono et al., 2006; Segura-Jimenez, Alvarez-Gallardo et al., 2014; Backhouse, Hensor et al., 2013).

In de artikels uit de literatuurstudie is voor alle sensortypes energieverbruik (energy expenditure – EE) de meest besproken uitkomstmaat. Deze parameter werd in dertien van de 22 artikels besproken (Almeida et al., 2011; Backhouse et al., 2013; Hallman and Lyskov, 2012; Hermann et al., 2014; Hernandez-Hernandez et al., 2014; Hirata et al., 2006; Khemthong et al., 2006; McLoughlin et al., 2011; Munguia-Izquierdo et al., 2012; Plasqui et al., 2012; Prioreshi et al. (2013,2014); Segura-Jimenez et al., 2013). Prioreshi et al (2014, 2013) maken in hun artikels verder een onderverdeling in actief energieverbruik (AEE) en totaal energieverbruik (TEE). Laatstgenoemde wordt uitgedrukt in metabolic equivalents per time (MET). Energieverbruik kan niet rechtstreeks gemeten worden en dient berekend te worden. Dergelijke berekening gebeurt door een intern algoritme, ontwikkeld door de fabrikant van de sensor. De eenheid van energieverbruik is het aantal verbruikte calorieën per minuut ( $\text{kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ ).

Verder berekenen acht artikels naast EE ook bewegingsintensiteit (Almeida et al.; Hermann et al.; Hirata et al.; Khemthong et al.; Kop et al.; McLoughlin et al.; Segura-Jimenez et al., 2013; Uiterwaal et al., 1998). Deze parameter wordt eveneens berekend aan de hand van een intern algoritme. Niettegenstaande verschillen bewegingsintensiteit en EE van elkaar, doordat de geregistreeerde beweging wordt gecategoriseerd in verschillende intensiteitsniveaus, bijvoorbeeld lichte intensiteit, matige intensiteit, etc. Ieder niveau heeft een bepaalde range, bijvoorbeeld een activiteit met een intensiteit van 4 MET wordt gecategoriseerd als een activiteit van matige intensiteit (range 3-5 MET). De range en het aantal intensiteitsniveaus wordt bepaald door de fabrikant van de sensor (Hirata et al.).

De tri-axiale accelerometer is het enige sensortype dat verschillende lichaamsposities kan registreren; met name: liggen, zitten, staan, locomotie en shuffeling (Raijmakers et al.; Spenkelink et al.; Uiterwaal et al.). Slecht één tri-axiaal sensormodel kan deze uitkomstmaat registreren, met name The DynaPort ADL monitor (Raijmakers BG et al. (2015); Spenkelink et al. (2002); Uiterwaal et al. (1998). Hartritmevariabiliteit en temporele- en spatiale gangparameters zijn uitkomstmaten die enkel door de IDEAA (multisensor activity monitor) gemeten worden. De temporele- en spatiale gangparameters omvatten: wandelsnelheid en double limb support time (Backhouse et al.; Hallman and Lyskov). Hartritmevariabiliteit werd gemeten met behulp van een elektrocardiogram (ECG) dat geïntegreerd was in het IDEAA systeem.



## 5. Discussie

### 5.1 Reflectie over kwaliteit studies

De GRACE-checklist werd gebruikt ter beoordeling van de kwaliteit van de observationele studies. Een nadeel van deze checklist is dat er geen standaard cut-off scores vermeld worden. In dat opzicht wordt een score van vijf op tien beschouwt als een studie van slechte kwaliteit. De gemiddelde score van de geïnccludeerde artikels is 6,2 op 10. Slechts één artikel behaalde een score van vijf op tien (Pioreschi, Hodkinson et al. 2014) omwille van deze reden wordt aan dit artikel minder belang gehecht. Over het algemeen kan men stellen dat de kwaliteit van de studies matig tot goed is.

Alle artikels scoorden negatief op vraag zeven, omtrent de restrictie van de onderzoekspopulatie tot personen die nog nooit eerder een soortgelijke interventie hadden ondergaan. Tevens scoorden alle artikels negatief op vraag vier met uitzondering van het artikel van Hermann et al. (2014). De ondermaatse scores op bovengenoemde vragen waren de voornaamste redenen voor een lagere kwaliteit. Dit kan enigszins genuanceerd worden omwille van het feit dat vraag zeven van minder belang is voor de artikels uit deze literatuurstudie. Een eerdere monitoring met behulp van een sensor zal immers geen effect hebben op de primaire uitkomstmaat: fysieke activiteit. Een andere belangrijke tekortkoming van de geïnccludeerde studies is dat slechts vier van de 21 studies analyses uitvoerden voor het evalueren van mogelijke biassen (Hermann et al. (2014); Hirata et al. (2006); Kop et al. (2005); Raijmakers et al. (2015).

### 5.2 Reflectie over bevindingen in functie van onderzoeksvragen

De onderzoeksvraag van dit onderzoek was tweeledig. Enerzijds werd er onderzocht welke soorten sensoren gebruikt werden voor het monitoren van fysieke activiteit bij patiënten met musculoskeletale aandoeningen en pijnproblematiek. Anderzijds werd er gekeken over welke parameters deze sensoren informatie verzamelden. In deze literatuurstudie werd gevonden dat er hoofdzakelijk gebruik wordt gemaakt van accelerometers voor het monitoren van fysiek activiteit bij deze patiëntenpopulaties. Ongeacht het veelvuldig gebruik van accelerometrie werd er weinig informatie bekomen omtrent de psychometrische eigenschappen van deze sensoren. Slechts twee artikels bespraken de betrouwbaarheid en validiteit van uni-axiale accelerometers (Alschuler et al. (2011); Hirata et al. (2006). De kwaliteit van deze artikels was matig tot gemiddeld, respectievelijk GRACE 6/10 en 7/10. In tegenstelling tot accelerometrie was er meer informatie beschikbaar over de betrouwbaarheid en validiteit van multisensor activity monitors. Dit is toch enigszins opmerkelijk gezien de kleinere hoeveelheid artikels die gebruik maakten van dit sensortype. Van de zes artikels die betrouwbaarheid en validiteit bespraken stelden drie artikels een sterke correlatie vast tussen de SWA en de gouden standaard voor energieverbruik. Gezien de gemiddelde kwaliteit van deze studies is het interessant om in de toekomst meer onderzoek te voeren naar dit model (Almeida et al. (2011) – GRACE 6/10; Hermann et al.(2014) – GRACE 8/10; Munguia-Izquierdo et al. (2012) – GRACE 6/10).



De sensoren besproken in deze literatuurstudie verzamelden het meeste informatie over volgende parameters: energieverbruik, aantal stappen en activity counts. Energieverbruik is veruit de belangrijkste parameter omdat deze het meest correleert met fysieke activiteit (Van Remoortel et al. 2012). Er dient echter wel een belangrijke opmerking te worden gemaakt over de manier waarop energieverbruik wordt bepaald. Deze parameter kan namelijk niet rechtstreeks worden gemeten en dient berekend te worden. Dergelijke berekening gebeurt door een intern algoritme ontwikkeld door de fabrikant van de sensor. Er bestaat echter grote discrepantie tussen de algoritmes van verschillende fabrikanten. Omwille van deze reden is het moeilijk om een algemene uitspraak te doen over de validiteit van een bepaald sensortype vb. uni-axiale accelerometers indien de sensoren niet gefabriceerd zijn door dezelfde fabrikant (Van Remoortel et al. 2012).

### 5.3 Reflectie over sterktes en beperkingen van literatuurstudie

De voornaamste beperking van deze literatuurstudie is het relatieve kleine aantal beschikbare artikels omtrent het gebruik van sensoren voor mensen met musculoskeletale aandoeningen. Sensoren zijn een relatief nieuwe methode voor het meten van fysieke activiteit en deze is veelal onderzocht bij kinderen en gezonde personen. Een mogelijk gevolg van bovengenoemde beperking is een lagere wetenschappelijke evidentie van de geïncludeerde artikels. In deze literatuurstudie zijn namelijk enkel cross-sectionele studies opgenomen. Artikels met een hogere wetenschappelijke evidentie ontbreken. Een tweede zwakte is het ontbreken van een gevalideerde checklist voor de kwaliteitsbeoordeling van observationele studies. Uiteindelijk werd er geopteerd voor de GRACE checklist, omdat dit de beste keuze was uit alle beschikbare opties. Deze checklist is gevalideerd voor cohort onderzoek maar echter niet voor cross-sectioneel onderzoek. Bij het zoeken naar bruikbare artikels voor deze literatuurstudie werden er slechts twee databanken geraadpleegd (Pubmed en IEEE Xplore). Dit is een zwakte omdat mogelijk belangrijke informatie werd misgelopen.

Een sterkte van deze literatuurstudie is de uitgebreide literatuur search op Pubmed. Zo werd er niet gefocust op één specifieke pathologie maar eerder op een breed spectrum van aandoeningen, met name musculoskeletale aandoeningen en pijnproblematiek. De voornaamste sterkte is de grote relevantie van de onderzoeksvraag. Fysieke inactiviteit vormt immers een steeds groter wordend probleem, hierdoor is er nood aan objectieve methoden voor het meten van fysieke activiteit. Een derde sterkte is de gestructureerde en overzichtelijke manier waarop de data-extractie gebeurde.

#### 5.4 Aanbevelingen toekomstige studies

In de huidige literatuur is er een gebrek aan studies van goede methodologische kwaliteit. Cross-sectionele studies maken het merendeel van de huidige literatuur uit. Daarnaast bestaat er ook grote heterogeniteit tussen studies betreffende het protocol dat men hanteert voor het monitoren van fysieke activiteit. Er is dringend nood aan studies die onderzoek voeren naar de psychometrische eigenschappen van activity monitoring sensors bij patiënten met musculoskeletale aandoeningen en pijnproblematiek. Verder zijn er ook studies met een grotere sample size en uniform protocol nodig. Zodanig dat de bekomen resultaten gegeneraliseerd kunnen worden naar een grotere populatie. Tot slot, moet er tot een consensus worden gekomen betreffende de definitie van fysieke activiteit. Sommige auteurs hanteren immers een verschillende definitie hiervan.



## **6. Conclusie**

Deze literatuurstudie heeft aangetoond dat accelerometers het vaakst worden gebruikt voor het monitoren van fysieke activiteit bij patiënten met musculoskeletale aandoeningen en pijnproblematiek. De sensoren besproken in deze literatuurstudie werden het meest ingezet bij patiënten met fibromyalgie en reumatoïde artritis. Energieverbruik en het dagelijks aantal stappen zijn de belangrijkste parameters waarover deze sensoren informatie verzamelden.



## 7. Referentielijst

### Geïnccludeerde studies

1. Ainsworth, B., et al. (2015). "The current state of physical activity assessment tools." Prog Cardiovasc Dis **57**(4): 387-395.
2. Almeida, G. J., M. C. Wasko, K. Jeong, C. G. Moore and S. R. Piva (2011). "Physical activity measured by the SenseWear Armband in women with rheumatoid arthritis." Phys Ther **91**(9): 1367-1376.
3. Alschuler, K. N., F. Hoodin, S. L. Murphy and M. E. Geisser (2011). "Ambulatory monitoring as a measure of disability in chronic low back pain populations." Clin J Pain **27**(8): 707-715.
4. Backhouse, M. R., E. M. Hensor, D. White, A. M. Keenan, P. S. Helliwell and A. C. Redmond (2013). "Concurrent validation of activity monitors in patients with rheumatoid arthritis." Clin Biomech (Bristol, Avon) **28**(4): 473-479.
5. Brooks, P. M. (2006). "The burden of musculoskeletal disease--a global perspective." Clin Rheumatol **25**(6): 778-781.
6. Connelly, L. B., et al. (2006). Cost-Effectiveness of Interventions for Musculoskeletal Conditions. Disease Control Priorities in Developing Countries. D. T. Jamison, J. G. Breman, A. R. Measham et al. Washington (DC), World Bank
7. Dekker-van Weering, M. G., M. M. Vollenbroek-Hutten and H. J. Hermens (2012). "Do personalized feedback messages about activity patterns stimulate patients with chronic low back pain to change their activity behavior on a short term notice?" Appl Psychophysiol Biofeedback **37**(2): 81-89.
8. Hallman, D. M. and E. Lyskov (2012). "Autonomic regulation, physical activity and perceived stress in subjects with musculoskeletal pain: 24-hour ambulatory monitoring." Int J Psychophysiol **86**(3): 276-282.
9. Hermann, A., M. Ried-Larsen, A. K. Jensen, R. Holst, L. B. Andersen, S. Overgaard and A. Holsgaard-Larsen (2014). "Low validity of the Sensewear Pro3 activity monitor compared to indirect calorimetry during simulated free living in patients with osteoarthritis of the hip." BMC Musculoskelet Disord **15**: 43.
10. Hernandez-Hernandez, V., I. Ferraz-Amaro and F. Diaz-Gonzalez (2014). "Influence of disease activity on the physical activity of rheumatoid arthritis patients." Rheumatology (Oxford) **53**(4): 722-731.
11. Hirata, S., R. Ono, M. Yamada, S. Takikawa, T. Nishiyama, K. Hasuda and M. Kurosaka (2006). "Ambulatory physical activity, disease severity, and employment status in adult women with osteoarthritis of the hip." J Rheumatol **33**(5): 939-945.
12. Hootman, J. M., et al. (2003). "Physical activity levels among the general US adult population and in adults with and without arthritis." Arthritis Rheum **49**(1): 129-135.
13. Hoy, D. G., E. Smith, M. Cross, L. Sanchez-Riera, R. Buchbinder, F. M. Blyth, P. Brooks, A. D. Woolf, R. H. Osborne, M. Fransen, T. Driscoll, T. Vos, J. D. Blore, C. Murray, N. Johns, M.

- Naghavi, E. Carnahan and L. M. March (2014). "The global burden of musculoskeletal conditions for 2010: an overview of methods." Ann Rheum Dis **73**(6): 982-989.
14. Khemthong, S., T. L. Packer and S. S. Dhaliwal (2006). "Using the Actigraph to measure physical activity of people with disabilities: an investigation into measurement issues." Int J Rehabil Res **29**(4): 315-318.
15. Kop, W. J., A. Lyden, A. A. Berlin, K. Ambrose, C. Olsen, R. H. Gracely, D. A. Williams and D. J. Clauw (2005). "Ambulatory monitoring of physical activity and symptoms in fibromyalgia and chronic fatigue syndrome." Arthritis Rheum **52**(1): 296-303.
16. Lutzner, C., et al. (2014). "Placement makes a difference: accuracy of an accelerometer in measuring step number and stair climbing." Gait Posture **39**(4): 1126-1132.
17. Marley, J., et al. (2014). "A systematic review of interventions aimed at increasing physical activity in adults with chronic musculoskeletal pain--protocol." Syst Rev **3**: 106.
18. McLoughlin, M. J., L. H. Colbert, A. J. Stegner and D. B. Cook (2011). "Are women with fibromyalgia less physically active than healthy women?" Med Sci Sports Exerc **43**(5): 905-912.
19. Munguia-Izquierdo, D., A. Santalla and A. Legaz-Arrese (2012). "Evaluation of a wearable body monitoring device during treadmill walking and jogging in patients with fibromyalgia syndrome." Arch Phys Med Rehabil **93**(1): 115-122.
20. Plasqui, G., A. Boonen, P. Geusens, E. J. Kroot, M. Starmans and S. van der Linden (2012). "Physical activity and body composition in patients with ankylosing spondylitis." Arthritis Care Res (Hoboken) **64**(1): 101-107.
21. Pioreschi, A., B. Hodkinson, I. Avidon, M. Tikly and J. A. McVeigh (2013). "The clinical utility of accelerometry in patients with rheumatoid arthritis." Rheumatology (Oxford) **52**(9): 1721-1727.
22. Pioreschi, A., B. Hodkinson, M. Tikly and J. A. McVeigh (2014). "Changes in physical activity measured by accelerometry following initiation of DMARD therapy in rheumatoid arthritis." Rheumatology (Oxford) **53**(5): 923-926.
23. Raijmakers, B. G., M. G. Nieuwenhuizen, H. Beckerman and S. de Groot (2015). "Differences in the course of daily activity level between persons with and without chronic pain." Am J Phys Med Rehabil **94**(2): 101-109; quiz 110-103.
24. Segura-Jimenez, V., I. C. Alvarez-Gallardo, A. Romero-Zurita, D. Camilletti-Moiron, D. Munguia-Izquierdo, A. Carbonell-Baeza and J. R. Ruiz (2014). "Comparison of physical activity using questionnaires (leisure time physical activity instrument and physical activity at home and work instrument) and accelerometry in fibromyalgia patients: the Al-Andalus project." Arch Phys Med Rehabil **95**(10): 1903-1911.e1902.
25. Segura-Jimenez, V., D. Munguia-Izquierdo, D. Camilletti-Moiron, I. C. Alvarez-Gallardo, F. B. Ortega, J. R. Ruiz and M. Delgado-Fernandez (2013). "Comparison of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) with a multi-sensor armband accelerometer in women with fibromyalgia: the al-Andalus project." Clin Exp Rheumatol **31**(6 Suppl 79): S94-101.

