HET METEN VAN FYSIEKE ACTIVITEIT EN SEDENTAIR GEDRAG

DE EERSTE STAP IN DE ONTWIKKELING VAN EEN INNOVATIEF, BREED-TOEPASBAAR INSTRUMENT

Verslag van het ZonMw project 2012011

Afdeling Revalidatiegeneeskunde & Fysiotherapie
ErasmusMC Universitair Medisch Centrum Rotterdam

Augustus, 2012

Projectgroep en auteurs

Dr. J.B.J. Bussmann

Drs. P. den Ambtman

Dr. H.L.D. Horemans

Drs. C.F.J. Nooijen

Klankbordgroep

Dr. E.A.L.M. Verhagen, VUMC/EMGO*

Dr. H.J.G. van de Berg–Emons, ErasmusMC

Dr. K. Meijer, Maastricht University

Dr. M. van Middelkoop, ErasmusMC

Dr. M.N. van Poppel, VUMC

Dr. IG van de Port, UMCU

Dr. I. van den Akker-Scheek, RUG

* had ook een belangrijke rol bij de aanvraag en de uivoering van het project

Focusgroep

Dr. C. Baten, Roessingh R&D

Dr. M.A.M. Berger, Haagse Hogeschool Bewegingstechnologie

Drs. R. van den Dool, Mulierinstituut

Dr. C.L.H. Hupkens, CBS

Drs. T. Jongert, Nederlands Paramedisch Instituut

Drs. K. Klein Wolt, OBIN

Drs. T. Kouwenhoven-Pasmooij, Erasmus MC bedrijfsgezondheidszorg

Dr. M.M.J. Nielen, NIVEL

Drs. B. Schouten, GGD

Dr. S.I. de Vries, TNO

Dr. Ir. G.C.W. Wendel-Vos, RIVM

Overige experts

Dr. O. Amft, TU Eindhoven

Dr. A. Bonomi, TU Eindhoven, Philips Electronics N.V.

Prof. P. French, TU Delft

Dr. N. Guldemond, TU Delft

Prof. H. Hermens, TU Twente

INHOUDSOPGAVE

Samenvatting	4
Hoofdstuk 1: Inleiding	7
Hoofdstuk 2: Plan van aanpak	9
Hoofdstuk 3: Definities en perspectief	13
Hoofdstuk 4: Bepalen van de te meten kenmerken	18
Hoofdstuk 5: Inventarisatie bestaande methodes	21
Hoofdstuk 6: Methodologische verdieping	32
Hoofdstuk 7: Technologische ontwikkelingen	37
Hoofdstuk 8: Eisen en wensen gebruikers en dragers	43
Hoofdstuk 9: Voorstel instrument	47
Hoofdstuk 10: Bestaande 1-unit instrumenten	51
Hoofdstuk 11: Vervolgtraject	55
Referenties	59
Bijlagen	66

A. Aanvraag

B. Zoekstrategie methodologische verdieping

C. Vragenlijst 1 (inter)nationale experts en focusgroep

D. Vragenlijst 2 (inter)nationale experts en focusgroep

E. Interview technische experts

F. Vragenlijst en antwoorden wensen en eisen dragers

G. Validiteit bestaande 1-unit instrumenten

SAMENVATTING

Voldoende fysiek actief zijn verkleint de kans op een aantal chronische aandoeningen waaronder hart- en vaatziekten en diabetes type 2. Fysieke activiteit en sedentair gedrag zijn het resultaat van iemands beweeggedrag. Hieronder verstaan we de uitvoering van lichaamshoudingen en bewegingen in het dagelijks leven in de voor een persoon natuurlijke omgeving. Het nauwkeurig meten van beweeggedrag en daaraan gerelateerde kenmerken zijn van belang om risicogroepen te detecteren en de effecten van maatregelen te kunnen evalueren.

Dit rapport, dat geschreven is in opdracht van ZonMw, doet een voorstel voor de ontwikkeling van een breed-toepasbaar meetinstrument om fysieke activiteit en sedentair gedrag in kaart te brengen. Uitgangspunten daarbij zijn dat het instrument ingezet moet kunnen worden voor verschillende vormen van (grootschalig) onderzoek, bij mensen van verschillende leeftijden en met verschillende culturele achtergronden en opleidingsniveaus.

De doelstellingen van het project zijn:

- Afbakening van het door ZonMw geschetste kader
- Bepalen van de te meten kenmerken
- Inventariseren van al bestaande methodes
- Inventariseren van recente technologische ontwikkelingen
- In kaart brengen van wensen van gebruikers en dragers
- Formuleren van een voorstel voor het instrument

Voor de totstandkoming van het voorstel is literatuuronderzoek verricht en zijn online bronnen geraadpleegd, zijn (inter)nationale onderzoekers en deskundigen op het gebied van het meten van fysieke activiteit en sedentair gedrag geconsulteerd, en zijn vragen voorgelegd aan potentiële dragers.

De drie belangrijkste te meten kenmerken zijn:

- Beweeggedrag: lichaamshoudingen en bewegingen
- Energiegebruik dat gerelateerd is aan beweeggedrag
- Context van beweeggedrag, ofwel de situatie op het moment van het aannemen of uitvoeren van houdingen en bewegingen

Het is van belang om de drie genoemde kenmerken zo nauwkeurig mogelijk te meten. Versnellingsmeters zijn hiervoor het meest geschikt. In veel huidige toepassingen geven zij alleen informatie over de intensiteit van bewegen. Door recente signaalanalytische ontwikkelingen is het echter mogelijk om uit versnellingsdata ook informatie over houdingen en bewegingen te halen. Versnellingsmeters worden tevens gebruikt voor het schatten van energiegebruik. Deze schatting is echter niet optimaal. Er zijn aanwijzingen dat door het integreren van informatie over houdingen en bewegingen met informatie over de intensiteit waarmee ze worden uitgevoerd en door gerichte signaalanalyse de schatting van het energiegebruik kan worden geoptimaliseerd.

Er zijn voor zover bekend geen bestaande instrumenten die de drie kenmerken simultaan meten. Bovendien zijn instrumenten die meerdere kenmerken meten vooralsnog te complex, te onvriendelijk voor eindgebruiker en drager, en/of te duur voor grootschalige toepassing. De uitdaging is dan ook om een instrument te ontwikkelen dat niet alleen de te meten kenmerken nauwkeurig meet, maar tevens gebruiksvriendelijk en goedkoop is. Een instrument bestaande uit één enkele unit heeft de voorkeur. Vakliteratuur en recente technologische ontwikkelingen geven voldoende aanwijzingen dat het ontwikkelen van een dergelijk instrument haalbaar is.

De mogelijkheden om op een geautomatiseerde wijze informatie over context te verzamelen zijn momenteel beperkt. Versnellingsmeters kunnen op basis van informatie over houdingen en bewegingen en door nog te ontwikkelen signaal-analytische strategieën voor een deel contextinformatie leveren. Het is mogelijk om context informatie te verzamelen met behulp van online vragenlijsten, al dan niet aangeboden met behulp van mobiele applicaties. Een alternatief zou geboden kunnen worden door andere technologieën, waarbij GPS het meest voor de hand ligt. Of dit op korte termijn haalbaar is moet echter nog worden onderzocht.

Vanuit zowel methodologisch als gebruikersperspectief wordt het volgende voorstel gedaan: Het instrument bestaat bij voorkeur uit één unit met als basis een versnellingsmeter. Het instrument is eenvoudig door de drager zelf aan te brengen op het bovenbeen of om het middel. De wijze van bevestiging is nog open, maar een elastische band of hechtfolie hebben de voorkeur. De minimale meetduur bedraagt 1 week. De data dient bij voorkeur draadloos te kunnen worden uitgelezen en te worden opgeslagen in een centrale (webbased) database

die voor meerdere groepen toegankelijk is. De analyse vindt idealiter plaats met behulp van open software waarbij het mogelijk moet zijn om compliance en correct gebruik te kunnen bepalen. De kosten voor één enkel instrument mogen niet meer dan 100 euro bedragen.

Het rapport eindigt met een voorstel voor een vervolgfase van het project. In deze vervolgfase staan een verdere inventarisatie en concretisering, de ontwikkeling van een prototype, validering en implementatie centraal.

H1. INLEIDING

Een gezonde leefstijl kenmerkt zich onder andere door voldoende beweging (bron: http://www.hartstichting.nl/). Zo schrijft het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport in de landelijke nota gezondheidsbeleid, 'Gezondheid dichtbij' dat mensen die voldoende bewegen minder vaak ziek zijn, minder last hebben van psychische klachten, gemakkelijker op een gezond gewicht blijven, minder kans hebben op chronische aandoeningen, en op latere leeftijd langer zelfstandig kunnen blijven wonen[1]. Verder vermeldt het Ministerie in de nota dat binnen de reeds vastgestelde speerpunten het accent wordt gelegd op meer bewegen. Hiervoor zijn meerdere redenen.

Er is steeds meer bewijs dat langdurig te weinig bewegen leidt tot verhoogde gezondheidsrisico's. Relaties zijn vastgesteld voor een aantal chronische aandoeningen waaronder hart- en vaatziekten[2], diabetes type 2[3], obesitas[4], osteoporose[5], vormen van kanker[6] en depressie[7-8]. Er wordt geschat dat in Nederland 4.9% van alle vroegtijdige sterfte veroorzaakt wordt door langdurige fysieke inactiviteit[9]. Wereldwijd wordt het aantal sterfgevallen als gevolg van fysieke inactiviteit geschat op 5 miljoen[10]. Dit aantal is vergelijkbaar met het wereldwijde aantal doden als gevolg van roken[11].

Ondanks het belang van bewegen is het bekend dat bijna de helft van de volwassen Nederlanders minder beweegt dan de 'Nederlandse Norm Gezond Bewegen' voorschrijft[12] (een half uur matig intensieve fysieke activiteit tenminste 5 dagen per week[13]). Dit kan niet verklaard worden uit verminderd sporten: sportbeoefening is de afgelopen jaren toegenomen[1]. Een mogelijke reden is de afname van het aantal fysiek inspannende beroepen als gevolg van de toegenomen inzet van machines en computers[12].

Het probleem van te weinig beweging speelt niet alleen bij volwassenen. Uit recente cijfers met betrekking tot jongeren (13-15 jaar) blijkt dat zelfs 70 tot 90% niet voldoet aan de norm gezond bewegen voor jongeren (elke dag 60 minuten matig intensief bewegen)[14].

Tot slot komen ongezonde leefgewoonten - zoals te weinig bewegen - vaak in combinatie voor: mensen die minder bewegen eten vaker ongezond, roken vaker en drinken vaker excessief alcohol[12]. Door voldoende te bewegen, bij voorkeur al op jonge leeftijd, kan het ontstaan van deze combinatie mogelijk worden voorkomen. Bovendien is bekend dat voor kinderen bewegen of sporten een gunstig effect heeft op hun leerprestaties, weerbaarheid, en psychische en motorische ontwikkeling[12]. Jong geleerd is zodoende oud gedaan.

Aandoeningen die geassocieerd worden met een inactieve leefstijl leiden tot een verhoogde zorgconsumptie en kosten de overheid jaarlijks veel geld[15]. Om meer inzicht te krijgen in de effecten van een inactieve leefstijl op gezondheid, in de factoren die een inactieve leefstijl bepalen, en om de effectiviteit van programma's ter bevordering van een actieve leefstijl te monitoren is het betrouwbaar en nauwkeurig kunnen meten van fysieke (in)activiteit van belang. Tot dusver gebeurt dat bij grootschalige onderzoeken vooral met behulp van vragenlijsten. Uit een aantal systematische reviews is gebleken dat vragenlijsten voor dit doeleinde over onvoldoende goede klinimetrische eigenschappen beschikken[16-19]. Om die reden heeft een ZonMw subcommissie - bestaande uit leden van de programmacommissie Sport, Bewegen en Gezondheid en de programmacommissie Gezonde leefstijl en een gezonde omgeving - aan het Landelijk Overleg Sportgezondheids Onderzoek (LOSO) de opdracht gegeven een alternatief meetinstrument te ontwikkelen en te evalueren voor het bepalen van de mate van fysieke (in)activiteit. De hoofduitvoerder van deze opdracht is de afdeling Revalidatiegeneeskunde & Fysiotherapie van het ErasmusMC. In overleg met de subcommissie is besloten de opdracht te laten bestaan uit 2 fases. De activiteiten tot dusver betroffen fase 1, waarin is toegewerkt naar een voorstel voor het meetinstrument, en het huidige rapport heeft dus alleen betrekking op deze fase. Fase 2 betreft de ontwikkeling en evaluatie van het meetinstrument. Doorgang van fase 2 is afhankelijk van de bevindingen in fase 1 en de conclusies en adviezen die daaruit volgen.

In de aanvraag (zie bijlage A) zijn de volgende doelstellingen geformuleerd voor fase 1:

- Afbakening van het door ZonMw geschetste kader
- Bepalen van de te meten kenmerken
- Inventariseren van al bestaande methodes
- Inventariseren van recente technologische ontwikkelingen
- In kaart brengen van wensen van gebruikers en dragers
- Formuleren van een voorstel voor het instrument

Dit rapport beschrijft de wijze waarop deze doelstellingen zijn uitgewerkt en de resultaten die dit heeft opgeleverd. Daarnaast wordt aan het eind van het rapport een beknopt voorstel gedaan voor de invulling van fase 2.

H2. PLAN VAN AANPAK

In overeenstemming met de aanvraag (bijlage A) zijn er 6 hoofdactiviteiten ondernomen om de eerder beschreven doelstellingen te behalen. Hierbij is geprobeerd het netwerk van relaties en contacten zo goed mogelijk in te zetten, en de aanwezige expertise zo optimaal en efficiënt mogelijk te benutten. De kennis die is opgedaan uit de 6 verschillende activiteiten is door het hele verslag heen verwerkt. De volgende hoofdactiviteiten kunnen worden onderscheiden:

1. Literatuuronderzoek

Bij de start van het project is er via literatuurzoeksystemen (PubMed, EMBASE) gezocht naar reviews en overzichtsartikelen van het meten van fysieke activiteit en sedentair gedrag. In latere stadia is gericht literatuuronderzoek verricht met betrekking tot belangrijke conceptuele vraagstukken die in de loop van het project zijn ontstaan (Bijlage B). De in de aanvraag beschreven systematische review zou zich richten op objectieve meettechnieken en uitkomstmaten. In overleg met ZonMw is besloten die systematische review geen onderdeel te laten zijn van het project. De hoeveelheid literatuur is zeer groot, en we schatten in dat een systematische review zeer veel tijd zou kosten, terwijl de feitelijke bijdrage ervan aan het projectdoel beperkt zou zijn.

2. Internet zoekactie

Niet alle bestaande instrumenten zijn terug te vinden in de wetenschappelijke literatuur, zeker niet als het gaat over nieuwe ontwikkelingen. Er is daarom een internet zoekactie uitgevoerd naar al beschikbare meetinstrumenten van fysieke activiteit. Resultaten hiervan zijn verwerkt in een overzicht van meetinstrumenten. Daarnaast is er een zoekactie uitgevoerd naar nieuwe ontwikkelingen op het gebied van meten van fysieke activiteit.

3. Raadpleging (inter)nationale experts

Internationale experts

In 2008 vond het eerste “International Congres of Ambulatory Monitoring of Physical Activity” (ICAMPAM) plaats in Rotterdam, georganiseerd door de afdeling Revalidatiegeneeskunde en Fysiotherapie van het Erasmus MC. In mei 2011 vond het tweede ICAMPAM plaats in Glasgow[20]; dit congres is bezocht en via deze weg is inzicht

verkregen in de laatste ontwikkelingen. Daarnaast is in een vroeg stadium van het project aan een selectie van 50 deelnemers van het congres, allen betrokken bij onderzoek naar het meten van fysieke activiteit, een inventariserende vragenlijst verstuurt (bijlage C). In deze vragenlijst is gevraagd naar opinies over de belangrijkste constructen van fysieke activiteit, uitkomstmaten, voorwaarden en eigenschappen van een nieuw meetinstrument. Daarnaast had de vragenlijst als doel om een zo actueel en breed mogelijk beeld te krijgen van de ontwikkelingen en toekomstvisies op het gebied van fysieke activiteitregistratie. In een later stadium van het project is naar een deel van de respondenten een tweede vragenlijst rondgestuurd met vragen die betrekking hadden op meer concrete eigenschappen van het meetinstrument (bijlage D). De response rate op de eerste vragenlijst was 78% (39/50), op de tweede vragenlijst 64% (16/25).

Technische experts

Nederlandse hoogleraren van drie technische universiteiten zijn telefonisch benaderd en op een systematische manier geïnterviewd over technische mogelijkheden en ontwikkelingen op het gebied van het meten van fysieke activiteit (bijlage E).

4. Organiseren focusgroepmeeting

Het te ontwikkelen instrument moet worden gebruikt door verschillende gebruikers. Om inzicht te krijgen in de wensen en eisen van die gebruikers is er een focusgroep gevormd. Deze focusgroep bestond uit 11 leden werkzaam bij diverse instituten, organisaties en universiteiten, vanuit verschillende invalshoeken betrokken bij onderzoek of ontwikkeling op het gebied van fysieke activiteit (Bladzijde 2). De eerste activiteit van de focusgroep was het invullen van dezelfde inventariserende vragenlijst als de lijst die aan de experts was gestuurd (bijlage C). Deze vragenlijst was uitgangspunt voor de focusgroep bijeenkomst die geleid werd door een ervaren gespreksleider, niet direct betrokken bij het project. Voorafgaand aan de bijeenkomst zijn de onderwerpen bepaald en deze zijn tijdens de bijeenkomst door de gespreksleider op een gestructureerde manier aan bod gebracht. Er is gediscussieerd over de gebruikssituatie- en toepassingen, informatiebehoefte, en gebruikerseisen- en wensen van het meetinstrument. Vervolgens is in een later stadium, net als naar de experts, de tweede vragenlijst rondgestuurd met betrekking tot een meer concreet voorstel van eigenschappen van het meetinstrument (bijlage D).

5. Inventarisatie van de wensen van dragers

Met een vragenlijst (bijlage F) is inzicht verkregen in de meningen en wensen van toekomstige dragers van het meetinstrument. Meer specifiek is gevraagd naar bevestigingwijze, draagpositie, draaggemak en gewenste instructies. Deze vragenlijst is gebruikt ter vervanging van de methode van context mapping die in de aanvraag was beschreven. Tijdens het project werd duidelijk dat context mapping niet de meest optimale methode was om de gebruikerswensen in kaart te brengen. Context mapping vereist een concreet en tamelijk precies gedefinieerd product, en hiervan was in de eindfase van het project nog onvoldoende sprake.

6. Klankbordgroep

Een belangrijke wens van ZonMw was de betrokkenheid van LOSO partners. Hiertoe is een klankbordgroep gevormd, bestaande uit 9 leden werkzaam bij de verschillende LOSO groepen (Bladzijde 2). De klankbordgroep was oorspronkelijk niet gepland, maar is als extra onderdeel aan het project toegevoegd voor het waarborgen van de kwaliteit en het behouden van een brede scoop. Deze groep heeft actief meegedacht in het project en actief het eigen netwerk ingezet. Er zijn 4 bijeenkomsten geweest en daarbuiten zijn de diverse leden benaderd voor specifieke vragen.

Zowel de klankbordgroepleden als de focusgroepleden hebben gelegenheid gehad de draftversie van het eindverslag te lezen en van commentaar te voorzien. Alle 7 klankbordgroepleden hebben hun reactie op het verslag gegeven; daarnaast hebben van 7 van de 11 focusgroepleden gereageerd, waarvan 5 met een inhoudelijke reactie. In alle gevallen was de algemene beoordeling positief en werden de centrale conclusies ondersteund. De meeste opmerkingen zijn verwerkt in de huidige versie van het rapport.

In Tabel 1 staat een overzicht van welke activiteiten bij welk hoofdstuk zijn ingezet. De klankbordgroep is nauw betrokken geweest in het hele project, en dus ook in elk hoofdstuk, en is daarom niet apart bij elk hoofdstuk genoemd. Zoals uit de onderstaande tabel blijkt zijn de meeste hoofdstukken het resultaat van meerdere, met elkaar verweven activiteiten.

