

TNO-rapport

KvL/B&G 2008.123

Objectief meten bewegen; State of the art

Datum	November 2008
Auteur(s)	S.I. de Vries P. Schermers F. Gielis L.H. Engbers
Redactie	L.H. Engbers V.H. Hildebrandt
Opdrachtgever	Ministerie van VWS
Projectnummer	031.13135
Aantal pagina's	48 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	1

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Samenvatting

Inleiding

Door de beperkingen die verbonden zijn aan het gebruik van subjectieve methoden om bewegen te meten zoals vragenlijsten wordt er de laatste jaren in toenemende mate gebruik gemaakt van objectieve meetmethoden zoals versnellingsmeters. Deze trend wordt mede ingegeven door de huidige technologische ontwikkelingen waardoor het mogelijk is geworden om steeds nauwkeuriger (in termen van duur, frequentie, intensiteit maar ook in termen van houdingen en type beweging) en langer te meten. Bovendien worden deze technologieën steeds goedkoper. Hierdoor kunnen gegevens die verzameld worden met behulp van subjectieve meetmethoden optimaal ondersteund worden of in de nabije toekomst zelfs mogelijk helemaal vervangen worden door gegevens verzameld met behulp van objectieve meetmethoden.

Doel

Het huidige project heeft als einddoel om een in de (epidemiologische) praktijk toepasbare objectieve meetmethode te verkrijgen, die een zo breed mogelijk spectrum van bewegen kan meten.

Methode

Het project bestaat uit een aantal fasen, te weten:

- Fase 1: Een 'State of the Art' studie, bestaande uit een literatuurverkenning (incl. congresbezoek) en een veldverkenning onder commerciële bedrijven en kennisinstituten (zoals TNO, universiteiten en revalidatie centra)
- Fase 2: Een expertmeeting, waarin de conclusies en aanbevelingen van TNO zoals weergegeven in de rapportage over fase 1 ter discussie staan;
- Fase 3: Een haalbaarheidsstudie naar, dan wel een pilot met, een nieuw meetinstrument of eventueel een validering van een veelbelovende bestaande methode.

Dit rapport beschrijft de resultaten van fase 1.

Resultaten

- Binnen dit project is een set van wensen en eisen samengesteld waaraan het te ontwikkelen meetinstrument zou moeten voldoen. Hierin komen aspecten m.b.t. opslagcapaciteit, draagbaarheid, duur/frequentie/intensiteit, registreren van typen bewegingen, prijs en duurzaamheid aan de orde.
- Uit de literatuurstudie kwamen 13 verschillende objectieve methoden om bewegen te meten naar voren, variërend van versnellingsmeters tot voetdrukmeters. Er is echter geen meetinstrument voor het objectief meten van beweging naar voren gekomen dat volledig voldoet aan het opgestelde programma van wensen en eisen. Ondanks een aantal nadelen wordt binnen epidemiologisch onderzoek naar beweeg- en sedentair gedrag vooral gebruik gemaakt van versnellingsmeters. Deze worden in toenemende mate gecombineerd met andere sensoren zoals hartslagmeters en/of Global positioning system. De congresbezoeken brachten tevens een nieuwe ontwikkeling aan het licht waarbij met nieuwe data analyse methodieken (patroonherkenning) in verschillende type beweging herkend kunnen worden versnellingsmeter data. Hiermee wordt aan een belangrijk nadeel van versnellingsmeters tegemoet gekomen en kan het energieverbruik en beweegpatroon bij verschillende doelgroepen in kaart worden gebracht.

- In het kader van de veldverkenning zijn personen binnen zes bedrijven en drie opleidingen in Nederland benaderd. Met een aantal deskundigen binnen de TNO kerngebieden is een aparte interne sessie belegd. Ten behoeve van het meten van bewegen wordt er in veld voornamelijk een combinatie van (verschillende typen) versnellingsmeters, gyrometers (t.b.v. hoeksnelheid) en/ of zelfs een ‘fibre optic’ sensor gebruikt. Al dan niet samengebracht in een uitontwikkeld commercieel product, een prototype instrument, of samengesteld systeem voor toepassing in de gezondheidszorg (i.e. zorg op afstand). Echter geen van de meetinstrumenten voldeed aan de gestelde wensen en eisen; een merendeel van de instrumenten bleek te duur, plaatsgebonden of was niet gebruikersvriendelijk.

Conclusie

Met de huidige technieken is het nog niet mogelijk om alle gewenste aspecten van bewegen te kunnen meten zonder daarbij afbreuk te doen aan de draagbaarheid en betaalbaarheid van het meetinstrument. De combinatie van versnellingsmeter - hartslagmeter (al dan niet met GPS) - patroonherkenningmethodieken lijkt veelbelovend en haalbaar om aan een merendeel van de gestelde eisen te voldoen. Het verdient dan ook aanbeveling in de volgende fase van dit project een pilot uit te voeren met bijvoorbeeld de Actiheart/-Graph en te bezien of met genoemde patroonherkenning-methodieken een valide en betrouwbaar beeld van het beweegpatroon in diverse doelgroepen is te verkrijgen.

Summary

Introduction

Due to the limitations (e.g. social desirability) that are inherent to subjective methods that measure physical activity (PA) currently more and more objective methods are being used for this purpose. Technological developments make it easier to measure PA more accurately in terms of duration, frequency, intensity but also in terms of posture and type of PA. Moreover, many of these new technologies are getting cheaper (for example storage capacity). Subjective methods can in the near future be supplemented with these new objective methods for measuring PA or the subjective methods can fully be replaced.

Goal

The current project has the ultimate goal to develop a feasible objective method for measuring PA for use in epidemiological research, which can measure a broad spectrum of PA.

Method

This project consists of the following phases:

- Phase 1: A 'state of the art' study, consisting of a literature exploration (incl. visits to relevant conferences) and a field study among commercial enterprises and knowledge institutes (such as universities and rehabilitation centers).
- Phase 2: An expert meeting in which the conclusion and recommendation from phase 1 are being discussed and fine tuned.
- Phase 3: A feasibility study, or a pilot, with a new to be developed instrument or method or a validation of a promising existing measuring instrument or method.

This report describes the results of phase 1.

Results

This project produced a set of wishes and demands that an instrument has to meet to be used in epidemiological research. In this list aspects related to storage capacity, feasibility, registration of different types of PA, duration, estimation of energy expenditure, price and durability are described.

The literature exploration showed 13 different methods for measuring PA. No instrument met all the wishes and demands as formulated earlier. Accelerometers are still the most used type of instrument for research purposes, despite certain disadvantages (e.g. not being able to register cycling and stair climbing). These instruments are increasingly being combined with other sensors such as GPS and heart rate sensors. The attended conferences (n = 2) showed new innovative and promising methods (pattern recognition) to analyze data collected with accelerometers. With these methods different types of PA can be recognized (e.g. cycling).

Within the framework of the field exploration relevant persons within six companies and three universities in the Netherlands were interviewed. To measure PA, most of the companies used a combination of several sensors such as accelerometers, gyroscopes and even a fibre optic sensor. These sensors are combined in one measuring system which is mostly a prototype of some kind, an of the shelf commercially available product or a complete system for use in healthcare (E-health application). Most of the

instruments were developed to monitor quality of movement or changes in PA patterns. However none of the instruments met the set of wishes and demands completely; a large majority of the instruments were too expensive, location bound or were not user friendly.

Conclusion

It appeared that with the current sensors and instruments it is not yet possible to measure all aspect of PA without compromising the user friendliness and affordability of the measurement system. The combination of an accelerometer, heart rate monitoring (GPS) and pattern recognition methods seem promising and feasible to meet most of the wishes and demands as formulated in this project. Based on the results it is recommended to start a pilot in which the possibilities of new pattern recognition methods are explored to get a reliable and valid insight in PA pattern of different populations by making use of an Actiheart/-Graph to collect the data.

Inhoudsopgave

	Samenvatting.....	3
	Summary	5
1	Inleiding.....	9
1.1	Vragenlijsten.....	9
1.2	Objectief meten van bewegen.....	10
1.3	Doelstelling en fasering project	11
1.4	Leeswijzer.....	11
2	Programma van eisen en wensen.....	13
2.1	Inleiding.....	13
2.2	Onderdelen objectief bewegingsregistratiesysteem	13
2.3	Doelen.....	13
2.4	Te meten dimensies	13
2.5	Fysieke kenmerken	14
2.6	Programma van wensen en eisen	15
3	Literatuur	17
3.1	Inleiding.....	17
3.2	Methode	17
3.3	Resultaten	18
3.4	Discussie en conclusie	26
4	Veldverkenning	29
4.1	Inleiding.....	29
4.2	Methode	29
4.4	Systemen en technieken binnen TNO.....	31
4.5	Beoordeling.....	32
4.6	Systemen en technieken binnen de overig benaderde bedrijven en instellingen	34
4.7	Beoordeling.....	37
4.8	Conclusie	38
5	Discussie en conclusie	41
6	Referenties	43
	Bijlage(n)	
	A Gespreksrichtlijn	

1 Inleiding

In het afgelopen decennium heeft er een enorme ontwikkeling plaatsgevonden op het gebied van beweegstimulering. Binnen een relatief korte periode is het belang van bewegen voor de gezondheid niet alleen onderkend, maar is ook op grote schaal een actief beweegstimuleringsbeleid in Nederland uitgerold. Het succes van dit beleid heeft er toe geleid dat er in toenemende mate behoefte is aan gegevens over sport en bewegen op nationaal, regionaal, lokaal en individueel niveau. Hiermee is ook de vraag toegenomen naar valide en betrouwbare methoden voor het meten van sport en bewegen op verschillende niveaus, voor verschillende doelen en bij verschillende doelgroepen.

Er zijn verschillende subjectieve en objectieve methoden om sport en bewegen te meten. Onder subjectieve meetmethoden vallen gewoonlijk vragenlijsten, dagboekjes en interviews. Voorbeelden van objectieve meetmethoden zijn: dubbel gelabeld water, indirecte calorimetrie, hartslagmeters, stappentellers en versnellingsmeters. Elke methode heeft zowel voor- als nadelen (De Vries et al., 2003). De ideale methode, een gouden standaard, voor het meten van bewegen bestaat op dit moment niet. Dubbel gelabeld water wordt soms beschouwd als gouden standaard, maar deze arbeidsintensieve en dus niet praktische methode, om energieverbruik te bepalen, geeft geen inzicht in de frequentie, intensiteit en tijdsduur van sport- en beweegactiviteiten of het type activiteiten. Bij gebrek aan een bruikbare gouden standaard wordt in elk onderzoek een andere keuze gemaakt uit het brede scala aan meetmethoden, mede afhankelijk van het onderzoeksbudget, de onderzoeksvraag, de onderzoekspopulatie, de beschikbare tijd, en de eisen die worden gesteld aan de validiteit en betrouwbaarheid van het meetinstrument en de beschikbaarheid van norm- en referentiewaarden (Vrijkotte et al., 2007; De Vries et al., 2003).

1.1 Vragenlijsten

Vragenlijsten domineren van oudsher het pallet aan meetmethoden omdat zij relatief simpel en met lage kosten zijn in te zetten bij grote groepen mensen en weinig specifieke expertise (lijken te) behoeven. Het is echter de vraag of dezelfde vragenlijst kan worden gebruikt voor verschillende onderzoeksdoeleinden en voor verschillende doelgroepen. In hoeverre kunnen landelijke monitorinstrumenten zoals OBiN (Ongevallen en Bewegen in Nederland) en SQUASH (Short QUestionnaire to ASsess Health-enhancing physical activity) gebruikt worden voor bijvoorbeeld het evalueren van lokale interventies, het screenen van mensen met bewegingsarmoede of het opstellen van een beweegprogramma op maat. Hoe valide en betrouwbaar zijn deze methoden? Hoe verhouden zich de verschillende monitorinstrumenten tot elkaar?

Bovenstaande vraagstukken zijn door diverse partijen opgepakt, waaronder TNO, het RIVM, diverse universiteiten en GGD Nederland.

- *Ontwikkeling standaardvraagstellingen bewegen*
GGD Nederland heeft in 2005 twee standaardvraagstellingen vastgelegd om het beweeggedrag van jeugd en volwassenen te meten. GGD'en gebruiken deze standaardvraagstellingen voor de lokale en/of regionale enquêtes. Op basis van deze enquêtes berekent het RIVM landelijke cijfers over beweeggedrag. (www.monitoregezondheid.nl).
- *Consensus vragenlijsten sport en bewegen jeugd en volwassenen*
TNO heeft in 2005 in samenwerking met het RIVM een expertmeeting georganiseerd om consensus te bereiken over het monitoren van sport en bewegen in Nederland

door middel van vragenlijsten (Ooijendijk et al., 2005; Ooijendijk et al., 2007). Voor de onderwerpen sport, bewegen door volwassenen en bewegen door jeugd is in kaart gebracht welke monitorsystemen in Nederland operationeel zijn en wat de overeenkomsten en verschillen tussen de diverse monitorsystemen zijn.

- *Inventarisatie vragenlijsten sport en bewegen ouderen*
TNO heeft in 2007 vanuit het EUNAAPA (European Network for Action on Aging and Physical Activity) netwerk geïnventariseerd welke vragenlijsten in Nederland het meest gebruikt worden voor het monitoren van sport en bewegen van ouderen (De Vreede & Tak, 2007). Het EMGO instituut werkt aan wetenschappelijke reviews om de kwaliteit van de vragenlijsten in kaart te brengen en te onderzoeken waar nog vraagstukken met betrekking tot de vragenlijsten liggen.
- *Validering OBiN- en SQUASH-vragen*
Het RIVM onderzoekt momenteel de validiteit en de onderlinge vergelijkbaarheid van de OBiN en SQUASH. Uitkomsten van beide vragenlijsten worden o.a. vergeleken in termen van de Nederlandse Norm Gezond Bewegen, de fitnorm en de combinorm. Daarnaast worden de uitkomsten van beide vragenlijsten vergeleken met de metingen van de ActiHeart (een gecombineerde hartslag en versnellingsmeter) om de validiteit te kunnen vaststellen. Eind 2008 worden de resultaten van dit onderzoek verwacht.