26. Sisto, S. A., W. N. Tapp, J. J. LaManca, W. Ling, L. R. Korn, A. J. Nelson and B. H. Natelson (1998). "Physical activity before and after exercise in women with chronic fatigue syndrome." Qjm **91**(7): 465-473.
27. Spenkeliink, C. D., M. M. Hutten, H. J. Hermens and B. O. Greitemann (2002). "Assessment of activities of daily living with an ambulatory monitoring system: a comparative study in patients with chronic low back pain and nonsymptomatic controls." Clin Rehabil **16**(1): 16-26.
28. Uiterwaal, M., E. B. Glerum, H. J. Busser and R. C. van Lummel (1998). "Ambulatory monitoring of physical activity in working situations, a validation study." J Med Eng Technol **22**(4): 168-172.
29. Van Remoortel, H., et al. (2012). "Validity of activity monitors in health and chronic disease: a systematic review." Int J Behav Nutr Phys Act **9**: 84.
30. Vlaeyen, J. W. and S. J. Linton (2000). "Fear-avoidance and its consequences in chronic musculoskeletal pain: a state of the art." Pain **85**(3): 317-332.
31. Warburton, D. E., et al. (2006). "Health benefits of physical activity: the evidence." Cmaj **174**(6): 801-809.
32. WHO (World Health Organization). 2000. "Global Burden of Disease." Global Programme on Evidence for Health Policy Discussion Paper 50, WHO, Geneva.



### Geëxcludeerde artikels

1. Al Mashhadany, Y. I. and N. Abd Rahim (2013). "Real-time controller for foot-drop correction by using surface electromyography sensor." Proc Inst Mech Eng H **227**(4): 373-383.
2. Aliyev, F., C. Turkoglu and C. Celiker (2011). "Electrocardiographic artifact during exercise." Turk Kardiyol Dern Ars **39**(5): 440.
3. Allen, N. A., J. A. Fain, B. Braun and S. R. Chipkin (2009). "Continuous glucose monitoring in non-insulin-using individuals with type 2 diabetes: acceptability, feasibility, and teaching opportunities." Diabetes Technol Ther **11**(3): 151-158.
4. Alschuler, K. N., F. Hoodin, S. L. Murphy, J. Rice and M. E. Geisser (2011). "Factors contributing to physical activity in a chronic low back pain clinical sample: a comprehensive analysis using continuous ambulatory monitoring." Pain **152**(11): 2521-2527.
5. Anderson, K. N., M. Catt, J. Collerton, K. Davies, T. von Zglinicki, T. B. Kirkwood and C. Jagger (2014). "Assessment of sleep and circadian rhythm disorders in the very old: the Newcastle 85+ Cohort Study." Age Ageing **43**(1): 57-63.
6. Ariani, A., S. J. Redmond, D. Chang and N. H. Lovell (2012). "Simulated Unobtrusive Falls Detection With Multiple Persons." Biomedical Engineering, IEEE Transactions on **59**(11): 3185-3196.
7. Armstrong, D. G. and A. J. Boulton (2001). "Activity monitors: should we begin dosing activity as we dose a drug?" J Am Podiatr Med Assoc **91**(3): 152-153.
8. Arras, M., A. Rettich, P. Cinelli, H. P. Kasermann and K. Burki (2007). "Assessment of post-laparotomy pain in laboratory mice by telemetric recording of heart rate and heart rate variability." BMC Vet Res **3**: 16.
9. Asahina, M., M. K. Asahina, Y. Yamanaka, K. Mitsui, A. Kitahara and A. Murata (2010). "Cardiovascular response during aquatic exercise in patients with osteoarthritis." Am J Phys Med Rehabil **89**(9): 731-735.
10. Ashmarin, I., I. A. Nikulin, V. A. Didenko, E. B. Konjaeva, M. P. Morozov, P. B. Dubov, A. P. Iurenev, A. P. Savchenko and I. M. Zhukova (1990). "[A comparative evaluation of loading tests for the diagnosis of ischemic heart disease at the prehospital stage]." Ter Arkh **62**(4): 61-66.
11. Ayubi, S. U. and B. Parmanto (2012). PersonA: Persuasive social network for physical Activity. Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2012 Annual International Conference of the IEEE.
12. Barrett, A., M. O'Connor, K. Culhane, A. M. Finucane, E. Mulkerrin, D. Lyons and G. O'laighin (2008). "Accelerometer versus footswitch evaluation of gait unsteadiness and temporal characteristics of gait in two elderly patient groups." Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc **2008**: 4527-4530.
13. Barthelemy, I., A. Uriarte, C. Drougard, Y. Unterfinger, J. L. Thibaud and S. Blot (2012). "Effects of an immunosuppressive treatment in the GRMD dog model of Duchenne muscular dystrophy." PLoS One **7**(11): e48478.

14. Benitez-Porres, J., M. Delgado and J. R. Ruiz (2013). "Comparison of physical activity estimates using International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) and accelerometry in fibromyalgia patients: the Al-Andalus study." J Sports Sci **31**(16): 1741-1752.
15. Bhattacharyya, M. R., D. L. Whitehead, R. Rakhit and A. Steptoe (2008). "Depressed mood, positive affect, and heart rate variability in patients with suspected coronary artery disease." Psychosom Med **70**(9): 1020-1027.
16. Blaha, M. D. and L. R. Leon (2008). "Effects of indomethacin and buprenorphine analgesia on the postoperative recovery of mice." J Am Assoc Lab Anim Sci **47**(4): 8-19.
17. Brandes, M., M. Ringling, C. Winter, A. Hillmann and D. Rosenbaum (2011). "Changes in physical activity and health-related quality of life during the first year after total knee arthroplasty." Arthritis Care Res (Hoboken) **63**(3): 328-334.
18. Brehm, M. A., D. L. Knol and J. Harlaar (2008). "Methodological considerations for improving the reproducibility of walking efficiency outcomes in clinical gait studies." Gait Posture **27**(2): 196-201.
19. Brown, D. C., R. C. Boston and J. T. Farrar (2010). "Use of an activity monitor to detect response to treatment in dogs with osteoarthritis." J Am Vet Med Assoc **237**(1): 66-70.
20. Brown, M., N. Khorana and L. A. Jason (2011). "The role of changes in activity as a function of perceived available and expended energy in nonpharmacological treatment outcomes for ME/CFS." J Clin Psychol **67**(3): 253-260.
21. Bussmann, J. B., Y. M. van de Laar, M. P. Neeleman and H. J. Stam (1998). "Ambulatory accelerometry to quantify motor behaviour in patients after failed back surgery: a validation study." Pain **74**(2-3): 153-161.
22. Campbell, I. H., D. Austin, T. L. Hayes, M. Pavel, T. Riley, N. Mattek and J. Kaye (2011). Measuring changes in activity patterns during a norovirus epidemic at a retirement community. Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE.
23. Carboni, G. P., M. L. Saltarocchi, A. L. Risa, A. B. Scardovi, E. Zanchi and P. L. Prati (1992). "Combined gallopamil and isosorbide-5-mononitrate in "mixed" angina pectoris." J Cardiovasc Pharmacol **20 Suppl 7**: S64-70.
24. Carels, R. A., A. Sherwood, M. Babyak, E. C. Gullette, R. E. Coleman, R. Waugh, W. Jiang and J. A. Blumenthal (1999). "Emotional responsivity and transient myocardial ischemia." J Consult Clin Psychol **67**(4): 605-610.
25. Ceroni, D., X. Martin, C. Delhumeau and N. Farpour-Lambert (2011). "Decrease of physical activity level in adolescents with limb fractures: an accelerometry-based activity monitor study." BMC Musculoskelet Disord **12**: 87.
26. Ceroni, D., X. Martin, L. Lamah, C. Delhumeau, N. Farpour-Lambert, G. De Coulon and V. D. Ferriere (2012). "Recovery of physical activity levels in adolescents after lower limb fractures: a longitudinal, accelerometry-based activity monitor study." BMC Musculoskelet Disord **13**: 131.

27. Cheng, H., Z. Wang, S. Liu, Y. Yang, G. Zhao, H. Cong, X. Han, M. Liu and M. Yu (2011). "[Research, design and application of model NSE-1 neck muscle training machine for pilots]." Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Xue Za Zhi **28**(2): 387-391.
28. Che-Wei, L., Y. T. C. Yang, W. Jeen-Shing and Y. Yi-Ching (2012). "A Wearable Sensor Module With a Neural-Network-Based Activity Classification Algorithm for Daily Energy Expenditure Estimation." *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on* **16**(5): 991-998.
29. Conway, J., C. C. Tomkins and A. J. Haig (2011). "Walking assessment in people with lumbar spinal stenosis: capacity, performance, and self-report measures." Spine J **11**(9): 816-823.
30. Cowell, R., J. Morris-Thurgood, V. Paul, C. Ilsley and A. J. Camm (1993). "Are we being driven to two sensors?: clinical benefits of sensor cross-checking." Pacing Clin Electrophysiol **16**(7 Pt 1): 1441-1444.
31. Crk, I., F. Albinali, C. Gniady and J. Hartman (2009). Understanding energy consumption of sensor enabled applications on mobile phones. Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE.
32. Cuperus, N., T. J. Hoogeboom, Y. Neijland, C. H. van den Ende and N. L. Keijsers (2012). "Are people with rheumatoid arthritis who undertake activity pacing at risk of being too physically inactive?" Clin Rehabil **26**(11): 1048-1052.
33. Curone, D., E. L. Secco, L. Caldani, A. Lanata, R. Paradiso, A. Tognetti and G. Magenes (2012). "Assessment of Sensing Fire Fighters Uniforms for Physiological Parameter Measurement in Harsh Environment." *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on* **16**(3): 501-511.
34. Curone, D., A. Tognetti, E. L. Secco, G. Anania, N. Carbonaro, D. De Rossi and G. Magenes (2010). "Heart Rate and Accelerometer Data Fusion for Activity Assessment of Rescuers During Emergency Interventions." *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on* **14**(3): 702-710.
35. Dalton, A. and G. O'laighin (2013). "Comparing Supervised Learning Techniques on the Task of Physical Activity Recognition." *Biomedical and Health Informatics, IEEE Journal of* **17**(1): 46-52.
36. Dalton, A. F., C. N. Scanaill, S. Carew, D. Lyons and G. O'laighin (2007). A Clinical Evaluation of a Remote Mobility Monitoring System based on SMS Messaging. Engineering in Medicine and Biology Society, 2007. EMBS 2007. 29th Annual International Conference of the IEEE.
37. Dan, W., G. W. Timm, A. G. Erdman and A. H. Tewfik (2009). Ambulatory device for urinary incontinence detection in females. Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE.
38. Dansie, E. J., D. C. Turk, K. R. Martin, D. R. Van Domelen and K. V. Patel (2014). "Association of chronic widespread pain with objectively measured physical activity in adults: findings from the National Health and Nutrition Examination survey." J Pain **15**(5): 507-515.

39. Denton, E. G., P. Green, J. Newman, Y. Siqin, K. W. Davidson and J. Schwartz (2014). "The benefits of neighborhood racial diversity: neighborhood factors and its association with increased physical activity in ACS patients." Int J Cardiol **173**(3): 517-518.
40. Dillon, E. M., P. J. Erasmus, J. H. Muller, C. Scheffer and R. V. de Villiers (2008). "Differential forces within the proximal patellar tendon as an explanation for the characteristic lesion of patellar tendinopathy: an in vivo descriptive experimental study." Am J Sports Med **36**(11): 2119-2127.
41. Dore, D. A., T. M. Winzenberg, C. Ding, P. Otahal, J. P. Pelletier, J. Martel-Pelletier, F. M. Cicuttini and G. Jones (2013). "The association between objectively measured physical activity and knee structural change using MRI." Ann Rheum Dis **72**(7): 1170-1175.
42. Ehrlich-Jones, L., J. Lee, P. Semanik, C. Cox, D. Dunlop and R. W. Chang (2011). "Relationship between beliefs, motivation, and worries about physical activity and physical activity participation in persons with rheumatoid arthritis." Arthritis Care Res (Hoboken) **63**(12): 1700-1705.
43. El-Gohary, M. and J. McNames (2012). "Shoulder and Elbow Joint Angle Tracking With Inertial Sensors." Biomedical Engineering, IEEE Transactions on **59**(9): 2635-2641.
44. Ellingson, L. D., L. H. Colbert and D. B. Cook (2012). "Physical activity is related to pain sensitivity in healthy women." Med Sci Sports Exerc **44**(7): 1401-1406.
45. Ermes, M., J. Parkka and L. Cluitmans (2008). Advancing from offline to online activity recognition with wearable sensors. Engineering in Medicine and Biology Society, 2008. EMBS 2008. 30th Annual International Conference of the IEEE.
46. Farr, J. N., S. B. Going, P. E. McKnight, S. Kastle, E. C. Cussler and M. Cornett (2010). "Progressive resistance training improves overall physical activity levels in patients with early osteoarthritis of the knee: a randomized controlled trial." Phys Ther **90**(3): 356-366.
47. Fernandez-Luque, J. Zapata and R. Ruiz (2010). A system for ubiquitous fall monitoring at home via a wireless sensor network. Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE.
48. Ferro, A., C. Duilio, M. Santomauro and A. Cuocolo (2003). "Walk test at increased levels of heart rate in patients with dual-chamber pacemaker and with normal or depressed left ventricular function." Eur Heart J **24**(23): 2123-2132.
49. Forslund, L., I. Bjorkander, M. Ericson, C. Held, T. Kahan, N. Rehnqvist and P. Hjendahl (2002). "Prognostic implications of autonomic function assessed by analyses of catecholamines and heart rate variability in stable angina pectoris." Heart **87**(5): 415-422.
50. Freedman, S. B. and C. K. Wong (1998). "Triggers of daily life ischaemia." Heart **80**(5): 489-492.
51. Furkalo, N. K. and A. F. Lysenko (1990). "[Painless myocardial ischemia in patients with stable stenocardia]." Kardiologija **30**(4): 54-57.
52. Galassi, A. R., J. C. Kaski, F. Crea, G. Pupita, S. Gavrielides, D. Tousoulis and A. Maseri (1991). "Heart rate response during exercise testing and ambulatory ECG monitoring in patients with syndrome X." Am Heart J **122**(2): 458-463.