Tabel 1. Activiteiten bij hoofdstukken

	1. Literatuur	2. Internet	3. Experts	4. Focusgroep	5. Gebruikers
3. Definities en perspectief	**x**			**x**	
4. Bepalen van de te meten kenmerken	**x**		**x**	**x**	
5. Inventarisatie bestaande methodes	**x**	**x**			
6. Methodologische verdieping	**x**				
7. Technische mogelijkheden	**x**	**x**	**x**		
8. Eisen/wensen gebruikers en dragers				**x**	**x**
9. Voorstel	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**
10. Bestaande 1-unit instrumenten	**x**	**x**			

H3. DEFINITIES EN PERSPECTIEF

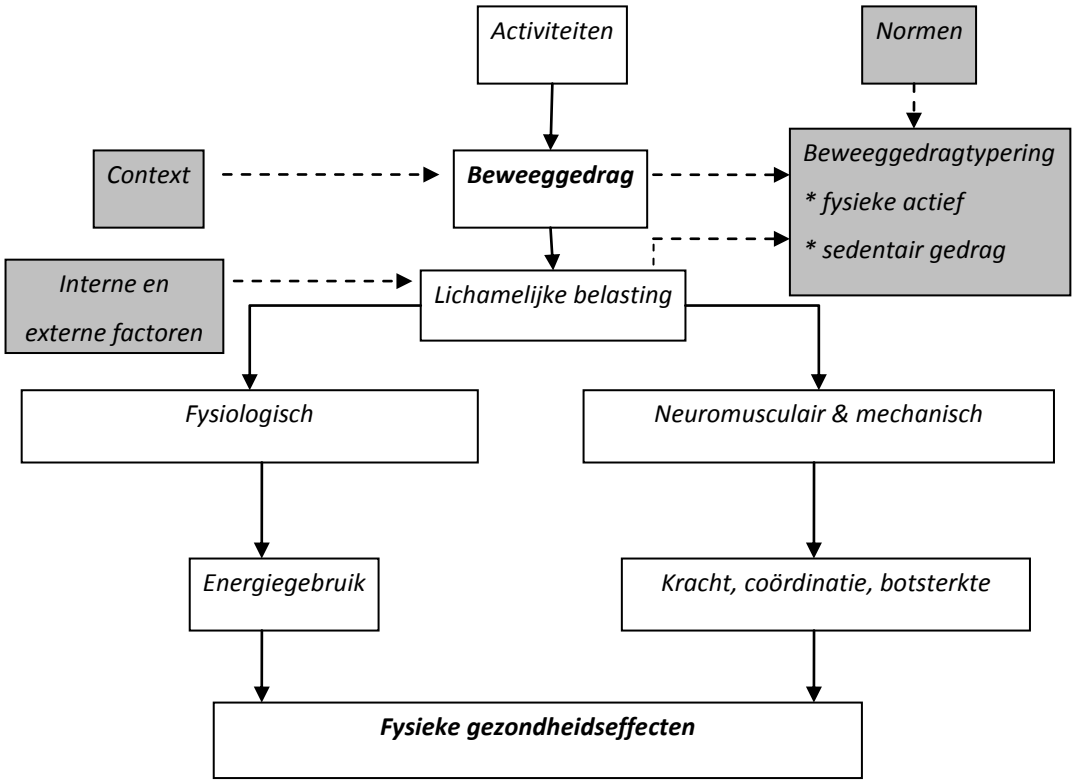
De meeste mensen hebben wel een tamelijk helder beeld voor ogen indien er gesproken of geschreven wordt over de relatie tussen "actieve leefstijl" en "gezondheid". Dat is tegelijkertijd een voordeel en een nadeel. Het voordeel is dat deze koppeling niet uitgebreid toegelicht en uitgelegd moet worden en veelal niet ter discussie staat; "bewegen is goed". Het nadeel ervan is dat onvoldoende wordt beseft dat niet geldt "al het bewegen is even goed". Ook wordt soms niet goed stil gestaan bij waarvóór bewegen goed is; het maakt (waarschijnlijk) verschil uit of je beweegt om hart- en vaatziekten te voorkomen of osteoporose. Daarnaast worden termen als fysieke activiteit, bewegen, energiegebruik, actieve leefstijl, sporten, exercise en soms zelfs fitheid als een soort synoniem gezien, terwijl ze (in ieder geval deels) verschillende concepten betreffen. Om die reden beschrijven we in dit hoofdstuk het perspectief en geven we definities die we verder in het rapport zullen hanteren.

Definities

Lichaamsbeweging is één van de uitingsvormen van beweeggedrag (Engels: movement behaviour). Onder *beweeggedrag* verstaan we de uitvoering van lichaamshoudingen en -bewegingen in het dagelijks leven in de voor een persoon natuurlijke omgeving. Houdingen en bewegingen vinden veelal plaats in het kader van (functionele) activiteiten, zoals boodschappen doen of eten koken, en zijn het in algemeen sterk gekoppeld: de activiteit televisie kijken zal veelal samengaan met de houding zitten, en de activiteit tuinieren aan de houdingen en bewegingen staan, lopen en hurken.

Een veel gebruikte definitie van *fysieke activiteit* is “elke krachtsinspanning van skeletspieren resulterend in méér energiegebruik dan in rustende toestand”[21]. Het betreft hier dan een momentaan construct: iemand is op een bepaald moment fysiek actief of niet. Vanuit een andere invalshoek wordt fysieke activiteit meer als een gedragstypering gezien: iemand die fysiek actief is heeft een leefstijl die gekenmerkt wordt door specifieke beweeggedragkenmerken en/of door specifieke effecten daarvan op het lichaam. In dit rapport zullen we vooral de laatste definitie volgen. Het verrichten van activiteiten en de daaraan gekoppelde houdingen en bewegingen leidt tot een belasting van het lichaam, die onder andere uit te drukken is in energiegebruik. Energiegebruik wordt verondersteld een koppeling te hebben met "gezondheid" (in brede zin), en daarom zal er een relatie bestaan

tussen activiteiten, energiegebruik en gezondheidseffecten. In zogenaamde MET (Metabolic Equivalent of Task) tabellen wordt dan ook een koppeling gemaakt tussen activiteiten en energiegebruik. Het gebruik van deze MET tabellen wordt uitgebreid beschreven en bediscussieerd in hoofdstuk 5.



Figuur 1. Schematische weergave van de relatie tussen beweeggedrag en fysieke gezondheid

Beweeggedrag wordt niet alleen gekarakteriseerd door het soort houding en beweging, maar ook door de duur en intensiteit ervan, en de momenten waarop het plaatsvindt (verdeling). Op basis van deze karakteristieken en de lichamelijke belasting (veelal energiegebruik), én op basis van normen kunnen verschillende vormen van beweeggedrag worden beschreven. In de 'Nederlandse Norm Gezond Bewegen'[12] is bijvoorbeeld het intensiteits-, duur-, verdelingsaspect terug te vinden: een half uur matig intensieve fysieke activiteit per dag, in blokken van minimaal 10 minuten, gedurende minimaal 5 dagen per week (voor volwassenen). Indien er sprake is van beweeggedrag dat voldoet aan deze norm, dan is er sprake van een persoon die *fysiek actief* is of een *actieve leefstijl* heeft. Een *inactieve leefstijl* is dus een vorm van beweeggedrag die in negatieve zin afwijkt van de beweegnorm. Een vorm van beweeggedrag die in de afgelopen jaren steeds sterker

geassocieerd wordt met een verhoogd gezondheidsrisico is sedentair beweeggedrag[22]. *Sedentair beweeggedrag* kenmerkt zich door het langdurig aannemen van passieve houdingen zoals liggen en zitten en een gemiddeld laag niveau van energiegebruik[23]. Sedentair beweeggedrag wordt gezien als een separate risicofactor en is niet automatisch de tegenhanger van een actieve leefstijl; er kan sprake zijn van sedentair beweeggedrag én een volgens de norm vastgestelde actieve leefstijl.

'Gij zult meer slenteren'

Hans Savelberg, De Volkskrant 8 juni 2012

Den Haag- De Nederlandse norm voor gezond bewegen voldoet niet. Wie veel loopt of staat, doet meer voor zijn gezondheid dan wie een half uurtje sport en daarna op de bank ploft. Recente onderzoeksresultaten veranderen het bestaande beeld over de relatie tussen bewegen en gezondheid. Sporten kan een manier zijn om meer te bewegen, maar als je daarnaast weinig actief bent, heeft het geen nut.

Elke houding en beweging zal, afhankelijk van de uitvoering en de intensiteit waarmee het wordt uitgevoerd, een specifieke *lichamelijk belasting* opleveren. Zoals beschreven, is energiegebruik een belangrijke en vaak gemeten uiting van deze belasting, en wel specifiek van de fysiologische belasting van het lichaam. De mate van de belasting wordt niet alleen bepaald door het beweeggedrag, maar ook door persoonlijke (interne) factoren, zoals algemene conditie, en door externe factoren, zoals ondergrond en externe lasten. Het is belangrijk te beseffen dat beweeggedrag niet alleen effect heeft op gezondheid via de weg van fysiologische belasting en energiegebruik, maar bijvoorbeeld ook via de weg van neuromusculaire en mechanische belasting, met effecten op spieren (bijvoorbeeld kracht, coördinatie), gewrichten en botten (bijvoorbeeld een verbeterde botdichtheid).

Perspectief

Het toekomstige instrument moet die aspecten van beweeggedrag kunnen meten en die efecten ervan op het lichaam die een koppeling hebben met gezondheid. Daarnaast is door ZonMw voorafgaand bepaald dat het instrument gebruikt moet kunnen worden voor alle groepen mensen, ongeacht leeftijd, etniciteit, en opleidingsniveau, en dat de klinimetrische eigenschappen voldoende moeten zijn om ingezet te kunnen worden binnen verschillende vormen van onderzoek. Dit algemeen geformuleerde kader is tijdens het project gespecificeerd, vooral met informatie uit de focusgroep. Die specificatie richtte zich vooral op voor welke vraagstukken en bij welke doelgroepen het instrument moet kunnen worden toegepast.

Voor welke vraagstukken wordt het instrument ingezet

Het meetinstrument moet kunnen worden ingezet voor zowel grootschalig epidemiologisch onderzoek naar de relatie tussen gezondheid en beweeggedrag, als (kleinschalig) effectonderzoek naar het effect van interventies gericht op het beïnvloeden van het beweeggedrag. Voorbeelden van epidemiologisch onderzoek met betrekking tot beweeggedrag zijn inventariserend onderzoek, trendmonitoring en cross-culturele vergelijkingstudies.

Vraagstellingen kunnen komen vanuit instellingen en instituten zoals het Ministerie van VWS, CBS, GGD, RIVM, onderzoeksinstituten en -scholen (Nivel, Nihes, SCP, TNO, Rathenau instituut, EMGO instituut, IFKB), en (universitaire) onderzoeksgroepen.[1*]

Het instrument moet kunnen worden toegepast voor verschillende gezondheidsvraagstukken en verschillende (beweeg)normen. De huidige richtlijnen voor gezond beweeggedrag, de Beweegnorm en de Fitnorm[13], kunnen als uitgangspunt dienen bij het vormen van afkappunten. Op basis van nog vast te stellen normwaarden kunnen in de toekomst afkappunten worden aangepast.

Voor welke doelgroepen wordt het instrument ingezet

De doelgroep is door ZonMw beperkt gekaderd. Het meetinstrument moet ingezet kunnen worden bij mensen van verschillende leeftijden, met verschillende culturele achtergronden, en met verschillende opleidingsniveaus. De meest voor de hand liggende doelgroepen zijn mensen "at risk" voor te weinig bewegen, en mensen met gezondheidsproblemen die worden gerelateerd aan te weinig bewegen, zoals hart- en vaatziekten, obesitas, depressie, diabetes type-2, osteoporose, en bepaalde vormen van kanker.

Het instrument moet toepasbaar zijn binnen groepsstudies, maar ook gebruikt kunnen worden voor individuele vraagstellingen. Uit preventief oogpunt is een interessante doelgroep mensen die in principe geen gezondheidsklachten hebben maar wel ‘at risk’ zijn. Dit zijn bijvoorbeeld mensen met (licht) overgewicht of mensen die om wat voor reden dan ook weinig bewegen. Door het beweeggedrag van deze groep op een positieve wijze te beïnvloeden kunnen daadwerkelijke gezondheidsproblemen in de toekomst worden voorkomen en kunnen zorgkosten worden beperkt. Een specifieke groep hierbinnen betreft kinderen en ouders van kinderen. Gedrag van kinderen is gemakkelijker te beïnvloeden en de kans op beklijven van gezond gedrag is groter wanneer het jong is aangeleerd. Ouders

kunnen hierbij een belangrijke voorbeeldfunctie vervullen. Uit praktische overwegingen wordt een leeftijdsgrens vanaf 6 jaar voorgesteld.[1]

Een andere interessante doelgroep is ouderen (leeftijd vanaf 65 jaar). Dit betreft een grote groep mensen (naar schatting 24% van de totale bevolking in 2050; Nationaal Kompas Volksgezondheid), waarvan vooral hoogbejaarde alleenstaande ouderen (85-plussers) en allochtone ouderen extra kwetsbaar zijn. Het gezondheidseffect van bewegen bij ouderen zit mogelijk vooral in het regelmatig bewegen en het (mechanisch) belasten van spieren, botten en gewrichten, en mogelijk minder in het behalen van bepaalde energetische (of intensiteits) normen. Een ander gezondheidsrisico voor ouderen is gerelateerd aan een verhoogde valkans.

Eisen aan het instrument

Gezien de opdracht van ZonMw en de in dit hoofdstuk beschreven vraagstukken en doelgroepen is het duidelijk dat er bij het uiteindelijke voorstel voor een instrument niet alleen gekeken wordt naar wat technologisch haalbaar en methodologisch optimaal is, maar ook naar praktische zaken als gebruiksvriendelijkheid (voor zowel de eindgebruiker als de drager) en kosten.

Conclusie

Concluderend kan worden gesteld dat het toekomstige instrument fysieke (in)activiteit en sedentair gedrag meet, en aspecten en effecten van beweeggedrag meet en onderscheidt die gerelateerd zijn aan een verhoogd risico op het ontstaan van gezondheidsproblemen. Dit meten moet op een gebruikersvriendelijke en praktisch haalbare wijze plaatsvinden. Het instrument moet gebruikt kunnen worden voor alle individuen en groepen mensen vanaf een leeftijd van 6 jaar. Het meetinstrument moet kunnen worden ingezet voor zowel grootschalig epidemiologisch onderzoek als (kleinschalig) effectonderzoek.

[1] * Ministerie van VWS: Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport; CBS: Centraal Bureau voor de Statistiek; GGD: Gemeentelijke Gezondheidsdienst; RIVM: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu ; Nivel: Nederlands instituut voor onderzoek van de gezondheidszorg; Nihes: Netherlands Institute for Health Sciences ; SCP: Sociaal en Cultureel Planbureau; EMGO instituut: Instituut voor Extramuraal Geneeskundig Onderzoek; IFKB: Instituut Voor Fundamentele en Klinische Bewegingswetenschappen

H4. BEPALEN VAN DE TE METEN KENMERKEN

Er komt steeds meer bewijs dat voldoende lichaamsbeweging een gunstig effect heeft op de gezondheid. Het bevorderen van gezond beweeggedrag is dan ook momenteel een belangrijk doel van de overheid en gezondheidsinstellingen, niet in de laatste plaats om de kosten binnen de gezondheidszorg terug te dringen. Maar, zoals in Hoofdstuk 3 al aangestipt: welke aspecten van fysieke activiteit en sedentair gedrag dragen bij aan een verbetering of verslechtering van de gezondheid? Of, met andere woorden, welke kenmerken die aan beweeggedrag zijn gerelateerd moet het te ontwikkelen instrument objectief en betrouwbaar kunnen meten? Deze vraag is voorgelegd aan (inter)nationale experts en aan de leden van de focusgroep. Op basis van hun reacties, aangevuld met informatie vanuit de literatuur, zijn 3 kenmerken geselecteerd die een meetinstrument gericht op grootschalig onderzoek naar beweeggedrag moet kunnen vastleggen:

1. Beweeggedrag: houdingen en bewegingen
2. Energiegebruik gerelateerd aan beweeggedrag
3. Context: de situatie op het moment van het aannemen of uitvoeren van houdingen en bewegingen

De drie kenmerken worden hieronder nader toegelicht.

1. Houdingen en bewegingen

Houdingen en bewegingen geven om verschillende redenen relevante informatie over het beweeggedrag in relatie tot gezondheid.

Op de eerste plaats kan door houdingen en bewegingen in de tijd te registreren informatie worden verkregen over de duur en frequentie waarin houdingen en bewegingen worden aangenomen en uitgevoerd. Deze informatie is om twee redenen op zichzelf van belang. Op de eerste plaats omdat voor het kunnen vaststellen van sedentair gedrag het meten van het energiegebruik alleen niet voldoende informatie geeft, maar aanvullende informatie over de duur en frequentie van houdingen als zitten en liggen nodig is. Op de tweede plaats, zoals in hoofdstuk 3 al aangestipt, is beweeggedrag niet alleen gerelateerd aan gezondheid via energiegebruik, maar ook via de weg van mechanische belasting van spieren, botten en gewrichten. Voor het schatten van deze belasting is informatie over houdingen en bewegingen noodzakelijk.

Ten derde kan het registreren van houdingen en bewegingen bijdragen aan het beter kunnen schatten van het energiegebruik wanneer energiegebruik niet op een directe manier wordt gemeten. Er kan mogelijk beter bepaald worden welk deel van het energiegebruik specifiek gerelateerd is aan beweeggedrag. Deze veronderstelling zal nader worden getoetst en toegelicht in hoofdstuk 6.

Tot slot geeft informatie over houdingen en bewegingen informatie over de context van beweeggedrag. Als er sprake is van energiegebruik geeft informatie over houdingen- en bewegingen inzicht in de onderliggende activiteit (bijvoorbeeld of het energiegebruik tot stand komt door fietsen of lopen). Door het identificeren van houdingen en bewegingen kan de mate van energiegebruik dus beter worden geïnterpreteerd.

De (inter)nationale experts en de leden van de focusgroep definieerden 6 houdingen en bewegingen die het meetinstrument zou moeten kunnen onderscheiden. Het waren de bewegingen lopen (wandelen en traplopen), hardlopen, en fietsen, en de houdingen zitten, staan en liggen.

2. Energiegebruik gerelateerd aan beweeggedrag

Volgens de (inter)nationale experts en de leden van de focusgroep is het nauwkeurig kunnen bepalen van het energiegebruik het meest van belang bij het vaststellen van het effect van beweeggedrag op gezondheid. Hierbij gaat het dan specifiek om het energiegebruik gerelateerd aan beweeggedrag en wordt energiegebruik gerelateerd aan bijvoorbeeld het rustmetabolisme en voedsel consumptie (diet induced thermogenese) buiten beschouwing gelaten. Energiegebruik gerelateerd aan beweeggedrag is onder andere afhankelijk van frequentie, duur, intensiteit en context. Door het energiegebruik gerelateerd aan beweeggedrag in de tijd te meten kunnen zowel inspannende activiteiten als lange aaneengesloten perioden van laag energiegebruik worden geïdentificeerd. In hoofdstuk 5 en 6 zal verder worden ingegaan op het meten van energiegebruik gerelateerd aan beweeggedrag.

3. Context

Informatie over context wordt vooral van belang geacht voor het interpreteren van het vertoonde beweeggedrag en/of energiegebruik. Bepaalde soorten van beweeggedrag kunnen mogelijk aan de hand van context informatie beter worden verklaard. Bovendien kan context informatie gebruikt worden bij het opstellen en implementeren van beweeggedrag-veranderende interventies.

Er worden door de (inter)nationale experts en de leden van de focusgroep 4 domeinen van context informatie onderscheiden:

(I) Context met betrekking tot houdingen, bewegingen en activiteiten. Zie punt 1 van dit hoofdstuk: Houdingen en bewegingen.

(II) Context met betrekking tot de situatie. Het gaat hierbij om informatie over de situatie in het kader waarvan bepaald beweeggedrag plaatsvindt. Bijvoorbeeld in het kader van werk, studie, of vrije tijd.

(III) Context met betrekking tot de sociale omgeving. Hierbij gaat het om de vraag binnen welke sociale omgeving het beweeggedrag plaatsvindt. Bijvoorbeeld in het bijzijn van vrienden, familie, collega's etc. , of alleen.

(IV) Context met betrekking tot de geografische locatie. Hierbij gaat het om de vraag op welke geografische locatie het beweeggedrag plaatsvindt.

Niet voor iedere toepassing is informatie over context van belang en de behoefte om context te meten zal erg afhankelijk zijn van het doel waarvoor het meetinstrument wordt ingezet.

Conclusie

Een meetinstrument gericht op grootschalig onderzoek naar fysieke activiteit en sedentair gedrag moet in staat zijn om houdingen en bewegingen te onderscheiden: lopen (wandelen en traplopen), hardlopen, en fietsen, en de houdingen zitten, staan en liggen. Daarnaast moet het meetinstrument betrouwbaar energiegebruik gerelateerd aan beweeggedrag kunnen schatten, en moet het informatie kunnen geven over de situationele, sociale en geografische context van het beweeggedrag.

H5. INVENTARISATIE BESTAANDE METHODES

In hoofdstuk 4 zijn drie te meten kenmerken vastgesteld, namelijk houdingen en bewegingen, energiegebruik gerelateerd aan beweeggedrag, en de context van beweeggedrag. In dit hoofdstuk zullen van deze drie kenmerken de bestaande meetmethodes worden beschreven. Er wordt van alle methodes een korte beschrijving gegeven, aangegeven wat er gemeten kan worden, en beschreven wat de voor- en nadelen zijn. Deze inventarisatie is voornamelijk gebaseerd op literatuuronderzoek.