Vragenlijsten hebben een aantal beperkingen. Zij zijn volledig afhankelijk van de subjectieve inschatting (herinnering) van de respondent, welke in grote mate afhankelijk is van persoonskenmerken en de sociale normen en waarden die op dat moment gelden. De tijdsduur van intensief bewegen wordt veelal overschat en de tijdsduur van minder intensieve, vaak voorkomende, activiteiten zoals wandelen wordt vaak onderschat (Armstrong & Welsman, 2006). Over het algemeen haalt een hoger percentage de beweegnorm als er subjectief gemeten wordt in plaats van objectief. Zo kwam uit een Amerikaanse monitor (National Health and Nutritional Examination Survey (NHANES)) naar voren dat 51% van de volwassenen (20+) de beweegnorm haalt als wordt uitgegaan van zelfgerapporteerde gegevens en 4% als wordt uitgegaan van versnellingsmeter gegevens (Troiano et al., 2008).

Bovenstaande betekent dat met vragenlijsten een verkleurd en in sommige opzichten een globaal beeld van het beweeggedrag van individuen wordt verkregen. Om een meer accuraat beeld te krijgen, zijn dus andere en/of aanvullende methoden nodig. Ervan uitgaande dat een objectieve methode alle relevante typen beweging kan registreren, moeten objectieve meetmethoden voor beweeggedrag als serieuze kandidaat worden gezien.

1.2 Objectief meten van bewegen

Er wordt de laatste jaren in toenemende mate gebruik gemaakt van objectieve methoden om bewegen te meten (Troiano et al., 2008; De Vries et al., 2006). Echter hebben objectieve methoden ook nadelen; zo zijn versnellingsmeters bijvoorbeeld minder geschikt om statische activiteit en fietsen te meten. Desondanks maken de huidige technologische ontwikkelingen het echter mogelijk om steeds nauwkeuriger (in termen van duur, frequentie, intensiteit maar ook type beweging) en langer te meten. Bovendien worden deze technologieën steeds goedkoper. Het gaat hier bijvoorbeeld om de toegenomen en goedkopere opslagcapaciteit, het grootschalig beschikbaar komen van Global Positioning Systems (GPS) in mobiele telefoons en de ontwikkeling van kleine, maar hoogst intelligente stappentellers c.q. 'personal coaches', die het individuele beweeggedrag nauwkeurig registreren. Ook de ontwikkeling op het gebied

van hightech sensoren waarmee menselijke verplaatsingen en houdingen nauwkeurig in kaart kunnen worden gebracht, moet hier worden genoemd. Deze ontwikkelingen maken het waarschijnlijk mogelijk een valide, betrouwbare, in de praktijk goed toepasbare en relatief goedkope, objectieve methode te ontwikkelen om het beweeggedrag van diverse doelgroepen zoals jeugd, ouderen en werknemers te meten. Aangezien er de laatste tijd steeds meer aandacht komt voor sedentair gedrag (de tijd die men zittend/liggend doorbrengt) zal een meetmethode die beweeggedrag meet bij voorkeur ook dit sedentaire gedrag moeten kunnen meten. De mogelijkheid bestaat dat hiervoor een apart meetinstrument nodig zal zijn.

1.3 Doelstelling en fasering project

Het huidige project heeft als einddoel om een in de (epidemiologische) praktijk toepasbare objectieve meetmethode voor fysieke (in)activiteit te verkrijgen, die een zo breed mogelijk spectrum van bewegen kan meten. Hierbij inspeland op en gebruikmakend van al beschikbare kennis, huidige technologische ontwikkelingen, bestaande kansrijke instrumenten en de activiteiten van andere relevante partijen (nationaal en internationaal).

Het project bestaat uit een aantal fasen, te weten:

- Fase 1: Een 'State of the Art' studie, bestaande uit een literatuurverkenning en een veldverkenning onder commerciële bedrijven en kennisinstituten (zoals TNO, universiteiten en revalidatie centra)
- Fase 2: Een expertmeeting, waarin de conclusies en aanbevelingen van TNO zoals weergegeven in de rapportage over fase 1 ter discussie staan;
- Fase 3: Een haalbaarheidsstudie naar, dan wel een pilot met, een nieuw meetinstrument of eventueel een validering van een veelbelovende bestaande methode.

Dit rapport beschrijft de resultaten van fase 1 en zal de input vormen voor de expertmeeting (fase 2).

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de set van wensen en eisen die aan een objectief meetinstrument gesteld zouden moet worden om gebruikt te kunnen worden binnen epidemiologisch onderzoek. Hoofdstuk 3 vermeldt de bevindingen van de literatuurverkenning, waarbij de huidige stand van zaken binnen het wetenschappelijk onderzoek is weergegeven ten aanzien van objectieve meetmethoden van beweeg- en sedentair gedrag bij drie belangrijke doelgroepen (jeugd, ouderen en volwassenen/werknemers). In hoofdstuk 4 wordt verslag gedaan van een veldverkenning naar interessante c.q. veelbelovende technologische ontwikkelingen op gebied van objectieve bewegingsregistratie (nationaal en internationaal). Er wordt verslag gedaan van gesprekken die zijn gevoerd met personen binnen commerciële bedrijven, universiteiten, revalidatiecentra en TNO werkzaam op het gebied van bewegingsregistratie. Hoofdstuk 5 presenteert de conclusies. Er wordt tevens een voorstel gedaan voor de invulling van fase 3.

2 Programma van eisen en wensen

2.1 Inleiding

Om bruikbaar te zijn voor epidemiologisch onderzoek binnen de diverse doelgroepen (zoals jeugd, volwassenen en ouderen), zullen eisen en wensen geformuleerd moeten worden waaraan een objectief meetinstrument moet voldoen. Daarvoor is eerst nagegaan uit welke onderdelen een objectief bewegingsregistratiesysteem in principe zou moeten bestaan (2.2), met welk doel een dergelijk instrument ingezet wordt (2.3), welke aspecten/dimensies van bewegen het instrument bij voorkeur moet kunnen meten (2.4) en aan welke fysieke kenmerken het meetinstrument zou moeten voldoen (2.5). Op basis daarvan worden in paragraaf 2.6 de concrete eisen en wensen geformuleerd.

2.2 Onderdelen objectief bewegingsregistratiesysteem

Het meetinstrument bestaat in principe uit de volgende onderdelen:

- Een sensordeel, met bijvoorbeeld versnellingssensoren;
- Een logger die alle gegevens opslaat op een geheugenkaart (bijvoorbeeld een microSD);
- Een USB connectie om data uit de logger te kunnen halen en de accu/batterij op te laden;
- Een draadloze verbinding naar buiten waarlangs je de data kan uitlezen, maar waarmee je mogelijk ook 'real time' gegevens kan volgen naar bijvoorbeeld een centraal grondstation;
- Alle elektronica klein uitgevoerd en op een comfortabele manier geïntegreerd met het sensorgedeelte, bijvoorbeeld een klein (plat) kastje aan de buitenkant van de knie op het onderbeen;
- Voor buitengebruik eventueel een GPS chip om de positie te bepalen. Binnen lukt dat nog niet; wel kan je aan het signaal zien of iemand binnen of buiten is;
- Software om de gegevens in de PC te kunnen interpreteren en evalueren;
- Waterdichte behuizing.

2.3 Doelen

Het meetinstrument moet ingezet kunnen worden ten behoeve van:

- Identificatie van risicogroepen, zowel in de zin van voldoende bewegen als het vaststellen van sedentair gedrag.
- Evaluatie van beweeginterventies met betrekking tot de effecten op beweeg- en sedentair gedrag.
- Monitoren van trends in bewegen in de algemene bevolking en subgroepen daarbinnen.

2.4 Te meten dimensies

Het instrument meet de volgende dimensies:

- Kwantiteit van bewegen (intensiteit, duur en frequentie);
- Beweegarmoede/sedentair gedrag;
- Kwaliteit van beweging¹;

– ¹ Voor de doelgroep ouderen moet een meetinstrument inzicht kunnen geven in wanneer en hoe vaak een persoon vermogen levert bijvoorbeeld o.a.: korte tijd intens, versus langere tijd rond een gemiddelde

- Soort/type beweging (inclusief transities in houdingen).

2.5 Fysieke kenmerken

Voor het meten van beweging binnen alle doelgroepen is het van belang dat het meetinstrument:

- bewegingen niet belemmert;
- 24 uur draagbaar moet zijn;
- geen aanleiding mag geven tot ander beweeggedrag;
- Gevoelig genoeg is om kleine veranderingen in beweegintensiteit te registreren;
- bij voorkeur waterbestendig is, zodat het instrument ook tijdens zwemmen en andere activiteiten met water gedragen kan worden.

Voor de doelgroep jeugd is het daarnaast van belang dat het meetinstrument:

- robuust is (bijvoorbeeld: het instrument kan ook gedragen worden tijdens contactsporten zoals voetbal en judo).
- De samplefrequentie hoog genoeg is om ook kortdurende bewegingen (< 15 seconde) te registreren.

Voor de doelgroep volwassenen is het specifiek van belang dat het meetinstrument:

- in principe inzetbaar is in allerlei beroepen (variërend van fysiek zware beroepen tot zittende beroepen).
- gevoelig genoeg is om kleine veranderingen in beweegpatroon te kunnen vastleggen: bij beroepen waar veel beweegarmoede voorkomt, zal de duur van bewegen immers geregeld kort zijn (even naar de printer lopen, koffie halen, een paar trappen op of af).
- niet gevoelig is voor omgevingsinvloeden, zoals trillingen door autorijden of werkgerelateerde apparatuur.
- zowel binnen (in het gebouw) als buiten (vrije tijd/thuis) te gebruiken is.

Voor de doelgroep ouderen is het specifiek van belang dat het meetinstrument:

- een optimaal draagcomfort heeft (bij Decubitus patiënten van belang dat zij het instrument 's nachts kunnen dragen; daarnaast kenmerkt de groep ouderen zich door kwetsbaarheid (bijvoorbeeld een gevoelige huid, waardoor meetinstrumenten die direct contact met de huid maken minder geschikt zijn).
- eenvoudig in (zelf)gebruik is (in verband met verslechterde handvaardigheid, visus en cognitie van doelgroep).
- in staat moet zijn om lopen te kunnen meten bij ouderen met een schuifelend looppatroon of bij gebruik van hulpmiddelen (bijvoorbeeld rollators).
- een goed onderscheidend vermogen heeft bij lage intensiteit van bewegen (ouderen hebben over het algemeen een lagere intensiteit van bewegen / een lagere belastbaarheid).

intensiteit. Binnen de doelgroep volwassenen is het meten van de statische belasting. Binnen de doelgroep kinderen is de kwaliteit van bewegen vooral voor onderzoek bij hele jonge kinderen (0-4 jaar) of voor kinderen met een motorische achterstand van belang.

2.6 Programma van wensen en eisen

Op basis van bovenstaande wensen en eisen is het volgende programma opgesteld:

❖ **Duur**

De meetmethode kan gedurende minimaal 7 dagen (dus zowel week- als weekenddagen) meten, waarbij minimaal elke 15 seconde een meetwaarde wordt gegenereerd. De opslagcapaciteit van het geheugen moet hierop berekend zijn. Daarnaast moet ook de batterij of andere stroomvoorziening minimaal een week mee kunnen gaan, zonder deze tussendoor te moeten opladen.

❖ **Afmeting en draagbaarheid**

De meetmethode moet op het lichaam gedragen kunnen worden. Er mag geen hinder aan ondervonden worden. Het mag ook geen afbreuk doen aan de verschijning (onopvallend zijn). Daarnaast moet het bij voorkeur dag en nacht gedragen kunnen worden. Als laatste moet het bij voorkeur bestand zijn tegen douchen, zwemmen, etc..

❖ **Intensiteit**

De meetmethode moet een goede indruk geven van de intensiteit van bewegen.

❖ **Type bewegingen**

De meetmethode moet onderscheid kunnen maken tussen:

- Alle soorten lopen (hardlopen, wandelen, schuifelend lopen, etc.)
- Traplopen
- Fietsen
- Liggen
- Zitten
- Staan
- Beweging zonder verplaatsing in de ruimte (bijvoorbeeld op een hometrainer)

Bij voorkeur ook:

- Kwaliteit van beweging: Valrisico en/of Balans
- Zwemmen

❖ **Locatie**

Indien mogelijk moet de meetmethode gekoppeld kunnen worden aan een extern GPS-systeem (bijvoorbeeld GSM) of een GPS-chip ingebouwd hebben. Hierbij bestaat bij voorkeur geen afhankelijkheid van een bepaalde locatie, bijvoorbeeld alleen binnen een bepaald gebouw of in de directe nabijheid van de meetapparatuur.

❖ **Dataverwerking**

Bij voorkeur is dedicated software beschikbaar waarmee standaardanalyses en rapportage mogelijk zijn, maar waarmee de onderzoeker ook zelf met de ruwe data kan werken. De volgende uitkomstmaten zijn hierbij in ieder geval gewenst: het aantal minuten per dag op verschillende intensiteit niveaus (sedentair, licht, matig, zwaar), het energieverbruik, aantal minuten per dag per soort beweging. Sowieso moet de gegenereerde data compatible zijn met bestaande software voor analyses, zoals bijvoorbeeld SPSS.

❖ **Energieverbruik**

Het energieverbruik moet afgeleid kunnen worden uit de data.

❖ **Prijs**

Idealiter maximaal €150,- bij een afname van 1000 stuks.

❖ **Duurzaamheid**

Bestand tegen oneigenlijk gebruik.

3 Literatuur

3.1 Inleiding

Het doel van dit hoofdstuk is een overzicht te geven van objectieve methoden voor het meten van bewegen die op dit moment in de literatuur beschreven worden. De methoden zullen aan de hand van instrumentcategorieën (stappentellers, versnellingsmeters, etc.) besproken worden. Bij elk instrument zal kort beschreven worden hoe het werkt. Waar mogelijk wordt de validiteit en betrouwbaarheid besproken. Verder zal besproken worden welke uitkomstmaten het instrument meet, bijvoorbeeld of het mogelijk is sedentair gedrag te meten. Ook zullen de voor- en de nadelen van elke methode besproken worden.