53. Geisser, M. E., M. E. Robinson and C. Richardson (1995). "A time series analysis of the relationship between ambulatory EMG, pain, and stress in chronic low back pain." Biofeedback Self Regul **20**(4): 339-355.
54. Georga, E., V. Protopappas, A. Guillen, G. Fico, D. Ardigo, M. T. Arredondo, T. P. Exarchos, D. Polyzos and D. I. Fotiadis (2009). Data mining for blood glucose prediction and knowledge discovery in diabetic patients: The METABO diabetes modeling and management system. Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE.
55. Gilligan, D. M., P. Nihoyannopoulos, A. Fletcher, E. Sbarouni, A. Dritsas and C. M. Oakley (1996). "Symptoms of hypertrophic cardiomyopathy, with special emphasis on syncope and postprandial exacerbation of symptoms." Clin Cardiol **19**(5): 371-378.
56. Gironda, R. J., J. Lloyd, M. E. Clark and R. L. Walker (2007). "Preliminary evaluation of reliability and criterion validity of Actiwatch-Score." J Rehabil Res Dev **44**(2): 223-230.
57. Green, P., J. D. Newman, J. A. Shaffer, K. W. Davidson, M. S. Maurer and J. E. Schwartz (2013). "Relation of patients living without a partner or spouse to being physically active after acute coronary syndromes (from the PULSE accelerometry substudy)." Am J Cardiol **111**(9): 1264-1269.
58. Guillot, M., P. Rialland, M. E. Nadeau, J. R. Del Castillo, D. Gauvin and E. Troncy (2011). "Pain induced by a minor medical procedure (bone marrow aspiration) in dogs: comparison of pain scales in a pilot study." J Vet Intern Med **25**(5): 1050-1056.
59. Guraliuc, A. R., P. Barsocchi, Potorti, x, F. and P. Nepa (2011). "Limb Movements Classification Using Wearable Wireless Transceivers." Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on **15**(3): 474-480.
60. Gusarov, G. V., T. L. Rudakova, T. V. Treshkur and N. V. Tsai (1991). "[Comparison of exercise test and ECG monitoring results in women with ischemic heart disease]." Kardiologija **31**(2): 21-24.
61. Gyllensten, I. C. and A. G. Bonomi (2011). "Identifying Types of Physical Activity With a Single Accelerometer: Evaluating Laboratory-trained Algorithms in Daily Life." Biomedical Engineering, IEEE Transactions on **58**(9): 2656-2663.
62. Hamilos, D. L., D. Nutter, J. Gershtenson, D. P. Redmond, J. D. Clementi, K. B. Schmaling, B. J. Make and J. F. Jones (1998). "Core body temperature is normal in chronic fatigue syndrome." Biol Psychiatry **43**(4): 293-302.
63. Harding, P., A. E. Holland, C. Delany and R. S. Hinman (2014). "Do activity levels increase after total hip and knee arthroplasty?" Clin Orthop Relat Res **472**(5): 1502-1511.
64. Haslam, B., A. Gordhandas, C. Ricciardi, G. Verghese and T. Heldt (2011). Distilling clinically interpretable information from data collected on next-generation wearable sensors. Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE.
65. Heitkamp, H. C., K. Scheib and H. H. Dickhuth (1991). "[Fitness for swimming after myocardial infarct]." Dtsch Med Wochenschr **116**(13): 486-490.

66. Henderson, C. J., D. J. Lovell, B. L. Specker and B. N. Campaigne (1995). "Physical activity in children with juvenile rheumatoid arthritis: quantification and evaluation." Arthritis Care Res **8**(2): 114-119.
67. Hendrick, P., S. Milosavljevic, M. L. Bell, L. Hale, D. A. Hurley, S. M. McDonough, M. Melloh and D. G. Baxter (2009). "Does physical activity change predict functional recovery in low back pain? Protocol for a prospective cohort study." BMC Musculoskelet Disord **10**: 136.
68. Hiremath, S. V. and D. Dan (2009). Evaluation of activity monitors to estimate energy expenditure in manual wheelchair users. Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE.
69. Hiremath, S. V. and D. Dan (2011). Regression equations for RT3 activity monitors to estimate energy expenditure in manual wheelchair users. Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE.
70. Hodt-Billington, C., J. L. Helbostad, W. Vervaat, T. Rognsvag and R. Moe-Nilssen (2012). "Criteria of gait asymmetry in patients with hip osteoarthritis." Physiother Theory Pract **28**(2): 134-141.
71. Holmes-Rovner, M., M. Stommel, W. D. Corser, A. Olomu, J. S. Holtrop, A. Siddiqi and S. L. Dunn (2008). "Does outpatient telephone coaching add to hospital quality improvement following hospitalization for acute coronary syndrome?" J Gen Intern Med **23**(9): 1464-1470.
72. Holsgaard-Larsen, A. and E. M. Roos (2012). "Objectively measured physical activity in patients with end stage knee or hip osteoarthritis." Eur J Phys Rehabil Med **48**(4): 577-585.
73. Howe, T. E. and D. Rafferty (2009). "Quadriceps activity and physical activity profiles over long durations in patients with osteoarthritis of the knee and controls." J Electromyogr Kinesiol **19**(2): e78-83.
74. Ickmans, K., P. Clarys, J. Nijs, M. Meeus, D. Aerenhouts, E. Zinzen, S. Aelbrecht, G. Meersdom, L. Lambrecht and N. Pattyn (2013). "Association between cognitive performance, physical fitness, and physical activity level in women with chronic fatigue syndrome." J Rehabil Res Dev **50**(6): 795-810.
75. Iguchi, M., A. E. Littmann, S. H. Chang, L. A. Wester, J. S. Knipper and R. K. Shields (2012). "Heat stress and cardiovascular, hormonal, and heat shock proteins in humans." J Athl Train **47**(2): 184-190.
76. Ishida, S., Y. Sakamoto, T. Nishio, S. Baulac, M. Kuwamura, Y. Ohno, A. Takizawa, S. Kaneko, T. Serikawa and T. Mashimo (2012). "Kcna1-mutant rats dominantly display myokymia, neuromyotonia and spontaneous epileptic seizures." Brain Res **1435**: 154-166.
77. Item-Glatthorn, J. F., N. C. Casartelli, J. Petrich-Munzinger, U. K. Munzinger and N. A. Maffiuletti (2012). "Validity of the intelligent device for energy expenditure and activity accelerometry system for quantitative gait analysis in patients with hip osteoarthritis." Arch Phys Med Rehabil **93**(11): 2090-2093.
78. Jason, L. A. and M. M. Brown (2013). "Sub-typing daily fatigue progression in chronic fatigue syndrome." J Ment Health **22**(1): 4-11.

79. Jatoba, L. C., U. Grossmann, C. Kunze, J. Ottenbacher and W. Stork (2008). Context-aware mobile health monitoring: Evaluation of different pattern recognition methods for classification of physical activity. Engineering in Medicine and Biology Society, 2008. EMBS 2008. 30th Annual International Conference of the IEEE.
80. Jones, P., I. Sorinola and P. H. Strutton (2014). "Effect of dual tasking on postural responses to rapid lower limb movement while seated on an exercise ball." Gait Posture **40**(2): 297-304.
81. Kaleth, A. S., D. C. Ang, R. Chakr and Y. Tong (2010). "Validity and reliability of community health activities model program for seniors and short-form international physical activity questionnaire as physical activity assessment tools in patients with fibromyalgia." Disabil Rehabil **32**(5): 353-359.
82. Kashikar-Zuck, S., S. R. Flowers, D. Strotman, S. Sil, T. V. Ting and K. N. Schikler (2013). "Physical activity monitoring in adolescents with juvenile fibromyalgia: findings from a clinical trial of cognitive-behavioral therapy." Arthritis Care Res (Hoboken) **65**(3): 398-405.
83. Kelley, J. D., S. J. Lombardo, M. Pink, J. Perry and C. E. Giangarra (1994). "Electromyographic and cinematographic analysis of elbow function in tennis players with lateral epicondylitis." Am J Sports Med **22**(3): 359-363.
84. Khan, A. M., L. Young-Koo, S. Y. Lee and K. Tae-Seong (2010). "A Triaxial Accelerometer-Based Physical-Activity Recognition via Augmented-Signal Features and a Hierarchical Recognizer." Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on **14**(5): 1166-1172.
85. Khoo, J. C. T., I. T. H. Brown and Y. P. Lim (2008). Wireless On-Body-Network breathing rate and depth measurement during activity. Engineering in Medicine and Biology Society, 2008. EMBS 2008. 30th Annual International Conference of the IEEE.
86. Krantz, D. S., S. M. Hedges, F. H. Gabbay, J. Klein, J. J. Falconer, C. N. Merz, J. S. Gottdiener, H. Lutz and A. Rozanski (1994). "Triggers of angina and ST-segment depression in ambulatory patients with coronary artery disease: evidence for an uncoupling of angina and ischemia." Am Heart J **128**(4): 703-712.
87. Kratz, A. L., S. L. Schepens and S. L. Murphy (2013). "Effects of cognitive task demands on subsequent symptoms and activity in adults with symptomatic osteoarthritis." Am J Occup Ther **67**(6): 683-691.
88. Kutzner, I., P. Damm, B. Heinlein, J. Dymke, F. Graichen and G. Bergmann (2011). "The effect of laterally wedged shoes on the loading of the medial knee compartment-in vivo measurements with instrumented knee implants." J Orthop Res **29**(12): 1910-1915.
89. Kutzner, I., S. Kuther, B. Heinlein, J. Dymke, A. Bender, A. M. Halder and G. Bergmann (2011). "The effect of valgus braces on medial compartment load of the knee joint - in vivo load measurements in three subjects." J Biomech **44**(7): 1354-1360.
90. Kutzner, I., D. Stephan, J. Dymke, A. Bender, F. Graichen and G. Bergmann (2013). "The influence of footwear on knee joint loading during walking--in vivo load measurements with instrumented knee implants." J Biomech **46**(4): 796-800.

91. Kuzmenkin, A., V. Muncan, K. Jurkat-Rott, C. Hang, H. Lerche, F. Lehmann-Horn and N. Mitrovic (2002). "Enhanced inactivation and pH sensitivity of Na(+) channel mutations causing hypokalaemic periodic paralysis type II." Brain **125**(Pt 4): 835-843.
92. Lalli, P., A. Chan, A. Garven, N. Midha, C. Chan, S. Brady, E. Block, B. Hu and C. Toth (2013). "Increased gait variability in diabetes mellitus patients with neuropathic pain." J Diabetes Complications **27**(3): 248-254.
93. Laursen, P. B., G. Watson, C. R. Abbiss, B. A. Wall and K. Nosaka (2009). "Hyperthermic fatigue precedes a rapid reduction in serum sodium in an ironman triathlete: a case report." Int J Sports Physiol Perform **4**(4): 533-537.
94. Lee, J., J. Song, J. M. Hootman, P. A. Semanik, R. W. Chang, L. Sharma, L. van Horn, J. M. Bathon, C. B. Eaton, M. C. Hochberg, R. Jackson, C. K. Kwok, W. J. Mysiw, M. Nevitt and D. D. Dunlop (2013). "Obesity and other modifiable factors for physical inactivity measured by accelerometer in adults with knee osteoarthritis." Arthritis Care Res (Hoboken) **65**(1): 53-61.
95. Leemrijse, C. J., L. van Dijk, H. T. Jorstad, R. J. Peters and C. Veenhof (2012). "The effects of Hartcoach, a life style intervention provided by telephone on the reduction of coronary risk factors: a randomised trial." BMC Cardiovasc Disord **12**: 47.
96. Lin, B. A., P. Thomas, F. Spiezia, M. Loppini and N. Maffulli (2013). "Changes in daily physical activity before and after total hip arthroplasty. A pilot study using accelerometry." Surgeon **11**(2): 87-91.
97. Lingfei, M., L. Shaopeng, R. X. Gao, D. John, J. Staudenmayer and P. Freedson (2011). ZigBee-based wireless multi-sensor system for physical activity assessment. Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE.
98. Lingfei, M., L. Shaopeng, R. X. Gao, D. John, J. W. Staudenmayer and P. S. Freedson (2012). "Wireless Design of a Multisensor System for Physical Activity Monitoring." Biomedical Engineering, IEEE Transactions on **59**(11): 3230-3237.
99. Liszka-Hackzell, J. J. and D. P. Martin (2004). "An analysis of the relationship between activity and pain in chronic and acute low back pain." Anesth Analg **99**(2): 477-481, table of contents.
100. Lockie, T. P., M. C. Rolandi, A. Guilcher, D. Perera, K. De Silva, R. Williams, K. N. Asrress, K. Patel, S. Plein, P. Chowienczyk, M. Siebes, S. R. Redwood and M. S. Marber (2012). "Synergistic adaptations to exercise in the systemic and coronary circulations that underlie the warm-up angina phenomenon." Circulation **126**(22): 2565-2574.
101. Lopes, A., C. Cotrim, J. D. Martins and F. Pinto (2011). "Exercise-induced intraventricular obstruction in a child with near syncope and chest pain during exercise." Pediatr Cardiol **32**(7): 1032-1035.
102. Loprinzi, P. D. (2014). "Accelerometer-determined sedentary and physical activity estimates among older adults with diabetes: considerations by demographic and comorbidity characteristics." J Aging Phys Act **22**(3): 432-440.
103. Lu, T. W., S. J. Taylor, J. J. O'Connor and P. S. Walker (1997). "Influence of muscle activity on the forces in the femur: an in vivo study." J Biomech **30**(11-12): 1101-1106.



104. Makhotina, V. N., E. Rimsha and I. Kaik (1991). "[Informative value of programmed electric stimulation of the ventricles, 24-hour ECG monitoring and bicycle ergometry in the diagnosis of electric instability of the myocardium in various clinical variants of stenocardia]." Kardiologiia **31**(1): 70-73.
105. Mansi, S., S. Milosavljevic, G. D. Baxter, S. Tumilty and P. Hendrick (2014). "A systematic review of studies using pedometers as an intervention for musculoskeletal diseases." BMC Musculoskelet Disord **15**: 231.
106. Marco-Ferreres, R., J. J. Arredondo, B. Fraile and M. Cervera (2005). "Overexpression of troponin T in *Drosophila* muscles causes a decrease in the levels of thin-filament proteins." Biochem J **386**(Pt 1): 145-152.
107. Mattila, J., D. Hang, E. Mattila and A. Sarela (2009). Mobile tools for home-based cardiac rehabilitation based on heart rate and movement activity analysis. Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE.
108. McDonough, S. M., M. A. Tully, A. Boyd, S. R. O'Connor, D. P. Kerr, S. M. O'Neill, A. Delitto, I. Bradbury, C. Tudor-Locke, G. D. Baxter and D. A. Hurley (2013). "Pedometer-driven walking for chronic low back pain: a feasibility randomized controlled trial." Clin J Pain **29**(11): 972-981.
109. McNamara, A. J., M. J. Pavol and K. B. Gunter (2013). "Meeting physical activity guidelines through community-based group exercise: "better bones and balance"." J Aging Phys Act **21**(2): 155-166.
110. Menz, H. B., P. Levinger, J. M. Tan, M. Auhl, E. Roddy and S. E. Munteanu (2014). "Rocker-sole footwear versus prefabricated foot orthoses for the treatment of pain associated with first metatarsophalangeal joint osteoarthritis: study protocol for a randomised trial." BMC Musculoskelet Disord **15**: 86.
111. Mickle, K. J., D. P. Cliff, B. J. Munro, A. D. Okely and J. R. Steele (2011). "Relationship between plantar pressures, physical activity and sedentariness among preschool children." J Sci Med Sport **14**(1): 36-41.
112. Ming-Zher, P., N. C. Swenson and R. W. Picard (2010). "A Wearable Sensor for Unobtrusive, Long-Term Assessment of Electrodermal Activity." Biomedical Engineering, IEEE Transactions on **57**(5): 1243-1252.
113. Mohammadi, B., K. Jurkat-Rott, A. Alekov, R. Dengler, J. Bufler and F. Lehmann-Horn (2005). "Preferred mexiletine block of human sodium channels with IVS4 mutations and its pH-dependence." Pharmacogenet Genomics **15**(4): 235-244.
114. Motl, R. W., E. McAuley, D. Wynn, Y. Suh, M. Weikert and D. Dlugonski (2010). "Symptoms and physical activity among adults with relapsing-remitting multiple sclerosis." J Nerv Ment Dis **198**(3): 213-219.
115. Muller, C., K. Fuchs, C. Winter, D. Rosenbaum, C. Schmidt, V. Bullmann and T. L. Schulte (2011). "Prospective evaluation of physical activity in patients with idiopathic scoliosis or kyphosis receiving brace treatment." Eur Spine J **20**(7): 1127-1136.