1. Houdingen en bewegingen

Er bestaan zowel subjectieve als objectieve methodes om houdingen en bewegingen en de duur en frequentie ervan te meten. Binnen subjectieve meetmethodes zijn 2 meettechnieken te onderscheiden: dagboeken en vragenlijsten. Binnen objectieve meetmethodes onderscheiden wij 3 meettechnieken: stappentellers, actometers, en houdings- en bewegingsmonitoren.

<u>Subjectieve meetmethodes</u>

Een subjectieve meetmethode voor het meten van houdingen en bewegingen wordt ook wel zelfrapportage genoemd. Zelfrapportage is de meest gebruikte methode voor het meten van beweeggedrag. Er zijn twee meettechnieken binnen deze categorie: dagboeken en vragenlijsten. Deze technieken meten vaak niet direct alle uitgevoerde houdingen en bewegingen, maar registeren een type activiteit en vaak ook de duur, frequentie en intensiteit. Bijvoorbeeld, hoeveel uur per dag heb je gemiddeld buitenshuis gelopen, of hoe vaak heb je gedurende de afgelopen 7 dagen licht huishoudelijk werk gedaan[24].

Dagboeken worden niet vaak ingezet in grootschalig onderzoek. Het bijhouden van een dagboek kost veel tijd en ook het verwerken van een dagboek is complex door verschillende interpretaties van respondenten. Bovendien is bekend dat het bijhouden van een dagboek het beweeggedrag kan beïnvloeden[25-26].

Vragenlijsten worden wel vaak gebruikt. Het gebruik van vragenlijsten is goedkoop en ze kunnen gemakkelijk ingezet worden bij grote groepen. Er is uitvoerig onderzoek gedaan naar de betrouwbaarheid en validiteit van vragenlijsten. Het samenvatten van dit onderzoek wordt bemoeilijkt doordat er veel verschillende vragenlijsten bij verschillende doelgroepen zijn gebruikt. Uit diverse recente overzichtsartikelen komt naar voren dat de

betrouwbaarheid en validiteit van vragenlijsten niet voldoende is voor het meten van beweeggedrag. Dit is afzonderlijk geconcludeerd voor drie doelgroepen: volwassenen[17], jeugd[16 18], en ouderen[19]. Bovendien is in een recent overzichtsartikel geconcludeerd dat voor het meten van de hoeveelheid beweging de correlatie tussen zelfrapportage en objectieve meetmethodes matig tot laag is[26]. Ook is in een recent overzichtsartikel naar de validiteit van zelfrapportage als instrument voor het meten van activiteiten geconcludeerd dat met zelfrapportage activiteiten wel kunnen worden gerangschikt maar dat niet nauwkeurig de hoeveelheid bepaald kan worden[27].

Nadeel van vragenlijsten is dat er retrospectief wordt gevraagd naar activiteiten tijdens een eerdere periode en dat het moeilijk is om nauwkeurig de intensiteit, frequentie en duur van activiteiten van een aantal dagen te herinneren. Specifiek bij kinderen is dit een groot probleem[28]. Ook van andere groepen is bekend dat zij hun beweeggedrag minder nauwkeurig registreren met vragenlijsten, onder andere mensen met overgewicht en mensen die veel bewegen[26, 29-31]. Daarnaast kan 'sociaal wenselijk antwoorden' ook van invloed zijn op de resultaten van een vragenlijst[26]. Deze invloed kan sterk zijn wanneer het effect wordt onderzocht van een interventie met als doel het promoten van fysieke activiteit. Een ander nadeel van het gebruik van vragenlijsten is dat activiteiten die minder dan 10 minuten duren en activiteiten met een lage intensiteit, met een vragenlijst vaak niet worden geregistreerd[26, 32].

Er zijn volop ontwikkelingen gaande op het gebied van zelfrapportage, bijvoorbeeld via vragenlijsten of dagboeken die online ingevuld kunnen worden of applicaties op mobiele telefoons. Hierdoor kunnen activiteiten op een gestandaardiseerde manier worden geregistreerd. Doordat de dataverwerking geautomatiseerd is hebben deze methodes het grote voordeel dat verwerking veel minder tijdrovend is dan voor bijvoorbeeld een dagboek. Helaas laten de enkele studies die hierover tot dusver gepubliceerd zijn zien dat in vergelijking met objectieve meetmethodes de betrouwbaarheid nog onvoldoende is[33-35]. Kortom, hoewel zelfrapportage zijn voordelen heeft, veel gebruikt wordt en ook in de toekomst voor bepaalde toepassingen gebruikt zal blijven worden, heeft het ernstige beperkingen die een zoektocht naar betere methoden legitimeren.

<u>Objectieve meetmethodes</u>

Beweeggedrag kan ook met objectieve methodes gemeten worden. De overkoepelende term die we gebruiken voor deze meetinstrumenten zijn *bewegingsmeters.* We onderscheiden drie bewegingsmeters voor het objectief meten van beweeggedrag:

stappentellers, actometers en houdings- en bewegingsmonitoren. Bewegingsmeters zijn instrumenten die gebaseerd zijn op sensoren die gevoelig zijn voor beweging. Eenzelfde soort bewegingsensoren kunnen in verschillende *units* (of "kastjes") zitten (bijvoorbeeld een unit met een versnellingssensor op het been en een unit met een versnellingssensor op de romp), maar het is ook mogelijk dat meerdere sensoren binnen één unit geplaatst zijn (bijvoorbeeld een unit met zowel een versnellingssensor als een gyroscoop). De bewegingsmeters op basis van één unit noemen we een 1-unit instrument.

Stappentellers

Een stappenteller is een meetinstrument dat het aantal stappen telt dat iemand zet. Het is een klein apparaatje dat op de heup, het been of andere plek wordt gedragen. Op het apparaatje zit meestal een scherm waarop af te lezen is hoeveel stappen iemand tot dan toe heeft gezet. Een stappenteller meet alleen het aantal stappen. De validiteit en betrouwbaarheid van deze methode is in het algemeen goed[36-37], ook bij kinderen en jongeren[38-40]. Maar bij gebruik bij mensen die langzaam, onregelmatig of niet stabiel lopen, bijvoorbeeld ouderen, onderschat een stappenteller vaak het aantal stappen[41-42]. Dit wordt soms opgevangen door een individuele ijking voorafgaand aan de meting. Een belangrijk nadeel van stappentellers is dat niet-lopen activiteiten, zoals fietsen, niet of niet nauwkeurig kunnen worden gemeten[43]. Dit is echter wel van belang omdat bekend is dat naast lopen, ook andere bewegingen, houdingen en activiteiten bijdragen aan de mate van het fysiek actief zijn. Zeker in de Nederlandse situatie kan bijvoorbeeld fietsen als een belangrijke activiteit worden gezien. Een ander nadeel is dat stappentellers geen informatie geven over de intensiteit van de activiteit. Stappentellers zijn goedkoop, eenvoudig te gebruiken voor zowel onderzoeker als drager en weinig belastend voor de drager[43]. Hierdoor worden stappentellers toch regelmatig ingezet bij metingen bij grote groepen[38, 44].

Actometers

Wij gebruiken in dit rapport de term actometers, maar in de literatuur zijn er voor de meettechniek die hiermee bedoeld wordt diverse termen in omloop, zoals versnellingsmeters, accelerometers of actigraphs. Een actometer is een 1-unit instrument dat meestal op de heup of rond de middel gedragen wordt en bij de meeste beschikbare meetinstrumenten bevestigd is aan een elastische band. Soms wordt een actometer op andere plaatsen, zoals de pols, bevestigd. Een actometer bestaat over het algemeen uit een één- of meer-assige versnellingsopnemer die de versnellingen meet die worden

geproduceerd door het lichaamsdeel waar het aan bevestigd is. Beweging leidt tot versnellingen en vertragingen, en hoe intensiever de beweging, des te groter de variatie in het versnellingssignaal. Deze variatie in het versnellingssignaal wordt gemeten en omgezet in een getal: counts. Counts worden uitgedrukt per tijdsinterval (bijvoorbeeld per minuut), waarbij veelal dit tijdsinterval aan te passen is. Counts representeren zowel de mate als de intensiteit van bewegen; eenzelfde aantal counts/interval kan zowel het gevolg zijn van een groter aandeel laag-intensieve beweging als van een kleiner aandeel hoog-intensieve beweging. Actometers zetten in veel gevallen counts om in een schatting van het energiegebruik (zie paragraaf "Energiegebruik gerelateerd aan beweeggedrag").

Actometers geven geen informatie over houdingen en bewegingen. Het gebruik van actometers is betrouwbaar bevonden, en hoewel resultaten uiteenlopen, laten de meeste studies, met veelal observatie als referentie methode, een goede validiteit zien[39-40]. Het dragen van een actometer is weinig belastend voor de drager. Een nadeel van deze methode is dat actometers het aantal counts bij bepaalde activiteiten onderschatten, zoals fietsen[42]. Daarnaast zijn actometers ongevoelig voor bijvoorbeeld het dragen van een zware rugzak of heuvel op lopen[39, 42, 45] en kunnen zij ongewenst gevoelig zijn voor externe trillingen (bijvoorbeeld tijdens rijden in een auto).

Houdings- en bewegingsmonitoren

Houdings- en bewegingsmonitoren zijn meetinstrumenten die informatie geven over zowel de houding als de beweging die een persoon uitvoert op een bepaald moment. Om zowel houding als beweging goed te kunnen registeren worden meestal meerdere versnellingsmeters aan het lichaam bevestigd. De meeste informatie over houding en beweging wordt verkregen uit versnellingsmeters bevestigd aan de romp en het bovenbeen. De signalen van de verschillende versnellingsmeters worden gecombineerd en geanalyseerd met behulp van software. Met de software kan worden bepaald welk type houding of beweging iemand hoe lang heeft aangenomen en of uitgevoerd. Daarnaast kan met deze methode ook informatie verzameld worden over de intensiteit van de beweging. Het gebruik van houdings- en bewegingsmonitoren is betrouwbaar en valide bevonden[46-48]. Ook houdings- en bewegingsmonitoren zijn, net als actometers, ongevoelig voor bijvoorbeeld het dragen van een zware rugzak of heuvel op lopen[49]. Daarnaast zijn deze instrumenten vaak relatief duur en is het dragen van meerdere versnellingsmeters meer belastend voor de drager[50]. Moderne technieken lijken de mogelijkheid te geven met 1 versnellingsmeter en/of actometer houdingen en bewegingen te onderscheiden[51-54]. Met het oog op

gebruiksvriendelijkheid en kosten is dit van belang voor het eindadvies over het te ontwikkelen instrument. Daarom wordt dit punt meer in detail uitgewerkt in hoofdstuk 6.

2. Energiegebruik gerelateerd aan beweeggedrag

Energiegebruik gerelateerd aan beweeggedrag kan direct of indirect gemeten worden. Binnen directe meetmethodes zijn 3 meettechnieken te onderscheiden: dubbel gelabeled water, indirecte calorimetrie en hartslagmeting. Binnen indirecte meetmethodes onderscheiden wij 2 meettechnieken: vragenlijsten en actometers.

<u>Directe meetmethodes</u>

Dubbel gelabeled water

Dubbel gelabeled water is water waarvan de lichte atomen van waterstof (^{1}H) of zuurstof (^{16}O) zijn vervangen door de zware atomen (^{2}H en ^{18}O). Door het oraal innemen van dubbel gelabeld water en vervolgens het analyseren van de urinemonsters kan de verrijking van beide isotopen worden gemeten. Het zware ^{18}O verlaat het lichaam als water of als kooldioxide, terwijl het zware ^{2}H alleen via water wordt uitgescheiden. Omdat kooldioxide door het lichaam via het enzym koolzuur-anhydrase snel wordt omgezet in water, kan door het verschil in snelheid waarmee ^{2}H en ^{18}O het lichaam verlaten de kooldioxide productie worden berekend, en aan de hand daarvan het energiegebruik. Het meten van isotopenverrijking gebeurt met een massa spectrometer[55]. Dubbel gelabeld water wordt samen met indirecte calorimetrie gezien als de gouden standaard om energiegebruik gerelateerd aan beweeggedrag te meten[55-56]. Nadeel van dubbel gelabeld water is dat het geen inzicht geeft in het gedrag gerelateerd aan het energiegebruik, want er komt enkel één getal uit voor het totale energiegebruik over de hele meetperiode. Daarnaast is de methode heel bewerkelijk, kostbaar, tijdsrovend, en hierdoor minder geschikt voor grote groepen mensen[56].

Indirecte calorimetrie

Indirecte calorimetrie houdt in dat zuurstof opname en koolstofdioxide productie wordt gemeten en hieruit het energiegebruik wordt berekend. Het meten van de zuurstofopname en koolstofdioxide kan op verschillende manieren, bijvoorbeeld met gebruik van mobiele zuurstofopname apparatuur[55]. Indirecte calorimetrie is net als dubbel gelabeld water minder

geschikt voor grote groepen omdat de methode bewerkelijk, kostbaar, belastend, niet praktisch, en tijdrovend is[56].

Hartslagmeting

Een hartslagmeter bestaat meestal uit een band die om de romp gedragen wordt en een bijbehorend horloge om de data op te slaan. Deze methode is goedkoop, relatief eenvoudig en omdat hartfrequentie voor iedereen een bekend begrip is vaak gemakkelijk te interpreteren. De methode is gebaseerd op een sterke relatie tussen hartfrequentie en energiegebruik. Grootste tekortkoming van deze methode is dat energiegebruik en hartfrequentie niet altijd lineair aan elkaar gerelateerd zijn. Dit wordt gedeeltelijk verklaard doordat het slagvolume verandert bij een verandering in hartfrequentie en ook bij verandering van houding[55, 57]. Ook zijn er grote inter-individuele verschillen in de relatie tussen hartfrequentie en energiegebruik. Er zijn wel ontwikkelingen gaande om energiegebruik anders te schatten dan op basis van een lineair verband met hartfrequentie, bijvoorbeeld door aan dit verband ook informatie toe te voegen uit een dataset waarbij energiegebruik en hartfrequentie bij een groot aantal personen aan elkaar gekoppeld zijn[58]. Nadeel is dat hartfrequentie ook beïnvloed wordt door onder andere emotionele stimuli, medicatie, temperatuur en ziekte[39, 55, 57]. Daarnaast moet de plaatsing van het instrument nauwkeurig gebeuren en de borstband kan snel voor ruis zorgen op het signaal, bijvoorbeeld bij intensief bewegen of bij kinderen bij wie de borstband niet altijd even goed aansluit. Ook is het comfort van de borstband niet optimaal omdat deze redelijk strak om de borst gedragen moet worden. Andere mogelijke locaties voor het meten van de hartslag, zoals de vingertop, de oorlel of de pols, zijn onderzocht[59]. Maar als op een alternatieve plek wordt gemeten is hartfrequentie minder nauwkeurig bij intensief bewegen vanwege een toename van ruis in het signaal.

<u>Indirecte meetmethodes</u>

Vragenlijsten

Resultaten van een vragenlijst kunnen worden omgezet naar Metabolic Equivalent of Task (MET), een maat voor hoeveel inspanning een bepaalde activiteit kost ten opzichte van het energiegebruik in rust[60-61]. MET is gerelateerd aan het zuurstofverbruik. Gemiddeld in rust verbruikt een persoon 3,5 milliliter zuurstof per kilo lichaamsgewicht per minuut. Als het energiegebruik tijdens een activiteit bijvoorbeeld 7 milliliter zuurstof per kilo lichaamsgewicht per minuut is, dan is het energiegebruik gelijk aan 2 METs. Er is een lijst

gemaakt van activiteiten en de bijbehorende METs voor volwassenen en voor kinderen[62]. Met behulp van deze lijst kunnen resultaten van een vragenlijst waarin is uitgevraagd welke activiteiten voor welke duur zijn uitgevoerd, worden omgezet in het totaal aantal METs[60-61]. Het gebruik van vragenlijsten voor het meten van houding en beweging is eerder in dit hoofdstuk beschreven. Bij het omzetten van activiteiten uit vragenlijsten in METs spelen dezelfde problemen een rol. Daarnaast maakt de grote hoeveelheid mogelijke activiteiten, plus de intra- en inter-individuele verschillen in uitvoering, deze koppeling onbetrouwbaar.

Bewegingsmeters

Ook met behulp van bewegingsmeters is het mogelijk energiegebruik te schatten. De meest toegepaste bewegingsmeters hiervoor zijn actometers. Zoals al beschreven berekenen actometers berekenen primair een bewegingsmaat ("count") uit versnellingssignalen, zoals beschreven op pagina 22. Een veel gebruikte manier om energiegebruik te berekenen is het gebruik van omrekenformules die zijn opgesteld om counts om te zetten naar kcal of METs[63-66]. Die formules omvatten naast counts in de meeste gevallen persoonskenmerken als lengte, gewicht, geslacht en leeftijd. Een andere aanpak is waarbij er verschillende formules voor mannen en vrouwen en verschillende leeftijdsgroepen worden gehanteerd. Indien energiegebruik is bepaald, worden er vaak afkappunten van METs gebruikt om een bepaalde periode aan te merken als sedentair, licht inspannend, matig inspannend of inspannend. De schatting van het energiegebruik is echter beperkt nauwkeurig. De oorzaak daarvan kan liggen in de omzettingsformules, maar ook de eerder in dit hoofdstuk beschreven beperkingen van de countberekening spelen een rol. Zo zijn er activiteiten waarbij op basis van counts het energiegebruik van wordt overschat (bijvoorbeeld indien er sprake is van externe trillingen) en onderschat (bijvoorbeeld fietsen, stofzuigen[66-68]).

Voor het verbeteren van de schatting van het energiegebruik op basis van counts zijn op dit moment volop ontwikkelingen gaande, door bijvoorbeeld niet alleen het totaal aantal counts maar ook percentielen te gebruiken als input[69], en door analysetechnieken te verbeteren[70-71]. De meerderheid van studies die hiernaar gedaan zijn laat een significante verbetering zien ten opzichte van het schatten op basis van het omrekenen van het totaal aantal counts/minuut naar METs[66].

Ook de plaatsing van het instrument kan van invloed zijn op de nauwkeurigheid van het schatten van energiegebruik. De meest voorkomende plaatsing van een actometer is op de heup of op de romp, met de achterliggende gedachte dat het instrument dan zo dicht mogelijk geplaatst is bij het lichaamszwaartepunt; een aanname daarbij is dat

verplaatsingen van het lichaamszwaartepunt het sterkst gerelateerd zijn aan energiegebruik[50]. Nadeel van plaatsing op de heup is dat activiteit van de benen niet of beperkt geregistreerd wordt[72]. Als een sensor op het bovenbeen geplaatst wordt is deze nog steeds relatief dicht bij het lichaamszwaartepunt maar kan deze tegelijkertijd ook de activiteit van het been registeren en hierdoor mogelijk beter het energiegebruik schatten. Andere mogelijkheden voor bevestiging zijn nog pols en enkel. De pols is minder wenselijk als het gaat om energiegebruik dat voornamelijk voortkomt uit activiteiten van het onderlichaam[50]. Bij positionering op de enkel is de afstand t.o.v. het lichaamszwaartepunt groot en is het lastig om bepaalde houdingen te kunnen onderscheiden, bijvoorbeeld tussen zitten en staan.

Als houdingen en bewegingen naast of in plaats van activiteiten en counts als uitgangspunt kunnen worden gebruikt voor het bepalen van energiegebruik, dan leidt dit mogelijk tot een meer nauwkeurige schatting. Dit zien we als een potentieel belangrijk onderdeel van het te ontwikkelen instrument binnen dit project. Daarom wordt de literatuur op dit gebied meer in detail bediscussieerd in hoofdstuk 6.

Verder zijn er meetinstrumenten die zowel counts als fysiologische data, zoals hartslag, kunnen registeren en deze informatie combineren om het energiegebruik te schatten. Of dit leidt tot een nauwkeurigere schattig van het energiegebruik wordt bediscussieerd in hoofdstuk 6. A priori kan worden gesteld dat een dergelijk instrument als nadeel heeft dat het complexer, duurder en minder gebruiksvriendelijk is. Zo zijn voor het tegelijkertijd meten van hartfrequentie en versnelling twee “sensoren” nodig, resulterend in extra data, extra kosten en een mogelijk minder optimale configuratie (bijvoorbeeld twee meetunits). Als beide meettechnieken in 1 unit onder worden gebracht heeft dit als nadeel dat de omvang van de unit zal toenemen en dat de unit waarschijnlijk op de romp bevestigd moet worden in verband met het nauwkeurig kunnen registreren van de hartfrequentie. Die positie heeft bovendien als consequentie dat er minder goed informatie kan worden gegenereerd met betrekking tot houdingen en bewegingen[73].

3. Context

In hoofdstuk 3 zijn eerder de 4 domeinen van context onderscheiden: houdingen en bewegingen, situationele, sociale en geografische context. Hieronder worden 3 soorten meetmethodes beschreven en gerelateerd aan de domeinen.