3.2 Methode

Er is er een literatuursearch uitgevoerd in de computerdatabases van PubMed, Scopus en de TNO beweegliteratuur database. Vanwege de grote hoeveelheid beschikbare literatuur is alleen naar reviews gezocht. Arbeidsintensieve methoden en/of locatieafhankelijke methoden die bij voorbaat niet in een epidemiologische setting (waarbij grote groepen gedurende langere tijd zowel thuis als buiten gevolgd worden) ingezet kunnen worden, zijn niet in dit hoofdstuk meegenomen. Het gaat dan bij voorbeeld om methoden zoals krachtenplatforms, ademgasanalyse, dubbel gelabeld water en indirecte calorimetrie. Omdat meetmethoden die objectief bewegen meten sterk onderhevig zijn aan technologische ontwikkelingen, is alleen gezocht naar reviews gepubliceerd na 1995. Op basis van enkele en gecombineerde zoektermen werden Nederlandse, Engelse en Franse artikelen geselecteerd. De volgende Engelse zoektermen zijn gebruikt: exercise, objective measurement, instruments, physical fitness, pedometer, accelerometer, kinesiology, accuracy, sensitivity, specificity, reproducibility of results, objective monitoring, equipment design, motion sensor, (portable) heart rate monitor, ergometry, motor activity, physiology, ambulatory, global positioning system, step counter, movement sensor, reliability, movement, leisure activities, activities of daily living en locomotion. Om te worden geïncludeerd moesten de reviews een of meerdere objectieve meetmethoden beschrijven en tevens informatie verschaffen over de technische specificaties en praktische aspecten bij gebruik van de meetinstrumenten.

De hierboven beschreven zoekstrategie leverde 200 reviews op. Na het excluseren van dubbele reviews, bleven 161 reviews over. Vervolgens zijn de abstracts van deze reviews gescand en zijn 76 reviews verwijderd welke voornamelijk niet relevante meetmethoden als onderwerp hadden. Hierna bleven er 85 potentiële reviews ter lezing over. Na alle geselecteerde reviews gelezen te hebben zijn de reviews die de effectiviteit van interventies beschreven (met een objectief instrument) niet opgenomen in het rapport. Na deze selectie bleven er 18 relevante reviews over waarin naast de verschillende meetinstrumenten ook verschillende technische en praktische aspecten van diverse instrumenten werden beschreven. (De Vries et al., 2006, Eston et al., 1998, Louie, 1990, Kilanowski, 1999 Bassett et al., 1996, Berlin, Storti & Brach, 2006, Van Hees, 2005, Westerterp, 2005, Healy et al., 2007, Tammelin et al., 2007, Ainslie, Reilly en Westerterp, 2003, Sirard & Pate, 2001, Trost, 2000, Aminian & Najafi, 2004, Zijlstra & Aminian, 2007, Larsson, 2003, Rennie & Wareham, 1998, Bjornson, & Belza, 2004).

Tevens zijn een tweetal recente congressen op het gebied van (registratie van) lichamelijke activiteit bezocht om de bevindingen in de literatuurverkenning aan te vullen en te toetsen. Deze zijn:

1. International Congress on Physical Activity and Public Health (ICPAPH) en;
2. International Conference of Ambulatory Monitoring of Physical Activity and Movement (ICAMPAM)

3.3 Resultaten

Onderstaand zullen de verschillende objectieve meetmethoden beschreven worden. Eerst zal er per meetmethode een korte beschrijving gegeven worden en vervolgens zullen de voor- en nadelen, voor zover die in de literatuur te vinden zijn, besproken worden.

3.3.1 *Stappentellers*

Stappentellers worden gebruikt om het aantal stappen dat gezet wordt in een bepaalde periode te tellen en ook soms om de afgelegde afstand te schatten. Stappentellers werden in zes van de 20 reviews beschreven (De Vries et al., 2006, Eston et al., 1998, Louie, 1990, Kilanowski, 1999, Bassett et al., 1996, Berlin, Storti & Brach, 2006, Van Hees, 2005). Stappentellers zijn relatief kleine apparaatjes. Een stappenteller is ongeveer 5 cm x 4 cm x 2 cm (Digiwalker en Sun Trekling) en weegt ongeveer 20-50 gram.

Meetmethode

Stappentellers gebruiken drie mechanismen om stappen vast te leggen. Het eerste en meest eenvoudige is een door een veer opgespannen, horizontale hefboom die op en neer beweegt als gevolg van het bewegen van de heup. Nieuwere modellen maken gebruik van een magneetschakelaar. Dit is een kleine schakelaar, verpakt in een glazen behuizing, die een stroomkring sluit als gevolg van een magnetisch veld. Het derde principe is vergelijkbaar met het mechanisme van een versnellingsmeter (besproken in de paragraaf 'versnellingsmeters'). De overeenkomst tussen deze systemen is dat er een stroomkring gesloten wordt als gevolg van de verticale beweging van de heup. Hierdoor wordt er een stap geteld. Sommige modellen geven aan de hand van ingevoerde gegevens over de staplengte ook een schatting van de afgelegde afstand. De oudere modellen stappentellers hadden veel problemen met betrouwbaarheid en validiteit, nieuwere modellen zijn nauwkeuriger (Berlin, Storti & Brach, 2006).

Stappentellers zijn zeer nauwkeurig in het tellen van stappen bij mensen zonder beperkingen die op zijn minst 0,9 meter per seconde lopen (ongeveer 3,6 km/u). Stappentellers onderschatten vaak het aantal stappen bij een looptempo langzamer dan 0,9 meter per seconde of als er onregelmatig of instabiel gelopen wordt (Berlin, Storti & Brach, 2006).

Een gangbare procedure is om mensen de stappenteller een week te laten dragen en aan de hand hiervan het gemiddelde aantal stappen per dag te berekenen. Zo wordt de meetvariantie verlaagd en wordt er ook rekening gehouden met verschillen tussen week- en weekenddagen. In het weekend worden er vaak minder stappen gezet dan doordeweeks. Bij metingen van minder dagen kan het bijvoorbeeld zo zijn dat er bij de ene persoon alleen weekdagen in deze periode vallen en bij de andere persoon ook weekenddagen. De resultaten zullen dan niet vergelijkbaar zijn (Berlin, Storti & Brach, 2006).

Voor- en nadelen

Voordelen van stappentellers zijn dat ze lichtgewicht zijn en draagbaar rond middel. Daarnaast zijn stappentellers relatief simpel in gebruik en goedkoop. De prijs van een stappenteller varieert van 7-150 euro (Berlin, Storti & Brach, 2006). Ook is er geen aparte software nodig om een stappenteller te gebruiken, de data zijn direct afleesbaar van de display (Van Hees, 2005). Daarnaast wordt er relatief weinig hinder ondervonden aan het dragen van een stappenteller. Stappentellers zijn vaak te bevestigen aan riem of broekrand en kunnen hierdoor zonder hinder gedragen worden. Een groot nadeel van stappentellers is dat ze alleen stappen kunnen tellen, dus het geeft alleen of er wel of niet gelopen is, maar niet met welke intensiteit. Aan de hand van het aantal stappen kan een schatting gemaakt worden van andere waarden zoals de totale afstand en het energieverbruik. Met een stappenteller worden een aantal relevante aspecten van bewegen niet gemeten, een stappenteller kan namelijk niet de helling waaronder gelopen wordt meten, de grootte van de stappen en de snelheid waarmee gelopen wordt. Hierdoor is het niet mogelijk een oordeel te geven over de intensiteit van bewegen, de duur, de frequentie en het type activiteit. Daarnaast is het ook een nadeel dat stappentellers voor de dataverwerking afhankelijk zijn van zelfgerapporteerde gegevens. Stappentellers bevatten geen dataopslag. Hierdoor is de rapportage van het aantal gezette stappen over een tijdsperiode afhankelijk van de persoon zelf. Deze persoon zal bijvoorbeeld van de onderzoeker de instructie krijgen om iedere avond het aantal stappen over te schrijven van de display. Op het moment dat dit een keer vergeten is, zal er misschien een verkeerde schatting gemaakt worden van het aantal stappen. Dit maakt het objectieve instrument erg afhankelijk van het individu, dus in feite een zelfgerapporteerd instrument met een geheugensteuntje, de stappenteller zelf. Hierbij bestaat dus het risico op bias en dus vertekende effecten.

Validiteit en betrouwbaarheid

De Vries et al. (2006), Eston et al. (1998), Louie (1990) en Kilanowski (1999) concluderen in hun onderzoeken dat de stappenteller (hier specifiek de Yamax Digiwalker) een *valide* manier is om beweeggedrag van kinderen te meten wanneer de gewenste uitkomstmaat het aantal stappen is. De stappenteller wordt ook als een *valide* en *betrouwbare* meetmethode gezien voor volwassenen (Bassett et al. ,1996) wanneer de gewenste uitkomstmaat het aantal stappen is.

3.3.2 Versnellingsmeters

Versnellingsmeters zijn elektrische sensoren die versnelling veroorzaakt door beweging detecteren en vastleggen. Versnellingsmeters worden in verreweg de meeste reviews beschreven; 13 van de 20 reviews beschreven deze meetmethode. Versnellingsmeters kunnen intensiteit, frequentie, patroon (tijdstip) en duur van activiteit meten. Zij bestaan uit piëzo-resistieve of piëzo-electrische sensoren. Piëzo-resistieve sensoren hebben een externe stroombron nodig en reageren ook op een constante versnelling zoals zwaartekracht. Piëzo-electrische sensoren reageren niet op constante versnelling en hun grote voordeel is dat er, behalve voor het opslaan van data, geen batterij nodig is. Dit zorgt voor een aanzienlijke vermindering in grootte en gewicht van de versnellingsmeter (Westerterp et al., 2004).

Meetmethode

Er zijn drie soorten versnellingsmeters: de eendimensionale, tweedimensionale en driedimensionale versnellingsmeter. Eendimensionale versnellingsmeters meten alleen versnelling in het verticale vlak, hiermee kan dus tijdens het lopen gekeken worden de verticale beweging van de meter die bij elke stap ontstaat. Tweedimensionale

versnellingsmeters meten versnelling in het verticale en medialaterale vlak. Driedimensionale versnellingsmeters meten versnelling in het verticale, medialaterale en horizontale vlak. Door de toevoeging van dimensies kan in theorie een breder spectrum van beweging gemeten worden, zoals fietsen in plaats van alleen lopen. In het geval dat iemand rent is er een grotere voorwaartse beweging dan in het geval dat iemand wandelt. Door gebruik te maken van meerdere assen waarlangs gemeten wordt, worden er data met een hogere gevoeligheid ('resolutie') verzameld, waaruit met andere analysemethoden meerdere typen beweging herkend kunnen worden. Uit de literatuur komt echter geen eenduidige bewijs naar voren over de meerwaarde van de driedimensionale versnellingsmeters ten opzichte van de eendimensionale versnellingsmeters. Er is geen duidelijkheid of driedimensionale versnellingsmeters daadwerkelijk beter het beweeggedrag kunnen weergeven dan eendimensionale versnellingsmeters. In de afgelopen jaren zijn versnellingsmeters volledig geaccepteerd als een van de meest veelbelovende en in de epidemiologische praktijk toepasbare manieren om beweging te meten.

Data verzameld met versnellingsmeters worden automatisch uitgedrukt in 'counts' of tellen. In tegenstelling tot stappentellers geeft de hoogte van de 'counts' een indruk van de intensiteit; versnellingsmeter 'counts' zijn een maat van de frequentie en intensiteit van verticale versnelling of vertraging. Met behulp van deze 'counts' kan er een schatting gegeven worden van het energieverbruik aan de hand van een vaste formule.

Verschillende onderzoeken stellen dat er 4 tot 9 dagen nodig zijn om betrouwbare schattingen te kunnen doen over dagelijkse fysieke activiteit. Voor betrouwbare metingen van beweegpatronen bij volwassenen zijn tenminste 7 dagen nodig. Bij kinderen zijn 4-5 dagen nodig en bij adolescenten 8-9 dagen (Berlin, Storti & Brach, 2006).

Versnellingsmeters zijn relatief klein en licht (de afmetingen van de versnellingsmeters zijn vergelijkbaar met de stappenteller) en kunnen gedragen worden op verschillende plaatsen op het lichaam. Ze worden aan het lichaam bevestigd door middel van bijvoorbeeld riemen of klittenband. De gekozen plaatsing van de versnellingsmeter is afhankelijk van het type versnellingsmeter en het doel waarvoor deze gebruikt wordt. Plaatsing rond het middel is de beste methode om versnelling te herkennen tijdens wandelen. Dit zorgt ook voor de beste voorspelling van energieverbruik (Berlin, Storti & Brach, 2006). De prijs van een versnellingsmeter varieert tussen 75-500 euro, met een enkele uitschieter naar 2000 euro.

Voor- en nadelen

Een voordeel van de versnellingsmeter is dat het in staat is onderbroken beweegpatronen met korte perioden van hoge intensiteit van kinderen te meten. Nadelen van de versnellingsmeter zijn dat er geen activiteit van het bovenlichaam wordt gemeten en daardoor is de versnellingsmeter bijvoorbeeld minder in staat om een activiteit als tillen te registreren. Daarnaast laat de nauwkeurigheid bij activiteiten anders dan lopen, bijvoorbeeld fietsen, ook te wensen over. Hierdoor wordt het dagelijkse energieverbruik onderschat, bijvoorbeeld door het niet registreren van alledaagse laag-intensieve activiteiten.

Een ander nadeel van versnellingsmeters is dat de dimensieloze 'counts' anders worden gegenereerd voor elk merk versnellingsmeter. Zo kan een 'count' van 100 bij het ene merk versnellingsmeter een afspiegeling zijn van een activiteit met een hoge intensiteit, terwijl bij het andere merk deze 'count' gelijk staat aan rustig wandelen. Bovendien wordt de output van de versnellingsmeters door verschillende onderzoekers op

verschillende wijze geanalyseerd; doordat er door verschillende onderzoekers voor bepaalde intensiteiten van bewegingen (laag, middel hoog) verschillende afkappunten gebruikt worden, worden de gegevens verkregen uit deze analyses verschillend gerapporteerd. Dit maakt het haast onmogelijk om validatie onderzoeken, die gebruik hebben gemaakt van verschillende versnellingsmeters of zelfs van dezelfde versnellingsmeters onderling te vergelijken.