116. Munguia-Izquierdo, D., A. Legaz-Arrese and K. Mannerkorpi (2011). "Transcultural adaptation and psychometric properties of a Spanish-language version of physical activity instruments for patients with fibromyalgia." Arch Phys Med Rehabil **92**(2): 284-294.
117. Murphy, S. L., N. B. Alexander, M. Levoska and D. M. Smith (2013). "Relationship between fatigue and subsequent physical activity among older adults with symptomatic osteoarthritis." Arthritis Care Res (Hoboken) **65**(10): 1617-1624.
118. Murphy, S. L., D. M. Smith, D. J. Clauw and N. B. Alexander (2008). "The impact of momentary pain and fatigue on physical activity in women with osteoarthritis." Arthritis Rheum **59**(6): 849-856.
119. Murphy, S. L., D. M. Smith and A. K. Lyden (2012). "Type of activity pacing instruction affects physical activity variability in adults with symptomatic knee or hip osteoarthritis." J Phys Act Health **9**(3): 360-366.
120. Nagai, K., T. Aoyama, M. Yamada, M. Izeki, S. Fujibayashi, M. Takemoto, S. Nishiguchi, T. Tsuboyama and M. Neo (2014). "Quantification of changes in gait characteristics associated with intermittent claudication in patients with lumbar spinal stenosis." J Spinal Disord Tech **27**(4): E136-142.
121. Najafi, B., K. Aminian, A. Paraschiv-Ionescu, F. Loew, C. J. Bula and P. Robert (2003). "Ambulatory system for human motion analysis using a kinematic sensor: monitoring of daily physical activity in the elderly." Biomedical Engineering, IEEE Transactions on **50**(6): 711-723.
122. Napoli, C., A. Liguori, F. Cacciatore, F. Rengo, G. Ambrosio and P. Abete (1999). "Warm-up phenomenon detected by electrocardiographic ambulatory monitoring in adult and older patients." J Am Geriatr Soc **47**(9): 1114-1117.
123. Naranjo-Hernandez, D., L. M. Roa, J. Reina-Tosina and M. A. Estudillo-Valderrama (2012). "SoM: A Smart Sensor for Human Activity Monitoring and Assisted Healthy Ageing." Biomedical Engineering, IEEE Transactions on **59**(11): 3177-3184.
124. Nijs, J., I. van Eupen, J. Vandecauter, E. Augustinus, G. Bleyen, G. Moorkens and M. Meeus (2009). "Can pacing self-management alter physical behavior and symptom severity in chronic fatigue syndrome? A case series." J Rehabil Res Dev **46**(7): 985-996.
125. Nokes, N. R. and L. A. Tucker (2012). "Changes in hip bone mineral density and objectively measured physical activity in middle-aged women: a 6-year prospective study." Am J Health Promot **26**(6): 341-347.
126. Okano, Y., O. Tochikubo and S. Umemura (2007). "Relationship between base blood pressure during sleep and health-related quality of life in healthy adults." J Hum Hypertens **21**(2): 135-140.
127. Olguin, D. O., B. N. Waber, K. Taemie, A. Mohan, K. Ara and A. Pentland (2009). "Sensible Organizations: Technology and Methodology for Automatically Measuring Organizational Behavior." Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, IEEE Transactions on **39**(1): 43-55.
128. O'Neil, A., A. L. Hawkes, B. Chan, K. Sanderson, A. Forbes, B. Hollingsworth, J. Atherton, D. L. Hare, M. Jelinek, K. Eadie, C. B. Taylor and B. Oldenburg (2011). "A randomised, feasibility

- trial of a tele-health intervention for acute coronary syndrome patients with depression ('MoodCare'): study protocol." *BMC Cardiovasc Disord* 11: 8.
129. Pa, x, rkka, x, J., L. Cluitmans and M. Ermes (2010). "Personalization Algorithm for Real-Time Activity Recognition Using PDA, Wireless Motion Bands, and Binary Decision Tree." *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on* 14(5): 1211-1215.
130. Panza, J. A., A. A. Quyyumi, J. G. Diodati, T. S. Callahan, R. O. Bonow and S. E. Epstein (1992). "Long-term variation in myocardial ischemia during daily life in patients with stable coronary artery disease: its relation to changes in the ischemic threshold." *J Am Coll Cardiol* **19**(3): 500-506.
131. Paradiso, R., G. Loriga and N. Taccini (2005). "A wearable health care system based on knitted integrated sensors." *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on* 9(3): 337-344.
132. Paraschiv-Ionescu, A., E. Buchser, B. Rutschmann and K. Aminian (2008). "Nonlinear analysis of human physical activity patterns in health and disease." *Phys Rev E Stat Nonlin Soft Matter Phys* **77**(2 Pt 1): 021913.
133. Paraschiv-Ionescu, A., E. E. Buchser, B. Rutschmann, B. Najafi and K. Aminian (2004). "Ambulatory system for the quantitative and qualitative analysis of gait and posture in chronic pain patients treated with spinal cord stimulation." *Gait Posture* **20**(2): 113-125.
134. Park, E. S., H. W. Kim, C. I. Park, D. W. Rha and C. W. Park (2006). "Dynamic foot pressure measurements for assessing foot deformity in persons with spastic cerebral palsy." *Arch Phys Med Rehabil* **87**(5): 703-709.
135. Parkka, J., M. Ermes, K. Antila, M. van Gils, A. Manttari and H. Nieminen (2007). Estimating Intensity of Physical Activity: A Comparison of Wearable Accelerometer and Gyro Sensors and 3 Sensor Locations. *Engineering in Medicine and Biology Society, 2007. EMBS 2007. 29th Annual International Conference of the IEEE.*
136. Penry, J. K. and F. E. Dreifuss (1969). "Automatisms associated with the absence of petit mal epilepsy." *Arch Neurol* **21**(2): 142-149.
137. Plaas, H., S. Sudhaus, R. Willburger and M. I. Hasenbring (2014). "Physical activity and low back pain: the role of subgroups based on the avoidance-endurance model." *Disabil Rehabil* **36**(9): 749-755.
138. Postolache, O., P. S. Girao, G. Postolache and J. Gabriel (2011). Cardio-respiratory and daily activity monitor based on FMCW Doppler radar embedded in a wheelchair. *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE.*
139. Pryce, R., M. Johnson, M. Goytan, S. Passmore, N. Berrington and D. Kriellaars (2012). "Relationship between ambulatory performance and self-rated disability in patients with lumbar spinal stenosis." *Spine (Phila Pa 1976)* **37**(15): 1316-1323.
140. Quinn, F., M. Johnston and D. W. Johnston (2013). "Testing an integrated behavioural and biomedical model of disability in N-of-1 studies with chronic pain." *Psychol Health* **28**(12): 1391-1406.

141. Rabbitts, J. A., A. L. Holley, C. W. Karlson and T. M. Palermo (2014). "Bidirectional associations between pain and physical activity in adolescents." Clin J Pain **30**(3): 251-258.
142. Rao, K. A., E. Yazaki, D. F. Evans and R. Carbon (2004). "Objective evaluation of small bowel and colonic transit time using pH telemetry in athletes with gastrointestinal symptoms." Br J Sports Med **38**(4): 482-487.
143. Ray, S. G., G. McCann, E. Henderson, N. MacFarlane, J. Christie, J. Norrie, I. Ford, S. Grant and H. J. Dargie (1994). "Cardiorespiratory and symptomatic variables during maximal and submaximal exercise in men with stable effort angina: a comparison of atenolol and celiprolol." Eur Heart J **15**(11): 1566-1570.
144. Reid, R. D., L. I. Morrin, L. J. Beaton, S. Papadakis, J. Kocourek, L. McDonnell, M. E. Slovinec D'Angelo, H. Tulloch, N. Suskin, K. Unsworth, C. Blanchard and A. L. Pipe (2012). "Randomized trial of an internet-based computer-tailored expert system for physical activity in patients with heart disease." Eur J Prev Cardiol **19**(6): 1357-1364.
145. Reininga, I. H., M. Stevens, R. Wagenmakers, A. L. Boerboom, J. W. Groothoff, S. K. Bulstra and W. Zijlstra (2011). "Compensatory trunk movements in patients with hip osteoarthritis: accuracy and reproducibility of a body-fixed sensor-based assessment." Am J Phys Med Rehabil **90**(8): 681-687.
146. Reiss, A. and D. Stricker (2011). Introducing a modular activity monitoring system. Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE.
147. Rodionov, A. N., A. V. Lobanov, S. G. Morozov, A. A. Sidiakin, O. M. Anikina, I. E. Gribova, A. S. Rybakov, A. N. Protsenko, A. N. Murashev and T. P. Kliushnik (2012). "[Influence of high concentration of antibodies to NGF during early embryogenesis on formation of mice behavior in postnatal period]." Patol Fiziol Eksp Ter(3): 68-74.
148. Rohlmann, A., G. Bergmann and F. Graichen (1997). "Loads on an internal spinal fixation device during walking." J Biomech **30**(1): 41-47.
149. Rohlmann, A., G. Bergmann, F. Graichen and H. M. Mayer (1998). "Placing a bone graft more posteriorly may reduce the risk of pedicle screw breakage: analysis of an unexpected case of pedicle screw breakage." J Biomech **31**(8): 763-767.
150. Rosenbaum, D., M. Brandes, J. Hardes, G. Gosheger and R. Rodl (2008). "Physical activity levels after limb salvage surgery are not related to clinical scores-objective activity assessment in 22 patients after malignant bone tumor treatment with modular prostheses." J Surg Oncol **98**(2): 97-100.
151. Rouhani, H., J. Favre, X. Crevoisier and K. Aminian (2012). "Measurement of multi-segment foot joint angles during gait using a wearable system." J Biomech Eng **134**(6): 061006.
152. Rouhani, H., J. Favre, X. Crevoisier and K. Aminian (2014). "A wearable system for multi-segment foot kinetics measurement." J Biomech **47**(7): 1704-1711.
153. Sabiston, C. M., J. Brunet and S. Burke (2012). "Pain, movement, and mind: does physical activity mediate the relationship between pain and mental health among survivors of breast cancer?" Clin J Pain **28**(6): 489-495.

154. Salarian, A., H. Russmann, F. J. G. Vingerhoets, P. R. Burkhard and K. Aminian (2007). "Ambulatory Monitoring of Physical Activities in Patients With Parkinson's Disease." *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on* 54(12): 2296-2299.
155. Sant'Anna, A., Wickstro, x and N. m (2010). "A Symbol-Based Approach to Gait Analysis From Acceleration Signals: Identification and Detection of Gait Events and a New Measure of Gait Symmetry." *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on* 14(5): 1180-1187.
156. Schelcher, U., M. Schoniger and G. Kober (1995). "[Telemetry during swimming in risk evaluation of heart patients in rehabilitation]." *Versicherungsmedizin* 47(4): 137-141.
157. Schepens, S. L., A. L. Kratz and S. L. Murphy (2012). "Fatigability in osteoarthritis: effects of an activity bout on subsequent symptoms and activity." *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 67(10): 1114-1120.
158. Schultheis, L., C. B. Ruff, S. Rastogi, S. Bloomfield, H. A. Hogan, N. Fedarko, M. Thierry-Palmer, J. Ruiz, F. Bauss and J. R. Shapiro (2000). "Disuse bone loss in hindquarter suspended rats: partial weightbearing, exercise and ibandronate treatment as countermeasures." *J Gravit Physiol* 7(2): P13-14.
159. Semanik, P., J. Lee, L. Manheim, L. Dipietro, D. Dunlop and R. W. Chang (2011). "Relationship between accelerometer-based measures of physical activity and the Yale Physical Activity Survey in adults with arthritis." *Arthritis Care Res (Hoboken)* 63(12): 1766-1772.
160. Semanik, P., J. Song, R. W. Chang, L. Manheim, B. Ainsworth and D. Dunlop (2010). "Assessing physical activity in persons with rheumatoid arthritis using accelerometry." *Med Sci Sports Exerc* 42(8): 1493-1501.
161. Shawdon, A. (1995). "Gastro-oesophageal reflux and exercise. Important pathology to consider in the athletic population." *Sports Med* 20(2): 109-116.
162. Sheiko, M., K. Bjornson, J. Lisle, K. Song, J. F. Eary and E. U. Conrad, 3rd (2012). "Physical activity assessment in adolescents with limb salvage." *J Pediatr* 161(6): 1138-1141.
163. Shimokakimoto, T. and K. Suzuki (2011). A chair-type interface for long-term and ambient vital sensing. Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE.
164. Shin, S., E. Park, D. H. Lee, K. J. Lee, J. H. Heo and H. S. Nam (2012). "An objective pronator drift test application (iPronator) using handheld device." *PLoS One* 7(7): e41544.
165. Shuang, W., M. Skubic and Z. Yingnan (2012). "Activity Density Map Visualization and Dissimilarity Comparison for Eldercare Monitoring." *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on* 16(4): 607-614.
166. Smuck, M., M. C. Kao, N. Brar, A. Martinez-lth, J. Choi and C. C. Tomkins-Lane (2014). "Does physical activity influence the relationship between low back pain and obesity?" *Spine J* 14(2): 209-216.
167. Srbinoska, H., M. Dreischarf, T. Consmuller, G. Bergmann and A. Rohlmann (2013). "Correlation between back shape and spinal loads." *J Biomech* 46(11): 1972-1975.

168. Stam, R., T. J. van Laar and V. M. Wiegant (2004). "Physiological and behavioural responses to duodenal pain in freely moving rats." *Physiol Behav* **81**(1): 163-169.
169. Steffensen, R., P. Grande, F. Pedersen and S. Haunso (1993). "Effects of atenolol and diltiazem on exercise tolerance and ambulatory ischaemia." *Int J Cardiol* **40**(2): 143-153.
170. Swinnen, T. W., T. Scheers, J. Lefevre, W. Dankaerts, R. Westhovens and K. de Vlam (2014). "Physical activity assessment in patients with axial spondyloarthritis compared to healthy controls: a technology-based approach." *PLoS One* **9**(2): e85309.
171. Takiguchi, S., Y. Fujiwara, M. Yamasaki, H. Miyata, K. Nakajima, M. Sekimoto, M. Mori and Y. Doki (2013). "Laparoscopy-assisted distal gastrectomy versus open distal gastrectomy. A prospective randomized single-blind study." *World J Surg* **37**(10): 2379-2386.
172. Tang, N. K. and A. N. Sanborn (2014). "Better quality sleep promotes daytime physical activity in patients with chronic pain? A multilevel analysis of the within-person relationship." *PLoS One* **9**(3): e92158.
173. Taylor, S. J., J. S. Perry, J. M. Meswania, N. Donaldson, P. S. Walker and S. R. Cannon (1997). "Telemetry of forces from proximal femoral replacements and relevance to fixation." *J Biomech* **30**(3): 225-234.
174. Taylor, S. J., P. S. Walker, J. S. Perry, S. R. Cannon and R. Woledge (1998). "The forces in the distal femur and the knee during walking and other activities measured by telemetry." *J Arthroplasty* **13**(4): 428-437.
175. Terrier, P., F. Luthi and O. Deriaz (2013). "Do orthopaedic shoes improve local dynamic stability of gait? An observational study in patients with chronic foot and ankle injuries." *BMC Musculoskelet Disord* **14**: 94.
176. Tierney, M., A. Fraser and N. Kennedy (2013). "Users' experience of physical activity monitoring technology in rheumatoid arthritis." *Musculoskeletal Care* **11**(2): 83-92.
177. Ting, Z., T. Wenlong and E. S. Sazonov (2012). Classification of posture and activities by using decision trees. Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2012 Annual International Conference of the IEEE.
178. Tomkins-Lane, C. C., L. M. Lafave, J. A. Parnell, A. Krishnamurthy, J. Rempel, L. G. Macedo, S. Moriartey, K. J. Stuber, P. M. Wilson, R. Hu and Y. M. Andreas (2013). "The spinal stenosis pedometer and nutrition lifestyle intervention (SSPANLI) randomized controlled trial protocol." *BMC Musculoskelet Disord* **14**: 322.
179. Tranah, G. J., T. Blackwell, S. Ancoli-Israel, M. L. Paudel, K. E. Ensrud, J. A. Cauley, S. Redline, T. A. Hillier, S. R. Cummings and K. L. Stone (2010). "Circadian activity rhythms and mortality: the study of osteoporotic fractures." *J Am Geriatr Soc* **58**(2): 282-291.
180. Tremblay, M. S., R. C. Colley, T. J. Saunders, G. N. Healy and N. Owen (2010). "Physiological and health implications of a sedentary lifestyle." *Appl Physiol Nutr Metab* **35**(6): 725-740.
181. Tsuji, S., T. Tomita, M. Fujii, R. S. Laskin, H. Yoshikawa and K. Sugamoto (2010). "Is minimally invasive surgery-total knee arthroplasty truly less invasive than standard total knee arthroplasty? A quantitative evaluation." *J Arthroplasty* **25**(6): 970-976.