Houding en beweging

Houding en beweging is eerder genoemd als een apart kenmerk van beweeggedrag, maar is daarnaast ook een onderdeel van context: indien er sprake is van energiegebruik geeft houdingen- en bewegingeninformatie inzicht in welke houding of beweging tot het energiegebruik heeft geleid. Meetmethodes voor houding en beweging zijn eerder in dit hoofdstuk beschreven. Er zijn diverse ontwikkelingen gaande om zoveel mogelijk contextinformatie te kunnen halen uit data van versnellingsmeters. Een eenvoudig voorbeeld hiervan is het onderscheiden van combinaties van bepaalde activiteiten en intensiteiten, zoals het onderscheiden van gewoon lopen en hardlopen[74].

Situatie en sociale omgeving

Voor het meten van de situationele en de geografische context kan onderscheid gemaakt worden in twee meetmethodes: het achteraf terugvragen en het registeren van de actuele context.

Achteraf terugvragen komt neer op het invullen van een vragenlijst of dagboek aan het einde van de dag of aan het einde van de meetperiode. Het terugvragen zou kunnen gebeuren via bijvoorbeeld internet of mobiele telefoon. Het gebruik van dergelijke subjectieve meetmethodes voor het meten van beweeggedrag is eerder in dit hoofdstuk bediscussieerd. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat het registeren van alleen de context, dus los van informatie over activiteiten, mogelijk eenvoudiger is en wellicht minder problemen oplevert wat betreft het zich herinneren dan het registreren van de hoeveelheid beweging.

Context kan actueel gemeten worden doordat de drager informatie ingeeft op het meetinstrument of op een mobiele telefoon. De drager kan hiertoe aangespoord worden of er aan herinnerd worden door bijvoorbeeld een piepje te laten klinken op het meetinstrument of door een bericht te sturen. Hierbij moet wel worden voorkomen dat het actueel navragen de meting beïnvloedt. Ook is het mogelijk om actuele context te registreren door middel van camera's of beeldmateriaal, bijvoorbeeld via Smartphones of draagbare camera's zoals de Sensecam (Oxford)[75]s. Daarnaast zijn er ook recente ontwikkelingen om situationele context uit versnellingsdata te kunnen halen, zo is het mogelijk gebleken om binnen en buiten lopen te onderscheiden[76].

Geografische locatie

De geografische locatie kan net zoals de situatie en sociale omgeving gemeten worden door dit achteraf terug te vragen of actueel te registreren. Daarnaast is er de mogelijkheid dit objectief te meten met global positioning systems (GPS)[77-78]. GPS is een op satellieten gebaseerd navigatiesysteem waarmee informatie verkregen kan worden over de exacte geografische locatie van een individu op een bepaald punt in de tijd. Hier kan het gebruik van een geografisch informatie systeem (GIS) aan worden toegevoegd zodat informatie verkregen kan worden over de karakteristieken van de omgeving. Uit bijvoorbeeld de positie van iemand ter hoogte van een snelweg kan worden afgeleid dat deze persoon zich in een voertuig bevindt en onderweg is. Hoewel dit systeem veelbelovend lijkt zijn er wel een aantal beperkingen te noemen. Allereerst zijn instrumenten die GPS meten op dit moment nog redelijk prijzig, kost het analyseren van de data relatief veel tijd en is een grote batterij capaciteit nodig om langdurig te kunnen meten. Een ander nadeel is dat in sommige omgevingen het GPS signaal niet optimaal is en hierdoor niet goed kan worden geregistreerd, dit kan bijvoorbeeld voorkomen als iemand ergens binnen is of zich tussen hoge gebouwen bevindt[79-81]. Daarnaast is voor het beter en eenvoudiger kunnen analyseren van GPS data noodzakelijk dat de kwaliteit van GIS verbetert[82].

Conclusie

Voor de doelstelling van het huidige project zijn subjectieve methodes niet geschikt voor het meten van houding en beweging, voornamelijk vanwege de gevonden lage betrouwbaarheid en validiteit. Met betrekking tot objectieve meetmethodes voor houding en beweging kan gesteld worden dat stappentellers niet alle bewegingen kunnen registreren en daardoor te beperkt zijn om aan de doelstellingen van het huidige project te voldoen. Zowel actometers als houdings- en bewegingsmonitoren bieden meer mogelijkheden. Om de drager zo min mogelijk te belasten is het wenselijk dat het instrument maar uit 1 unit bestaat. In hoeverre met een 1-unit instrument nauwkeurig houdingen en bewegingen kunnen worden gemeten wordt bediscussieerd in hoofdstuk 6.

Met betrekking tot energiegebruik zijn indirecte calorimetrie en dubbel gelabeld water niet geschikt voor gebruik bij grote groepen. Het gebruik van een hartslagmeter voor het meten van energiegebruik lijkt wat betreft validiteit en draagcomfort nog niet optimaal te zijn. Toch is het wenselijk de meerwaarde van een hartslagmeter in combinatie met een versnellingsmeter te onderzoeken (hoofdstuk 6). Energiegebruik kan onvoldoende betrouwbaar geschat worden op basis van informatie over activiteiten uit vragenlijsten of op

basis van alleen counts. Er zijn aanwijzingen dat informatie over houding en beweging de nauwkeurigheid van de schattig kan verbeteren. Ook op dit punt wordt in hoofdstuk 6 verder ingegaan.

Welk domein van context van belang is om te registeren is afhankelijk van de exacte vraagstelling van een bepaald project. Er zijn ontwikkelingen gaande om zoveel mogelijk context informatie te halen uit het versnellingssignaal. Situatie en sociale omgeving kunnen in theorie met zelfrapportage goed worden gemeten. Het gebruik van GPS brengt een aantal praktische problemen met zich mee die inzet ervan bemoeilijkt. Technische ontwikkelingen op dit gebied worden verder toegelicht in hoofdstuk 7.

H6. METHODOLOGISCHE VERDIEPING

In hoofdstuk 5 zijn de al beschikbare methodes voor het meten van houdingen en bewegingen, energiegebruik en context (hoofdstuk 4) beschreven. Momenteel is het meten van deze kenmerken mogelijk, maar de huidige methodes hebben methodologische en praktische nadelen en beperkingen. Op beide vlakken lijkt optimalisatie mogelijk, maar het is onduidelijk hoe groot de potentiële winst is die behaald kan worden. Om hiervan een beter beeld te krijgen is met behulp van literatuuronderzoek getracht antwoord te vinden op 3 vragen relevant voor het uiteindelijke voorstel.

1. Hoe nauwkeurig kunnen houdingen en bewegingen worden gedetecteerd op basis van een 1-unit instrument?
2. In welke mate draagt informatie over houdingen en bewegingen bij aan het nauwkeurig schatten van energiegebruik met een actometer?
3. Wat is de toegevoegde waarde van informatie over hartfrequentie op de schatting van het energiegebruik op basis van een bewegingsmeter?

Voor de zoekstrategie per vraag wordt verwezen naar bijlage B.

1. Hoe nauwkeurig kunnen houdingen en bewegingen worden gedetecteerd op basis van een 1-unit instrument?

Een 1-unit instrument is wenselijk omdat dit de last van het dragen van een instrument zoveel mogelijk beperkt. Door middel van literatuuronderzoek zijn 7 studies gevonden die gekeken hebben naar de nauwkeurigheid van detectie van bewegingen op basis van een 1-unit instrument[51-53, 83-86]. Al deze studies gebruiken een versnellingsmeter om houdingen en bewegingen te kunnen detecteren. Tussen de studies bestaan grote verschillen in het type sensor dat is gebruikt, de plaats waar de sensor gedragen is, data analyse, en de manier waarop de methodologische toetsing heeft plaatsgevonden. Door deze verschillen is het vergelijken van de resultaten van deze studies complex. Als er gekeken wordt naar studies gedaan in gecontroleerde omstandigheden dan komt hieruit naar voren dat houdingen en bewegingen nauwkeurig kunnen worden geclassificeerd (gemiddeld >90% nauwkeurigheid). De nauwkeurigheid tijdens een alledaagse situatie is vaak lager, uiteenlopend van 57 tot 76% over het geheel aan activiteiten[51-53, 83, 86]. Bij instrumenten met meerdere sensoren liggen deze percentages voor de alledaagse situatie hoger (88%[47]).

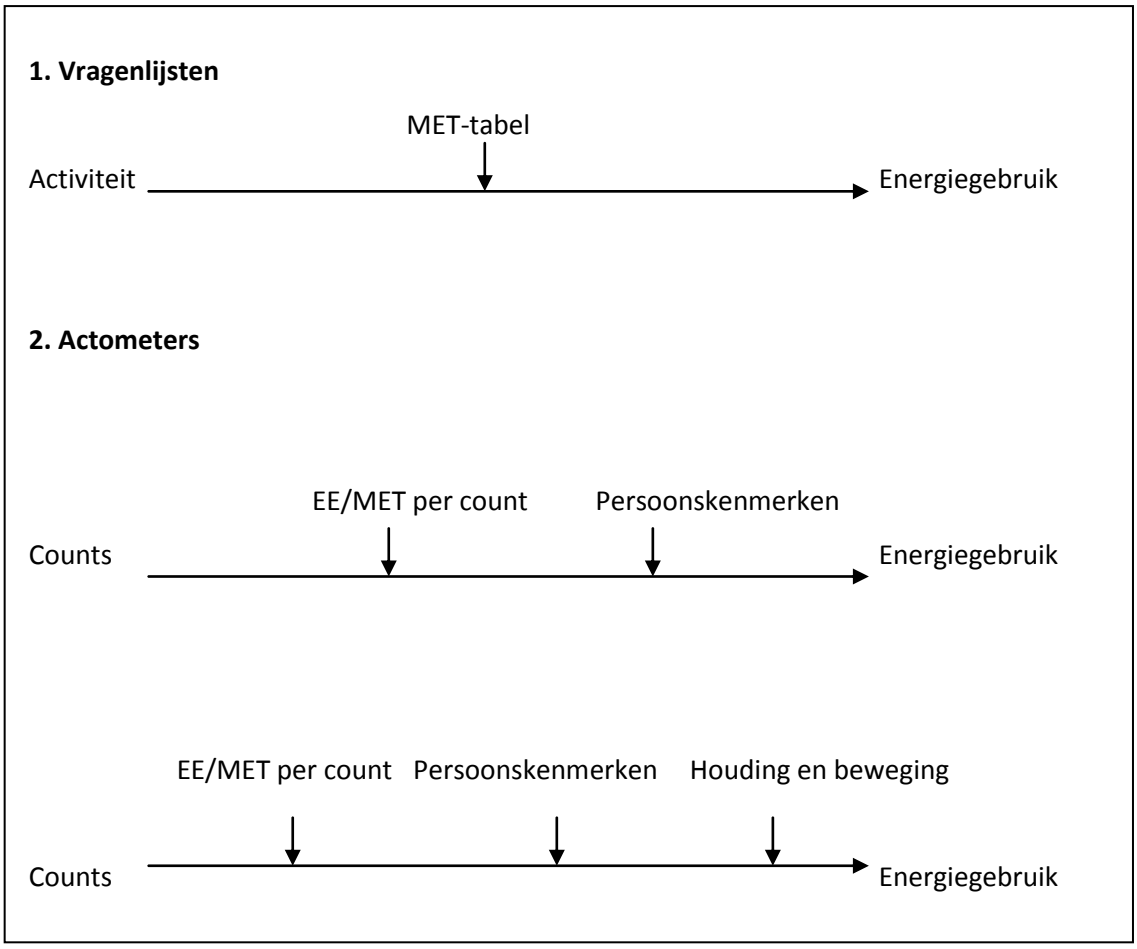
Naar aanleiding van de beschikbare studies kan nog een aantal belangrijke opmerkingen worden gemaakt. Op de eerste plaats werd niet in alle studies een drie-assige sensor gebruikt terwijl met een drie-assige sensor nauwkeuriger houdingen en bewegingen kunnen worden onderscheiden dan met een één-assige sensor[51, 87]. Ten tweede kan met betrekking tot de plaatsing van het instrument opgemerkt worden dat bij dragen op de heup en enkel er problemen ontstaan bij het detecteren van het verschil tussen zitten en staan[88]. Dragen op de heup bemoeilijkt tevens het detecteren van fietsen[51, 69, 73, 88]. Bij een instrument bevestigd op het bovenbeen lijkt deze detectie minder problemen op te leveren[73, 83, 89-90]. Bij bevestiging op het bovenbeen is het moeilijker om onderscheid te maken tussen zitten en liggen, maar omdat dit beide sedentaire activiteiten zijn is het kunnen onderscheiden van deze activiteiten wellicht minder van belang. Tenslotte kan nog worden opgemerkt dat verwacht mag worden dat moderne signaalanalytische technieken en ontwikkelingen op dat gebied zullen bijdragen aan een betere detectie van houdingen en bewegingen.

Een 1-unit instrument houdt niet noodzakelijkerwijs in dat het instrument uit één type sensor bestaat. Zo is in de literatuur de toevoeging van gyroscopen beschreven[91-92], maar ook het toevoegen van GPS[77] of een hartfrequentiemeter[93] aan de versnellingsmeter kan mogelijk het detecteren van houdingen en bewegingen nauwkeuriger maken[94]. Nadelen van gecombineerde sensoren zijn momenteel het lage gebruiksgemak, de hoge prijs en het hoge stroomverbruik.

2. In welke mate draagt informatie over houdingen en bewegingen bij aan het nauwkeurig schatten van energiegebruik met een actometer?

Een conceptueel overzicht van hoe energiegebruik geschat kan worden is te vinden in figuur 2. De nauwkeurigheid van de schatting van energiegebruik op basis van counts hangt af van het type activiteit dat wordt uitgevoerd[95]. Op basis hiervan zou je kunnen redeneren dat als je type activiteit, of houdingen en bewegingen, meeneemt in het schatten van energiegebruik, dat dit nauwkeuriger is dan het schatten van energiegebruik op basis van counts alleen. Of dit ook daadwerkelijk zo is, is onderzocht in twee studies[96-97]. Uit beide studies komt naar voren dat het schatten van het energiegebruik nauwkeuriger is als informatie over houdingen en bewegingen wordt toegevoegd aan informatie over counts[96-97]. Voor metingen met een 1-unit instrument geplaatst op de rug steeg de verklaarde variantie na het toevoegen van informatie over houdingen en bewegingen van 60 naar 73%[97]. In een andere studie bij gebruik van een instrument met meerdere sensoren van 92 naar 98%[98]. In een studie van Ohkawara et al.[99] wordt ook gerapporteerd dat informatie

over de soort activiteit (zij onderscheiden sedentary, household en locomotive activiteiten) bijdraagt aan een betere schatting van het energiegebruik.



Figuur 2. Overzicht schatten van energiegebruik

3. Wat is de toegevoegde waarde van informatie over hartfrequentie op de schatting van het energiegebruik op basis van een bewegingsmeter?

In hoofdstuk 3 hebben we aangegeven dat de belasting van het lichaam de link is tussen beweeggedrag en gezondheid. Belasting wordt meestal uitgedrukt in termen van energiegebruik. Een nadeel van versnellingsmeters is dat zij op indirecte wijze de belasting c.q. energiegebruik meten en beperkt gevoelig zijn voor inter-individuele verschillen. Het meten van de hartfrequentie heeft verschillende nadelen (zie hoofdstuk 5), maar is mogelijk van toegevoegde waarde indien deze gecombineerd wordt met een versnellingsmeter. Twee nadelen die van toepassing zijn bij gebruik van alleen hartfrequentie (zie hoofdstuk 5) zijn niet meer van toepassing bij gebruik van de combinatie met versnellingsmeters. Allereerst

wordt bij lage bewegingsintensiteit energiegebruik op basis van hartfrequentie minder nauwkeurig geschat, terwijl energiegebruik op basis van versnellingsdata juist nauwkeuriger wordt geschat. Een ander voordeel is dat terug te zien is in de versnellingsdata wanneer hartfrequentie wordt beïnvloed door andere factoren (zoals emotie) en niet gerelateerd is aan beweeggedrag[58]. Daarnaast kan het meten van de hartfrequentie bijdragen aan informatie over non-compliance, het niet dragen van het meetinstrument.

In meerdere studies is gevonden dat op basis van het combineren van hartfrequentie en versnellingsdata energiegebruik nauwkeuriger te schatten is dan op basis van één van deze methodes afzonderlijk[73, 100-104]. Wanneer de combinatie van hartfrequentie en versnellingsmeters werd vergeleken met alleen versnellingsmeters steeg in een studie de verklaarde variantie van 54 naar 83%[101], en in een andere studie van 69 naar 86%[103]. In één studie werd de toegevoegde waarde van hartfrequentie informatie alleen gevonden bij activiteiten waarbij energiegebruik niet direct gerelateerd was aan beweging van de heup waaraan de versnellingsmeter bevestigd was[73].
In studies waarin gekeken is naar de verklaarde variantie in energiegebruik van de combinatie van hartfrequentie en versnellingsmeter ten opzichte van hartfrequentie alleen werden toenames gevonden van 63 naar 81%[100], van 67 naar 83%[101], en van 82 naar 86%[103].

Conclusie

Allereerst lijkt het meten met een 1-unit instrument met daarin een versnellingsmeter veelbelovend te zijn voor het nauwkeurig kunnen detecteren van houdingen en bewegingen. Een drie-assige versnellingsmeter die gedragen wordt op het bovenbeen lijkt op basis van de beschikbare literatuur het meest optimale resultaat op te leveren. Optimalisatie van technieken zal in de komende jaren hier nog een belangrijke rol in spelen. Het toevoegen van andere sensoren aan het 1-unit instrument kan mogelijk de detectie van houdingen en bewegingen nog nauwkeuriger maken.

Op het gebied van de toegevoegde waarde van houdingen en bewegingen bij het schatten van energiegebruik is de hoeveelheid literatuur beperkt, en daarom moeten we voorzichtig zijn met conclusies. Het lijkt dat informatie over houdingen en bewegingen inderdaad bijdraagt aan een meer betrouwbare schatting, maar de waarde lijkt ook beperkt. Anderzijds lijkt op basis van theoretische argumenten (bijvoorbeeld een aparte formule voor fietsen) de meerwaarde aanzienlijk te kunnen zijn. Verder onderzoek is nog noodzakelijk.

Ten derde laten diverse studies zien dat hartfrequentie van significante toegevoegde waarde is op de schatting van het energiegebruik op basis van een versnellingsmeter. De toevoeging lijkt daarom om theoretische redenen relevant, maar heeft serieuze praktische nadelen. Technologische ontwikkelingen op dit gebied worden besproken in hoofdstuk 7.

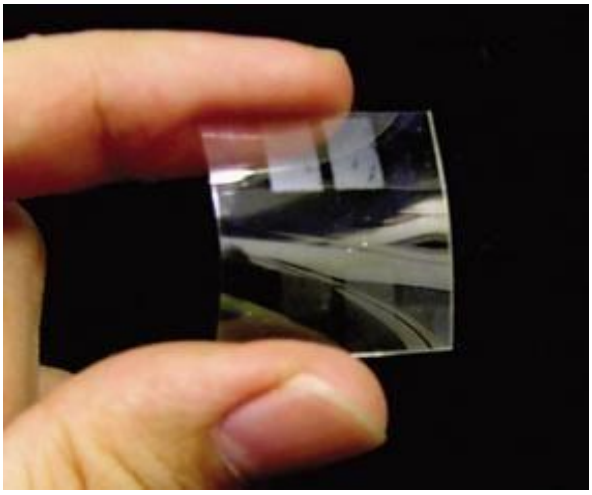
H7. TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN

Om inzicht te krijgen in de meest recente technologische ontwikkelingen op het gebied van het objectief meten van beweeggedrag, energiegebruik en context zijn gesprekken gevoerd met 5 experts, allen verbonden aan de technische universiteiten binnen Nederland (TU Delft, Technische Universiteit Twente en TU Eindhoven). Daarnaast is op dit gebied een zoekactie gedaan op internet en is recente literatuur nageslagen.

Sensoren

Door de ontwikkeling van steeds kleinere computerchips, printplaten en batterijen zijn sensoren zoals versnellingsmeters, gyroscopen en magnetosensors dusdanig klein (Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS) sensoren op basis van een 3D versnellingsmeter kennen afmetingen van 3x3x3 mm) dat ze op een comfortabele manier langdurig op het lichaam kunnen worden gedragen. Aangezien de fabricagetechniek niet heel ingewikkeld is zijn de productiekosten laag. Bovengenoemde sensoren kunnen momenteel voor minder dan 5 euro per stuk geproduceerd worden. De signalen van de meeste huidige sensoren zijn al digitaal en hoeven niet meer te worden omgezet door een AD-converter, wat ook in de productiekosten scheelt.

In het verleden was de stroomvoorziening van sensoren vaak een probleem. Maar de huidige generatie MEMS verbruikt veel minder energie. De benodigde stroom kan worden geleverd door een flexibele accu, bijvoorbeeld door de aan de TU Delft ontwikkelde foil battery: zie figuur 3.