Het is met een versnellingsmeter in principe wel mogelijk om sedentair gedrag (zittende gedrag) te meten, waarbij de duur en afwezigheid van 'counts' op bepaalde tijdstippen van de dag kunnen duiden op inactiviteit. Maar gezien het feit dat 'counts' dimensieloos zijn is deze conclusie niet met zekerheid te trekken. In de praktijk worden versnellingsmeters ook gebruikt om sedentair gedrag te meten (Healy et al., 2007), al dan niet in combinatie met dagboeken (Tammelin et al., 2007). Hierbij is vooralsnog onduidelijk wat de optimale 'afkapwaarde' is waaronder sprake is van sedentair gedrag.

Validiteit en betrouwbaarheid

Over het algemeen komt uit de literatuur naar voren dat versnellingsmeters een valide manier zijn om bewegen te meten. Er wordt een relatief grote samenhang gevonden tussen versnellingsmeters en andere objectieve meetmethoden (Westerterp, 2004; Ainslie, Reilly en Westerterp, 2003). Ook is de versnellingsmeter gevalideerd aan de hand van een motorgestuurde arm, ook hier kwam een zeer kleine foutmarge naar voren (Ainslie, Reilly en Westerterp, 2003). Correlaties met energieverbruik (gemeten met dubbel gelabeld water) en hartslag zijn over het algemeen hoog (Westerterp, 2004; Bjornson, & Belza, 2004).

Er zijn geen aanwijzingen gevonden dat er een specifiek merk en model versnellingsmeter is die meer valide en betrouwbaar is dan de rest. De keuze hangt dus ook af van factoren als bruikbaarheid, technische ondersteuning en de vraag of bijvoorbeeld vergelijkbaarheid met ander onderzoek gewenst is (Trost et al., 2005).

Congres bezoek

Op het recente congres van het Internationale Committee on Physical Activity and Public Health (ICPAPH, Amsterdam, april 2008), gaf Dale Eslinger (University of School of Sport and Health Sciences; University of Exeter) een overzicht van de ontwikkelingen in accelerometrie technologie. Er werd een aantal veelbelovende nieuwe versnellingsmeters genoemd. Grofweg konden versnellingsmeters worden onderverdeeld in twee categorieën; [1] eendimensionale versnellingsmeters met minder hoge samplefrequentie maar hogere opslagcapaciteit en; [2] driedimensionale versnellingsmeters met een hogere samplefrequentie ('High definition') maar daardoor minder hoge opslagcapaciteit. Door geavanceerde data analyse methoden kunnen er dan vervolgens patronen van beweging worden herkend in de data. Ten behoeve hiervan moeten bij de eendimensionale versnellingsmeters de data door software technieken worden geüpgrade, terwijl bij de driedimensionale versnellingsmeter de data moeten worden gereduceerd. Een voorbeeld van een nieuwe analyse methode bij eendimensionale versnellingsmeters werd aangehaald in een presentatie van Patty Freedson (University of Massachusetts, USA). Deze methode gaat uit van een zelflerend patroonherkenning systeem (neural networks), waarbij in ruwe data lichamelijke activiteiten herkend kunnen worden. Activiteiten zoals stofzuigen, computer werk, (hard)lopen zijn met een 80% zekerheid herkend in ruwe data d.m.v. van deze analysesoftware op basis van 'Hidden Markov modelling' (Poher, 2006). Tevens is er aangetoond dat er valide en betrouwbaar energieverbruik geschat kan worden. In een telefonisch onderhoud met Dale Eslinger gaf hij, in lijn met de bevindingen in de

literatuurverkenning, aan dat een door hem uitgevoerde veldverkenning in opdracht van een externe partij ook aan het licht bracht dat de toekomst voor objectieve beweegregistratie gezocht moet worden in relatief goedkope versnellingsmeters gecombineerd met hartslagsensoren, RFID (Radio Frequentie Identificatie) chips en/of GPS/GIS waarbij gebruikt gemaakt wordt van de nieuwe analyse methoden. De relatief goedkope RFID chips kunnen volgens Esliger geschikt zijn voor het registreren van sedentair gedrag. Door deze chips te plaatsen op locaties waar mensen gedurende langere tijd per dag inactief zijn (bijvoorbeeld in de auto, achter je bureau), wordt de persoon geregistreerd op momenten dat hij op die plekken aanwezig is. Deze chips in combinatie met versnellingsmeters geeft dan een extra context (bijvoorbeeld de frequentie en duur achter je bureau) aan de verzamelde data.

3.3.3 *Hartslagmeters*

Hartslagmeters geven een objectieve indicatie van het fysiologische effect (hartritme) van bewegen. Omdat hartslag een indicatie is van de druk die op het hart- en vaatstelsel staat tijdens beweging, is hartslag een indirecte meting van (de intensiteit van) beweging. Hartslagmeters maken gebruik van de lineaire relatie tussen hartslag en zuurstof consumptie (VO_2) (Sirard & Pate, 2001). Op basis hiervan kan het energieverbruik geschat worden. Hartslagmeters werden in drie van de 20 reviews besproken (Sirard & Pate, 2001, Trost, 2000, De Vries 2004).

Meetmethode

De overgrote meerderheid van de hartslagmeters zijn te dragen als horloge om de pols met vaak een band om de borst waarin de meter zit. De twee onderdelen zijn relatief klein en licht van gewicht. De prijs van hartslagmeters varieert tussen 30-200 euro.

Voor- en nadelen

Een voordeel van hartslagmeters is dat er een gedetailleerde data opname is over een langere periode. Doordat hartslagmeters de fysiologische respons op beweging meten is het mogelijk om specifieke bewegingen (zoals fietsen) te meten. Het is echter niet mogelijk om een onderscheid te maken tussen deze specifieke bewegingen, doordat er alleen een verhoging in de hartslag gedetecteerd wordt. Daardoor is een hartslagmeter in staat de frequentie, intensiteit en duur van beweging te meten, maar niet in staat het soort beweging te benoemen.

Een nadeel van de hartslagmeter is dat in rust en gedurende laag intensieve activiteit de relatie tussen hartslag en intensiteit van bewegen niet lineair is. In deze situaties wordt variatie in hartslag bepaald door factoren als cafeïne, stress, roken en houding. Daarnaast kan het ook zijn dat bij laag intensief bewegen de hartslag niet meetbaar omhoog gaat. Er kan dan dus niet gemeten worden wat iemand aan het doen is en bij bewegingen van lage intensiteit kan het zijn dat dit niet waargenomen wordt (Sirard & Pate, 2001). Ook zijn persoonlijke kenmerken, zoals leeftijd en lichaamsbouw, van grote invloed op de hartslag. Daarnaast heeft ook de proportie van gebruikte spiermassa een invloed op hartslagverandering. Als laatste is ook de conditie van het hart- en vaatstelsel van invloed op hartslagverandering. Hierdoor wordt de indirecte meting van bewegen van een hartslagmeter dus minder nauwkeurig en betrouwbaar (Trost, 2000).

Een ander probleem van het meten van bewegen aan de hand van hartslag is dat er een vertraging zit in hartslagverandering. Hartslag blijft nog enige tijd verhoogd nadat beweging al gestopt is, waardoor mogelijk de totale tijd aan activiteit fout wordt ingeschat. Dit levert voornamelijk problemen op bij het meten van bewegen bij kinderen, omdat hun beweegpatroon gekenmerkt wordt door korte uitspattingen van beweging afgewisseld door periodes van rust (Trost, 2000).

Validiteit en betrouwbaarheid

In de bestudeerde literatuur is weinig te vinden over de validiteit en betrouwbaarheid van hartslagmeters. In de review van De Vries et al. (2004) wordt op basis van zes studies, de validiteit als redelijk tot goed beoordeeld en de betrouwbaarheid als goed bij een jonge populatie (bij kinderen van 5 tot 10 jaar).

3.3.4 *Combinatie van versnelling- en hartslagmeter*

Een recente ontwikkeling betreft de combinatie van een versnellingsmeter en een hartslagmeter (de Actiheart) (Brage et al., 2004). Op de bezochte wetenschappelijke congressen (ICAMPAM en ICPAPH) kreeg deze combinatie veel aandacht.

Meetmethode

De Actiheart is een lichtgewicht (10 gr) waterdichte versnellingsmeter (incl. logger) met een in de tijd synchroon lopende hartslagmeter. Dit instrument wordt gedragen op de borst en bestaat uit twee elektrodes (met klevende pads). De prijs van de Actiheart is ongeveer 1500 euro, waarbij de analyses door de Cambridge universiteit worden uitgevoerd.

Voor- en nadelen

Voordeel van deze combinatie is dat door het meten van de hartfrequentie én verticale versnellingen het energieverbruik van een persoon door lichamelijke activiteit beter kan worden afgeleid. Beide methoden hebben namelijk een ongecorreleerde foutmarge bij de bepaling van deze afgeleide.

Validiteit en betrouwbaarheid

De validiteit en betrouwbaarheid van de combinatie van versnellingsmeter en hartslagmeter is wetenschappelijk bewezen (Brage et al., 2005).

Congresbezoek

Op recente congressen was ook waar te nemen dat steeds meer onderzoekers deze combinatie van versnellingsmeter en hartslagmeter gaan toepassen, hetgeen erop duidt dat de meerwaarde van deze combinatie ten aanzien van het meten van energieverbruik ook internationaal wordt onderkend. Op het bezochte 'International Conference on Ambulatory Monitoring of Physical Activity and Movement' congres (ICAMPAM, Rotterdam, 21-24 mei 2008, het eerste internationale congres voor onderzoekers, technici, leveranciers, gebruikers en medici op het interessegebied "Ambulatory Monitoring") werd de ActiHeart in presentaties aangehaald als zijnde het enige meetinstrument met geïntegreerde hartslag monitoring. Benadrukt werd dat de combinatie van accelerometrie met hartslagmetingen zeer zinvolle uitkomsten kan geven op het gebied van activiteiten monitoring.

3.3.5 *Voetdrukmeters*

Drukmeters of voetschakelaren bevestigd aan de voetzool of schoenzool worden gebruikt om beweging te meten tijdens het voortbewegen. Voetdrukmeters werden slechts in één review beschreven (Aminian & Najafi, 2004).

Meetmethode

Drukmetende sensoren gebruiken de elektrische eigenschappen van weerstand om de kracht (of druk) te meten die op de sensor staat. Voetdrukmeters zouden gezien kunnen worden als kleine krachtenplatforms. Voetdrukmeters maken het mogelijk om ook in

het dagelijkse leven te meten hoeveel er bijvoorbeeld gewandeld wordt. De techniek levert vaak redelijke resultaten op tijdens wandelen.

Voor- en nadelen

De drukmetende sensoren zijn vaak niet geschikt voor het zeer nauwkeurig meten van kracht aangezien verschillende delen een variatie van 15-25% tussen elkaar opleveren. Veel problemen zoals verschuiving, moeilijkheden bij de juiste plaatsing, verbindende delen en mechanisch falen, beperken de toepasbaarheid (Aminian & Najafi, 2004).

Validiteit en betrouwbaarheid

Er zijn geen studies gedaan naar de validiteit en betrouwbaarheid van voetdrukmeters

3.3.6 *Gyroscopen*

Gyroscopen geven aan de hand van het meten van hoekversnellingen een beeld van bewegen. Gyroscopen werden slechts in twee reviews beschreven.

Meetmethode

Gyroscopen maken gebruik van een vibrerend, mechanisch element om hoeksnelheid te bepalen (Zijlstra & Aminian, 2007). De gyroscoop kan bevestigd worden aan elk lichaamsdeel zolang de as maar parallel loopt met de te meten as. Gyroscopen zijn voornamelijk ontwikkeld voor de auto en motor industrie en voor de navigatiemarkt. Hoewel het gebruik van gyroscopen voor het meten van het menselijk bewegen nog relatief nieuw en in ontwikkeling is, kan toch gesteld worden dat gyroscopen een veelbelovend instrument lijken om menselijk bewegen te meten, aangezien menselijke bewegingen zich kenmerken door rotatie rond gewrichten. Hierdoor lijken gyroscopen ook uitermate geschikt om houdingen te meten (Zijlstra & Aminian, 2007). In tegenstelling tot versnellingsmeters staan gyroscopen niet onder invloed van de zwaartekracht.

Voor- en nadelen

Aminian en Najafi (2004) beschrijven dat het signaal van een gyroscoop minder ruis bevat dan het signaal van een versnellingsmeter omdat dit signaal niet afgeleid is van snelheid en dus lagere frequentie componenten nodig heeft. Daarnaast kan de hoekmeting worden afgeleid uit de hoekversnelling metingen.

Nadelen van gyroscopen zijn dat zij relatief duur zijn, een relatief grote stroombron nodig hebben en gevoelig zijn voor schokken.

Validiteit en betrouwbaarheid

Tong en Granat (1999) lieten zien dat signalen van verschillende gyroscopen op verschillende verbindingsplaatsen op een segment bijna identiek zijn. Dit toont aan dat er een hoge inter-instrument betrouwbaarheid is.

3.3.7 *Goniometers*

Goniometers kunnen worden gebruikt om directe veranderingen te meten in hoeken in gewrichten. Goniometers werden slechts in twee reviews beschreven (Zijlstra & Aminian, 2007, Aminian & Najafi, 2004).

Meetmethode

Het principe van goniometers is altijd hetzelfde: één as wordt bevestigd op het proximale segment en één op het distale segment. Het spanningsverschil dat tussen beide assen ontstaat tijdens bewegingen komt overeen met de hoek tussen beide

segmenten (Zijlstra & Aminian, 2007). Er zijn verschillende soorten goniometers. Een simpele goniometer heeft een circulaire spanningsverschilmeter als gevoelig element. Een meer praktische goniometer heeft een mobiel en flexibel deel tussen twee stijve oppervlakken bevestigd aan elk bewegend element. De flexibele delen zorgen ervoor dat het gewricht vrij kan blijven bewegen (Aminian & Najafi, 2004).