182. Tung, J. Y., H. Ng, C. Moore and L. Giangregorio (2014). "Can we use accelerometry to monitor balance exercise performance in older adults?" Gait Posture **39**(3): 991-994.
183. Tzivoni, D., H. Kadr, S. Braat, W. Rutsch, J. A. Ramires and I. Kobrin (1997). "Efficacy of mibefradil compared with amlodipine in suppressing exercise-induced and daily silent ischemia: results of a multicenter, placebo-controlled trial." Circulation **96**(8): 2557-2564.
184. van Dam, M. S., G. J. Kok, M. Munneke, F. J. Vogelaar, T. P. Vliet Vlieland and A. H. Taminiau (2001). "Measuring physical activity in patients after surgery for a malignant tumour in the leg. The reliability and validity of a continuous ambulatory activity monitor." J Bone Joint Surg Br **83**(7): 1015-1019.
185. Van Den Berg, J. F., F. J. Van Rooij, H. Vos, J. H. Tulen, A. Hofman, H. M. Miedema, A. K. Neven and H. Tiemeier (2008). "Disagreement between subjective and actigraphic measures of sleep duration in a population-based study of elderly persons." J Sleep Res **17**(3): 295-302.
186. van den Berg-Emons, R. J., F. C. Schasfoort, L. A. de Vos, J. B. Bussmann and H. J. Stam (2007). "Impact of chronic pain on everyday physical activity." Eur J Pain **11**(5): 587-593.
187. van Genderen, S., C. van den Borne, P. Geusens, S. van der Linden, A. Boonen and G. Plasqui (2014). "Physical functioning in patients with ankylosing spondylitis: comparing approaches of experienced ability with self-reported and objectively measured physical activity." J Clin Rheumatol **20**(3): 133-137.
188. Vathsangam, H., A. Emken, E. T. Schroeder, D. Spruijt-Metz and G. S. Sukhatme (2011). "Determining Energy Expenditure From Treadmill Walking Using Hip-Worn Inertial Sensors: An Experimental Study." Biomedical Engineering, IEEE Transactions on **58**(10): 2804-2815.
189. Vathsangam, H., B. A. Emken, E. T. Schroeder, D. Spruijt-Metz and G. Sukhatme (2010). Energy estimation of treadmill walking using on-body accelerometers and gyroscopes. Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE.
190. Verbunt, J. A., I. P. Huijnen and H. A. Seelen (2012). "Assessment of physical activity by movement registration systems in chronic pain: methodological considerations." Clin J Pain **28**(6): 496-504.
191. Vincent, B., A. Windelinckx, H. Nielens, M. Ramaekers, M. Van Leemputte, P. Hespel and M. A. Thomis (2010). "Protective role of alpha-actinin-3 in the response to an acute eccentric exercise bout." J Appl Physiol (1985) **109**(2): 564-573.
192. Virone, G. and A. Sixsmith (2008). Monitoring activity patterns and trends of older adults. Engineering in Medicine and Biology Society, 2008. EMBS 2008. 30th Annual International Conference of the IEEE.
193. Vissers, M. M., J. B. Bussmann, I. B. de Groot, J. A. Verhaar and M. Reijman (2011). "Walking and chair rising performed in the daily life situation before and after total hip arthroplasty." Osteoarthritis Cartilage **19**(9): 1102-1107.
194. Voelker, R. (2011). "Few adults with knee osteoarthritis meet national guidelines for physical activity." Jama **306**(13): 1428, 1430.

195. Vollenbroek-Hutten, M. M. and H. J. Hermens (2010). "Remote care nearby." J Telemed Telecare **16**(6): 294-301.
196. Walker, D. J., P. Heslop and C. Chandler (1998). "Ambulatory activity as an objective and quantifiable measure of nonsteroidal therapy." J Rheumatol **25**(4): 768-770.
197. Walker, D. J., P. S. Heslop, C. Chandler and I. M. Pinder (2002). "Measured ambulation and self-reported health status following total joint replacement for the osteoarthritic knee." Rheumatology (Oxford) **41**(7): 755-758.
198. Walker, D. J., P. S. Heslop, C. J. Plummer, T. Essex and S. Chandler (1997). "A continuous patient activity monitor: validation and relation to disability." Physiol Meas **18**(1): 49-59.
199. Wallis, J. A., K. E. Webster, P. Levinger and N. F. Taylor (2013). "What proportion of people with hip and knee osteoarthritis meet physical activity guidelines? A systematic review and meta-analysis." Osteoarthritis Cartilage **21**(11): 1648-1659.
200. Wang, C. S., T. C. Lin, T. H. Wang and D. L. Lee (2013). "A healthcare edition of sporting equipment for middle-aged and elderly." Comput Math Methods Med **2013**: 745954.
201. Waninge, A., A. A. van der Putten, R. E. Stewart, B. Steenbergen, R. van Wijck and C. P. van der Schans (2013). "Heart rate and physical activity patterns in persons with profound intellectual and multiple disabilities." J Strength Cond Res **27**(11): 3150-3158.
202. Watanabe, T., K. Ichikawa and G. T. Clark (2003). "Bruxism levels and daily behaviors: 3 weeks of measurement and correlation." J Orofac Pain **17**(1): 65-73.
203. Wee-Soon, Y., I. Pek, Y.-H. Yong, C. Xiang and A. B. Waluyo (2008). Ambulatory monitoring of human posture and walking speed using wearable accelerometer sensors. Engineering in Medicine and Biology Society, 2008. EMBS 2008. 30th Annual International Conference of the IEEE.
204. White, D. K., J. J. Keysor, T. Neogi, D. T. Felson, M. LaValley, K. D. Gross, J. Niu, M. Nevitt, C. E. Lewis, J. Torner and L. Fredman (2012). "When it hurts, a positive attitude may help: association of positive affect with daily walking in knee osteoarthritis. Results from a multicenter longitudinal cohort study." Arthritis Care Res (Hoboken) **64**(9): 1312-1319.
205. White, D. K., C. Tudor-Locke, D. T. Felson, K. D. Gross, J. Niu, M. Nevitt, C. E. Lewis, J. Torner and T. Neogi (2013). "Walking to meet physical activity guidelines in knee osteoarthritis: is 10,000 steps enough?" Arch Phys Med Rehabil **94**(4): 711-717.
206. Wiborg, J. F., H. Knoop, M. Stulemeijer, J. B. Prins and G. Bleijenberg (2010). "How does cognitive behaviour therapy reduce fatigue in patients with chronic fatigue syndrome? The role of physical activity." Psychol Med **40**(8): 1281-1287.
207. Wilcox, I., S. B. Ben Freedman, J. N. Li, P. J. Harris and D. T. Kelly (1991). "Comparison of exercise stress testing with ambulatory electrocardiographic monitoring in the detection of myocardial ischemia after unstable angina pectoris." Am J Cardiol **67**(1): 89-91.
208. Wilson, A. C. and T. M. Palermo (2012). "Physical activity and function in adolescents with chronic pain: a controlled study using actigraphy." J Pain **13**(2): 121-130.



209. Winkelmayr, B., C. Peham, B. Fruhwirth, T. Licka and M. Scheidl (2006). "Evaluation of the force acting on the back of the horse with an English saddle and a side saddle at walk, trot and canter." Equine Vet J Suppl(36): 406-410.
210. Wu, M. W., X. M. Li, L. J. Xian and F. Levi (2004). "Effects of meal timing on tumor progression in mice." Life Sci **75**(10): 1181-1193.
211. Xi, L., Y. Bin and R. M. Aarts (2009). Single-accelerometer-based daily physical activity classification. Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE.
212. Yasui, Y., T. Qian and N. Yamauchi (2008). A data process and wavelet analysis method used for monitoring daily physiological attributes. Engineering in Medicine and Biology Society, 2008. EMBS 2008. 30th Annual International Conference of the IEEE.
213. Yoshimura, I., M. Naito, M. Hara and J. Zhang (2003). "The effect of wedged insoles on the lateral thrust of anterior cruciate ligament-insufficient knees." Am J Sports Med **31**(6): 999-1002.
214. Yoshimura, I., M. Naito and J. Zhang (2002). "Lateral thrust of anterior cruciate ligament-insufficient knees and posterior cruciate ligament-insufficient knees." Int Orthop **26**(5): 303-305.
215. Zhang, R., J. Yang, J. Zhu and X. Xu (2009). "Depletion of zebrafish Tcap leads to muscular dystrophy via disrupting sarcomere-membrane interaction, not sarcomere assembly." Hum Mol Genet **18**(21): 4130-4140.
216. Zhao, N. N., T. Whittle, G. M. Murray and C. C. Peck (2012). "The effects of capsaicin-induced intraoral mucosal pain on jaw movements in humans." J Orofac Pain **26**(4): 277-287.

## 8. Bijlagen literatuurstudie

### Bijlage 1: Voortgangsformulier



FACULTEIT  
GENEESKUNDE EN  
LEVENSWETENSCHAPPEN

[www.uhasselt.be/glw](http://www.uhasselt.be/glw)

postadres: Universiteit Hasselt | Martelarenlaan 42 | BE-3500 Hasselt  
bezoekadres: Universiteit Hasselt | Agoralaan, gebouw D | BE-3590 Diepenbeek  
T +32(0)11 26 85 36 | F +32(0)11 26 85 99 | E-mail: glw@uhasselt.be

### VOORTGANGSFOMULIER MASTERPROEF DEEL 1

DATUM	INHOUD OVERLEG	HANDTEKENINGEN
24/10	Situering en toelichting MP 1, bespreking literatuursearch.	Promotor: Student:
16/01	Toelichting onderzoeksvragen en zoekstrategie.	Promotor: Student:
23/03	Evaluatie literatuursearch, bespreking i.v.m. data-extractie en Kwaliteitsbeoordeling.	Promotor: Student:
08/04	Evaluatie voortuitgang	Promotor: Student:
30/06	Bespreking onderzoeksprotocol , evaluatie data-extractie en kwaliteitsbeoordeling en bespreking verdere afwerking van MP deel 1.	Promotor: Student:
		Promotor: Student:
		Promotor: Student:
		Promotor: Student:
		Promotor: Student:

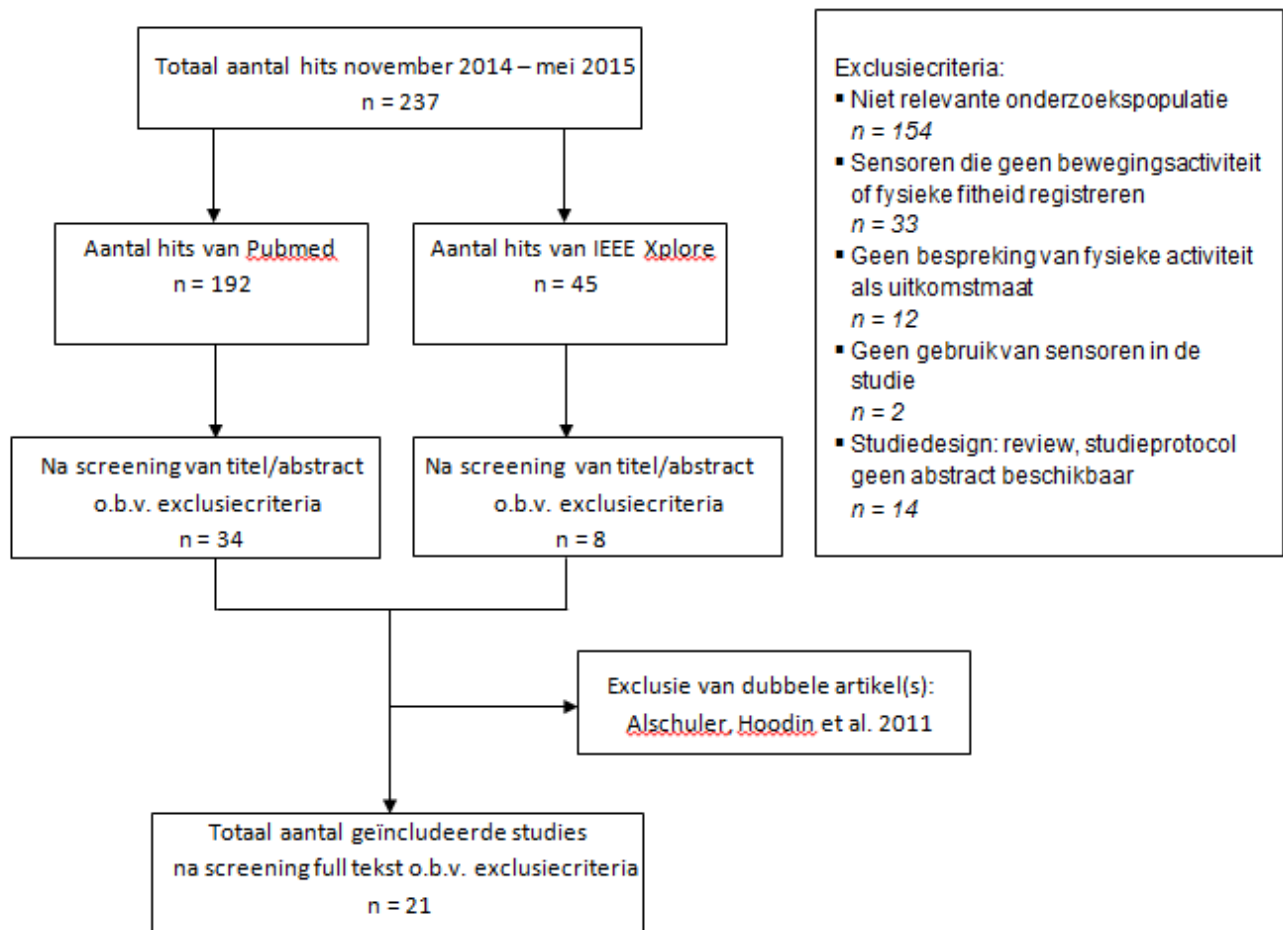
**Bijlage 2:** Overzicht zoekstrategie en –resultaten in Pubmed en IEEE Xplore