Figuur 3. Foil battery

Sensor en batterij zouden mogelijk in een soort pleister kunnen worden geïntegreerd waardoor het draagcomfort wordt vergroot. Het huidvriendelijk en hypo-allergeen zijn van de pleister is natuurlijk een belangrijke eis. Door het lagere stroomverbruik van de sensor kan er langer worden gemeten. Een meetperiode van enkele weken behoort inmiddels tot de mogelijkheden.
Ook andere specificaties van al bestaande sensoren zijn de afgelopen jaren verbeterd. Zo kan er meer data worden opgeslagen, is de maximale samplefrequentie toegenomen, en is de ruisgevoeligheid afgenomen. Hierdoor is de kwaliteit van de data verbeterd en kan er langer en nauwkeuriger worden gemeten.

Doordat sensoren kleiner en lichter zijn geworden en minder stroom vragen bestaan veel instrumenten tegenwoordig uit meerdere (verschillende) sensoren. Er bestaan zowel instrumenten met meerdere losse sensoren (bijvoorbeeld Vitamove; 2M Engineering ltd en TEMEC Instruments BV) als instrumenten met meerdere sensoren in één unit (zie ook hoofdstuk 6). Er zijn inmiddels meerdere instrumenten op de markt die naast een versnellingsmeter nog één of meerdere andere sensoren bevatten. Hierbij valt te denken aan gyroscopen en magneetveldsensoren (bijvoorbeeld MTx sensor; Xsens), of aan sensoren die huidgeleiding en temperatuur meten (Sensewear Pro armband; APC Cardiovascular). Het voordeel van 1-unit instrumenten is dat op een eenvoudige manier synchroon data van verschillende typen sensoren kan worden verkregen. Belangrijke nadelen zijn echter de mindere gebruiksvriendelijkheid voor drager en eindgebruiker, het (ondanks de ontwikkelingen op dit vlak) hogere stroomverbruik, en de hogere kosten.

Voor toepassing bij grote groepen lijkt er een tendens te zijn om een enkele sensor te gebruiken die op verschillende locaties van het lichaam gedragen kan worden, al dan niet gefixeerd[105]. In plaats van gefixeerd aan het middel of bovenbeen wordt nu ook wel gekozen voor aan de pols[54], of los om de nek of in een broekzak[106]. Naast het praktische voordeel van draagcomfort kan een sensor om de pols in potentie activiteiten met betrekking tot arm-hand gebruik classificeren[107].

Uit hoofdstuk 6 volgde dat informatie over hartfrequentie bijdraagt aan een betere schatting van het energiegebruik. Een nadeel tot op heden van het meten van hartfrequentie is echter de storingsgevoeligheid en de negatieve gevolgen voor het draagcomfort (bijvoorbeeld Actiheart; Bio-Lynx). Mogelijk kunnen recente ontwikkelingen op het gebied van het meten

van hartfrequentie hier in de toekomst verandering in brengen. Zo kan met een recent door Philips en Innosport ontwikkelde technologie hartfrequentie worden gemeten met alleen een sensor die om de pols wordt gedragen (Alpha hartslagmeter, MIO; bron: http://www.innosport.nl/nl/Projecten?pjId=66). Een andere ontwikkeling op het gebied van het meten van fysiologische kenmerken betreft sensoren die in kleding verwerkt kunnen worden. Het betreft kleine flexibele sensoren die nauwelijks zichtbaar zijn doordat ze zijn verweven met de kledingstof. Uit onderzoek is duidelijk geworden dat met deze sensoren betrouwbaar ECG kan worden gemeten[108]. Deze ontwikkelingen kunnen er mogelijk toe leiden dat nieuwe generaties instrumenten zowel bewegingsrelateerde als fysiologische kenmerken betrouwbaar en gebruiksvriendelijk kunnen meten.

In de toekomst zal de nadruk vooral liggen op het nog verder verkleinen van instrumenten en op het ontwikkelen van 1-unit instrumenten die nog meer dan nu in staat zijn om verschillende datasoorten gesynchroniseerd te meten. Daarnaast zal veel aandacht uitgaan naar het kunnen toevoegen van bruikbare context informatie. Naast GPS wordt er op dit vlak momenteel geëxperimenteerd met “digital images” en Radio Frequency Identification (RFI). Bij “digital images” maakt een draagbare camera (Sensecam) met een bepaalde frequentie life-log images van de omgeving [75]. Nadeel hiervan is dat het analyseren van de images complex en momenteel nog tijdrovend is.
RFI is een techniek waarbij stickers met een bepaalde te traceren radiofrequentie op objecten worden geplakt om de nabijheid ervan ten opzichte van een persoon te registreren[109]. Het probleem hierbij is dat het vrijwel alleen binnenshuis kan worden toegepast.

Mobiele telefoons zullen naar verwachting een voorname rol gaan spelen in het monitoren van gedrag. De huidige generatie smartphones beschikt over een versnellingsmeter en GPS en verstuurd gegevens via een draadloos netwerk. Alle ingrediënten zijn dus aanwezig voor het kunnen meten van beweeggedrag. Ze kunnen bovendien door middel van applicaties eenvoudig en op een speelse manier met een gebruiker communiceren[110]. Dit kan als doel hebben aanvullende (context) informatie te verzamelen[82], maar ook om de drager te stimuleren zijn beweeggedrag te veranderen[111-112]. Maar ondanks dat smartphones en smartphone-technologie op termijn mogelijkheden kunnen bieden, lijken zij op dit moment en op korte termijn geen realistisch alternatief voor een instrument dat beweeggedrag meet. Zeker bij jonge kinderen en ouderen zijn smartphones niet algemeen gangbaar,

relatief groot, niet waterdicht, en worden niet altijd en overal op of bij het lichaam gedragen en op dezelfde plaats (bijvoorbeeld in broekzak of in tas).

Communicatie, opslag, dataoverdracht en opladen

De communicatie tussen verschillende sensoren binnen een instrument geschiedt tegenwoordig in de regel draadloos en dit zal waarschijnlijk in de toekomst de standaard blijven. Ook het uploaden van data dat nu nog vaak via USB verloopt zal in de toekomst steeds vaker draadloos plaatsvinden. Bluetooth lijkt hiervoor een voor de hand liggende methode, maar deze vorm van dataoverdracht kost relatief veel stroom. Een alternatief is ZigBee, een open standaard voor draadloze verbindingen tussen apparaten op korte afstand. ZigBee is een methode die aanzienlijk minder stroom kost dan Bluetooth maar vergelijkbare eigenschappen heeft. Ook het sterk in opkomst zijnde ANT+ (bekend van o.a. hartfrequentie horloges) voor draadloze communicatie tussen elektronische apparatuur is mogelijk een goed alternatief.

Doordat de opslagcapaciteit van geheugenmodules flink is toegenomen is het mogelijk geworden om gegevens met een hoge samplefrequentie op te slaan. Dit betekent dat alle ruwe data binnen de sensor opgeslagen kan worden en er geen pre-processing noodzakelijk is om opslagruimte te besparen. De ruwe data kan worden geupload en kan buiten het instrument zelf worden geanalyseerd. Deze ontwikkeling wordt door veel onderzoekers toegejuicht omdat er zodoende meer controle is over de analyse[70]. Bovendien kan analysesoftware open source worden geprogrammeerd wat de kans op het bereiken van consensus over analysetechniek en uitkomstmaten tussen onderzoekers vergroot[113].

Het opladen van sensoren gebeurt momenteel nog vaak via USB. Een reeds bestaande maar sterk in ontwikkeling zijnde techniek maakt het echter mogelijk om draadloos op te laden. De techniek die momenteel al kan worden toegepast voor het opladen van bijvoorbeeld telefoons is ontwikkeld door de Wireless Power Consortium (Nokia, Texas Instruments en Philips; http://www.wirelesspowerconsortium.com/) en is gebaseerd op de Qi standaard. Hierbij is het nodig dat mobiele apparaten fysiek contact maken met een laadstation met een horizontaal oppervlak. Opladen geschiedt door middel van inductie. Een andere groep (Alliance for Wireless Power; Samsung, chipfabrikant Qualcomm en Duracell-Powermat; http://www.a4wp.org/) ontwikkelt momenteel een 2e draadloze oplaadstandaard die het mogelijk moet maken om zonder tussenkomst van metalen geleiding en repeaters draadloos op te laden.

Analysetechniek

Detectie van houding en beweging

De verscheidenheid aan analysetechnieken om houdingen en bewegingen te detecteren en classificeren is groot. De van oorsprong Decision-tree technieken zijn robuust en worden nog steeds veel toegepast. Daarnaast zijn er diverse technieken in ontwikkeling om op basis van patroonherkenning binnen versnelling- en gyroscoop data houdingen en bewegingen te kunnen identificeren[114-115]. Een voorbeeld van een reeds toegepaste maar nog steeds veelbelovende techniek met betrekking tot patroonherkenning is die gebaseerd op Hidden-Markov modellen[68, 116]. Deze techniek wordt tevens gebruikt voor spraakherkenning. Voor het werken van Hidden-Markov modellen is training van het systeem nodig. Dit kan worden gedaan op basis van bestaande datasets. Een groot voordeel van deze techniek is dat er specifieke bewegingen kunnen worden 'geleerd' door het systeem. Daarnaast zorgt individuele training van de modellen ervoor dat de techniek minder gevoelig is voor variatie tussen personen in de wijze waarop wordt bewogen. De huidige modellen werken in de regel op basis van een 3d versnellingsmeter in combinatie met een 3D gyroscoop.
Zowel Decision-tree technieken als technieken gericht op patroonherkenning kunnen op een valide wijze houdingen en bewegingen classificeren. Er is geen techniek die de voorkeur heeft en beide hebben voor- en nadelen[117].

De keuze voor een analysetechniek hangt naast de locatie van de sensor samen met of een instrument uit 1 of uit meerdere sensoren bestaat, en of sensoren gefixeerd zijn aan het lichaam. Draaglocatie en –wijze hebben uiteraard consequenties voor de techniek waarmee houdingen en bewegingen worden geclassificeerd. Naar alle waarschijnlijkheid zullen deze technieken ten aanzien van houdings- en bewegingsclassificatie zich de komende jaren sterk ontwikkelen.

Schatten van energiegebruik

Instrumenten die alleen op basis van versnellingsdata energiegebruik schatten doen dat doorgaans op basis van bewegingsintensiteit met behulp van meervoudige regressiemodellen.[118-119] Naar verwachting zullen deze modellen in de toekomst voor meer verschillende soorten activiteiten gevalideerd en gefinetuned worden. Daarnaast zal informatie over houdingen en bewegingen worden toegevoegd aan bestaande regressiemodellen om de schatting van het energiegebruik verder te optimaliseren[97, 120]. Behalve regressiemodellen kunnen artificiële neurale netwerken (ANN) in de toekomst een

bijdrage leveren aan het beter schatten van energiegebruik[70]. ANN is een zelflerend systeem waarin gewogen verbindingen (analoog aan synapsen) zijn gekoppeld aan reeksen van input elementen (analoog aan neuronen). ANN is vooral geschikt wanneer er veel input is en naar beperkte output wordt gezocht.

Een aspect dat bij zal dragen aan een betere schatting van energiegebruik is het toepassen en verbeteren van (individuele) kalibratietechnieken[121]. Regressiemodellen die ontwikkeld zijn voor een gezonde populatie zijn niet per definitie valide voor een patiënten populatie. Kalibratie op basis van specifieke groepskenmerken of individuele informatie over bijvoorbeeld fitheid kan bijdragen aan een betere schatting van energiegebruik waardoor verschillende groepen en individuen beter met elkaar kunnen worden vergeleken[122].

Compliance en goed gebruik van het meetinstrument

Doordat er doorgaans gedurende de meting geen toezicht is op het correct dragen en gebruiken van het meetinstrument is de kans op foutieve data relatief groot. Voor sommige instrumenten zijn algoritmes ontwikkeld waarmee het al dan niet dragen en correct dragen in kaart kan worden gebracht[123-124]. De data dient echter vaak nog grotendeels manueel gecheckt te worden. Er zijn ontwikkelingen om deze checks geautomatiseerd te laten plaatsvinden[125]. Ook zijn er initiatieven om incorrect gebruik al tijdens een meting te constateren en vroegtijdig door middel van instructies aan de drager te verhelpen[77].

Conclusie

Samengevat kan worden gesteld dat er talrijke technologische ontwikkelingen zijn op het gebied van het geautomatiseerd meten van beweeggedrag. Dit geldt zowel voor sensoren, die steeds kleiner worden en door verbeterde batterijen langer kunnen meten, als voor dataoverdracht en data-analyse. Er is geprobeerd een zo volledig mogelijk overzicht te geven van de huidige technologische stand van zaken. Het is echter goed om te beseffen dat ontwikkelingen die nog niet publiekelijk zijn gemaakt of om andere redenen niet of slecht traceerbaar zijn via internet of de literatuur in dit overzicht kunnen ontbreken.

H8. EISEN EN WENSEN GEBRUIKERS EN DRAGERS

In de vorige hoofdstukken is ingegaan op welke kenmerken een breed-toepasbaar instrument zou moeten meten, hoe dat het best zou kunnen gebeuren, en wat technologisch mogelijk is. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de eisen en wensen van gebruikers en dragers. De gebruikers zijn de personen die het instrument mogelijk gaan inzetten; de dragers zijn personen die binnen de doelgroep vallen om het instrument te dragen.

1. Eisen en wensen gebruikers

Voor het in kaart brengen van de eisen en wensen van gebruikers van het meetinstrument is een aantal vragen van de al eerder genoemde vragenlijsten gebruikt (bijlage C en D) die zowel door de internationale experts als door de leden van de focusgroep zijn ingevuld, aangevuld met informatie vanuit de focusgroepbijeenkomst. Uitgangspunt is een instrument dat informatie geeft over energiegebruik, houding en beweging en context zoals beschreven in hoofdstuk 4.

1-unit

De praktische toepasbaarheid van het instrument is van groot belang. Hoewel niet gedefinieerd als een harde eis, lijkt uit het perspectief van toepasbaarheid en haalbaarheid een instrument dat bestaat uit 1 unit het meest wenselijk. Uit literatuur is voldoende onderbouwing dat met 1 unit energiegebruik en houding en beweging voldoende betrouwbaar gemeten kan worden.

De raadpleging van experts en focusgroepleden ondersteunt de voorkeur en keuze voor een 1-unit instrument. Daarnaast is aan de experts en focusgroepleden voorgelegd of voor de gestelde primaire toepassing, het bepalen van het energiegebruik en het registreren van houdingen en bewegingen, in hun ogen kan worden volstaan met een 1-unit instrument bestaande uit slechts een 3D versnellingsmeter. Het merendeel (80%) antwoordde met “ja” en 10% met nee; 10% had geen duidelijke mening. Nee-stemmers veronderstellen dat een extra sensor (hartfrequentie sensor, gyroscoop) nodig is om de kenmerken energiegebruik en/of houdingen en bewegingen voldoende betrouwbaar te kunnen meten.

Context

De gebruikers is gevraagd welke contextinformatie zij het meest van belang vinden. Situationele informatie staat daarbij bovenaan, gevolgd door geografische en sociale context informatie. Veel experts vinden een combinatie van zowel situationele als geografische informatie ideaal. Indien zij vervolgens ingaan op hun visie op de wijze daarop, wordt daarbij de combinatie van GPS en vragenlijsten (al dan niet gekoppeld aan een smartphone) genoemd, als aanvulling op een 3D versnellingsmeter.

Praktische eisen en wensen

Het instrument moet licht zijn en dermate klein dat het onopvallend gedragen kan worden. Het bestaat bij voorkeur slechts uit 1 unit en dient eenvoudig door de drager zelf te kunnen worden aangebracht. De data moet op een gemakkelijke en betrouwbare manier kunnen worden geupload (automatisch of door drager) of gedownload (door gebruiker), bij voorkeur draadloos. De experts geven aan dat ze het instrument het liefst met behulp van tape, folie, of zelfklevende foam direct op de huid plakken. De focusgroep leden geven voorkeur aan bevestiging van het instrument met behulp van een elastische band. De voorkeur qua draagpositie gaat uit naar rond het middel of op het bovenbeen.

Functionele eisen en wensen

Er bestond aanzienlijke antwoordvariatie tussen verschillende gebruikers wanneer vragen gingen over functionele eisen en wensen. In deze paragraaf zullen we een aantal grote lijnen schetsen.

Het instrument moet in staat zijn om minimaal 6 à 8 dagen continu te meten. De gebruiker kan bij voorkeur beschikken over de ruwe data. Een belangrijke eis die in beide groepen (focusgroep, experts) naar voren komt is het betrouwbaar kunnen bepalen van het navolgen van de draaginstructies. De gebruiker moet kunnen bepalen of het instrument op een bepaald moment wel of niet gedragen is en, zo ja, of het op een juiste manier gedragen is. Kennis hierover draagt bij aan de kwaliteit van de data en daarmee aan de betrouwbaarheid van de metingen. Zowel de experts als de leden van de focusgroep geven aan dat het (goed) dragen van het instrument het beste gecheckt kan worden door middel van intelligente data processing, dus softwarematig. Enkele bestaande instrumenten maken al gebruik van deze methode. Het al dan niet dragen van het instrument zou eventueel ook gemeten kunnen worden met een extra sensor (bijvoorbeeld met een sensor die de huidweerstand meet), of

met een vragenlijst. Dit laatste kan met een online vragenlijst of via een applicatie op een smartphone.

Met betrekking tot de analyse is er de wens om dit te doen op basis van de ruwe data. Er wordt door beide groepen aangegeven dat er behoefte is aan afstemming met betrekking tot het formaat van de ruwe data en consensus over uitkomstmaten. De analyse zou idealiter plaatsvinden met behulp van een open software platform, waarin het mogelijk is om groepskenmerken te laten meewegen in de uitkomsten. Data wordt bij voorkeur opgeslagen in een centrale (webbased) database die voor meerdere groepen toegankelijk is.

Kosten

De meningen over wat 1 instrument zou mogen kosten lopen behoorlijk uiteen. Ervan uitgaande dat het instrument voor een langere periode meerdere malen gebruikt kan worden is een maximale aanschafprijs van €45 voor de focusgroep en €100 voor de expertgroep acceptabel. Beide groepen kunnen niet goed aangeven hoe hoog de overige kosten per meting, bijvoorbeeld voor het instellen van het instrument, en het downloaden en analyseren van data zouden, mogen bedragen. Vanuit de focusgroep wordt aangegeven dat deze kosten onderbelicht zijn gebleven en een groot probleem vormen voor toepassing op grote schaal.

2. Eisen en wensen dragers

De vragenlijst die gebruikt is om de eisen en wensen van dragers in kaart te brengen is te vinden in bijlage F.1. Hieronder wordt een beschrijving gegeven van de resultaten. Een gedetailleerd overzicht van de antwoorden op de vragen is weergegeven in bijlage F.2. Het is van belang te vermelden dat in die vragenlijsten weliswaar fictieve, maar ook expliciete voorbeelden waren gegeven van een mogelijk instrument.

In totaal hebben 19 mensen de vragenlijst ingevuld, allen met zeer beperkte kennis over het meten van beweeggedrag. De gemiddelde leeftijd was 49 jaar. Jonge kinderen waren niet bij deze inventarisatie betrokken. Wel is aan ouders met kinderen van 12 jaar of jonger (n=8) gevraagd hun oordeel te geven over de toepassing bij kinderen.

Uit de vragenlijst blijkt dat het merendeel de grootte en het gewicht van het voorgestelde meetinstrument niet zien als een probleem. De voorkeur voor draagpositie en bevestigingsmethode was verdeeld: het grootste percentage stemmen ging uit naar om het middel met een elastische band (47%), gevolgd door op het bovenbeen met een pleister (32%). Er wordt aangegeven dat het vooral van belang is dat men er zo min mogelijk last van

heeft. Voor het gebruik van de pleister wordt opgemerkt dat dit mogelijk problemen kan opleveren bij contact met water en minder prettig kan zijn als geplakt wordt op een plek waar haren groeien.

Vijf van de 8 personen met kinderen jonger dan 12 jaar gaven aan een bevestigingsprobleem te zien in de toepassing bij kinderen, vooral in het geval van bevestiging met een pleister. Door 4 personen werd de opmerking gemaakt dat pleisters er mogelijk afgepeuterd zullen worden door de kinderen, een 5^{e} persoon geeft aan dat bij gebruik van een pleister kans is op loslaten van het instrument.

Op de vraag of de zichtbaarheid van het instrument een probleem is, wordt verdeeld geantwoord. Ook wordt er verdeeld geantwoord op de vraag of het wenselijk is om het instrument af te kunnen doen. Door de meeste ondervraagden werd ingeschat dat het instrument niet snel vergeten zal worden en dat de kans niet zo groot is dat deze bij bepaalde activiteiten niet gedragen wordt. Het merendeel geeft aan geen probleem te hebben met het instrument ’s nachts te dragen. Ook het terugsturen van het instrument per post wordt niet als een probleem gezien. Daarnaast geeft het merendeel aan graag informatie te willen over het goed functioneren van het instrument, waarbij wordt opgemerkt dat dit wenselijk is omdat het zonde is om het instrument te dragen terwijl het niet goed werkt. De bereidheid om iedere dag ook nog een online vragenlijst in te vullen is erg groot. Hierbij werd door verschillende mensen opgemerkt dat het een goed idee is om voor het invullen van de vragenlijst een herinnering te sturen.