Goniometers verschillen ten opzichte van gyroscopen in het feit dat gyroscopen hoekversnellingen meten en goniometers hoeken.

Voor- en nadelen

Beperkingen van goniometers zijn het correct plaatsen van de sensor (draaipunt van de segmenten moet precies op de gewrichtsas liggen) en het feit dat de sensor niet robuust is. Om fouten te voorkomen en te kunnen bepalen zouden goniometers gecalibreerd moeten worden op mensen met een verschillende lichaamsbouw (Aminian & Najafi, 2004).

Recent is er een optische fiber goniometer ontworpen. Deze meter maakt gebruik van een optische fiber, die door middel van de hoeveelheid licht die doorgelaten wordt bij bepaalde hoeken, de hoek berekent. Deze sensor is recent geïntroduceerd op de markt en er is nog behoefte aan onderzoek om deze sensoren te kunnen evalueren (Aminian & Najafi, 2004).

Validiteit en betrouwbaarheid

Er zijn geen studies gedaan naar de betrouwbaarheid of validiteit van goniometers.

3.3.8 GPS

Global positioning system (GPS) is een systeem dat informatie kan geven over bewegen aan de hand van locatiebepaling. GPS in relatie tot bewegen werd slechts in één van de 20 reviews, (Larsson, 2003) gevonden in de literatuursearch, beschreven.

GPS is een navigatiesysteem dat gebruik maakt van 27 operationele satellieten die om de aarde cirkelen (Larsson, 2003). De satellieten synchroniseren hun tijd met de GPS ontvanger en sturen vervolgens constant signalen. Aan de hand van het tijdsverschil tussen het verzenden en ontvangen van deze signalen wordt de tijd die het signaal erover doet om de GPS ontvanger te bereiken, berekend. De afstand tot de satelliet wordt vervolgens berekend door de tijdsduur van het signaal te vermenigvuldigen met de snelheid van het licht. Om de positie van de GPS zender te bepalen zijn minimaal drie satellieten nodig. Wanneer dit voor vier satellieten wordt berekend kan ook de hoogte worden bepaald. Hoe meer satellieten er meegenomen worden in de berekening, hoe nauwkeuriger de plaatsbepaling.

Voor- en nadelen

Een nadeel van het meten van bewegen aan de hand van GPS is dat het signaal dat door satellieten uitgezonden wordt, verstoord kan worden door de atmosfeer en door verschillende lokale objecten (zoals bijvoorbeeld gebouwen). Hierdoor kan een fout optreden in de berekende afstand. Deze fout kan verminderd worden door gebruik te maken van 'differential' GPS (dGPS). Hierbij wordt gebruik gemaakt van een referentieontvanger op aarde waarvan de positie bekend is. Bij de referentieontvanger wordt het verschil berekend tussen de bekende positie van de referentieontvanger en de berekende afstand van de GPS. Aan de hand van deze gegevens kan de positie van de ontvanger gecorrigeerd worden.

Larsson (2003) bespreekt verschillende toepassingen van GPS, in combinatie met dGPS, in een sportsetting. GPS en dGPS maken het mogelijk om de precieze snelheid te meten. Daarnaast heeft onderzoek aangetoond dat de combinatie van dGPS en

ademgasanalyse een gedetailleerde, makkelijk te vergelijken fysieke respons meting tijdens een training mogelijk maakt. Hiermee kan dus op elk gewenst moment (op bijvoorbeeld het parcours van een atleet) het energieverbruik gemeten worden. Als laatste bespreekt Larsson (2003) GPS in combinatie met versnellingsmeters en GPS in combinatie met hartslagmeters. In al deze gevallen wordt GPS gebruikt om op specifieke locaties of plekken binnen een parcours te kunnen kijken naar de fysieke en kinematische factoren tijdens de inspanning van een atleet. De combinatie van GPS met versnellingsmeters kan daarom als grote voordeel hebben dat er context aan de accelerometrie data kan worden toegevoegd, bijvoorbeeld waar heeft iemand gelopen (groene omgeving), met welke snelheid en was iemand buiten of binnen.

Voor de nauwkeurigheid van GPS in onderzoeksdoeleinden is het gewenst dat de afstand tot ten minste negen satellieten kan worden berekend (Larsson, 2003). Verder moet er een voldoende groot intern geheugen aanwezig zijn om de posities, cumulatieve afstand en snelheid op te slaan. Daarnaast moet het ten behoeve van de nauwkeurigheid mogelijk zijn om een dGPS ontvanger (zoals hierboven beschreven) te bevestigen. Ook het bevestigen van een externe antenne, voor metingen binnen een ontvangst binnen een gebouw, is aan te bevelen met de huidige verkrijgbare GPS ontvangers.

3.3.9 *Magneetmeters*

Magneetmeters (sensoren die het aardmagnetische veld meten) kunnen gebruikt worden om veranderingen in de oriëntatie van een lichaamssegment te schatten ten opzichte van het magnetische noorden. Magneetmeters kunnen, in tegenstelling tot versnellingsmeters, veranderingen rond de verticale as meten (Zijlstra & Aminian, 2007). Magneetmeters worden slechts in één van de 20 reviews besproken.

Een nadeel van magneetmeters is dat ze gevoelig zijn voor ferromagnetische materialen in de omgeving en andere magnetische velden (naast het aard magnetische veld). Omdat lichamelijke activiteit zich niet beperkt tot bewegingen rond de verticale as, zijn magneetmeters geen kansrijk instrument binnen het huidige project.

3.4 **Discussie en conclusie**

De variëteit aan objectieve methoden voor het meten van bewegen is groot. Uit deze literatuurstudie kwamen 13 verschillende objectieve methoden om bewegen te meten naar voren. Het feit dat er veel verschillende soorten instrumenten zijn kan worden verklaard door de complexe aard van bewegen. Bewegen kan namelijk in vele eenheden worden uitgedrukt (bijvoorbeeld energieverbruik (kcal), duur van activiteit (minuten), eenheden van beweging (bijvoorbeeld stappen), frequentie, intensiteit, type activiteit, etc.). Daarnaast kan de aard van het beweeggedrag tussen doelgroepen sterk verschillen. Zo hebben kinderen heel andere beweegpatronen (kortdurend en hoog intensief) dan volwassenen (langdurend en laag intensief) en de meetmethode moet idealiter beide patronen goed kunnen meten.

Diverse studies onderstrepen het belang van onderzoek naar de validiteit van de verschillende meetmethoden (Sirard & Pate, 2001; Rennie & Wareham, 1998). Rennie en Wareham (1998) benadrukken hierbij dat zelfs als een validatiestudie gedaan is er nog steeds zorgvuldig omgegaan moet worden met de resultaten, doordat er vaak verschillende meetmethoden met elkaar vergeleken worden terwijl deze meetmethoden niet dezelfde uitkomstmaat maten. Ook moet rekening gehouden worden met persoonlijke eigenschappen van de respondenten, zoals leeftijd, lichaamsgewicht, geslacht en lengte (Westerterp, 2004). Deze persoonlijke eigenschappen zijn namelijk van invloed op de relatie tussen bewegen en energieverbruik.

Het blijkt dat geen enkel apparaat alle aspecten van bewegen (type bewegen, duur, frequentie, etc..) tegelijkertijd goed kan meten zonder daarbij afbreuk te doen aan praktische bruikbaarheid (bijvoorbeeld draagbaarheid en prijs). Desondanks kiezen onderzoekers voor het onderzoeken van beweeg- en sedentair gedrag bij grotere groepen mensen vaak voor versnellingsmeters voor het schatten van energieverbruik. Deze apparaten kunnen de hiervoor noodzakelijke aspecten van bewegen (duur, frequentie en intensiteit) redelijk betrouwbaar meten. Alleen het type bewegen kan met deze apparaten nog onvoldoende worden gemeten. Daarom komt er steeds meer belangstelling voor patroonherkenning, om op die manier het type beweging in kaart te brengen (Pober et al., 2006).

Er wordt een veelheid aan versnellingsmeters gebruikt, waarbij de onderlinge verschillen in gebruikte versnellingsmeters en analysemethoden (waaronder de gebruikte afkappunten) groot zijn. Uit de literatuur komt niet één type of merk voor voren met duidelijk superieure kwaliteiten.

Daarnaast blijkt dat de aandacht de laatste tijd uitgaat naar het combineren van verschillende soorten meetsystemen. Zo stelt Larsson (2003) dat het combineren van versnellingsmeters met dGPS het mogelijk maakt om het energieverbruik van buitenactiviteiten beter te bepalen. Daarnaast kan GPS ook gekoppeld worden met een hartslagmeter waardoor de snelheid en hartslag op verschillende delen van de dag gemeten en bestudeerd kan worden. Aminian en Najafi (2004) stellen een combinatie van versnellingsmeters en gyroscopen voor, wat zij een kinematische sensor noemen. Zij zijn bezig met de ontwikkeling van een dergelijke sensor. Deze is echter nog niet getest op validiteit of betrouwbaarheid. Zijlstra en Aminian (2007) benadrukken naast het combineren van verschillende instrumenten (versnellingsmeters en gyroscopen) ook het belang van nieuwe manieren van data-analyse. Veranderingen en verbeteringen in de software van meetmethoden kunnen grote verbeteringen opleveren in reeds bestaande meetmethoden. Zoals eerder vermeld zien Ainslie, Reilly en Westerterp (2003) en Brage et al. (2004) vooral mogelijkheden in het combineren van hartslagmeters met versnellingsmeters. Deze conclusie werd door de onderzoekers op het eerder genoemde ICAMPAM congres bekrachtigd. In deze studies wordt de versnellingsmeter in deze combinatie gebruikt als een back-up om te verifiëren dat een verhoogde hartslag ook daadwerkelijk veroorzaakt wordt door beweging.

4 Veldverkenning

4.1 Inleiding

Het doel van deze veldverkenning was het inventariseren van kansrijke meetinstrumenten en technieken die gebruikt worden in het veld voor het objectief meten van beweging. Van elk geïnventariseerd instrument is gekeken of deze voldoet aan het programma van wensen en eisen zoals eerder geformuleerd.

4.2 Methode

Aan de hand van het kennisnetwerk van TNO is een lijst van te benaderen bedrijven, universiteiten en revalidatiecentra opgesteld. Deze lijst is als uitgangssituatie gebruikt om de veldverkenning te starten. Op basis van het opgestelde programma van wensen en eisen is een gespreksrichtlijn (bijlage A) opgesteld welke gebruikt is voor de semi-structureerde interviews met de externe partijen. In deze gespreksrichtlijn kwamen de volgende onderwerpen aan de orde:

- de ervaringen van de partijen met objectieve meetinstrumenten en technieken;
- voor- en nadelen van deze instrumenten en technieken;
- toekomstplannen met betrekking tot objectieve instrumenten en technieken;
- de huidige samenwerkingspartners van deze partijen; aan de hand van deze informatie is waar nodig de lijst met de te benaderen partijen uitgebreid.

Alle geïdentificeerde meetinstrumenten zijn vervolgens aan de hand van het eerder geformuleerde programma van eisen en wensen gescoord, om duidelijk te krijgen welk instrument of een combinatie van instrumenten het beste voldoet aan de gestelde eisen voor gebruik binnen epidemiologisch onderzoek. De partijen zijn eerst telefonisch benaderd om een afspraak te maken. Vervolgens zijn de personen face-to-face of telefonisch geïnterviewd met behulp van de gespreksrichtlijn. Met de (vele) deskundigen binnen de TNO kerngebieden is een aparte interne sessie belegd om antwoord te krijgen op bovenstaande vragen.

4.3 Benaderde bedrijven en instellingen

In het kader van de veldverkenning zijn personen binnen zes bedrijven en drie opleidingen in Nederland benaderd (tabel 4.1).

Tabel 4.1 Benaderde bedrijven en instelling t.b.v. de veldverkenning

Bedrijf/opleiding	Contactpersoon	Product/meetinstrument
TNO	Industrie en Techniek (Jan Baan) Defensie en Veiligheid (John Schavemaker) ICT Delft (Mark van Staalduinen) ICT Groningen (Wiltfried Pathuis) TNO Health and Sport (Marc Hoppenbrouwers)	1. Camera's 2. Unattended Autonomous Surveillance system (UAS) 3. Augmented Multiparty 4. Interaction with Distant Access (AMIDA) 5. Sensoren 6. Runalizer, kniebrace, respiralizer <i>(prototypes, of producten in ontwikkeling)</i>
Fypro	Jan van Proosdij	Leverancier van ActiWatch, ActiHeart en ActiBand <i>(commercieel verkrijgbare producten)</i>
Persoonlijke Activiteiten Meter (PAM)	Erik Damen	PAM <i>(commercieel verkrijgbaar product)</i>
Xsens	Hein Beute	MTx sensor <i>(commercieel verkrijgbaar product)</i>
Vilans	Frank Vlaskamp	Sensor Phone, lifestyle monitoring systeem <i>(commercieel verkrijgbaar systeem)</i>
McRoberts	Rob van Lummel	Dynaport Minimod <i>(commercieel verkrijgbaar product)</i>
Roessingh Research and Development	Hermie Hermens	Blue tooth sensor, Radiosensor en platform Mobihealth
Universiteit Twente	Peter Veltink	Geinstrumenteerde schoen <i>(prototype product)</i>
Haagse Hogeschool; opleiding bewegingstechnologie	Monique Berger	Gait test, motion capture <i>(commercieel verkrijgbaar product)</i>
UMC Utrecht; bewegingslaboratorium van afdeling Geriatrie i.s.m. Haagse Hogeschool.	Monique Samson	Kistler krachtenplatform Qualisys beweegregistratie <i>(commercieel verkrijgbaar product).</i>

Uit de gesprekken met de verschillende partijen kwam naar voren dat (groepen) onderzoekers, bedrijven en/of instituten zich lijken te richten op óf het monitoren van (in)activiteit (Fypro, PAM, Vilans) óf het meten van de kwaliteit van beweging (motoriek/balans) (Xsens, Universiteit Twente, UMC Utrecht en Haagse Hogeschool). De meeste technieken/instrumenten, beschreven in deze veldverkenning, gaan in op het monitoren van (in)activiteit van voornamelijk volwassenen en ouderen. Een combinatie van zowel het monitoren van (in)activiteit als het meten van de kwaliteit van bewegen is slechts bij twee van de bezoeken vastgesteld: onderzoeksinstituut RRD heeft de Bluetooth sensor in ontwikkeling voor het meten van zowel activiteiten als het inschatten van het valrisico, het bedrijf McRoberts heeft de DynaPort Minimod in

ontwikkeld waarmee zowel energieverbruik kan worden gemeten als onderscheid kan worden gemaakt in houdingen en bewegingen.