Tabel 1: Zoekstrategie en –resultaten in Pubmed

<b>Zoekstrategie in Pubmed</b>		
<b>#</b>	<b>Terms</b>	<b>Hits</b>
<b>1</b>	Musculoskeletal Diseases [Mesh]	242069
<b>2</b>	Pain [Mesh]	313772
<b>3</b>	Sensor [Title/Abstract]	54067
<b>4</b>	Telemetry [Mesh]	9261
<b>5</b>	Telemedicine [Mesh]	16215
<b>6</b>	Mobile Applications [Mesh]	276
<b>7</b>	Monitoring, Ambulatory [Mesh]	22707
<b>8</b>	Ambulatory monitoring [Title/Abstract]	1992
<b>9</b>	Accelerometry [Mesh]	2513
<b>10</b>	Physical activity [Title/Abstract]	62200
<b>11</b>	Motor Activity [Mesh]	200488
	<b>Patiënt</b>	
<b>12</b>	#1 AND #2	48817
<b>13</b>	#1 OR #2	1114788
	<b>Observatie</b>	
<b>14</b>	#3 OR #4 OR #5 OR #6 OR #7 OR #8 OR #9	101719
	<b>Uitkomstmaat</b>	
<b>15</b>	#10 OR #11	233682
<b>Y</b>	<b>Combinatie patiënt + observatie</b>	
<b>16</b>	#12 AND #14	55
<b>17</b>	#13 AND #14	2165
	<b>Combinatie patiënt + observatie + uitkomstmaat</b>	
<b>18</b>	#17 AND #15	<b>192</b>

Tabel 2: Zoekstrategie en –resultaten in IEEE Xplore

<b>Zoekstrategie IEEE Xplore</b>		
<b>#</b>	<b>Terms</b>	<b>Hits</b>
1	("IEEE Terms": "sensor")	87.298
2	("Document Title": "sensor")	60.540
3	("MeSH Terms": "monitoring ambulatory")	867
4	("MeSH Terms": "musculoskeletal diseases")	10
5	("Abstract": "musculoskeletal diseases")	50
6	("MeSH Terms": "pain")	98
7	("Abstract": "physical activity")	3.390
	<b>Patiënt</b>	
8	#4 OR #6	108
9	#5 OR #6	149
	<b>Observatie</b>	
12	#1 OR #3	188.354
13	#2 OR #3	76.241
	<b>Patiënt + observatie + uitkomstmaat</b>	
<b>14</b>	<b>#9 AND #12 AND #7</b>	<b>45</b>



Figuur 1: Stroomdiagram van de zoekstrategie

Tabel 3: Overzicht van geëxcludeerde studies en reden van exclusie (n= 216)

Reden voor exclusie	Aantal studies	Auteur(s), jaartal
Sensoren die geen bewegingsactiviteit of fysieke fitheid registreren	Pubmed: 30  IEEE Xplore: 3	Semanik et al., 2015; Almeida, Wert, Brower & Piva SR., 2014; Jones, Sorinola, Strutton., 2014; Rouhani, Favre, Crevoisier, & Aminian., 2014; Srbinoska, Dreischarf, Consmüller, Bergmann & Rohlmann., 2013; Al Mashhadany, & Abd Rahim., 2013; Item-Glatthorn, Casartelli, Petrich-Munzinger, Munzinger & Maffiuletti., 2012; Rouhani, Favre, Crevoisier, Aminian., 2012; Hodt-Billington et al., 2012; Kutzner I et al., 2011; Kutzner I, et al., 2011; Vollenbroek-Hutten MM, & Hermens HJ., 2010; Mohammadi et al., 2005; Marco-Ferreres, Arredondo, Fraile, & Cervera., 2005; Paraschiv-Ionescu, 2004; Yoshimura, Naito, Hara, & Zhang., 2003; Watanabe T, Ichikawa K, & Clark GT., 2003; Yoshimura, Naito, Zhang J., 2002; Kuzmenkin et al., 2002; Rohlmann, Bergmann, Graichen, & Mayer., 1998; Taylor, Walker, Perry, Cannon & Woledge., 1998; Hamilos DL et al., 1998; Lu, Taylor, O'Connor, & Walker., 1997; Tzivoni et al. 1997; Taylor et al. 1997; Rohlmann, Bergmann, & Graichen., 1997; Kelley, Lombardo, Pink, Perry, & Giangarra., 1994; Steffensen, Grande, Pedersen, Haunsø., 1993; Cowell, Morris-Thurgood, Paul, Ilsley, & Camm., 1993; Makhotina, Rimsha, & Kaik., 1991; Ariani, Redmond, Chang & Lovell, 2012; Fernández-Luque, Zapata; Ruiz, 2010; Crk, Albinali, Gniady, & Hartman, 2009
Geen bespreking van fysieke activiteit als uitkomstmaat	Pubmed: 8  IEEE Xplore: 4	Nagai K et al., 2013; Kutzner et al., 2013; Kratz, Schepens, & Murphy., 2011; Zhao, Whittle, & Murray, Peck., 2012; Shin et al. 2012; Asahina et al., 2010; Vincent et al., 2010; Dillon, Erasmus, Müller, Scheffer, & de Villiers., 2008; El-Gohary & McNames., 2012; Guraliuc, Barsocchi, Potorti, & Nepa., 2011; Sant'Anna, & Wickström, 2010; Ming-Zher, Swenson, & Picard., 2010
Niet relevante onderzoekspopulatie	Pubmed: 116  IEEE Xplore: 38	Denton et al., 2014; Tang & Sanborn., 2014; Wang, Lin, Wang, & Lee., 2013; Tung, Moore, & Giangregorio, 2014; Smuck et al., 2014; Anderson et al., 2014; Takiguchi et al., 2013; Rabbitts JA, Holley AL, Karlson, & Palermo., 2014; Murphy, Alexander, Levoska, & Smith., 2013;

		<p>Waning et al., 2013; Green et al., 2013; Plaas, Sudhaus Willburger, &amp; Hasenbring., 2009; White et al., 2013; Lalli et al., 2013; Ickmans et al., 2011; Barthélémy et al., 2012 Quinn, Johnston, &amp; Johnston., 2013; White et al., 2003; Murphy, Smith, &amp; Lyden., 2001; Ehrlich-Jones et al., 2008; Vissers MM1, Bussmann, de Groot, Verhaar, &amp; Reijman., 2011; Brown, Khorana &amp; Jason, 2001; Nijs et al., 2003; Farr et al., 2012; Wiborg, Knoop, Stulemeijer, Prins, &amp; Bleijenberg., 2005; Kaleth, Ang, Chakr, &amp; Tong., 2003; Tsuji et al., 2001; Paraschiv-Ionescu, Buchser, Rutschmann, &amp; Aminian., 2007; Lockie et al., 2012; Rodionov et al., 2012; Kashikar-Zuck, Flowers, Strotman, Sil, Ting, &amp; Schikler., 2013; McNamara, Pavol, &amp; Gunter., 2013; Doré et al., 2013; Sheiko et al., 2012; Ceroniet al., 2012; Nokes, &amp; Tucker., 2012; Leemrijse, van Dijk, Jørstad, Peters, &amp; Veenhof., 2012; Lee et al., 2013; Sabiston, Brunet, &amp; Burke., 2012; Holsgaard-Larsen, &amp; Roos., 2012; Iguchi et al., 2012; Schepens, Kratz, &amp; Murphy., 2012; Ellingson, Colbert, &amp; Cook., 2012; Ishida et al., 2012; Wilson &amp; Palermo., 2012; Guillot et al., 2012; Reid et al., 2012; Lopes, Cotrim, Martins &amp; Pinto., 2011; Cheng et al., 2011; Ceroni, Martin, Delhumeau, &amp; Farpour-Lambert., 2011; Müller et al., 2011; Reininga et al., 2011; Mickle, Cliff, Munro, Okely, &amp; Steele., 2011; Brown, Boston, &amp; Farrar JT., 2010; Tranah et al., 2010; Motl et al., 2010; Naranjo-Hernandez, Roa, Reina-Tosina, &amp; Estudillo-Valderrama., 2012; Laursen, Watson, Abbiss, Wall, &amp; Nosaka., 2009; Zhang, Yang, Zhu, Xu., 2009; Allen, Fain, Braun, &amp; Chipkin., 2009; Barrett et al., 2008; Bhattacharyya, Whitehead, Rakhit, &amp; Steptoe A., 2008; Blaha, Leon., 2008; Holmes-Rovner et al., 2008; Rosenbaum, Brandes, Hards, Gosheger, &amp; Rödl., 2008; Van Den Berg et al., 2008; Howe &amp; Rafferty., 2009; van Genderen et al., 2014; Arras, Rettich, Cinelli, Kasermann, &amp; Burki., 2007; Brehm, Knol, &amp; Harlaar, 2008; Winkelmayr, Peham, Frühwirth B, Licka, &amp; Scheidl., 2006; Okano, Tochikubo, &amp; Umemura S., 2007; Park, Kim, Park, Rha, &amp; Park., 2006; Rao, Yazaki, Evans, &amp; Carbon., 2004; Wu, Li, Xian, Lévi., 2004; Stam, van Laar, Wiegant., 2004; Ferro, Duilio, Santomauro, &amp;</p>
--	--	--

		<p>Cuocolo., 2003; Schultheis et al., 2000; Forslund et al., 2002; van Dam, Kok, Munneke, Vogelaar, Vliet Vlieland, &amp; Taminiau., 2001; Napoli et al., 1999; Carelset al., 1999; Freedman&amp;Wong., 1999; Bussmann , van de Laar YM, Neeleman, &amp; Stam HJ., 1998; Walker, Heslop, Plummer, Essex, Chandler., 1997; Gilligan et al., 1996; Geisser, Robinson, &amp; Richardson., 1995; Schelcher, Schöniger, &amp; Kober., 1995; Shawdon, 1995; Henderson, Lovell, Specker, &amp; Campaigne., 1995; Ray et al., 1994; Krantz et al., 1994Panza et al., 1992; Carboniet al., 1992; Galassi et al., 1991; Heitkamp, Scheib, &amp; Dickhuth., 1991; Gusarov, Rudakova, Treshkur, &amp; Tsai., 1991; Wilcox, Freedman, Li, Harris, &amp; Kelly., 1991; Furkalo &amp; Lysenko., 1990; Ashmarin et al., 1990; Penry &amp; Dreifuss., 1990; Gyllensten &amp; Bonomi, 2011; Che-Wei Lin, Yang, Wang &amp; Yi-Ching Yang, 2012; Vathsangam, Emken, Schroeder, Spruijt-Metz, &amp; Sukhatme, 2011; Pärkkä, Cluitmans, &amp; Ermes, 2010; Hiremath, Dan Ding, 2009; Paradiso, Loriga, &amp; Taccini., 2011; Lingfei et al., 2011; Parkka et al., 2007; Dalton, Scanail, Carew, Lyons &amp; Olaighin., 2007; Mattila, Ding, Mattila,&amp; Sarela., 2009; Salarian, Russmann, Vingerhoets, Burkhard, &amp; Aminian, 2007; Lingfei, Shaopeng, Gao, John, Staudenmayer, &amp; Freedson, 2012; Curone et al., 2010; Khan, Lee, &amp; Tae-Seong, 2010; Wang, Timm, Erdman, &amp; Tewfik, 2009; Khoo, Brown, Ian; Lim, &amp; Yoong, 2008; Postolache, Girao, Postolache, &amp; Gabriel, 2011; Ting Zhang ; Tang &amp; Sazonov, 2012; Long, Yin &amp; Aarts, 2009; Yeoh et al., 2008; Dalton &amp; Olaighin, 2013; Ermes, Parkka, &amp; Cluitmans, 2008; Ayubi &amp; Parmanto, 2012; Jatoba et al., 2008; Campbell et al., 2011; Haslam, Gordhandas, Ricciardi, Verghese, &amp; Heldt. 2011; Najafi et al., 2011; Curone, D. ; Secco, E.L. ; Caldani, L. ; Lanata, A. ; Paradiso, R. ; Tognetti, A. ; Magenes, G. (2012); Shimokakimoto &amp; Suzuki, 2011; Georga et al., 2009; Olguin et al., 2009; Wang, Skubic,, Yingnan Zhu, Reiss &amp; Stricker, D, 2011; Virone &amp; Sixsmith, 2008; Yasui et al., 2008; Vathsangam, Emken, Schroeder, Spruijt-Metz, &amp; Sukhatme, G, 2010; Hiremath &amp; Dan Ding, 2011</p>
--	--	---



Geen gebruik van sensoren	Pubmed: 2	Jason & Brown., 2013; Munguía-Izquierdo, & Legaz-Arrese, Mannerkorpi ., 2011
Studiedesign: studieprotocol, review, systematic review	Pubmed: 14	Menz et al., 2014; omkins-Lane et al., 2013; Tierney, Fraser, & Kennedy.,2013; Voelker, 2011; Aliyev, Türkoğlu, & Celiker C., 2011; O'Neil et al., 2011; Hendrick et al., 2009; Armstrong & Boulton., 2001 Mansi, Milosavljevic, Baxter, Tumilty, & Hendrick, 2014 Lin, Thomas, Spiezia, Loppini & Maffulli., 2010 Wallis JA, Webster KE, Levinger P, Taylor NF.; Verbunt J, Huijnen, & Seelen HA., 2012; Tremblay et al., 2010; van Genderen et al., 2014

### Bijlage 3: Kwaliteitsbeoordeling

Tabel 4: GRACE checklist

Auteur(s), jaartal	Data						Methode				Score
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Almeida, Wasko et al. 2011	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee	Ja	Nee	Nee	6/10
Alschuler, Hoodin et al. 2011	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee	Ja	Nee	Nee	6/10
Backhouse, Hensor et al. 2013	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee	Ja	Nee	Nee	6/10
Dekker-van Weering, Vollenbroek-Hutten et al. 2012	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee	Ja	Nee	Nee	6/10
Hallman and Lyskov 2012	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee	7/10
Hermann, Ried-Larsen et al. 2014	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	Nee	Ja	8/10
Hernandez-Hernandez, Ferraz-Amaro et al. 2014	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee	Nee	Ja	Nee	6/10
Hirata, Ono et al. 2006	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee	Ja	Nee	Ja	7/10
Kop, Lyden et al. 2005	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee	Nee	Ja	Ja	7/10
McLoughlin, Colbert et al. 2011	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee	7/10
Munguia-Izquierdo, Santalla et al. 2012	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee	Ja	Nee	Nee	6/10
Khemthong, Packer et al. 2006	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee	Ja	Nee	Nee	6/10
Plasqui, Boonen et al. 2012	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee	Nee	Ja	Nee	6/10
Prioreschi, Hodkinson et al. 2013	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee	Nee	Ja	Nee	6/10
Prioreschi, Hodkinson et al. 2014	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee	5/10
Segura-Jimenez, Munguia-Izquierdo et al. 2013	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee	Ja	Nee	Nee	6/10

Segura-Jimenez, Alvarez-Gallardo et al. 2014	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee	Ja	Nee	Nee	6/10
Sisto, Tapp et al. 1998	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee	Ja	Nee	Nee	6/10
Spengelink, Hutten et al. 2002	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee	Ja	Nee	Nee	6/10
Raijmakers, Nieuwenhuizen et al. 2015	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee	Ja	Nee	Ja	7/10
Uiterwaal, Glerum et al. 1998	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Nee	Ja	Nee	Nee	6/10