Conclusie

De experts geven de voorkeur aan een 1-unit instrument wat licht en klein is, en de kosten van het meetinstrument mogen niet hoger zijn dan €100. Daarnaast geven zij aan dat het belangrijk is om betrouwbaar te kunnen bepalen of het instrument (goed) gedragen wordt. Onder zowel de gebruikers als de dragers zijn de meningen verdeeld over de bevestigingswijze van het instrument. Opvallend is dat de dragers denken dat ze het instrument niet zullen vergeten te dragen, terwijl dit een probleem is dat in de literatuur frequent wordt beschreven. De dragers geven daarnaast aan dat ze informatie willen over het goed functioneren van het instrument. Een punt van aandacht is het geschikt maken van het instrument voor kinderen.

H9. VOORSTEL INSTRUMENT

In dit hoofdstuk wordt een voorstel beschreven voor een breed-toepasbaar instrument dat als hoofddoel heeft het betrouwbaar en valide meten van houdingen en bewegingen, beweeggedrag-gerelateerd energiegebruik, en de context waarin het beweeggedrag plaatsvindt. Dit voorstel is een beschrijving van een instrument dat, gezien de huidige stand van zaken, innovatief maar tegelijkertijd ook op korte termijn haalbaar is. Dit hoofdstuk is het resultaat van de verschillende projectactiviteiten en de resultaten daarvan zoals beschreven in de voorgaande hoofdstukken. Bij de overwegingen is er naar gestreefd tot een voorstel te komen waarbij een goede balans bestaat tussen methodologische kwaliteit en praktische toepasbaarheid. Daarnaast is er ook naar een balans gezocht tussen enerzijds eenvoud, beperktheid en standaardisatie, en anderzijds het tegemoet komen aan de soms uiteenlopende wensen van gebruikers.

Omschrijving van het instrument

Uitgangspunt is een zo ergonomisch mogelijk (qua vorm, grootte en gewicht) 1-unit instrument dat wordt gedragen aan het bovenbeen of het middel. Bevestigingswijze kan zijn met behulp van een band, met een huidvriendelijke, hypo-allergene waterbestendige folie, of in de broekzak. Mogelijk wordt de drager de keuze gegeven.

Het instrument bestaat bij voorkeur uit een 3D-versnellingssensor. Daarnaast bevat het instrument opslagcapaciteit voor de data, een oplaadbare batterij, een data controller/processor en een communicatie module. De batterij en opslagcapaciteit zijn zodanig dat gedurende minimaal 7 dagen aaneengesloten kan worden gemeten. Het instrument slaat bij voorkeur de ruwe versnellingssignalen op met processing van de data na de meting. Indien deze optie niet haalbaar is of te veel ten koste gaat van functionaliteit en praktisch gebruik dan is realtime dataprocessing een optie, met berekening en opslag van data per instelbaar tijdsinterval. Het instrument is stevig, eenvoudig te gebruiken door de drager en waterdicht.

Data over houdingen en bewegingen en energiegebruik moet gekoppeld kunnen worden aan contextinformatie. Deze contextinformatie zal niet voor elke eindgebruiker noodzakelijk zijn en daarnaast ook verschillen tussen gebruikers en projecten. Het meten van contextinformatie zal om deze reden optioneel en flexibel moeten kunnen plaatsvinden. Het instrument meet contextinformatie bij voorkeur automatisch, zonder benodigde input van

de gebruiker. Momenteel lijkt een gebruikersvriendelijke online vragenlijst (bijvoorbeeld aan het einde van een dag via internet context informatie geven) de meest logische en haalbare optie. De mogelijkheden van een interactieve telefoonapplicatie dienen verder te worden verkend. De mogelijkheden voor het geautomatiseerd geïnstrumenteerd meten van context zijn op dit moment nog beperkt en een “contextsensor” als GPS kan om praktische redenen (o.a. grootte, stroomverbruik) nog niet worden toegepast. Indien GPS onderdeel is van het meetinstrument, dan kan dit ook bijdragen aan de detectie van activiteiten.

Het simultaan meten van hartfrequentie met een 1-unit instrument dat voldoet aan de overige eisen gesteld in hoofdstuk 8 (vooral met betrekking tot draagcomfort, kosten en complexiteit; zie ook hoofdstuk 5) is momenteel praktisch niet haalbaar. De winst van het toevoegen van hartfrequentie is wellicht ook minder groot als op andere manieren de schatting van energiegebruik wordt geoptimaliseerd, zoals eerder in dit rapport beschreven. Ontwikkelingen met betrekking tot het combineren van een versnellingsmeter met hartfrequentie moeten wel worden gevolgd en een “hartfrequentiesensor” zou op termijn als een extra en te kiezen module kunnen worden toegevoegd.

Meten met het instrument

De gebruiker stelt voorafgaand aan een meting met behulp van gebruikerssoftware het moment van starten en eindigen van een meting in. Het instrument kan hiervoor bij voorkeur draadloos met een computer worden benaderd. De meting start en stopt vervolgens automatisch, de drager hoeft hiervoor geen handelingen te verrichten. De drager is in staat om op basis van instructies het instrument zelf aan te brengen en af te doen. Indien de wijze van bevestigen van het instrument kritisch is, kan op basis van basale online data processing en bijvoorbeeld LED indicatoren worden nagegaan en aangegeven of het correct wordt gedragen. Aangezien de primaire toepassing van het instrument het meten van beweeggedrag is, is er geen reden om aan de drager feedback te geven over bijvoorbeeld het actuele energiegebruik.

Datatransfer en -opslag

Zowel het opladen van het instrument (meerdere instrumenten tegelijk moet mogelijk zijn) als het uitlezen van de data gebeurt bij voorkeur draadloos. Opladen tussen metingen van een ontladen instrument duurt maximaal 2 uur. Er wordt bij voorkeur ruwe data uitgelezen naar een computer. De datatransfer moet binnen enkele minuten gereed zijn. Datatransfer

is niet gebonden aan bepaalde computers. Onderdeel van het product is het opzetten van een centrale database. Gebruiker kunnen hun data hierin opslaan. Daarnaast is het mogelijk de data lokaal op te slaan. Gebruikers blijven eigenaar van hun data, ook indien de data centraal wordt opgeslagen. Gebruikers kunnen hun data via de centrale database met anderen delen.

Data analyse

Voor het verwerken van de data wordt gebruik gemaakt van analysesoftware. Hiermee kan de kwaliteit van de data en de compliance worden gecontroleerd, het energiegebruik worden bepaald en kunnen houdingen en bewegingen worden gedetecteerd. De software is gebaseerd op nog te optimaliseren en valideren algoritmes waarmee de ruwe versnellingssignalen worden geanalyseerd. Het algoritme moet in staat zijn om persoonskenmerken en eventuele groepskenmerken in de analyse te betrekken.

Voor het bepalen van het energiegebruik worden gegevens over de variabiliteit van de versnellingssignalen gecombineerd met houding- en bewegingsinformatie en eventueel persoonskenmerken. Op het gebied van houdingen en bewegingen is het algoritme in staat om onderscheid te maken tussen liggen, zitten, staan, lopen (wandelen, traplopen), fietsen, en hardlopen. Het algoritme kan bij voorkeur worden ingezien en het kan aangepast worden voor specifieke onderzoeksvragen. Daarnaast worden de contextgegevens betekenisvol ‘vertaald’. De wijze waarop hangt af van de gekozen techniek waarmee de gegevens zijn verzameld.

Uitkomstmaten

De belangrijkste uitkomstmaten die beschikbaar zouden moeten zijn na de analyse zijn:

- Totaal energiegebruik per dag of per in te stellen meetperiode
- Tijdsduur van verschillende intensiteitcategorieën van energiegebruik
- Tijdsduur, frequentie en distributie van houdingen en bewegingen
- Functionele locatie van de drager (bijvoorbeeld thuis, op het werk, in de auto)

Daarnaast kan naar keuze over een aantal afgeleiden van deze uitkomstmaten worden beschikt. De uitkomstmaten worden berekend per tijdsinterval. Dit tijdsinterval is bij voorkeur binnen bepaalde grenzen instelbaar.

De uitkomstmaten moeten kunnen worden weergegeven in een overzichtelijk rapport. De volledige analyse inclusief rapportage mag per meting maximaal 15 minuten in beslag nemen.

Kosten

De aanschafprijs voor één instrument is maximaal €100. De overige kosten per meting (bevestigingsmateriaal, evt. verzendkosten) maximaal €10. Het instrument is niet persoonsgebonden en kan door meerdere gebruikers worden toegepast. Het bevestigingsmateriaal is bij voorkeur persoonsgebonden, of anders eenvoudig reinigbaar. Het instrument kan herhaald voor verschillende dragers worden gebruikt. Indien gebruikers gebruik willen maken van een centrale database dan wordt hiervoor eventueel een geringe bijdrage gevraagd. De kosten hiervan zou kunnen afhangen van of data voor onderzoeksdoeleinden mag worden gedeeld met anderen of beschikbaar mag worden gesteld voor het samenstellen van referentiegegevens.

H10. BESTAANDE 1-UNIT INSTRUMENTEN

In de voorgaande hoofdstukken is er vanuit verschillende perspectieven ingegaan op de eisen en wensen waaraan een eventueel nieuw te ontwikkelen instrument zou moeten voldoen. Daarbij werd onder andere onderscheid gemaakt in te meten kenmerken ("wat moet het instrument meten") en hoe dit methodologisch en praktisch gezien zo goed mogelijk kan gebeuren. Vanuit het praktisch perspectief kan daarbij worden gedacht aan het comfort voor de drager, de kosten, meetduur, gemak voor de gebruiker etc. Dit heeft geresulteerd (zie hoofdstuk 9) in een beschrijving van een, gezien de huidige stand van zaken, optimaal instrument. Een belangrijke en logische vraag is dan: is een dergelijk instrument momenteel al bestaand? In dit hoofdstuk worden de details en de potentie van bestaande 1-unit instrumenten besproken.

Algemene overwegingen

Een belangrijk onderdeel van het project was het inventariseren van bestaande methoden en instrumenten. De ontwikkeling van een nieuw instrument is alleen nodig als er nog geen instrument bestaat dat volledig of grotendeels aan de eisen voldoet. Hiertoe was een inventarisatie vereist, waarbij een zoektocht in de wetenschappelijke literatuur en databases de eerste stap was. De tweede stap bestond uit internet zoekacties, waarbij specifiek en zorgvuldig is gezocht naar bestaande en in ontwikkeling zijnde apparatuur. De bestaande meetinstrumenten zijn met deze zoekacties in kaart gebracht. Meetinstrumenten die echter nog in ontwikkeling zijn echter moeilijk of niet te herleiden. We hebben via het netwerk van collega's en experts zo goed mogelijk getracht op de hoogte te komen van recente en relevante ontwikkelingen, maar we zijn ons er van bewust dat een garantie voor volledigheid niet kan worden gegeven.

Evaluatie bestaande instrumenten

In Tabel 2 zijn twaalf gevonden 1-unit instrumenten om beweeggedrag te meten beschreven en op een aantal aspecten beoordeeld. De informatie over de instrumenten hebben we vooral via product websites; in een aantal gevallen hebben we om aanvullende informatie gevraagd, maar desondanks kent de tabel enkele hiaten. In de tabel is met cursief en vetgedrukt aangegeven of een instrument voldoet aan de eisen die geformuleerd zijn in het vorige hoofdstuk. Daarbij zijn soms arbitraire afkappunten gebruikt, zoals bijvoorbeeld bij gewicht en afmetingen.

Tabel 2. Bestaande 1-unit instrumenten

Instrument	Bedrijf	Sensoren	Houding & beweging	Energiegebruik	Context	Validiteit onderzocht: houding & beweging [*]	Validiteit onderzocht: energiegebruik [*]
Actical	Philips	***Accelerometer***	Nee	***Ja***	Nee	0	4
ActiGo	ActiTrainer, Inc	***Accelerometer***	Nee	***Ja***	Nee	0	0
ActiGraph GT3X	Actigraph TM	***Accelerometer, licht***	***Ja***	***Ja***	Nee	2	10
ActiHeart	CamNtech	***Accelerometer, ECG***	***Ja***	***Ja***	Nee	0	3
Activ8	2M Engineering	***Accelerometer***	***Ja***	***Ja***	Nee	0	0
ActivPAL	PAL Technologies Ltd	***Accelerometer***	***Ja***	***Ja***	Nee	3	1
DirectLife	Philips	***Accelerometer***	Nee	***Ja***	Nee	0	5
MoveMonitor	McRoberts	***Accelerometer***	***Ja***	***Ja***	Nee	2	3
GENEActiv	GENEActive	***Accelerometer, licht***	***Ja***	***Ja***	Nee	1	2
PAMSys	Biosensics	***Accelerometer***	***Ja***	Nee	Nee	0	0
RT3	Stayhealthy	***Accelerometer***	Nee	***Ja***	Nee	0	8
Sensewear	Sensewear	***Accelerometer, huidgeleiding en temperatuur***	Nee	***Ja***	Nee	0	11

Instrument	Gewicht (gram)	Afmetingen (mm)	Kosten(€) [†]	Draaglocatie	Draagwijze	Waterproof	Draagtijd (dagen) [‡]	Oplaadtijd (uur)	Ruwe data	Datatransfer
Actical	***16***	***29x37x11***	?	***Meerdere mogelijkheden***	***Band of clip***	***Ja***	***12***	?	***Ja***	***USB***
ActiGo	?	n/a	***65***	***Broekzak***	***Broekzak***	?	***7***	?	?	***USB***
ActiGraph GT3X	***19***	46x33x15	577	***Heup, pols, enkel, bovenbeen***	***Band***	***Ja***	***31***	?	***Ja***	***USB***
ActiHeart	***10***	***32x6***	>1000	Borst	***Band***	***Ja***	***10***	12	***Ja***	***USB***
Activ8	***20***	***30x32x10***	**<90**	***Broekzak***	***Broekzak***	***Ja***	***21***	***<2***	Nee	***USB***
ActivPAL	***12***	***53x35x7***	250	***Bovenbeen***	***Sticker***	***Ja*** [§]	3	3	***Ja***	***USB***
DirectLife	***23***	***31x33x11***	123	***Meerdere mogelijkheden***	***Band***	***Ja***	***21***	?	Nee	***USB***
MoveMonitor	55	85x58x12	?	Onderrug	***Band***	?	***7***	?	***Ja***	***USB***
GENEActiv	***16***	43x40x13	235	***Meerdere mogelijkheden***	***Band***	***Ja***	***60***	3	***Ja***	***USB***
PAMSys	***24***	51x30x16	760	Romp	In T-shirt	***Ja***	***8***	3-4	***Ja***	Dock + USB
RT3	65	71x56x26	?	***Heup***	***Band***	?	***30***	?	?	?
Sensewear	45	55x62x13	>500	Bovenarm	***Band***	Nee	5	?	?	***USB***

Dikgedrukt en schuin voldoet aan huidig voorstel, waarbij voorwaarden zijn: sensoren: accelerometer, gewicht <25 gram, afmetingen: <15cm^3, kosten €<100, draaglocatie: heup, bovenbeen of broekzak, draagwijze: band, sticker of broekzak, waterproof: ja, draagtijd: >7 dagen, oplaadtijd <2 uur, ruwe data: ja, datatransfer: draadloos of USB

[*] Het aantal peer-reviewed artikelen over het betreffende validiteitsonderwerp; [†] Kosten, exclusief software; [‡] Draagtijd: zonder batterij tussendoor opladen; [§] Extra tape nodig

Alle instrumenten zijn gebaseerd op versnellingssensoren, en een aantal bevatten nog additionele sensoren. Zeven van de 12 meten houding en beweging, 10 van de 12 energiegebruik; 5 van de 12 de combinatie van beide (Actigraph, ActiHeart, Activ8, ActivPAL, MoveMonitor). Bij de houdingen- en bewegingendetectie moet worden bedacht dat bij een aantal instrumenten deze detectie erg basaal en grof is. Geen enkel apparaat heeft de optie informatie te geven over de situationele of geografische context. Het gewicht varieert van 12 tot 65 gram, het volume van ongeveer 10 cm^2 tot 60 cm^2; 5 instrumenten (ActiCal, ActiHeart, Activ8, ActivPAL, DirectLife) vallen in de categorie "klein en licht". Figuur 4 geeft een indicatie van de grootte van de Directlife en Activ8. We hebben niet de kosten van alle instrumenten kunnen achterhalen, maar van instrumenten waar we informatie over hebben zijn er maar twee (ActiGo, Activ8) die minder kosten dan €100. Bij de kosten was niet altijd de exacte prijs exclusief software achterhaalbaar.

De draaglocatie van de meeste instrumenten voldoet aan de eis van bovenbeen/middel bevestiging, en de meeste zijn waterproof. Twee instrumenten (ActivPAL, Sensewear) voldoen niet aan de eis van een 7-daagse draagtijd. Wat de oplaadtijd betreft hebben we van relatief weinig instrumenten informatie; de ActiHeart springt er nu negatief uit met een oplaadtijd van 12 uur. DirectLife en Activ8 zijn niet in staat tot de opslag van ruwe data. Tot slot verloopt de datatransfer bij alle instrumenten via USB, al dan niet via een docking station.

Figuur 4. Een indicatie van wat qua grootte momenteel mogelijk is. Links Directlife, en rechts een prototype van de Activ8.

Validiteit

De literatuur is nagezocht op artikelen waarin de validiteit van de beschreven instrumenten is onderzocht. In bijlage G zijn de referenties daarnaar weergegeven. Het aantal artikelen dat specifiek validiteit met betrekking tot houding & beweging en energiegebruik heeft onderzocht is weergegeven in tabel 2. Voor slechts 4 instrumenten (Actigraph, ActivPal, Movemonitor, en GENEActive) is de validiteit voor beide aspecten onderzocht. Dit betekent overigens niet per definitie dat deze instrumenten houding & beweging en energiegebruik valide meten. Om hier een gedegen uitspraak over te kunnen doen zou er voor beide aspecten consensus moeten zijn over wanneer een meetuitkomst valide is, en zouden de weergegeven artikelen methodologisch moeten worden getoetst. Feit is wel dat de validiteit met betrekking tot houding & beweging niet is onderzocht voor ActiHeart en PAMSys, en met betrekking tot energiegebruik niet is onderzocht voor Actigo en PAMSys, terwijl de genoemde aspecten wel door deze instrumenten worden gemeten. Activ8 is een instrument dat nog in de laatste fase van ontwikkeling is.

Conclusie

Er zijn momenteel ons geen instrumenten bekend die volledig voldoen aan de eisen en wensen die zijn beschreven in het vorig hoofdstuk. Het niet voldoen betreft verschillende aspecten, met een aanzienlijke variatie tussen instrumenten: het is niet zo dat alle instrumenten op alle beoordeelde aspecten dezelfde patronen laten zien. Sommige instrumenten zijn wellicht ontwikkelbaar in de richting van het apparaat dat is voorgesteld. Indien aansluiting bij een bestaand product of commerciële partner wordt gezocht, dan moet goed gekeken worden naar de mogelijkheden om in goede samenwerking tot een nieuw, niet afgeschermd product te komen dat voldoet aan de in dit rapport beschreven eisen en wensen.

H11. VERVOLGTRAJECT

In de vorige hoofdstukken is beschreven aan welke plan van eisen een innovatief, breed-toepasbaar instrument moet voldoen dat beweeggedrag en daaraan gerelateerde kenmerken meet. Daarnaast is een globaal beeld geschetst van de vorm en functionaliteit; een beeld dat in onze ogen tegelijkertijd innovatief en haalbaar is. Het is innovatief omdat er bij ons weten geen bestaand instrument is dat de benodigde eigenschappen en mogelijkheden heeft. Maar het is ook haalbaar, omdat er wordt voortgeborduurd op bestaande technologie en kennis waarvan de mogelijkheden voldoende zijn aangetoond. Nederland heeft op het gebied van ambulant meten en bewegingssensortechnologie wereldwijd een vooraanstaande positie; het creëren van een goed consortium zal zeker mogelijk zijn.

In onze ogen is het wenselijk om de in dit rapport beschreven activiteiten van fase 1 te laten volgen door fase 2. In fase 2 staat de (verdere) ontwikkeling en methodologische toetsing van het meetinstrument centraal. Fase 2, met een totale duur van 33 maanden, bestaat uit een aantal onderdelen of subfases. Deze subfases zullen we achtereenvolgens beschrijven. De beschreven subfases zijn een indicatie van de richting die we voor ogen hebben; de stappen zijn mede afhankelijk van de wensen van ZonMw.