Binnen TNO zijn diverse groepen actief op het terrein van het meten van beweging, waarbij een veelheid van systemen en technieken ontwikkeld zijn of worden. Daarom worden deze systemen en technieken hieronder apart besproken.

4.4 Systemen en technieken binnen TNO

De besproken systemen en technieken zijn onder te verdelen in de volgende vijf categorieën:

4.4.1 *Camera's*

Intelligente camera's die binnen of buiten bewegende objecten/mensen automatisch kunnen identificeren en volgen.

4.4.2 *Unattended Autonomous Surveillance system (UAS), Human Activity Recognition en Radar*

UAS werkt met een aantal draadloze infrarood bewegingssensoren (10 per woning), een wireless sensor (ZIGBEE), 'bedmat' melder een valmelder (Mobility Monitoring service) en een rookmelder. Het systeem kan veranderingen in het beweegpatroon waarnemen, doordat een softwareprogramma met speciale algoritmen, permanent de signalen van de sensoren interpreteert en analyseert. Dit computerprogramma zet tevens de bewaking aan- en uit wanneer de persoon gaat slapen en ontwaakt en als de persoon de woning binnenkomt en verlaat. Het UAS systeem wordt ingezet voor het waarborgen van de veiligheid in huis bij zelfstandig wonende ouderen.

Human Activity Recognition is een systeem dat houdingen over de tijd meet (real-time) door camerabeelden te matchen met van te voren aangemaakte houdingen.

4.4.3 *Augmented Multiparty Interaction with Distant Access (AMIDA)*

AMIDA is een ontwikkeling van techniek ter ondersteuning van werkprocessen als vergaderingen en werken op afstand. Hierbij wordt gebruik gemaakt van sensortechnologie (microfoons, cameras) om de verbale en non-verbale interactie van de gespreksdeelnemers te monitoren en te vertalen naar bijvoorbeeld een multimedia browser voor opnames van vergaderingen, of het snel kunnen inschatten van de kennis van onbekende gesprekspartners, of het snel kunnen beoordelen welke zaken in een vergadering al aan bod zijn geweest, detecteren van beslissingen. Met deze techniek kan in principe de gemiddelde hoeveelheid beweging per persoon per minuut bepaald worden.

4.4.4 *'Context aware' sensoren*

Deze sensoren worden o.a. ingezet voor loop/gang registratie met behulp van een sensorpak waarop meerdere sensoren (gyrometers en versnellingssensoren) zijn bevestigd die de locatie van lichaamsdelen ten opzichte van elkaar kunnen bepalen.

Ook worden deze sensors ingezet op kantoor om de locatie van personen in het gebouw te bepalen. Het systeem dat hiervoor ontwikkeld is, heet COOL Office. Dit is een intelligente kantooromgeving op basis van meerdere COOL componenten. Een reeks eenvoudige sensoren (locatiesensoren) wordt hiertoe aangebracht in het kantoor en gekoppeld aan softwarematige sensoren (bijvoorbeeld een elektronische agenda). Met COOL Office wordt het mogelijk om collega's beter te vinden en makkelijker contact met hen op te nemen, omdat bekend is of ze online of beschikbaar zijn. Het idee achter

de bij COOL behorende sensoren is dat apparaten, personen, omgevingen, maar bijvoorbeeld ook processen, zijn uitgerust met sensoren die niet alleen de locatie doorgeven, maar ook de status van de gebruiker of een object. Dit noemt men 'context aware'. Context is elke informatie die beschrijft wat de situatie is van een persoon of object, zoals de locatie of de activiteit. Context voegt waarde toe aan diensten, zoals locatiegegevens dat doen aan een routeplanner in de auto via een GPS-sensor. Een andere toepassing is Cool Run, hierbij wordt informatie (bijvoorbeeld snelheid en locatie) van een sporter (d.m.v. allerlei lichaamssensoren) 'real time' doorgestuurd naar een webapplicatie (bijvoorbeeld Google Maps).

4.4.5 *Samengestelde instrumenten (Runalyzer, kniebrace)*

De Runalyzer bestaat uit twee zooltjes in de schoen die druk meten. Druksensoren op acht plaatsen in het zooltje meten tot duizend keer per seconde de druk van de voet op de zool. Een microprocessor in de enkelband verwerkt de data tot contacttijden, (ook cadans en drukverdeling) waarna de informatie draadloos wordt doorgezonden naar een ontvanger in de heupband van de atleet. Een verwerkingsunit brengt daar in kaart hoe de druk zich op elk moment verspreidt over de voet. Hiermee kunnen de contacttijden (looptechniek) 'real time' worden geanalyseerd.

TNO heeft een metende kniebrace op basis van 'optical fibre technology' ontwikkeld als een soort 'Revalidatie Coach' die behandelaars van knieletsel helpt een goede inschatting te maken hoe en hoeveel zijn patiënt beweegt buiten de behandelkamer. De kniebrace meet de kniehoek als functie van de tijd. Hiermee kan onderscheid gemaakt worden tussen verschillende vormen van bewegen. Door middel van software kan er geschat worden welk looppatroon (activiteiten) een patiënt heeft.

4.5 **Beoordeling**

Alle meetsystemen en technieken zijn beoordeeld op basis van het programma van wensen en eisen die zijn beschreven in hoofdstuk 2. Tabel 4.2 geeft per meetsysteem/techniek weer aan welke wensen en eisen wordt voldaan.

Uit Tabel 4.2 blijkt dat geen van de meetsystemen en technieken die door de veldpartijen worden gebruikt aan alle wensen en eisen voldoet (zie: hoofdstuk 2) van dit rapport. Dit komt mede omdat een aantal van de wensen en eisen niet met elkaar verenigbaar zijn zoals die ten aanzien van de afmeting en draagbaarheid, het kunnen meten van het type beweging (o.a. zwemmen) en de prijs.

De camera's voldoen aan veel van de wensen en eisen maar deze techniek is locatieafhankelijk waardoor het onmogelijk is om zowel bewegen op het werk (of school) als in de vrije tijd te meten. Human Activity Recognition kan verschillende vormen van bewegen onderscheiden maar het nadeel van dit systeem is dat het net als camera's locatieafhankelijk is en daarnaast nog onvoldoende valide is als meetinstrument van bewegen. Als we validiteit, het kunnen meten van verschillende vormen van bewegen, de mogelijkheid om het systeem met GPS te combineren en de locatieonafhankelijkheid het zwaarst meewegen, komt alleen de sensortechniek in de vorm van de TNO kniebrace in aanmerking voor toepassing in een nieuwe objectieve bewegingsregistratie methode voor epidemiologische doeleinden.

De besproken methoden en technieken zijn allemaal nog in ontwikkeling, waardoor niet valt uit te sluiten dat zij in de toekomst beter aan de geformuleerde eisen en wensen kunnen voldoen. Door methoden en technieken te combineren kan mogelijk in de toekomst wel voldaan worden aan de gestelde wensen en eisen.

Tabel 4.2 Beoordeling van de meetinstrument of meettechniek binnen TNO.

Meetmethode	Duur	Afmeting en draagbaarheid	Intensiteit	Soorten bewegingen							Locatie	Data-verwerking	Prijs	Duurzaamheid
	Gedurende 1 week minimaal elke 15 seconde één meting	Zonder hinder en zonder afbreuk aan de verschijning op het lichaam gedragen	Valide indruk van intensiteit van bewegingen geven	(hard)lopen	traplopen	fietsen	liggen	zitten	beweging zonder verplaatsing (bijvoorbeeld hometrainer)	transities tussen houdingen	Koppeling aan GPS of GPS geïntegreerd	Bij voorkeur dedicated software beschikbaar voor standaardanalyses en patroonherkenning	Maximaal €150,- bij een afname van 1000 stuks	Bestand tegen oneigenlijk gebruik
Camera's	?	+ ¹	-	+	+	+	+	+	+	+	?	+	?	?
UAS	?	+ ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	?	?	?	?
Human Activity Recognition	?	?	-	+	+	+	+	+	?	?	?	+	?	?
AMIDA	?	?	-	-	-	-	-	+	+	?	?	?	?	?
Sensoren	?	?	+	+	+	+	+	+	?	+	+	?	?	?
Runalyzer	?	+	-	+	-	-	-	-	?	?	+	?	?	?
Kniebrace	?	+	+	+	?	+	?	+	?	+	+	?	?	?

+ = voldoet

? = onduidelijk/niet ter sprake geweest

¹ Bij dit meetsysteem hoeft er niks op het lichaam gedragen te worden. Het nadeel is dat het systeem locatieafhankelijk is.

4.6 Systemen en technieken binnen de overig benaderde bedrijven en instellingen

De verschillende soorten instrumenten die door de overige benaderde bedrijven zijn aangedragen, kunnen als volgt worden onderverdeeld:

1. Uitontwikkelde commercieel verkrijgbare producten
2. Losse sensoren
3. Samengestelde meetsystemen

4.6.1 *Uitontwikkelde commercieel verkrijgbare producten*

De veldverkenning bracht een aantal verschillende typen en op de markt verkrijgbare versnellingsmeters en stappentellers aan het licht (Tabel 4.3). De versnellingsmeters bevatten versnellingsensoren met een eigen opslagcapaciteit, een relatief lange batterijduur en bijbehorende analysesoftware. Een aantal stappentellers is specifiek gericht op de doelgroep hardlopers (bijvoorbeeld Nike+, Suunto T6), dus niet bedoeld of ontwikkeld voor gebruik voor epidemiologisch onderzoek.

Tabel 4.3 Overzicht van commercieel verkrijgbare meetinstrumenten.

Product	Omschrijving	Website
de ActiWatch	polsversnellingsmeter met horloge	http://www.fypro.nl/page_1170862823562.html
de ActiHeart	Versnellingsmeter gecombineerd met hartslagmeter	http://www.fypro.nl/page_1170348100328.html
ActiBand	Versnellingsmeter combinatie met een pedometer	http://www.fypro.nl/page_1170348152703.html
Personal Activity Monitor (PAM)	Triaxiale versnellingsmeter met een feedback display.	http://www.pam.com
DynaPort Minimod	Triaxiale versnellingsmeter met gyroscoop	http://www.mcroberts.nl/index.php?page=minimod2
Diverse stappentellers (Polar, Nike+ & Ipod, Suunto, New Lifestyles NL 1000, etc.)	Stappentellers	diverse

4.6.2 *Losse sensoren*

De verkenning bracht verschillende losse sensoren aan het licht, die relevant kunnen zijn voor nieuw te ontwikkelen instrumenten.

MTx sensoren van Xsens

De MTx sensor meet exacte 3D oriëntatie evenals kinematische gegevens, zoals 3D versnelling en 3D hoeksnelheid. De MTx is een samengestelde sensor voor het meten van oriëntatie en beweging van lichaamsdelen. De MTx bevat gyroscopen (t.b.v. de

hoeksnelheid), versnellingsensoren en magneetveldsensoren. Belangrijk nadeel is dat het apparaat geen eigen opslagcapaciteit heeft. Het kan gebruikt worden door het met een USB kabel aan de computer aan te sluiten of het kan aangesloten worden op een zogenaamde Xbus zodat de geregistreerde data door een Bluetooth verbinding draadloos doorgestuurd kan worden naar de computer. Hierbij kan de sensor binnenshuis ongeveer maximaal 50 meter van de computer verwijderd zijn en buitenshuis 150 meter.

Xsens heeft de sensoren gebruikt in het MOVEN pak, dit is een comfortabel pak met miniatuur sensoren die verspreid over je lichaam zitten. Met dit pak kunnen gedetailleerde bewegingsanalyses plaatsvinden (o.a. looppatronen). Iedere sensor bevat kleine versnellingsopnemers en gyroscopen, die de lichaamsbeweging registreren. Deze bewegingsdata wordt vervolgens draadloos verzonden naar laptop of computer, om een 3D projectie van je lichaam te genereren.

Tevens doen de Universiteit Twente en het RRD onderzoek met deze sensoren naar looppatronen en balansverstoringen. Er hoort een software pakket bij de MTx sensor waarmee data geanalyseerd kan worden. Tevens is het mogelijk de MTx data te analyseren in bestaande software (MATLAB, LabVIEW)

Bluetooth sensor (RRD in samenwerking met Xsens)

Deze sensor is opgebouwd uit een driedimensionale versnellingsensor en een gyroscoop. In tegenstelling tot de MTx sensor heeft deze sensor een eigen Bluetooth interface, waardoor een extra kastje zoals de Xbus niet nodig is. Ondanks deze verbetering heeft dit apparaat geen eigen opslagcapaciteit. Bovendien is het apparaat plaatsgebonden.

RRD radiosensor

Deze sensor bestaat uit een radiosensor en bijbehorende ontvangstkastjes. De radiosensor bevat een driedimensionale versnellingsmeter. Het gebruikt i.p.v. Bluetooth een radiosignaal voor de data overdracht. Voor het radiosignaal zijn bijbehorende ontvangstkastjes nodig welke alleen binnenshuis kunnen worden gebruikt. Het voordeel van deze applicatie is dat het een direct aan te sturen frequentie gegenereert, die niet wordt gedempt of gestoord wordt door het lichaam of de muren van een huis. Deze nieuwe oplossing voor verzending van data komt de opslagcapaciteit ten goede doordat er door directe generatie van zuivere data er langer gemeten kan worden met eenzelfde doorstuurfrequentie. De verdere ontwikkeling van de radiosensor met bijbehorende ontvangstkastjes betekent voor de nabije toekomst dus een goed toepasbaar meetsysteem voor binnenshuis voor in het bijzonder de doelgroepen werknemers en eventueel ouderen.