**Bijlage 4:** Data-extractie van de geïncludeerde artikels

Tabel 5: Data-extractie geïncludeerde artikels

Artikel (First Author)	Onderzoekspopulatie	Sensor	Plaatsing	Psychometrische eigenschappen	Uitkomstmaten
Almeida GJ et al. (2011)	Reumatoïde artritis  <u>Criteria RA:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ The American College of Rheumatology criteria</li> <li>▪ Diagnose van RA, gedurende minstens 2 jaar</li> </ul>	<u>Naam:</u> Sensewear Pro <sub>3</sub> Armband (SWA)  <u>Soort sensor:</u> Multisensor activiteiten monitor: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bi-axiale accelerometer</li> <li>○ <u>Heat flux sensor:</u> Warmte afscheiden door het lichaam</li> <li>○ Huid temperatuur sensor</li> <li>○ <u>Galvanische huid respons sensor:</u> Registreert begin, piek en herstel van maximale zweet snelheid</li> </ul>	Rechter bovenarm: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Over de Triceps Brachi</li> </ul>	<u>Validiteit:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sterke correlatie tussen EE geschat met de SWA en doubly labeled water en IC.</li> <li>▪ Verschillen in kilocalorieën per dag (EE) gemeten door SWA en DLW varieert van 4%-27%</li> <li>▪ Verschil in EE gemeten door SWA en IC bedraagt 9%</li> <li>▪ Accurate bepaling van het aantal stappen per dag in vergelijking met accelerometers gedragen t.h.v. de heup (verschil range van 2% tot 16%) en pedometers (0,2% verschil)</li> </ul> <u>Betrouwbaarheid:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Het dragen van de SWA gedurende 2 dagen is vereist voor het betrouwbaar kunnen schatten van total energy expenditure (TEE), ICC .87</li> </ul>	<u>Measured:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aantal stappen</li> </ul> <u>Calculated:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Energy Expenditure (EE) – kcal·min<sup>-1</sup></li> <li>▪ Intensiteitsniveau van activiteit</li> <li>▪ De SWA software maakt het mogelijk om PA te selecteren voor elk metabolic equivalent (MET) level. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Physical activity energy expenditure (PAEE)</li> <li>○ Total energy expenditure (kcal/dag)</li> </ul> </li> </ul>
Alschuler KN et al. (2011)	Chronische lage rugpijn  Gemiddelde duur van CLBP ≥ 3 maanden	<u>Naam:</u> The Actiwatch-Score  <u>Soort sensor:</u> Uni-axiale accelerometer	Pols van de niet dominante hand	<u>Betrouwbaarheid:</u> Uitstekende inter-instrumentele betrouwbaarheid, r=.98	<u>Measured:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Activity counts</li> </ul> <u>Calculated:</u> /

Backhouse MR et al. (2013)	Reumatoïde artritis patiënten	3 verschillende activiteiten monitors:	Heup	<u>Validiteit:</u>  <u>Aantal stappen:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Onderschatting bij Pt. met een lage step count.</li> <li>▪ Afname van meetfout indien het niveau van step count in de buurt van de controle groep ligt.</li> </ul>	<u>Measured:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aantal stappen</li> </ul> <u>Calculated:</u> /	
		<u>Naam:</u> Step-N-Tune Pedometer  <u>Soort sensor:</u> Uni-axiale accelerometer	Heup, pols, enkel		Variatie in bias, per stap: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Step-N-Tune: -1,11</li> <li>▪ A4L: -0,38</li> <li>▪ IDEEA -1,53</li> </ul>	<u>Measured:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aantal stappen</li> </ul> <u>Calculated:</u> /
		<u>Naam:</u> Activ4Life (A4L)  <u>Soort sensor:</u> Tri-axiale accelerometer	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Heup:</u> processor unit</li> <li>▪ 2 sensoren op beide voetzolen</li> <li>▪ 2 sensoren t.h.v. de heup</li> <li>▪ 1 sensor t.h.v. het sternum</li> </ul>		A4L heeft het hoogste level of agreement met de gouden standaard.  <u>Gangparameters:</u> Slechte overeenstemming met gouden standaard (GAITRite)	<u>Measured:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aantal stappen</li> <li>▪ Temporale en spatiale gang parameters: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Wandelsnelheid</li> <li>○ Double support time</li> </ul> </li> </ul> <u>Calculated:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Energy Expenditure (EE) – kcal·min<sup>-1</sup></li> </ul>

<p>Dekker-van Weering MG et al. (2012)</p>	<p>Non specifieke chronische lage rugpijn:</p> <p><u>Criteria:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Continu of recidiverende episoden van lage rugpijn, gedurende meer dan 12 weken</li> <li>○ Geen specifieke oorzaak voor de pijnklachten</li> </ul>	<p><u>Naam:</u> Body Area Network (BAN)</p> <p><u>Soort sensor:</u> Mt-x bewegingssensor en Personal Digital Assistant (PDA)</p> <p>Mt-x sensor: tri-axiale accelerometer</p>	<p>Heup</p>	<p>/</p>	<p><u>Measured:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Counts per minute (cpm)</li> </ul> <p><u>Calculated:</u> /</p>
<p>Hallman DM et al. (2012)</p>	<p>Chronische nek-schouder pijn: Patiënten gediagnosticeerd met <u>chronische trapezius myalgia</u></p> <p><u>Chronische pijn:</u> Aanhoudende pijn in de afgelopen 6 weken, gedurende minstens 6 opeenvolgende maanden</p>	<p><u>Naam:</u> Intelligent Device for Energy Expenditure and Activity (IDEEA)</p> <p><u>Soort sensor:</u> Accelerometer</p> <p>bestaande uit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 5 bi-axiale accelerometers</li> <li>○ 1 micro processor unit</li> </ul>	<p>▪ <u>Heup:</u> processor unit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2 sensoren op beide voetzolen</li> <li>▪ 2 sensoren t.h.v. de heup</li> <li>▪ 1 sensor t.h.v. het sternum</li> </ul>	<p>/</p>	<p><u>Measured:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aantal stappen</li> <li>▪ Temporale en spatiale gang parameters: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Wandelsnelheid – (m/min)</li> <li>○ Double support time</li> </ul> </li> <li>▪ Hartritme variabiliteit: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bipolaire ECG, 3 lead configuratie</li> </ul> </li> </ul> <p><u>Calculated:</u> Energy Expenditure (EE) – kcal·min<sup>-1</sup></p>

<p>Hermann A et al. (2014)</p>	<p>Heupartrose:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 10 pt. preoperatief THP</li> <li>○ 10 pt. postoperatief THP</li> </ul>	<p><u>Naam:</u> Sensewear Pro<sub>3</sub> Armband (SWA)</p> <p><u>Soort sensor:</u> Multisensor activiteiten monitor; ○ Bi-axiale accelerometer ○ Heat flux sensor ○ Huid temperatuur sensor ○ Near body ambient temperature sensor ○ Galvanische huid respons sensor</p>	<p>Rechter bovenarm op de m.Triceps Brachi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Middelpunt tussen acromion en olecranon ulnae</li> </ul>	<p><u>Validiteit:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Goede correlatie tussen SWA en indirecte calorimetrie, <math>r=0.94</math></li> <li>○ Validiteit is afhankelijk van zowel intensiteit en type van activiteit: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Overestimatie van het totale energie verbruik (EE) met 72% door de SWA</li> <li>▪ Overestimatie tijdens wandelen (62-93%) en activiteiten van de bovenste extremiteiten (vb. tuinieren, poetsen)</li> <li>▪ Onderestimatie tijdens traplopen (-25%)</li> </ul> </li> </ul>	<p><u>Measured:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aantal stappen</li> </ul> <p><u>Calculated:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Energy Expenditure (EE) – <math>\text{kcal}\cdot\text{min}^{-1}</math></li> <li>▪ Intensiteitsniveau van activiteit</li> </ul>
<p>Hernández-Hernández V et al. (2014)</p>	<p>Reumatoïde artritis patiënten (1987 ACR criteria voor RA)</p>	<p><u>Naam:</u> RT3</p> <p><u>Soort sensor:</u> Tri-axiale accelerometer</p>	<p>Linkerheup</p>	<p>/</p>	<p><u>Measured:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Activity Counts</li> </ul> <p><u>Calculated:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Energy Expenditure (EE) – <math>\text{kcal}\cdot\text{min}^{-1}</math></li> </ul>



Hirata S et al. (2006)	<p>Heupartrose (OA)</p> <p><u>Criteria OA:</u>          Diagnosestelling a.d.h.v. radiografie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Beoordeling door een ervaren Th.</li> <li>▪ <u>Diagnose OA:</u>          The Kellgren-Lawrence Scale, <u>stage ≥ 1</u></li> </ul>	<p><u>Naam:</u> Lifecorder</p> <p><u>Soort sensor:</u> Uni-axiale acceleromter</p>	Heup	<p><u>Validiteit:</u></p> <p><u>Aantal stappen:</u>          Gemiddelde accuraatheid van 95,2% in vergelijking met manuele telling (gouden standaard) in een gestandaardiseerde laboratoriumsetting.</p>	<p><u>Measured:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aantal stappen</li> </ul> <p><u>Calculated:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Energy Expenditure (EE) – kcal·min<sup>-1</sup></li> <li>▪ Intensiteitsniveau van activiteit</li> </ul>
Khemthong S et al. (2006)	Reumatoïde arthritis	<p><u>Naam:</u> The Actigraph</p> <p><u>Soort sensor:</u> Uni-axiale accelerometer</p>	Heup	/	<p><u>Measured:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Activity counts</li> </ul> <p><u>Calculated:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Energy Expenditure (EE) – MET</li> <li>▪ Activiteiten intensiteitsniveau</li> </ul>

Kop WJ et al. (2005)	<p>1) Fibromyalgie 2) Chronisch vermoeidheids-syndroom</p> <p><u>Criteria FM:</u> The American College of Rheumatology diagnose criteria</p> <p><u>Criteria CVS:</u> Criteria voor CVS gedefinieerd door Fukuda et al.</p>	<p><u>Naam:</u> Actiscore</p> <p><u>Soort sensor:</u> Uni-axiale accelerometer</p>	Pols	/	<p><u>Measured:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Activity counts</li> </ul> <p><u>Calculated:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gemiddelde en piek activiteiten niveau</li> </ul>
McLoughlin MJ et al. (2011)	<p>Fibromyalgie</p> <p><u>Criteria FM:</u> the American College of Rheumatology Criteria</p>	<p><u>Naam:</u> Actigraph GT1M</p> <p><u>Soort sensor:</u> Uni-axiale accelerometer</p>	Heup	/	<p><u>Measured:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Activity counts</li> <li>▪ Aantal stappen</li> </ul> <p><u>Calculated:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Energy Expenditure (EE) – kcal·min<sup>-1</sup></li> <li>▪ Activiteiten intensiteitsniveau</li> </ul>

<p>Munguía-Izquierdo D et al. (2012)</p>	<p>Fibromyalgia (FM)</p> <p><u>FM criteria:</u> American College of Rheumatology classification criteria</p>	<p><u>Naam:</u> Sensewear Pro<sub>3</sub> Armband (SWA)</p> <p><u>Soort sensor:</u> Multisensor activiteiten monitor:  <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bi-axiale accelerometer</li> <li>○ Heat flux sensor</li> <li>○ Huid temperatuur sensor</li> <li>○ Galvanische huid respons sensor</li> </ul> </p>	<p>Rechter bovenarm op de m.Triceps Brachi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Middelpunt tussen acromion en olecranon ulnae</li> </ul>	<p><u>Validiteit:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Significante associatie tussen de SWA en indirecte calorimetrie (IC) voor EE (r=.87-.99, p&lt;.001)</li> <li>○ Goede overeenkomst en accuraatheid voor het kwantificeren van EE tijdens inspanning, (ICCs=.84-.99)</li> </ul> <p><u>Test-Retest betrouwbaarheid:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Gemiddeld tot uitstekend (ICC=.72-.76), vergelijkbaar met de betrouwbaarheid van IC (ICC=.71-.77)</li> <li>○ Standard error of mean (SEM) en Minimal detectable change (MDC) waren goed: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>MDC</u>: 0.54-1,18 kcal·min<sup>-1</sup></li> <li>▪ <u>SEM</u>: 1,51-3,28 kcal·min<sup>-1</sup></li> </ul> </li> </ul>	<p><u>Measured:</u> /</p> <p><u>Calculated:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Energy Expenditure (EE) – kcal·min<sup>-1</sup></li> </ul>
<p>Plasqui G et al. (2012)</p>	<p>Ankylosing spondylitis (AS)</p> <p><u>AS criteria:</u>  1) The modified New York criteria  2) Ziekte duur van minstens 5 jaar, na diagnosestelling</p>	<p><u>Naam:</u> The Tracmor</p> <p><u>Soort sensor:</u> Tri-axiale accelerometer</p>	<p>Onderrug</p>	<p>/</p>	<p><u>Measured:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Activity counts</li> </ul> <p><u>Calculated:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Physical activity level (PAL) <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <u>Formule:</u> Totaal dagelijks energieverbruik· basaal metabolism<sup>-1</sup></li> <li>○ <u>Eenheid:</u> Kilocounts/dag</li> </ul> </li> </ul>

Prioreschi A et al. (2013)	Reumatoïde artritis patiënten (1987 ACR criteria voor RA)	<u>Naam:</u> Actical accelerometer  <u>Soort sensor:</u> Tri-axiale accelerometer	Op de heup van het dominante been	/	<u>Measured:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Activity counts</li> <li>▪ Aantal stappen</li> </ul> <u>Calculated:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Active Energy Expenditure (AEE) – kcal·min<sup>-1</sup></li> <li>▪ Total energy Expenditure (TEE) – in Metabolic Equivalent per Time (METs)</li> </ul>
Prioreschi A et al. (2014)	Patiënten met nieuw gediagnosticeerde DMARD- naïeve reumatoïde artritis (1987 ACR criteria )	<u>Naam:</u> Actical accelerometer  <u>Soort sensor:</u> Tri-axiale accelerometer	Op de heup van het dominante been	/	<u>Measured:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Activity counts</li> <li>▪ Aantal stappen</li> </ul> <u>Calculated:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Active Energy Expenditure (AEE) – kcal·min<sup>-1</sup></li> <li>▪ Total energy Expenditure (TEE) – in Metabolic Equivalent per Time (METs)</li> </ul>
Raijmakers BG et al. (2015)	Chronische pijnpatiënten (pijnklachten > 1j)	<u>Naam:</u> The DynaPort ADL monitor  <u>Soort sensor:</u> Tri-axiale accelerometer	Onderrug	/	<u>Measured:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aantal stappen</li> <li>▪ Positie van het lichaam: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Liggen</li> <li>○ Zitten</li> <li>○ Staan</li> <li>○ Locomotie</li> <li>○ Shuffeling</li> </ul> </li> </ul> <u>Calculated:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bewegingsintensiteit (MI)</li> </ul>

Segura-Jiménez V et al. (2013)	Fibromyalgie patiënten (the American College of Rheumatology Criteria )	<u>Naam:</u> Sensewear Pro <sub>3</sub> Armband (SWA)  <u>Soort sensor:</u> Multisensor activiteiten monitor: ○ Bi-axiale accelerometer ○ Heat flux sensor ○ Huid temperatuur sensor ○ Galvanische huid respons sensor	Rechter bovenarm op de m.Triceps Brachi (middelpunt tussen acromion en olecranon ulnae)	/	<u>Measured:</u> ▪ Aantal stappen  <u>Calculated:</u> ▪ Energy Expenditure (EE) – kcal·min <sup>-1</sup> ▪ Intensiteitsniveau van activiteit
Segura-Jiménez V et al. (2014)	Fibromyalgie patiënten (the American College of Rheumatology Criteria )	<u>Naam:</u> Actigraph GT1M  <u>Soort sensor:</u> Uni-axiale accelerometer	Onderrug	/	<u>Measured:</u> ▪ Aantal stappen  <u>Calculated:</u> /
Sisto SA et al. (1998)	Chronische vermoeidheids-syndroom  <u>Criteria CVS:</u> ▪ 1988 CFS working case definition	<u>Naam:</u> Computer Science and Applications (CSA)  <u>Soort sensor:</u> Uni-axiale accelerometer	Heup	/	<u>Measured:</u> ▪ Activity Counts  <u>Calculated:</u> /

<p>Spinkelink CD et al. (2002)</p>	<p>Chronische lage rugpijn</p> <p><u>Criteria CLBP:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lage rug pijn gedurende minstens 6 maanden.</li> <li>▪ Geen structurele pathologie (vb. lumbaal radiculair syndroom)</li> </ul>	<p><u>Naam:</u> The DynaPort ADL monitor</p> <p><u>Soort sensor:</u> Tri-axiale accelerometer</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Heup</li> <li>▪ 1 sensor t.h.v. het dijbeen</li> </ul>	<p>/</p>	<p><u>Measured:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verschillende lichaamsposities: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Staan</li> <li>○ Zitten</li> <li>○ Liggen</li> <li>○ Locomotie</li> </ul> </li> </ul> <p><u>Calculated:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fysiek activiteiten niveau (bewegingsintensiteit)</li> </ul>
<p>Uiterwaal M et al. (1998)</p>	<p><u>Lage rugpijn:</u> Dysfunctie in L4-L5, ten gevolge van een degeneratief proces.</p>	<p><u>Naam:</u> The DynaPort ADL monitor</p> <p><u>Soort sensor:</u> Tri-axiale accelerometer</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Heup</li> <li>▪ 1 sensor t.h.v. het dijbeen</li> </ul>	<p>/</p>	<p><u>Measured:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verschillende lichaamsposities: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Staan</li> <li>○ Zitten</li> <li>○ Liggen</li> <li>○ Locomotie</li> </ul> </li> </ul> <p><u>Calculated:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fysiek activiteiten niveau (bewegingsintensiteit)</li> </ul>



## Deel 2 – Onderzoeksprotocol

### 1. Inleiding

Lage rugpijn is een veel voorkomende aandoening en kent zowel een hoge prevalentie als incidentie [9]. Het merendeel van de populatie (80%) maakt gedurende zijn leven minstens één episode van (acute) lage rugpijn door [3]. De onderliggende oorzaak van lage rugpijn is echter niet altijd gekend, dit heeft tot gevolg dat een klein percentage (5-10%) van de bevolking chronische klachten ontwikkelt [4,8]. Aspecifieke lage rugpijn is een aandoening waarbij niet enkel fysiologische factoren maar ook psychologische en sociaal-culturele factoren dienen in acht te worden genomen [9,10]. Deze patiëntenpopulatie wordt vaak conservatief behandeld waarbij de focus ligt op fysieke reconditionering van de patiënt [6-8,14]. Daarnaast dient de therapeut ook belang te hechten aan : kinesiofobie, fear avoidance en perceived disability [1].