Subfase 1: Voorbereiding (6 maanden)

Het huidige rapport geeft duidelijk aan in welke richting een nieuw instrument ontwikkeld zou moeten worden. Hieraan voorafgaand moet een aantal stappen worden genomen:

- Consortium vorming: overleg met bedrijven die momenteel producten hebben die dicht bij het te ontwikkelen instrument liggen. Overleg richt zich onder andere op het verder doorgronden van het gebruik en de technische specificatie van de huidige instrumenten, de (on)mogelijkheden binnen het project, de mate waarin verdere ontwikkeling nodig is, de interesse van de bedrijven en de bereidheid om samen te werken.
- Definitief besluit over enkele openstaande zaken
    - betreffende het concept van het instrument
    - definitie/architectuur
    - instrument ontwikkeling
    - instrument integratie met partners

  In meer specifieke termen gaat het o.a. over:

- de wijze waarop context wordt gemeten

- plaats en wijze van bevestiging van de unit
- wijze van dataprocessing: (gedeeltelijke) real-time data processing of opslag ruwe data
- de meest wenselijke analysemethode en signaal-analytische technieken

- Formering van definitief consortium,
  - In het consortium zullen in ieder geval eindgebruikers, onderzoekers, ontwikkelaars en dienstleveranciers vertegenwoordigd moeten zijn. Meer in detail kunnen de volgende partijen/expertises worden onderscheiden:
    a. Uitvoering project: groepen/personen met brede expertise op het gebied van het meten van fysieke activiteit en sedentair gedrag, fysiologie, signaal-analyse, hardware en validering; tevens inzicht in c.q. contacten met potentiële gebruikers. Academische inbedding.
    b. Fysiologie: groepen/personen met specifieke expertise op het gebied van het (ambulant) meten van energiegebruik. Academische inbedding.
    c. Signaal-analyse: groepen/personen met ervaring op het gebied van signaal-analyse, bij voorkeur op het gebied van bewegingsensoren en activiteitendetectie. Academische en/of commerciële inbedding.
    d. Online vragenlijsten of smartphone applicaties. Academische en/of commerciële inbedding.
    e. Commercieel: in eerste instantie Nederlandse bedrijven of organisaties met expertise op het gebied van het meten van fysieke activiteit en die interesse hebben/in staat zijn om eindproduct in de markt te zetten. Commerciële inbedding.
    f. Gebruikers en dragers: vertegenwoordigers van verschillende toekomstige toepassingen
- Financiële, contractuele en organisatorische vragen
  - o.a. opstellen business, verdienmodellen, taken en verantwoordelijkheden, bijdrage commerciële partijen, eigendomsrechten, IP etc.

Subfase 2: Ontwikkeling prototype (9 maanden)

Aan de hand van in subfase 1 genomen besluiten, uitgaande van technische en financiële haalbaarheid, en gestuurd door leermetingen zal een prototype van het meetinstrument worden ontwikkeld. Mogelijk/waarschijnlijk betreft het een aanpassing van een reeds bestaand instrument; het lijkt niet efficiënt om een nieuw instrument van de basis af te ontwikkelen. Het is mogelijk dat daarbij enkele keuzes nog steeds open worden gelaten (bijvoorbeeld wijze van bevestiging, plaats van bevestiging, etc.). Tijdens deze fase zullen reeds testmetingen worden verricht om de kans op te veel iteratieve processen in latere fases (aanpassing van het instrument op basis van de metingen) te voorkomen.

Subfase 3: Experimentele validering van het prototype (6 maanden)

Het prototype van het instrument (eventueel met enkele open keuzes) zal eerst worden getest in een experimentele setting. Mogelijk vindt aanpassing plaats. Daarna vindt formele validatie plaats in dezelfde experimentele setting. Dertig proefpersonen (10 kinderen, 10 volwassenen, 10 ouderen) zullen een gestandaardiseerd en semi-gestandaardiseerd activiteitenprotocol uitvoeren. Tijdens dat protocol zullen naast metingen met het ontwikkelde instrument ook referentiemetingen worden uitgevoerd (o.a. video, ademgasanalyse). Het is mogelijk dat de resultaten van de validering leidt tot (beperkte) aanpassingen.

Subfase 4: Toepassing, betrouwbaarheid en validiteit in de praktijk (6 maanden)

Het instrument wordt toegepast in de uiteindelijke setting van toepassing. Zestig proefpersonen (20 kinderen, 20 volwassenen, 20 ouderen; spreiding in opleidingsniveau, activiteitenniveau) dragen gedurende twee weken het instrument. Daarnaast wordt d.m.v. de dubbel gelabeled water methode het energiegebruik gemeten. Tevens dient een gevalideerde multi-sensor houdingen en bewegingenmonitor als referentie voor beweeggedrag. Deze fase richt zich op:

- het verband tussen energiegebruik bepaald met beide methoden
- het verband tussen het beweeggedrag, zoals gemeten met beide instrumenten
- compliance en andere gebruikskarakteristieken
- responsiviteit: in staat zijn onderscheid te maken tussen meer/minder actieve personen
- tussen-dag variatie

Subfase 5: implementatie/industrialisatiefase (6 maanden)

Deze fase heeft als doel het instrument bruikbaar te maken voor verschillende groepen gebruikers. In deze fase staat de uiteindelijke toepassing van de hardware en de software centraal. Er zal – mogelijk uit de gebruikersvertegenwoordiger(s) in het projectgroep – contact worden gezocht met één of meer organisaties die zijn ingericht om daadwerkelijk het ontwikkelde instrument in de praktijk te gaan gebruiken.

REFERENTIES

1. Schippers E. Gezondheid dichtbij. In: Ministerie van Volksgezondheid WeS, editor. Den Haag; 2011.
2. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. Med Sci Sports Exerc 2011;43(7):1334-59.
3. Knowler WC, Barrett-Connor E, Fowler SE, Hamman RF, Lachin JM, Walker EA et al. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. N Engl J Med 2002;346(6):393-403.
4. Wing RR, Hill JO. Successful weight loss maintenance. Annu Rev Nutr 2001;21:323-41.
5. Vuori IM. Dose-response of physical activity and low back pain, osteoarthritis, and osteoporosis. Med Sci Sports Exerc 2001;33(6 Suppl):S551-86; discussion 609-10.
6. Breslow RA, Ballard-Barbash R, Munoz K, Graubard BI. Long-term recreational physical activity and breast cancer in the National Health and Nutrition Examination Survey I epidemiologic follow-up study. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev 2001;10(7):805-8.
7. Carek PJ, Laibstain SE, Carek SM. Exercise for the treatment of depression and anxiety. Int J Psychiatry Med 2011;41(1):15-28.
8. Tolmunen T, Laukkanen JA, Hintikka J, Kurl S, Viinamaki H, Salonen R et al. Low maximal oxygen uptake is associated with elevated depressive symptoms in middle-aged men. Eur J Epidemiol 2006;21(9):701-6.
9. Lee IM, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT et al. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. Lancet 2012;380(9838):219-29.
10. WHO. Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks. Geneva; 2009.
11. Ezzati M, Lopez AD. Estimates of global mortality attributable to smoking in 2000. Lancet 2003;362(9387):847-52.
12. van der Lucht F, Polder JJ. Van gezond naar beter. Bilthoven: RIVM; 2010.
13. Kemper HGC, Ooijendijk WTM, Stiggelbout M. Consensus over de Nederlandse Norm voor Gezond Bewegen. Tijdschr Soc Gezondheidsz 2000(78):180-3.
14. Hallal PC, Andersen LB, Bull FC, Guthold R, Haskell W, Ekelund U et al. Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. Lancet 2012;380(9838):247-57.
15. van Baal PHM, Heijink R, Hoogenveen RT, Polder JJ. Zorgkosten van ongezond gedrag. Bilthoven: RIVM; 2006.
16. Lubans DR, Hesketh K, Cliff DP, Barnett LM, Salmon J, Dollman J et al. A systematic review of the validity and reliability of sedentary behaviour measures used with children and adolescents. Obes Rev 2011;12(10):781-99.
17. van Poppel MN, Chinapaw MJ, Mokkink LB, van Mechelen W, Terwee CB. Physical activity questionnaires for adults: a systematic review of measurement properties. Sports Med 2010;40(7):565-600.
18. Chinapaw MJ, Mokkink LB, van Poppel MN, van Mechelen W, Terwee CB. Physical activity questionnaires for youth: a systematic review of measurement properties. Sports Med 2010;40(7):539-63.
19. Forsen L, Loland NW, Vuillemin A, Chinapaw MJ, van Poppel MN, Mokkink LB et al. Self-administered physical activity questionnaires for the elderly: a systematic review of measurement properties. Sports Med 2010;40(7):601-23.

20. ICAMPAM. Programe and Abstracts 2nd International Conference on Ambulatory Monitoring of Physical Activity and Movement. Glasgow, Scotland; 2011.
21. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. Public Health Rep 1985;100(2):126-31.
22. Katzmarzyk PT, Church TS, Craig CL, Bouchard C. Sitting time and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer. Med Sci Sports Exerc 2009;41(5):998-1005.
23. Sedentary Behaviour Research N. Letter to the Editor: Standardized use of the terms "sedentary" and "sedentary behaviours". Appl Physiol Nutr Metab 2012;37(3):540-2.
24. Washburn RA, Zhu W, McAuley E, Frogley M, Figoni SF. The physical activity scale for individuals with physical disabilities: development and evaluation. Arch Phys Med Rehabil 2002;83(2):193-200.
25. Healy GN, Clark BK, Winkler EA, Gardiner PA, Brown WJ, Matthews CE. Measurement of adults' sedentary time in population-based studies. Am J Prev Med 2011;41(2):216-27.
26. Prince SA, Adamo KB, Hamel ME, Hardt J, Gorber SC, Tremblay M. A comparison of direct versus self-report measures for assessing physical activity in adults: a systematic review. Int J Behav Nutr Phys Act 2008;5:56.
27. Masse LC, de Niet JE. Sources of validity evidence needed with self-report measures of physical activity. J Phys Act Health 2012;9 Suppl 1:S44-55.
28. Sirard JR, Pate RR. Physical activity assessment in children and adolescents. Sports Med 2001;31(6):439-54.
29. Haff G. Does uphill and downhill running improve running performance? NSCA's Performance training Journal?;8 (4):7-8.
30. Ferrari P, Friedenreich C, Matthews CE. The role of measurement error in estimating levels of physical activity. Am J Epidemiol 2007;166(7):832-40.
31. Skatrud-Mickelson M, Benson J, Hannon JC, Askew EW. A comparison of subjective and objective measures of physical exertion. J Sports Sci 2011;29(15):1635-44.
32. Tudor-Locke CE, Myers AM. Challenges and opportunities for measuring physical activity in sedentary adults. Sports Med 2001;31(2):91-100.
33. Hillier FC, Batterham AM, Crooks S, Moore HJ, Summerbell CD. The development and evaluation of a novel Internet-based computer program to assess previous-day dietary and physical activity behaviours in adults: the Synchronised Nutrition and Activity Program for Adults (SNAPA). Br J Nutr 2012;107(8):1221-31.
34. McMurray RG, Harrell JS, Bradley CB, Webb JP, Goodman EM. Comparison of a computerized physical activity recall with a triaxial motion sensor in middle-school youth. Med Sci Sports Exerc 1998;30(8):1238-45.
35. Philippaerts RM, Matton L, Wijndaele K, Balduck AL, De Bourdeaudhuij I, Lefevre J. Validity of a physical activity computer questionnaire in 12- to 18-year-old boys and girls. Int J Sports Med 2006;27(2):131-6.
36. Tudor-Locke C, Williams JE, Reis JP, Pluto D. Utility of pedometers for assessing physical activity: convergent validity. Sports Med 2002;32(12):795-808.
37. Tudor-Locke C, Williams JE, Reis JP, Pluto D. Utility of pedometers for assessing physical activity: construct validity. Sports Med 2004;34(5):281-91.
38. McNamara E, Hudson Z, Taylor SJ. Measuring activity levels of young people: the validity of pedometers. Br Med Bull 2010;95:121-37.
39. Pate RR, O'Neill JR, Mitchell J. Measurement of physical activity in preschool children. Med Sci Sports Exerc 2010;42(3):508-12.
40. De Vries SI, Van Hirtum HW, Bakker I, Hopman-Rock M, Hirasing RA, Van Mechelen W. Validity and reproducibility of motion sensors in youth: a systematic update. Med Sci Sports Exerc 2009;41(4):818-27.

41. Berlin JE, Storti KL, Brach JS. Using activity monitors to measure physical activity in free-living conditions. Phys Ther 2006;86(8):1137-45.
42. Cheung VH, Gray L, Karunanithi M. Review of accelerometry for determining daily activity among elderly patients. Arch Phys Med Rehabil 2011;92(6):998-1014.
43. Tudor-Locke C, Bassett DR, Shipe MF, McClain JJ. Pedometry methods for assessing free-living adults. J Phys Act Health 2011;8(3):445-53.
44. Bonomi AG, Westerterp KR. Advances in physical activity monitoring and lifestyle interventions in obesity: a review. Int J Obes (Lond) 2012;36(2):167-77.
45. Garatachea N, Torres Luque G, Gonzalez Gallego J. Physical activity and energy expenditure measurements using accelerometers in older adults. Nutr Hosp 2010;25(2):224-30.
46. Busser HJ, Ott J, van Lummel RC, Uiterwaal M, Blank R. Ambulatory monitoring of children's activity. Med Eng Phys 1997;19(5):440-5.
47. Bussmann JB, Tulen JH, van Herel EC, Stam HJ. Quantification of physical activities by means of ambulatory accelerometry: a validation study. Psychophysiology 1998;35(5):488-96.
48. Lyons GM, Culhane KM, Hilton D, Grace PA, Lyons D. A description of an accelerometer-based mobility monitoring technique. Med Eng Phys 2005;27(6):497-504.
49. Matthews CE, Hagstromer M, Pober DM, Bowles HR. Best Practices for Using Physical Activity Monitors in Population-Based Research. Medicine & Science in Sports & Exercise 2012;44(1S):S68-S76 10.1249/MSS.0b013e3182399e5b.
50. Yang CC, Hsu YL. A review of accelerometry-based wearable motion detectors for physical activity monitoring. Sensors (Basel) 2010;10(8):7772-88.
51. de Vries SI, Engels M, Garre FG. Identification of children's activity type with accelerometer-based neural networks. Med Sci Sports Exerc 2011;43(10):1994-9.
52. Godfrey A, Bourke AK, Olaighin GM, van de Ven P, Nelson J. Activity classification using a single chest mounted tri-axial accelerometer. Med Eng Phys 2011;33(9):1127-35.
53. Gyllensten IC, Bonomi AG. Identifying types of physical activity with a single accelerometer: evaluating laboratory-trained algorithms in daily life. IEEE Trans Biomed Eng 2011;58(9):2656-63.
54. Zhang S, Rowlands AV, Murray P, Hurst TL. Physical Activity Classification Using the GENEA Wrist-Worn Accelerometer. Med Sci Sports Exerc 2012;44(4):742-8.
55. Levine JA. Measurement of energy expenditure. Public Health Nutr 2005;8(7A):1123-32.
56. Vanhees L, Lefevre J, Philippaerts R, Martens M, Huygens W, Troosters T et al. How to assess physical activity? How to assess physical fitness? Eur J Cardiovasc Prev Rehabil 2005;12(2):102-14.
57. Ainslie P, Reilly T, Westerterp K. Estimating human energy expenditure: a review of techniques with particular reference to doubly labelled water. Sports Med 2003;33(9):683-98.
58. Warren JM, Ekelund U, Besson H, Mezzani A, Geladas N, Vanhees L et al. Assessment of physical activity - a review of methodologies with reference to epidemiological research: a report of the exercise physiology section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil 2010;17(2):127-39.
59. Achten J, Jeukendrup AE. Heart rate monitoring: applications and limitations. Sports Med 2003;33(7):517-38.
60. Ainsworth BE, Haskell WL, Leon AS, Jacobs DR, Jr., Montoye HJ, Sallis JF et al. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. Med Sci Sports Exerc 1993;25(1):71-80.

61. Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR, Jr., Tudor-Locke C et al. 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. Med Sci Sports Exerc 2011;43(8):1575-81.
62. Ridley K, Ainsworth BE, Olds TS. Development of a compendium of energy expenditures for youth. Int J Behav Nutr Phys Act 2008;5:45.
63. Freedson PS, Melanson E, Sirard J. Calibration of the Computer Science and Applications, Inc. accelerometer. Med Sci Sports Exerc 1998;30(5):777-81.
64. Hendelman D, Miller K, Baggett C, Debold E, Freedson P. Validity of accelerometry for the assessment of moderate intensity physical activity in the field. Med Sci Sports Exerc 2000;32(9 Suppl):S442-9.
65. Swartz AM, Strath SJ, Bassett DR, Jr., O'Brien WL, King GA, Ainsworth BE. Estimation of energy expenditure using CSA accelerometers at hip and wrist sites. Med Sci Sports Exerc 2000;32(9 Suppl):S450-6.
66. Staudenmayer J, Zhu W, Catellier DJ. Statistical Considerations in the Analysis of Accelerometry-Based Activity Monitor Data. Medicine & Science in Sports & Exercise 2012;44(1S):S61-S7 10.1249/MSS.0b013e3182399e0f.
67. Bassett DR, Jr., Ainsworth BE, Swartz AM, Strath SJ, O'Brien WL, King GA. Validity of four motion sensors in measuring moderate intensity physical activity. Med Sci Sports Exerc 2000;32(9 Suppl):S471-80.
68. Pober DM, Staudenmayer J, Raphael C, Freedson PS. Development of novel techniques to classify physical activity mode using accelerometers. Med Sci Sports Exerc 2006;38(9):1626-34.
69. Staudenmayer J, Pober D, Crouter S, Bassett D, Freedson P. An artificial neural network to estimate physical activity energy expenditure and identify physical activity type from an accelerometer. J Appl Physiol 2009;107(4):1300-7.
70. Rothney MP, Neumann M, Beziat A, Chen KY. An artificial neural network model of energy expenditure using nonintegrated acceleration signals. J Appl Physiol 2007;103(4):1419-27.
71. Zakeri IF, Adolph AL, Puyau MR, Vohra FA, Butte NF. Multivariate adaptive regression splines models for the prediction of energy expenditure in children and adolescents. J Appl Physiol 2010;108(1):128-36.
72. Mathie MJ, Celler BG, Lovell NH, Coster AC. Classification of basic daily movements using a triaxial accelerometer. Med Biol Eng Comput 2004;42(5):679-87.
73. Spierer DK, Hagins M, Rundle A, Pappas E. A comparison of energy expenditure estimates from the Actiheart and Actical physical activity monitors during low intensity activities, walking, and jogging. Eur J Appl Physiol 2011;111(4):659-67.
74. Paraschiv-Ionescu A, Perruchoud C, Buchser E, Aminian K. Barcoding human physical activity to assess chronic pain conditions. PLoS One 2012;7(2):e32239.
75. Kelly P, Doherty A, Berry E, Hodges S, Batterham AM, Foster C. Can we use digital life-log images to investigate active and sedentary travel behaviour? Results from a pilot study. Int J Behav Nutr Phys Act 2011;8:44.
76. A. Paraschiv-Ionescu, P. Bezinger, C. Becker, K. Aminian. Moving outdoor in older people: assessment based on accelerometer data. Abstract ISPGR 2012.
77. Maddison R, Ni Mhurchu C. Global positioning system: a new opportunity in physical activity measurement. Int J Behav Nutr Phys Act 2009;6:73.
78. Oreskovic NM, Blossom J, Field AE, Chiang SR, Winickoff JP, Kleinman RE. Combining global positioning system and accelerometer data to determine the locations of physical activity in children. Geospat Health 2012;6(2):263-72.
79. Duncan MJ, Badland HM, Mummery WK. Applying GPS to enhance understanding of transport-related physical activity. J Sci Med Sport 2009;12(5):549-56.