Magnetische actuator (Universiteit Twente)

Dit is een systeem gedragen op het lichaam ter aanvulling op een bewegingssensor (bijvoorbeeld de MTx sensor van Xsens). Door de magnetische actuator kunnen relatieve posities van het lichaam worden bepaald (dit kan met alleen een bewegingssensor niet) waardoor de precieze motoriek van één of meerdere lichaamsdelen (afhankelijk van waar de bewegingssensoren geplaatst worden) in kaart wordt gebracht. Deze technische ontwikkeling is interessant voor onderzoeken waarin men de kwaliteit van beweging in kaart wil brengen (motoriek, balans) of de houding van het lichaam wil monitoren. Wel zal het nog even duren voordat deze actuator een toepasbaar eindproduct is omdat het onderzoek over de magnetische actuator in combinatie met beweegsensoren en de bijbehorende algoritmen pas recent van start is gegaan.

4.6.3 *Samengestelde meetsystemen*

Dit zijn systemen die gebruik maken van één of meerdere (bovengenoemde) sensoren in combinatie met ondersteunende apparaten en software. Met uitzondering van de geïstrumenteerde schoen zijn deze systemen ontwikkeld of worden getest voor toepassing binnen de gezondheidszorg (bijvoorbeeld zorg op afstand); door monitoring van (afwijkend) beweeggedrag kan mogelijk preventief worden ingegrepen.

Tele-Health (RRD en Vilans)

Er zijn twee partijen (RRD en Vilans) bezig met een meetsysteem op basis van een draadloos Body Area Network (BAN) en datacommunicatie naar een dienstcentrum via een PDA of een mobiele telefoon. Hierbij wordt de data die op het lichaam wordt gemeten (bijvoorbeeld door een bewegingssensor of een hartslagmeter) met behulp van Bluetooth of Zigbee (een draadloze communicatie voor toepassingen in de industrie) doorgestuurd naar een ontvanger welke op het lichaam wordt gedragen (denk hierbij aan een PDA of een mobiele telefoon). Deze ontvanger stuurt de data via een telefoon- of een internetsignaal door naar een externe computer op afstand (bijvoorbeeld naar de computer van een therapeut, arts of onderzoeker). Deze gehele ontwikkeling wordt in vakjargon 'Tele-Health' genoemd en heeft als doel patiënten op afstand te monitoren en feedback te geven. Het gebruik van meerdere instrumenten in deze systemen (sensoren, datakastjes, mobiele telefoon) gaat wel ten koste van de draagbaarheid, praktische toepasbaarheid, duurzaamheid en de kosten.

"SensorPhone" (Vilans)

Deze bestaat uit een driedimensionale versnellingsmeter, een data acquisition unit (DAA), een hartslagmeter en een standaard mobiele telefoon, allen gedragen op het lichaam. Er is een bijbehorend software pakket ontwikkeld voor op de mobiele telefoon en de computer.

MobiHealth platform van het RRD

Dit platform is een software pakket welke op meetinstrumenten (mits compatible), PDA, mobiele telefoon en computer gezet kan worden. Het is ontwikkeld in samenwerking met Xsens en de Universiteit Twente in een gelijknamige Europese project. In dit project wordt ook aandacht besteed aan integratie met GPS. In samenwerking met Xsens zijn bewegingssensoren in ontwikkeling die compatible zijn met het softwarepakket.

'Lifestyle Monitoring' systeem (Vilans)

Dit is een ander meetsysteem dat toepasbaar is binnenshuis en relevant is voor de doelgroep ouderen. Dit systeem maakt gebruik van infrarood bewegingssensoren in verschillende ruimtes en magneetsensoren op verschillende meubels. De persoon draagt hierbij dus geen meetinstrument op het lichaam. Het systeem gaat uit van het gegeven dat mensen een (dag-)structuur hebben. Die structuur wordt eerst gedurende een bepaalde periode door het systeem geregistreerd. Veranderingen in de registratie kunnen wijzen op een verandering in het dagelijks functioneren van de persoon en/of aangeven dat er hulp nodig is.

Geïstrumenteerde schoen (Universiteit Twente)

Dit is een meetsysteem speciaal in ontwikkeling voor CVA patiënten en protheselopers om de kwaliteit van het looppatroon in kaart te brengen. Hierin zitten per schoen twee

(op de hak en op de voorvoet) kracht moment opnemers met zes vrijheidsgraden, twee MTx van Xsens en twee bodemplaten. Hiermee krijgt men een beeld van een looppatroon met de plaatsing van de voeten, de beweging van de voeten en het verschuiven van het lichaamszwaartepunt. De schoen is nu alleen nog toegepast in een proefopstelling. Een externe partij (nog onbekend) moet hier een toepasbaar eindproduct van maken.

4.6.4 *Gebruik van algoritmen*

Om zoveel mogelijk geschikte uitkomstmaten uit de ruwe data van sensoren te genereren, zijn geschikte algoritmen nodig. In het project FreeMotion (samenwerking tussen o.a. RRD, Universiteit Twente en Xsens) wordt met behulp van uit de signalen van 3 versnellingsmeters, 3 solid state gyroscopen en 3 magnetometers, gemonteerd in een bewegingsensormodule, houding en beweging van de module gemeten. Uit de informatie van meerdere lichaamssegmenten wordt vervolgens houding en beweging van lichaamsdelen geschat door complexe algoritmen. Het FreeMotion project stelt zich ten doel de functionaliteit van gespecialiseerde, locatieafhankelijke en kostbare bewegingslaboratoria te ‘transformeren’ in een ‘portable bewegingslab’.

4.7 **Beoordeling**

In tabel 4.4 zijn de verschillende meetinstrumenten uitgezet tegen de gestelde eisen.

Het product dat het beste aan de eisen voldoet is de MoveMonitor versie van de DynaPort Minimod. Door een combinatie van een driedimensionale versnellingsmeter en een gyroscoop kan volgens McRoberts met het bijbehorend softwarepakket naast een schatting van energieverbruik ook onderscheid worden gemaakt in verschillende soorten houdingen en bewegingen. Verbeteringen wat betreft opslagcapaciteit en frequentie vinden momenteel plaats en de mogelijkheden met GPS integratie worden nog onderzocht. Het grootste nadeel zijn de relatief hoge kosten (€2000,-), tevens is dit product nog onderhevig aan validatie en betrouwbaarheidsonderzoek.

Wanneer wat minder nadruk wordt gelegd in het onderscheid tussen houdingen lijken de Actigraph en de ActiHeart goed toepasbare instrumenten. De ActiHeart kan, door metingen te koppelen met hartslagmetingen, onderscheid maken tussen activiteiten zoals fietsen en hardlopen. Het grote voordeel ten opzichte van de DynaPort Minimod is dat deze instrumenten al veelvuldig zijn onderzocht op betrouwbaarheid en validiteit. Daarbij is het bepalen van het energieverbruik aan de hand van accelerometrie en hartslag zoals bij ActiHeart erg in opkomst, terwijl dat niet gebeurt bij de DynaPort Minimod.

Qua kosten komt alleen de PAM, de sensor met eendimensionale versnellingsmeter, overeen met de gestelde eis van maximaal €150,-. De PAM heeft als voordeel dat deze praktisch toepasbaar is in verschillende doelgroepen. De PAM kan echter geen onderscheid maken tussen verschillende houdingen en bewegingen en er zijn geen gegevens over de betrouwbaarheid en validiteit.

Een aantal producten voldoet niet of in mindere mate aan de gestelde eisen om bruikbaar te zijn binnen epidemiologisch onderzoek.

- De geïnstrumenteerde schoen en de meetsystemen binnen UMC Utrecht/ Haagse Hogeschool. Deze zijn slechts gericht op het, in een labsetting, analyseren van de kwaliteit van beweging van afzonderlijke individuen met therapeutische doeleinden. Door de vele geavanceerde sensoren is het meetsysteem plaatsgebonden (laboratorium), te duur en daardoor niet geschikt voor onderzoek bij grote groepen.

- Het MOVEN pak van Xsens: dit product is niet ontwikkeld voor grootschalig epidemiologisch onderzoek,
- De samengestelde meetsystemen (Radiosysteem en het Lifestyle Monitoring systeem; inclusief de gebruikte sensoren). Deze systemen voor voornamelijk bewegingsregistraties binnenshuis zijn voor epidemiologisch onderzoek met grotere groepen mensen minder toepasbaar/haalbaar. Deze systemen zijn voor de doelgroepen ouderen (thuis) en werknemers (in hun werkomgeving) mogelijk wel een interessante toepassing. Voor deze doelgroepen is patroonherkenning van een bepaalde (dag)structuur wat betreft de duur en de frequentie van verplaatsingen tussen verschillende soorten ruimtes een relevant aspect. Dit kan niet worden gemeten met een meetinstrument dat alleen op het lichaam wordt gedragen.
- De magnetische actuator

Deze sensortechniek is vooralsnog niet geschikt bevonden, mede omdat dit systeem nog te vroeg in de ontwikkelingsfase zit. Voor het monitoren van bewegingskwaliteit lijkt het veelbelovend, maar voor een toepassing in een eindproduct is deze sensor nog lang niet beschikbaar.

4.8 Conclusie

Allereerst blijkt uit de veldverkenning dat een instrument dat volledig voldoet aan de opgestelde eisen nog niet voorhanden is. De meest gebruikte methode om beweging te meten is, zoals ook uit de literatuurverkenning naar voren kwam, de versnellingsmeter. Deze wordt al dan niet uitgerust met een datalogger of een transmitter om de verzamelde data respectievelijk op te slaan of te verzenden naar een externe persoon/zorgverlener (in het kader van tele-health zorgtoepassingen). Tevens wordt in veel samengestelde systemen een versnellingsmeter gecombineerd met een gyroscoop (hoeksnelheidsensor) om ook de houding van de persoon te meten. In slechts één samengesteld systeem (TNO metende kniebrace) werd een optische fiber als alternatief voor een hoeksnelheidsensor gebruikt.

Bij enkele van de benaderde partijen wordt al geëxperimenteerd om een GPS sensor aan het instrument toe te voegen. Een belangrijk nadeel van veel GPS sensoren is dat ze nog veel energie verbruiken waardoor de meetduur (bij high density meetintervallen) niet boven de twee dagen komt. Als GPS in de toekomst als samengesteld systeem (incl. versnellingsmeter, gyroscoop etc.) kan worden toegepast, dan is het energieverbruik een essentieel punt van verbetering.

Het instrument dat op basis van deze veldverkenning de meeste kansen biedt is de Dynaport MoveMonitor van McRoberts. Dit lijkt het enige relatief uitontwikkelde product dat voldoet aan het merendeel van de wensen en eisen. Bovendien kan het zowel energieverbruik als onderscheid in houdingen en bewegingen meten. Helaas is er weinig bekend over de betrouwbaarheid en validiteit van dit product en is het product nog relatief duur (€2200,-). Algemeen beschouwd heeft de veldverkenning geen meettechniek aan het licht gebracht die de gangbare meetinstrumenten uit de literatuurverkenning op meerdere fronten overtreft.

Tabel 4.4 Beoordeling van de meetinstrumenten uit de veldverkenning.

Meetmethode	Duur	Afmeting en draagbaarheid	Intensiteit	Soorten bewegingen							Locatie	Data-verwerking	Prijs	Duurzaamheid
	Gedurende 1 week minimaal elke 15 seconde één meting	Zonder hinder en zonder afbreuk aan de verschijning op het lichaam gedragen	Valide indruk van intensiteit van bewegen geven	(hard)lopen	traplopen	fietsen	liggen	zitten	beweging zonder verplaatsing (bijvoorbeeld hometrainer)	transities tussen houdingen	Indien mogelijk gekoppeld aan GPS of GPS geïntegreerd	Bij voorkeur dedicated software beschikbaar voor standaardanalyses en patroonherkenning	Maximaal €150,- bij een afname van 1000 stuks	Bestand tegen oneigenlijk gebruik
ActiWatch	+ ¹	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+
ActiWatch MINI	+ ¹	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+
ActiHeart	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+
ActiBand	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+
PAM	? ²	+	+/?	+	-	?	-	-	-	-	-	+	+	± ³
MOVEN	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-
MTx sensor	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	- ⁴	+	-	-
Xbus Master	-	-	Systeem als aanvulling op MTx sensoren							-	+	-	-	-
Bluetooth sensor	-	+	?	+	+	-	-	-	+	+	-	?	?	?
Radiosensor	-	+	?	+	+	-	-	-	+	+	-	?	-	?
Platform MobiHealth	? ⁵	- ⁴	? ⁵	+ ⁵	+ ⁵	+ ⁵	+ ⁵	+ ⁵	+ ⁵	+ ⁵	+	+	?	-
Body Area Network	? ⁵	-	Systeem als aanvulling op sensoren							+	-	-	?	-

(BAN)														
Mobiele telefoon	-	+	Feedback voor patiënt								+	+	-	+
Geïstrumenteerde schoenen	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	?	-
Magnetische actuatoren	?	-	?	+ ⁵	+ ⁵	+ ⁵	+ ⁵	+ ⁵	+ ⁵	+ ⁵	-	-	?	-
SensorPhone	-	-	?	+	- ⁶	- ⁶	+	+	+	?	-	+	-	-
<i>Hartslagmeter (Polar)</i>	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-	?	+
<i>Accelerometer</i>	?	+	+	+	-	-	+	+	-	?	-	-	?	-
Lifestyle Monitoring	?	N.v.t.	?	-	-	-	-	-	-	-	-	+	?	+
DynaPort MiniMod	- ⁷	+	+	+	+	+	+	+	+	+	- ⁸	+	-	+

+ = voldoet

? = onduidelijk

¹ Standaard epoch op 1 minuut, maar kan ingesteld worden op 15 sec.