In het verleden werd verondersteld dat patiënten met aspecifiek lage rugpijn minder fysiek actief waren dan hun gezonde leeftijdsgenoten. Recente literatuur toont echter aan dat deze patiëntenpopulatie een gelijkaardig activiteitsniveau vertoont. Met andere woorden beide groepen zijn even actief [9,11,12]. Er bestaat echter wel een verschil in het activiteitenpatroon gedurende de dag tussen beide groepen [13]. Een betrouwbare en valide manier om informatie te verzamelen over fysieke activiteit in het dagelijks leven is door middel van activiteiten monitors, zoals accelerometers [1].

Dit studieopzet beoogt het in kaart brengen van de mogelijke veranderingen die kunnen optreden in het activiteitsniveau en verplaatsingsgedrag bij patiënten met aspecifieke lage rugpijn, tijdens en na revalidatie, met behulp van accelerometrie. Het monitoren van fysieke activiteit bij deze patiëntenpopulatie is al meerdere malen onderzocht [1,9,11-13]. De meerwaarde van deze studie is dat naast het activiteitenpatroon ook het verplaatsingsgedrag zal worden geobserveerd. Tot op heden zijn er nog geen studies uitgevoerd die het verband onderzoeken tussen aspecifieke lage rugpijn en verplaatsingsgedrag.





## 2. Doel onderzoek

Deze studie heeft als doel het in kaart brengen van de veranderingen die optreden in het activiteitsniveau en verplaatsingsgedrag bij patiënten met specifieke lage rugpijn, tijdens en na de revalidatie.

### 2.1 Onderzoeksvragen

- In welke mate worden er veranderingen waargenomen in het activiteitsniveau tijdens en (zes maanden) na revalidatie?
- In welke mate worden er veranderingen waargenomen op het participatieniveau (verplaatsingsgedrag) tijdens en (zes maanden) na revalidatie?
- Bestaat er een verband tussen pijn, disability, kinesiofobie en zelfbehulpzaamheid enerzijds en het activiteitsniveau en verplaatsingsgedrag anderzijds?

### 2.2 Hypothesen

De nulhypothesen van deze studie zijn:

1. Patiënten met lage rugpijn zullen weinig tot geen verandering vertonen in het dagelijks activiteitsniveau tijdens en na revalidatie.
2. Patiënten met lage rugpijn zullen weinig tot geen veranderingen vertonen in participatieniveau tijdens en na revalidatie.
3. Er bestaat geen verband tussen pijn, disability, kinesiofobie en zelfbehulpzaamheid enerzijds en het activiteitsniveau en verplaatsingsgedrag anderzijds



### **3. Methoden**

#### **3.1 Studiedesign**

Deze studie is een observationele studie.

#### **3.2 Participanten**

Ten minste 30 mannen en vrouwen tussen de leeftijd van 25 en 55 jaar, gediagnosticeerd met lage rugpijn zullen gerekruteerd worden in het Jessa ziekenhuis (campus Hasselt, Dept Physical Medicine and Rehabilitation)

##### **3.2.1 Inclusiecriteria:**

- Aspecifieke lage rugpijn
- Nederlandse taal (schrijven en spreken)
- Beschikken over een smartphone (Android, iOS)
- Leeftijd: 25-55 jaar

##### **3.2.2 Exclusiecriteria:**

- Majeure/invasieve chirurgische operatie aan de lumbale wervelkolom, in de laatste achttien maanden (micro-operaties worden geïnccludeerd na drie maanden).
- Comorbiditeiten:
  - Neurologische symptomen: parese en sensorische verstoringen
  - Reumatoïde artritis
  - Pijn: >8/10 in de laatste 48 uur
  - Huidig lopende compensatieaanvraag

##### **3.2.3 Rekrutering**

Rekrutering van deelnemers zal plaatsvinden in het Jessa ziekenhuis te Hasselt (Dept Physical Medicine and Rehabilitation.)

#### **3.3 Medische ethiek**

De deelnemers moeten een informed consent ondertekenen vooraleer deel te kunnen nemen aan de studie. Aanvraag tot goedkeuring van deze studie zal verzonden worden naar het Comité van Medische Ethiek U Hasselt en het Ethisch Comité van het Jessaziekenhuis.

#### **3.4 Interventie**

Gezien de bovengenoemde studie een observationele studie is, zal er geen interventie plaatsvinden

### 3.5 Uitkomstmaten

Het activiteitsniveau en verplaatsingsgedrag zal geobserveerd worden, gebruik makend van accelerometrie en GPS-lokalisatie op verschillende momenten, met name voor de start van de revalidatie, na zeven weken, na vijftien weken en tenslotte zes maanden na het beëindigen van de revalidatie. De duur van elke observatie bedraagt zeven dagen.

Volgende vragenlijsten zullen ook afgenomen worden op de bovengenoemde meetmomenten: Roland Morris Disability Questionnaire, PASIPD, Numeric Pain Rating Scale, Pain Self-Efficacy Questionnaire en de Tampa Scale of Kinesiophobia.

#### 3.5.1 Primaire uitkomstmaten

Activiteitsniveau:

- Accelerometrie (Whitings sensor)
- Roland Morris Disability Questionnaire (RMDQ): is een vragenlijst bestaande uit 24 items voor mensen met lage rugpijn die het activiteitsniveau evalueert. Scores kunnen variëren van nul (geen disability) tot 24 (zeer ernstige disability). [19]
- Physical Activities Scale for Individuals with Physical Disabilities (PASIPD): is een vragenlijst bestaande uit dertien items die het activiteitsniveau meet van mensen met disability. Het geeft informatie over vrije tijd, huishouden en werkgerelateerd activiteitsniveau. Deze informatie wordt verzameld gedurende zeven dagen. [16]

Verplaatsingsgedrag:

- GPS-lokalisatie (smartphone)
- Label locatie: patiënten zullen gevraagd worden om de locaties waar ze geweest zijn gedurende een bepaalde tijd te labelen op het einde van elke meetdag. Op die manier kan vooruitgang in participatieniveau gemonitord worden, aangezien patiënten plaatsen labelen die gerelateerd zijn aan hun woonomgeving, werkomgeving, hobby's, sociale netwerken, winkelen, etc..
- Hoeveelheid van verplaatsing: er zal gemonitord worden hoeveel verplaatsingen patiënten maken en welke afstanden er afgelegd worden.
- Onafhankelijkheid: patiënten zullen gevraagd worden hoe ze verschillende plaatsen bereikten (wijze van transport) en hoe zelfstandig ze waren in het bereiken van die plaats.

### 3.5.2 Secundaire uitkomstmaten

Pijn:

- VAS-schaal: is een betrouwbare en valide meetschaal met scores die variëren van één tot tien voor meting van de intensiteit van chronische pijn, waarbij een score van 0 'geen pijn' betekent en een score van 10 'de ergst denkbare pijn' betekent. Patiënten moeten een score aangeven in het begin en na de interventie. [15]

Zelfbehulpzaamheid:

- Pain Self-Efficacy Questionnaire (PSEQ): is een vragenlijst bestaande uit tien items die de zelfredzaamheid evalueert van personen met chronische pijn om ADL-activiteiten uit te voeren met pijn. [18]

Bewegingsangst:

- Tampa Scale of Kinesiophobia: is een vragenlijst bestaande uit zeventien items die het niveau van bewegingsangst bepaalt. Hoge waarden zijn een indicatie voor een grotere bewegingsangst. [17]

### 3.6 Data-analyse

De statistische analyse van de bekomen data zal gebeuren gebruik makend van SPSS 22.0 (SPSS Inc, Chicago, Ill).



#### 4. Timeplanning

	Augustus	September	Oktober	November	December	Januari	Februari	Maart	April	Mei	Juni
Indiening Ethische Commissie	■	■									
Rekrutering			■								
Testing				■	■						
Data analyse					■	■	■				
Uitschrijven MP2								■	■	■	
Presentatie											■





## 5. Referentielijst

1. Tomkins-Lane, C. C., & Haig, A. J. (2012). A review of activity monitors as a new technology for objectifying function in lumbar spinal stenosis. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 25(3), 177–85. <http://doi.org/10.3233/BMR-2012-0325>
2. Vincent, H. K., Seay, A. N., Montero, C., Conrad, B. P., Hurley, R. W., & Vincent, K. R. (2013). Kinesiophobia and fear-avoidance beliefs in overweight older adults with chronic low-back pain: relationship to walking endurance--part II. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation / Association of Academic Physiatrists*, 92(5), 439–45. <http://doi.org/10.1097/PHM.0b013e318287633c>
3. Freburger, J. K., Holmes, G. M., Agans, R. P., Jackman, A. M., Darter, J. D., Wallace, A. S., ... Carey, T. S. (2009). The rising prevalence of chronic low back pain. *Archives of Internal Medicine*, 169(3), 251–8. <http://doi.org/10.1001/archinternmed.2008.543>
4. Apkarian, A. V., Baliki, M. N., & Geha, P. Y. (2009). Towards a theory of chronic pain. *Progress in Neurobiology*, 87(2), 81–97. <http://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2008.09.018>
5. Burton, A. K., Balagué, F., Cardon, G., Eriksen, H. R., Henrotin, Y., Lahad, A., ... van der Beek, A. J. (2005). How to prevent low back pain. *Best Practice & Research. Clinical Rheumatology*, 19(4), 541–55. <http://doi.org/10.1016/j.berh.2005.03.001>
6. German Medical Association, National Association of Statutory Health Insurance Physicians, Association of Scientific Medical Societies . National Disease Management Guideline Low back pain. Short Version. 1 2011.
7. Koes, B. W., van Tulder, M., Lin, C.-W. C., Macedo, L. G., McAuley, J., & Maher, C. (2010). An updated overview of clinical guidelines for the management of non-specific low back pain in primary care. *European Spine Journal : Official Publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 19(12), 2075–94. <http://doi.org/10.1007/s00586-010-1502-y>
8. Van Tulder, M., Becker, A., Bekkering, T., Breen, A., del Real, M. T. G., Hutchinson, A., ... Malmivaara, A. (2006). Chapter 3. European guidelines for the management of acute nonspecific low back pain in primary care. *European Spine Journal : Official Publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 15 Suppl 2, S169–91. <http://doi.org/10.1007/s00586-006-1071-2>
9. Dekker-van Weering, M. G. H., Vollenbroek-Hutten, M. M. R., & Hermens, H. J. (2012). Do personalized feedback messages about activity patterns stimulate patients with chronic low back pain to change their activity behavior on a short term notice? *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 37(2), 81–9. <http://doi.org/10.1007/s10484-012-9181-6>
10. Engel, G. L. (1977). The care of the patient: art or science? *The Johns Hopkins Medical Journal*, 140(5), 222–32. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/859230>

11. Bousema, E. J., Verbunt, J. A., Seelen, H. A. M., Vlaeyen, J. W. S., & Knottnerus, J. A. (2007). Disuse and physical deconditioning in the first year after the onset of back pain. *Pain*, *130*(3), 279–86. <http://doi.org/10.1016/j.pain.2007.03.024>
12. Verbunt, J. A., Westerterp, K. R., van der Heijden, G. J., Seelen, H. A., Vlaeyen, J. W., & Knottnerus, J. A. (2001). Physical activity in daily life in patients with chronic low back pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *82*(6), 726–30. <http://doi.org/10.1053/apmr.2001.23182>
13. Griffin, D. W., Harmon, D. C., & Kennedy, N. M. (2012). Do patients with chronic low back pain have an altered level and/or pattern of physical activity compared to healthy individuals? A systematic review of the literature. *Physiotherapy*, *98*(1), 13–23. <http://doi.org/10.1016/j.physio.2011.04.350>
14. Schaller, A., & Froboese, I. (2014). Movement coaching: study protocol of a randomized controlled trial evaluating effects on physical activity and participation in low back pain patients. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *15*, 391. <http://doi.org/10.1186/1471-2474-15-391>
15. Bijur, P. E., Silver, W., & Gallagher, E. J. (2001). Reliability of the Visual Analog Scale for Measurement of Acute Pain. *Academic Emergency Medicine*, *8*(12), 1153–1157. <http://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2001.tb01132.x>
16. Van den Berg-Emons, R. J., L'Ortye, A. A., Buffart, L. M., Nieuwenhuijsen, C., Nooijen, C. F., Bergen, M. P., ... Bussmann, J. B. (2011). Validation of the Physical Activity Scale for individuals with physical disabilities. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *92*(6), 923–8. <http://doi.org/10.1016/j.apmr.2010.12.006>
17. French, D. J., France, C. R., Vigneau, F., French, J. a., & Evans, R. T. (2007). Fear of movement/(re)injury in chronic pain: A psychometric assessment of the original English version of the Tampa scale for kinesiophobia (TSK). *Pain*, *127*(1-2), 42–51. <http://doi.org/10.1016/j.pain.2006.07.016>
18. Tonkin, L. (2008). The pain self-efficacy questionnaire. *Australian Journal of Physiotherapy*, *54*(1), 77. [http://doi.org/10.1016/S0004-9514\(08\)70073-4](http://doi.org/10.1016/S0004-9514(08)70073-4)
19. Roland, M., & Morris, R. (1983). A study of the natural history of low-back pain. Part II: development of guidelines for trials of treatment in primary care. *Spine*.

## **Auteursrechtelijke overeenkomst**

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

**Het gebruik van sensoren voor detectie van fysieke activiteit bij patiënten met musculoskeletale aandoeningen en pijnproblematiek**

**Richting: master in de revalidatiewetenschappen en de kinesitherapie-revalidatiewetenschappen en kinesitherapie bij musculoskeletale aandoeningen**

Jaar: **2015**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

**Vanhees, Thomas**