² Ontwikkelingen betreffende het uitbreiden van de epoch range van 5s-1 uur zijn gaande

³ De PAM is niet waterproof

⁴ Xsens heeft ook sensoren met geïntegreerde GPS voor gebruik in de industrie

⁵ Samengesteld systeem uit eerder genoemde sensoren zoals de MTX sensor/ radiosensor

⁶ Indirect kan m.b.v. mobiele telefoon worden aangegeven welke activiteit wordt uitgevoerd

⁷ Verbeteringen wat betreft kleinere epoch en langere batterijduur zijn gaande

⁸ Mogelijkheden met koppeling GPS en Bluetooth worden wel onderzocht

5 Discussie en conclusie

De doelstelling van dit project is het verkennen van de mogelijkheden om een in de praktijk toepasbare objectieve meetmethode voor fysieke (in)activiteit te identificeren, die een zo breed mogelijk spectrum van beweging kan meten bij de doelgroepen jeugd, volwassenen en ouderen. Om dit doel te bereiken is de literatuur op dit terrein bestudeerd en zijn via een veldverkenning huidige technologische ontwikkelingen nationaal en internationaal in kaart gebracht.

Allereerst is een programma van eisen en wensen opgesteld waaraan een dergelijk meetinstrument zou moeten voldoen in de context van (grootschalig) epidemiologisch onderzoek. Naast een optimale validiteit en betrouwbaarheid zijn daartoe ook een aantal praktische eisen geformuleerd, zoals dat het instrument niet hinderlijk is voor de gebruiker (kinderen, volwassenen en ouderen), dat het eenvoudig te gebruiken moet zijn en in verband met de hoge benodigde aantallen, niet te duur mag zijn. Bij de start van dit onderzoek was het wenselijk bij zowel de literatuurstudie als de verkenning goed voor ogen te houden dat een meetinstrument dat inzetbaar is in epidemiologisch onderzoek in diverse doelgroepen een groot aantal, mogelijk lastig te realiseren, eigenschappen moet hebben.

De literatuurverkenning heeft geen meetinstrument voor het objectief meten van beweging aan het licht gebracht dat volledig voldoet aan het opgestelde programma van wensen en eisen.

Voor het meten van beweeg- en sedentair gedrag in termen van duur, frequentie en intensiteit van bewegen en zitten/liggen blijkt voor onderzoeksdoeleinden vooral gebruik gemaakt te worden van stappentellers of versnellingsmeters. Aan dit type meetinstrument kleeft echter een aantal nadelen: grote verschillen in nauwkeurigheid tussen de verscheidene modellen en geen eenheid in methodiek voor de data analyse. Hierdoor zijn validatie studies onderling lastig te vergelijken. Bovendien kunnen versnellingsmeters een aantal belangrijke beweegactiviteiten die van belang zijn voor het energieverbruik niet onderscheiden/registreren (o.a. fietsen en traplopen).

Ondanks deze nadelen worden versnellingsmeters nog steeds veel gebruikt in onderzoek, waarschijnlijk mede omdat geen enkel ander instrument beter lijkt te voldoen aan de eerder genoemde praktische eisen. Daarbij vinden momenteel een aantal veelbelovende technische ontwikkelingen plaats:

- de overgang van eendimensionale naar driedimensionale versnellingsmeters, waardoor mogelijk naast lopen ook andere belangrijke typen van beweging gemeten kunnen worden.
- De combinatie met een hartslagmonitor (de Actiheart), waardoor een betrouwbaardere inschatting mogelijk wordt van het energieverbruik.
- Het inzetten van statistische methoden die door patroonherkenning het onderscheid tussen de verschillende typen beweging sterk kan verbeteren, eveneens van groot belang om zo goed mogelijk het energieverbruik van een individu te schatten. Wel moet gesignaleerd worden dat deze techniek echter nog in de kinderschoenen staat en verder onderzoek en ontwikkeling dienaangaande gewenst is.

Bovendien is er in toenemende mate aandacht voor een combinatie van versnellingsmeters en (d)GPS/GIS. Zeker gezien de grote aandacht voor de relatie tussen de bebouwde omgeving (wijken) en de mate van lichaamsbeweging, wordt het steeds belangrijker om te meten hoe vaak, wanneer maar ook waar iemand beweegt.

De veldverkenning laat zien dat er diverse veelbelovende technologische ontwikkelingen op het terrein van het objectief meten van beweging gaande zijn. Geen daarvan is echter al zodanig uitgerijpt dat deze een alternatief kunnen vormen voor de bovengenoemde combinatie van versnellingsmeter, hartslagmeter en patroonherkenningssoftware.

Een tweetal bedrijven (McRoberts/Dynaport Minimod en Xsens/MTx sensor) hebben in deze context kansrijke meetinstrumenten voor onderzoeksdoeleinden ontwikkeld waarin (tri-axiale) versnellingssensoren gecombineerd worden met een gyroscoop. Deze instrumenten zijn door deze combinatie beter in staat om verschillende soorten bewegingen (onderscheid tussen lopen en fietsen) te onderscheiden. Ook een instrument als de kniebrace van TNO is in principe interessant. Al deze instrumenten zijn echter nog in ontwikkeling of staan nog aan het begin van een valideringstraject. Bovendien zijn deze instrumenten nog relatief duur.

Al met al kan geconcludeerd worden dat het met de huidige technieken weliswaar nog niet mogelijk is om alle gewenste aspecten van bewegen te kunnen meten zonder daarbij afbreuk te doen aan de draagbaarheid en betaalbaarheid van het meetinstrument, maar dat de combinatie van versnellingsmeter-hartslagmeter-patroonherkenningssoftware (al dan niet met GPS) veelbelovend is.

Het verdient dan ook aanbeveling in de volgende fase van dit project een pilot uit te voeren met de Actiheart/-Graph en te bezien of met genoemde patroonherkenningssoftware een valide en betrouwbaar beeld van het beweeg- en sedentaire gedrag in diverse doelgroepen is te verkrijgen. Ervan uitgaande dat de prijs van de Actiheart in de nabije toekomst zal gaan dalen of dat er goedkopere alternatieven beschikbaar komen.

6 Referenties

AMINIAN K, NAJAFI B. Capturing human motion using body-fixed sensors: Outdoor measurement and clinical applications. *Computer Animation and Virtual Worlds* 2004;15(2):79-94.

ARMSTRONG N, WELSMAN JR. The physical activity patterns of European youth with reference to methods of assessment. *Sports Med* 2006; 36(12): 1067-86.

BASSETT DR, Jr. Validity and reliability issues in objective monitoring of physical activity. *Res Q Exerc Sport* 2000 Jun;71(2 Suppl):S30-S36.

BERLIN JE, STORTI KL, BRACH JS. Using activity monitors to measure physical activity in free-living conditions. *Physical Therapy* 2006;86(8):1137-45.

BRAGE S, BRAGE N, Franks PW, Ekelund U, Wong M, Bo Andersen L, Froberg K, Wareham N, Branched equation modelling of simultaneous accelerometry and heart rate monitoring improves estimate of directly measured physical activity energy expenditure, *J Appl Physiol* 96: 343–351, 2004.

BRAGE S, BRAGE N, Franks P, Ekelund U, Wareham N J Reliability and validity of the combined heart rate and movement sensor Actiheart, *European Journal of Clinical Nutrition* April 2005 Volume 59 No.4.

BJORNSON KF, BERZA B. Ambulatory activity monitoring in youth: State of the science. *Pediatric Physical Therapy* 2004;16(2):82-9.

LARSSON P. Global Positioning System and Sport-Specific Testing. *Sports Medicine* 2003;33(15):1093-101.

MINISTERIE VAN VOLKSGEZONDHEID WELZIJN EN SPORT. Nota Tijd voor Sport. Bewegen, meedoen, presteren. Den Haag: Ministerie Van Volksgezondheid Welzijn en Sport, 2005.

OOIJENDIJK WTM, CHORUS AMJ, WENDEL-VOS W. Advies actualisering beleidsdoelen Nota Tijd voor Sport. Leiden: TNO Kwaliteit van Leven. TNO-rapport KvL//B&G 2007.136

OOIJENDIJK WTM, HILDEBRANDT VH, HOPMAN-ROCK M. Bewegen in Nederland 2000-2005. In: Hildebrandt VH, Ooijendijk WTM, Hopman-Rock M (red). *Trendrapport Bewegen en Gezondheid 2004/2005*. Leiden: De Bink, 2007. P9-36 .

OOIJENDIJK WTM, WENDEL-VOS W, VRIES SI de. Advies consensus vragenlijsten sport en bewegen. Leiden: TNO Kwaliteit van Leven. TNO-rapport KvL//B&G 2007.089

OOIJENDIJK WTM, WENDEL-VOS W, VRIES SI DE. Reader consensus vragenlijsten sport en bewegen. Leiden/ Bilthoven: TNO Kwaliteit van Leven/ RIVM, 2005.

POBER DM, STAUDENMAYER J, RAPHAEL C, FREEDSON PS. Development of novel techniques to classify physical activity mode using accelerometers. *Med Sci Sports Exerc.* 2006 Sep;38(9):1626-34.

RENNIE KL, WAREHAM NJ. The validation of physical activity instruments for measuring energy expenditure: problems and pitfalls. *Public Health Nutr* 1998 Dec;1(4):265-71.

SIRARD JR, PATE RR. Physical activity assessment in children and adolescents. *Sports Medicine* 2001;31(6):439-54.

TROIANO RP, BERRIGAN D, DODD KW, MASSE LC, TILERT T, MCDOWELL M. Physical activity in the United States measured by versnellingsmeter. *Med Sci Sports Exerc* 2008; 40 (1): 181-88.

TROST SG. Objective measurement of physical activity in youth: current issues, future directions. *Exerc Sport Sci Rev* 2001;29(1):32-6.

TROST SG, MCIVER KL, PATE RR. Conducting accelerometer-based activity assessments in field-based research. *Med Sci Sports Exerc* 2005 Nov;37(11 Suppl):S531-S543.

VANHEES L, LEFEVRE J, PHILIPPAERTS R, MARTENS M, HUYGENS W, TROOSTERS T, et al. How to assess physical activity? How to assess physical fitness. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation* 2005;12(2):102-14.

VREEDE PL de, TAK ECPM. National Report on Assessment Instruments for Physical Activity and Physical Functioning in Older People in the Netherlands. Leiden: TNO Quality of Life, 2007. TNO-rapport KvL/P&Z 2007.075

VRIJKOTTE S, VRIES SI de, JONGERT MWA. Fitheidstesten voor de jeugd. Leiden: TNO Kwaliteit van Leven, 2007. TNO-rapport KvL/B&G 2007.006

VRIES SI DE, BAKKER I, HOPMAN-ROCK M, HIRASING RA, MECHELEN W VAN. Clinimetric review of motion sensors in children and adolescents. *J Clin Epidemiol* 2006; 59 (7): 670-80.

VRIES SI DE, PRONK MG, HOPMAN-ROCK M, JONGERT MWA. Assessing physical activity in children and adolescents. A review of different methods. Leiden: TNO Preventie en Gezondheid. TNO-rapport PG/ 2003.333

WARD DS, EVENSON KR, VAUGHN A, RODGERS AB, TROIANO RP. Accelerometer use in physical activity: best practices and research recommendations. *Med Sci Sports Exerc* 2005 Nov;37(11 Suppl):S582-S588.

WESTERTERP KR, PLASQUI G. Physical activity and human energy expenditure. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 2004;7(6):607-13.

ZIJLSTRA W, AMINIAN K. Mobility assessment in older people: New possibilities and challenges. *European Journal of Ageing* 2007;4(1):3-12.

A Gespreksrichtlijn

Gespreksrichtlijn Fase 1 State of the art meten fysieke activiteit

De State of the Art studie is gericht op:

1. wat er in de literatuur bekend is over het objectief meten van beweeg- en sedentair gedrag;
2. de validiteit en betrouwbaarheid van die metingen;
3. waar nodig onderscheid maken tussen de drie voornaamste doelgroepen: jeugd, ouderen en werknemers;
4. In kaart brengen van interessante c.q. veelbelovende technologische ontwikkelingen en lopend onderzoek door het uitvoeren van een veldoriëntatie.

Ten behoeve van structurering van informatie uit literatuur en gesprekken is hieronder een richtlijn weergegeven om te zorgen dat alle relevante aspecten zoveel mogelijk aan de orde komen.

I Ervaringen met huidige meetinstrumenten

A Welke ervaring heeft uw afdeling, BU en/of kerngebied op gebied van objectief meten van bewegen?

1. Om welk systeem gaat het?
2. Hoe werkt het?
3. Wat meet het?

B Zou het instrument volgens u in kunnen worden gezet voor het meten (en hoe dan) van bijvoorbeeld:

1. Sedentair/ zittend gedrag
2. Houding (onderscheid tussen zitten, staan, lopen), motoriek
3. Duur, frequentie, intensiteit, energieverbruik (bijvoorbeeld 24 uren registratie)
4. Locatiebepaling (binnen en buiten)
5. Kwaliteit van bewegen (motoriek, balans)
6. Soort bewegingen (onderscheid kunnen maken in lopen/fietsen/traplopen)

II Voor- en nadelen van huidige meetinstrumenten

Met betrekking tot bijvoorbeeld:

1. Kosten
2. Praktische toepasbaarheid
3. Doelgroepen (kinderen, volwassenen, ouderen),
4. Mensen met aandoeningen aan het beweegsapparaat
5. Individueel of groepsniveau meten?
6. Draagcomfort
7. Opslagcapaciteit van data
8. Lokatie (is de meetmethode plaatsgebonden?)
9. Validiteit en betrouwbaarheid

III Toekomstplannen objectieve meetinstrumenten

- A Welke technologische ontwikkelingen zijn in dit verband relevant?
- B Welke plannen zijn er binnen uw afdeling, BU en/of kerngebied die mogelijk interessant zijn voor de sector B&G

IV Andere relevante mensen/partijen/instanties

- A Kent u andere relevante mensen/partijen/instanties die werkzaam zijn op dit gebied?