80. Duncan JS, Badland HM, Schofield G. Combining GPS with heart rate monitoring to measure physical activity in children: A feasibility study. J Sci Med Sport 2009;12(5):583-5.
81. Krenn PJ, Titze S, Oja P, Jones A, Ogilvie D. Use of global positioning systems to study physical activity and the environment: a systematic review. Am J Prev Med 2011;41(5):508-15.
82. Intille SS, Lester J, Sallis JF, Duncan G. New Horizons in Sensor Development. Medicine & Science in Sports & Exercise 2012;44(1S):S24-S31 10.1249/MSS.0b013e3182399c7d.
83. Annegarn J, Spruit MA, Uszko-Lencer NH, Vanbelle S, Savelberg HH, Schols AM et al. Objective physical activity assessment in patients with chronic organ failure: a validation study of a new single-unit activity monitor. Arch Phys Med Rehabil 2011;92(11):1852-7 e1.
84. Bonomi AG, Goris AH, Yin B, Westerterp KR. Detection of type, duration, and intensity of physical activity using an accelerometer. Med Sci Sports Exerc 2009;41(9):1770-7.
85. Karantonis DM, Narayanan MR, Mathie M, Lovell NH, Celler BG. Implementation of a real-time human movement classifier using a triaxial accelerometer for ambulatory monitoring. IEEE Trans Inf Technol Biomed 2006;10(1):156-67.
86. Lanningham-Foster LM, Jensen TB, McCrady SK, Nysse LJ, Foster RC, Levine JA. Laboratory measurement of posture allocation and physical activity in children. Med Sci Sports Exerc 2005;37(10):1800-5.
87. Van Remoortel H, Raste Y, Louvaris Z, Giavedoni S, Burtin C, Langer D et al. Validity of Six Activity Monitors in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Comparison with Indirect Calorimetry. PLoS One 2012;7(6):e39198.
88. De Vries SI, Garre FG, Engbers LH, Hildebrandt VH, Van Buuren S. Evaluation of neural networks to identify types of activity using accelerometers. Med Sci Sports Exerc 2011;43(1):101-7.
89. Kozey-Keadle S, Libertine A, Lyden K, Staudenmayer J, Freedson PS. Validation of wearable monitors for assessing sedentary behavior. Med Sci Sports Exerc 2011;43(8):1561-7.
90. Lyden K, Kozey-Keadle SL, Staudenmayer JW, Freedson PS. Validity of two wearable monitors to estimate breaks from sedentary time. Med Sci Sports Exerc 2012.
91. Wagenaar RC, Sapir I, Zhang Y, Markovic S, Vaina LM, Little TD. Continuous monitoring of functional activities using wearable, wireless gyroscope and accelerometer technology. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2011;2011:4844-7.
92. Plamondon A, Delisle A, Larue C, Brouillette D, McFadden D, Desjardins P et al. Evaluation of a hybrid system for three-dimensional measurement of trunk posture in motion. Appl Ergon 2007;38(6):697-712.
93. Rowland TW. Promoting physical activity for children's health: rationale and strategies. Sports Med 2007;37(11):929-36.
94. Galindo GF, Vries de SI,. Evaluation of neural networks to identify types of activity among children using accelerometers, global positioning systems and heart rate monitors. ZASLAV KR (Ed) An International Perspective on Topics in Sports Medicine and Sports Injury. 2012. p 245-56.
95. Midorikawa T, Tanaka S, Kaneko K, Koizumi K, Ishikawa-Takata K, Futami J et al. Evaluation of low-intensity physical activity by triaxial accelerometry. Obesity (Silver Spring) 2007;15(12):3031-8.
96. Rumo M, Amft O, Troster G, Mader U. A stepwise validation of a wearable system for estimating energy expenditure in field-based research. Physiol Meas 2011;32(12):1983-2001.

97. Bonomi AG, Plasqui G, Goris AH, Westerterp KR. Improving assessment of daily energy expenditure by identifying types of physical activity with a single accelerometer. J Appl Physiol 2009;107(3):655-61.
98. Dongwoo K, Kim HC. Activity energy expenditure assessment system based on activity classification using multi-site triaxial accelerometers. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2007;2007:2285-7.
99. Ohkawara K, Oshima Y, Hikihara Y, Ishikawa-Takata K, Tabata I, Tanaka S. Real-time estimation of daily physical activity intensity by a triaxial accelerometer and a gravity-removal classification algorithm. Br J Nutr 2011;105(11):1681-91.
100. Strath SJ, Bassett DR, Jr., Thompson DL, Swartz AM. Validity of the simultaneous heart rate-motion sensor technique for measuring energy expenditure. Med Sci Sports Exerc 2002;34(5):888-94.
101. Strath SJ, Bassett DR, Jr., Swartz AM, Thompson DL. Simultaneous heart rate-motion sensor technique to estimate energy expenditure. Med Sci Sports Exerc 2001;33(12):2118-23.
102. Assah FK, Ekelund U, Brage S, Wright A, Mbanya JC, Wareham NJ. Accuracy and validity of a combined heart rate and motion sensor for the measurement of free-living physical activity energy expenditure in adults in Cameroon. Int J Epidemiol 2011;40(1):112-20.
103. Corder K, Brage S, Wareham NJ, Ekelund U. Comparison of PAEE from combined and separate heart rate and movement models in children. Med Sci Sports Exerc 2005;37(10):1761-7.
104. Brage S, Brage N, Franks PW, Ekelund U, Wong MY, Andersen LB et al. Branched equation modeling of simultaneous accelerometry and heart rate monitoring improves estimate of directly measured physical activity energy expenditure. J Appl Physiol 2004;96(1):343-51.
105. Chen KY, Janz KF, Zhu W, Brychta RJ. Redefining the Roles of Sensors in Objective Physical Activity Monitoring. Medicine & Science in Sports & Exercise 2012;44(1S):S13-S23 10.1249/MSS.0b013e3182399bc8.
106. Bonomi AG, Plasqui G, Goris AH, Westerterp KR. Estimation of free-living energy expenditure using a novel activity monitor designed to minimize obtrusiveness. Obesity (Silver Spring) 2010;18(9):1845-51.
107. Luinge HJ, Veltink PH. Measuring orientation of human body segments using miniature gyroscopes and accelerometers. Med Biol Eng Comput 2005;43(2):273-82.
108. Merritt CR, Nagle HT, Grant E. Fabric-based active electrode design and fabrication for health monitoring clothing. IEEE Trans Inf Technol Biomed 2009;13(2):274-80.
109. Hsu CC, Chen JH. A novel sensor-assisted RFID-based indoor tracking system for the elderly living alone. Sensors (Basel) 2011;11(11):10094-113.
110. Heil DP, Brage S, Rothney MP. Modeling Physical Activity Outcomes from Wearable Monitors. Medicine & Science in Sports & Exercise 2012;44(1S):S50-S60 10.1249/MSS.0b013e3182399dcc.
111. Butte NF, Ekelund U, Westerterp KR. Assessing physical activity using wearable monitors: measures of physical activity. Med Sci Sports Exerc 2012;44(1 Suppl 1):S5-12.
112. Kirwan M, Duncan MJ, Vandelanotte C, Mummery WK. Using smartphone technology to monitor physical activity in the 10,000 Steps program: a matched case-control trial. J Med Internet Res 2012;14(2):e55.
113. Freedson P, Bowles HR, Troiano R, Haskell W. Assessment of Physical Activity Using Wearable Monitors: Recommendations for Monitor Calibration and Use in the Field. Medicine & Science in Sports & Exercise 2012;44(1S):S1-S4 10.1249/MSS.0b013e3182399b7e.
114. Liu SH, Chang YJ. Using accelerometers for physical actions recognition by a neural fuzzy network. Telemed J E Health 2009;15(9):867-76.

115. Long X, Yin B, Aarts RM. Single-accelerometer-based daily physical activity classification. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2009;2009:6107-10.
116. Mannini A, Sabatini AM. Accelerometry-based classification of human activities using Markov modeling. Comput Intell Neurosci 2011;2011:647858.
117. Preece SJ, Goulermas JY, Kenney LP, Howard D, Meijer K, Crompton R. Activity identification using body-mounted sensors--a review of classification techniques. Physiol Meas 2009;30(4):R1-33.
118. Crouter SE, Clowers KG, Bassett DR, Jr. A novel method for using accelerometer data to predict energy expenditure. J Appl Physiol 2006;100(4):1324-31.
119. Dorminy CA, Choi L, Akohoue SA, Chen KY, Buchowski MS. Validity of a multisensor armband in estimating 24-h energy expenditure in children. Med Sci Sports Exerc 2008;40(4):699-706.
120. Zhang K, Pi-Sunyer FX, Boozer CN. Improving energy expenditure estimation for physical activity. Med Sci Sports Exerc 2004;36(5):883-9.
121. Bassett DRJ, Rowlands A, Trost SG. Calibration and Validation of Wearable Monitors. Medicine & Science in Sports & Exercise 2012;44(1S):S32-S8 10.1249/MSS.0b013e3182399cf7.
122. Strath SJ, Pfeiffer KA, Whitt-Glover MC. Accelerometer Use with Children, Older Adults, and Adults with Functional Limitations. Medicine & Science in Sports & Exercise 2012;44(1S):S77-S85 10.1249/MSS.0b013e3182399eb1.
123. Choi L, Liu Z, Matthews CE, Buchowski MS. Validation of accelerometer wear and nonwear time classification algorithm. Med Sci Sports Exerc 2011;43(2):357-64.
124. Jerome GJ, Young DR, Laferriere D, Chen C, Vollmer WM. Reliability of RT3 accelerometers among overweight and obese adults. Med Sci Sports Exerc 2009;41(1):110-4.
125. Colley R, Gorber SC, Tremblay MS. Quality control and data reduction procedures for accelerometry-derived measures of physical activity. Health Rep 2010;21(1):63-9.

BIJLAGEN

A. Aanvraag
B. Zoekstrategie methodologische verdieping
C. Vragenlijst 1 experts
D. Vragenlijst 2 experts
E. Interview technisch experts
F. Vragenlijst en antwoorden wensen en eisen dragers
G. Validiteit bestaande 1-unit instrumenten

Bijlage A. Aanvraag

Titel

How to measure physical activity and sedentary behaviour: the first step in developing an innovative, widely-applicable instrument

Duur

9 maanden

Samenvatting

Physical activity is a multi-dimensional aspect of human behaviour, which can be measured in different ways. So far, questionnaires have been the most feasible method of assessing habitual physical activity in large populations. However, there is evidence from a number of systematic reviews that none of the currently available questionnaires have adequate reliability and validity.

Another way of assessing habitual physical activity and sedentary behaviour is by using technological devices such as accelerometers. So far, widespread use of these devices in e.g. epidemiological studies has been hampered by their costs and several practical and methodological issues. However, technological developments have resulted in several devices with an increasing level of applicability. As a result, their usage in studies in large populations is becoming closer and closer. At the same time other technological developments (e.g. GPS, mobile phones, internet) allow other feasible approaches to measure physical activity.

ZonMw formulated a request for a project in which an instrument for measuring physical activity will be developed that is useful for a wide population and that is reliable and valid. In consultation with ZonMw it is decided to apply a two-phases trajectory. The overall aim of phase I - topic of the current proposal – is to propose an instrument to measure quantative aspects (such as amount, intensity, distribution) of physical activity and sedentary behaviour that is useful for a wide population and that can be regarded promising with regard to feasibility, reliability, validity and responsiveness. Therefore, phase will 1) provide an overview of current methods and devices to measure quantitative dimensions of physical activity and sedentary behaviour, 2) provide a conceptual overview of physical activity and sedentary behaviour and its most prevalent and relevant quantitative dimensions and parameters for different age categories in the Netherlands, 3) provide an overview of recent or future developments, that might contribute to the product to be developed and evaluated in phase II, and 4) propose an innovative, and widely-applicable and widely-accepted device to measure defined aspects of physical activity and/or sedentary behaviour, that will be tested and validated in phase II.

Phase I consists of four separate activities that each will cover part of the overall aim to propose an universal PA measure. These are (1) a literature review on objective PA measurement techniques and outcome measures; (2) an internet search and related activities on PA measurement products not covered in current scientific literature; (3)

intenational expert consultation; (4)focus group interviews with Dutch key users of PA measurement techniques; and (5) consultation of potential users.

Probeemstelling

Physical activity is a complex aspect of human behaviour. First of all, although clearly defined as *any bodily movement produced by skeletal muscles that result in an expenditure of energy*, physical activity is a broad and rather general concept. For example, discussion is ongoing about which dimensions of physical activity, and which norm values of them, are relevant. For example, both the performance of short-term high-intensity activities and the amount of sedentary behaviour (i.e. activities as sitting and lying not resulting in additional energy expenditure) have been described in literature, with no consensus on the levels that indicate effect. The discussion is complex, because the relevance and norms depend also on the background of the interest in physical activity (e.g. lowering weight, prevention of cardiovascular problems, increasing physical fitness).

Secondly, it can be stated that no consensus exists about how to measure physical activity and sedentary behaviour. So far, questionnaires have been the most feasible method of assessing habitual physical activity and sedentary behaviours in large populations because they are easy to administer, inexpensive, and non-invasive. However, there is evidence from a number of systematic reviews that none of the currently available questionnaires have adequate reliability and validity, i.e. either low reliability or validity, or insufficient evidence (Chinapaw 2010, van Poppel 2010, Forsen 2010, Kwak 2010, Clark 2009).

Last decades, technological progress is going fast and this also has its consequences in the area of measurement of physical activity. One of those developments is the rapidly increasing possibilities and use of computers and internet. This has resulted in a few computerised questionnaires, which seem to have better reliability and validity than paper questionnaires (McMurray 1998, Ridley 2001, Philippaerts 2006, Matton 2007). Studies show that internet-based administration of physical activity questionnaires is acceptable, maximises efficiency, minimizes respondent burden, and eliminates missing data (de Vera 2010, Bain 2010, McLure 2009). It has also been shown that proper design of web-based survey methods increases response rates to questionnaires (Ekman 2007).

Technological developments have not only had its effects on questionnaires. Technology also allowed objective measurement of physical activity. This resulted in several categories of devices (e.g. step counters, actigraphs, posture and motion monitors) with different types of outcome measures. Additionally, there is a large variability in characteristics, brands and types, and also in usability, reliability, validity and responsiveness. So far, widespread use of these devices has been limited by their costs, not being user-friendly, and methodological limitations. Objective measurement of physical activity is applied in many studies and has been topic of several reviews (e.g. de Bruin et al, 2008; de Vries et al. 2009, Adamo et al. 2009). However, an up-to-date overview covering a precise evaluation of current instruments for different populations and age groups, and aiming at proposing a widely-

applicable and widely-accepted device to measure defined aspects of physical activity and/or sedentary behaviour is lacking.
It can be stated that at the moment the field of instruments to measure physical activity is scattered, and that no optimal, uniform and generally accepted instrument exists. Progress in technology is ongoing and, as a result, the usage of technology-driven instruments in studies in large populations is becoming closer and closer. The availability of an innovative, practical and methodological sound instrument to measure several quantitative aspects of physical activity would greatly contribute to answering societal , medical, individual and scientific questions. In order to develop such an instrument, there is need for a complete and thorough overview on available instruments, the outcomes to be measured, and current and future developments.

Doelstelling
The overall aim of the current proposal (phase I of the project) is to propose an instrument to measure quantative aspects (such as amount, intensity, distribution) of physical activity and sedentary behaviour that is useful for a wide population and that can be regarded promising with regard to feasibility, reliability, validity and responsiveness.

Specific aims of phase I are:
1. to provide an overview of current methods and devices to measure quantitative dimensions of physical activity and sedentary behaviour.
2. to provide a conceptual overview of physical activity and sedentary behaviour and its most prevalent and relevant quantitative dimensions and parameters for different age categories (children of different ages, adults, and elderly) in the Netherlands.
3. to provide an overview of recent or future developments, that might contribute to the product to be developed and evaluated in phase II.
4. to propose an innovative, and widely-applicable and widely-accepted device to measure defined aspects of physical activity and/or sedentary behaviour, and that will be tested and validated in phase II.

A boundary condition of the proposed device will be that the development of it will be possible within 6 months after finishing phase I. Therefore, we expect that the new device will be based on a smart and innovative integration of different methods, which are already existing or to develop and/or to combine with less uncertainty and limited technological challenges.

Plan van aanpak
The present study (phase I) consists of two main parts. The first part focuses on getting insight in the “state of the art” in the field of measurement of physical activity and sedentary behaviour. The second part aims at proposing a device that will be tested and validated in phase II. Within these two parts, five separate activities can be distinguished that each will cover part of the overall aim to propose a universal PA measure. These are (1) a systematic review on objective PA measurement techniques and outcome measures, plus an update of

recent reviews on questionnaires; (2) an extensive internet search and related activities on PA measurement products not covered in current scientific literature; (3) international expert consultation; (4) focus group interviews with Dutch key users of PA measurement techniques; and (5) exploration of the user perspective. Each of the four activities is described in detail below.

1. Literature review

The methodology we propose has also been employed in two recent reviews, by members of the research group, on the measurement properties of PA questionnaires in youth and adults (van Poppel et al. 2010; Chinapaw 2010). The current review will include an update of these existing reviews. Additionally, a comprehensive overview of currently available objective and subjective tools will be provided. We propose this similar approach in order to be able to combine the outcomes of the current review with those previous reviews on different PA measurement tools.

1.1. Literature search

Literature searches will be performed in Pub-Med, EMBASE using 'EMBASE only', in databases with a more technology-oriented background, and in SportDiscus on the topic of objective PA measurement tools. Additional papers will be identified by manually searching references of the retrieved papers and the research group's own literature databases.

Eligibility criteria

We will use the following inclusion criteria

1. The aim of the study should be to develop or evaluate the measurement properties – i.e. validity, reliability or responsiveness – of an objective PA measurement tool
2. The aim of the tool should be to measure PA, which was defined as any bodily movement produced by skeletal muscles that results in energy expenditure above resting level OR sedentary behaviour. PA in daily life can be categorized into occupational, sports, conditioning, household or other activities. Tools will be included regardless of the time frame; thus, tools measuring lifetime PA or historical activity are also included.
3. The article should have been published in the English language.
4. Information on (at least one of) the measurement properties of the tool should be provided. We include information on measurement properties only if it was intentionally collected or calculated to assess the measurement properties of the particular tool. If, for example, correlations between a self-report questionnaire and an accelerometer are presented to assess the validity of the questionnaire (while the accelerometer is used as a gold standard) or if correlations between different tools are calculated without one tool considered as the gold standard, these data are not included in this review.

Selection of Papers

Abstract selection, selection of full-text articles, data extraction and quality assessment are performed by two independent reviewers. Disagreements will be discussed and resolved. We will retrieve the full-text paper of all abstracts that fulfil the inclusion criteria and of abstracts that did not contain measurement properties, but in which indications were found that these properties were presented in the full-text paper.

1.2 Data Extraction

A description of the tool will be extracted from the included papers, using a standardized data extraction form. Data extracted included (i) the target population for which the tool was developed; (ii) the dimension(s) of PA that the tool intends to measure (e.g. habitual PA); (iii) the parameters of PA that the tool is measuring (i.e. frequency, duration and intensity or activities); (iv) the setting in which PA is being measured (i.e. sport, recreational, transport, occupational/school activities, household activities [including gardening], other); and (v) the type and number of scores that were calculated (e.g. total energy expenditure or minutes of activity per day).

This data will also be used for providing a conceptual overview of physical activity and sedentary behaviour and its most prevalent and relevant quantitative dimensions and parameters (specific aim 2).

1.3 Methodological assessment

Validity

No criterion exists to rate whether the output of a measurement tool is relevant and comprehensive for measuring PA. Therefore, we formed our own opinion on content validity. Tools should measure at least duration and frequency of PA, and if the intention was to measure total PA, the tool should be able cover activities in all settings (work, home, transport, recreation, sport).

Comparison with objective measures of PA (doubly labelled water, accelerometers, pedometers, standardized observation) was considered the best level of evidence (Level 1 or 2, depending on the use of the objective data). We considered tools not really measuring current PA (maximal oxygen uptake [VO2max], body mass index [BMI], etc.) or a questionnaire, a diary or interview as less adequate comparison measures (Level 3). Depending on the strength of the hypothesized association with the comparison measure, different correlations should be considered adequate.

A positive score is given if the study population consists of >50 participants and the correlation is above the specified cut-off point. If the correlation is below the specified cut-off point, a negative score will be given. If the sample size was <50 participants, the score is considered indeterminate.

Reliability

The time interval between the test and retest must be described and short enough to ensure that subjects have not changed their daily PA levels. For measuring PA during the past or usual week or in the past year, a time interval of 1 day to 3 months is considered

appropriate. For measuring lifetime PA, a time interval from 1 day to 12 months iss considered appropriate.
For reliability, three levels of evidence are formulated, in which an ICC >0.70 is considered acceptable:
Level 1: an adequate time interval between test and retest and an intraclass correlation coefficient (ICC), Kappa or Concordance.
Level 2: an inadequate time interval between test and retest and an ICC, Kappa or Concordance; or an adequate time interval between test and retest and a Pearson/Spearman correlation.
Level 3: an inadequate time interval between test and retest and Pearson/Spearman correlation.
The use of Pearson or Spearman correlation coefficients are considered inadequate, because these neglect systematic errors. However, Pearson/Spearman correlations >0.80 will probably result in ICCs >0.70 and are therefore also rated positively, but on a second level of evidence. Pearson or Spearman correlations <0.80 are rated negatively.
A positive score is given if the study population consists of >50 participants and the ICC, Kappa, Concordance or Pearson/Spearman correlation is above the specified cut-off point. If the correlation is below the specified cut-off point, a negative score is given. If the sample size is <50 participants, the score will be rated as indeterminate (?).

Responsiveness
Responsiveness is the ability of an instrument to detect change over time in the construct to be measured. It should be considered an aspect of validity in a longitudinal setting. Responsiveness is assessed by comparing changes in the PA tool to other instruments that measure closely related constructs. The same approach as for assessing validity is applied, except that change scores are being compared instead of absolute scores. Depending on the strength of the hypothesized association, different correlations are considered to be adequate.

2. Internet search (products not reported/described in scientific literature)
This search will focus on PA measurement products not covered in current scientific literature and on new developments. Websites on these products will be identified and, if necessary, companies or institutes will be contacted.

3. Expert consultation
In 2011 two international meetings will be organized closely related to the topic of the current proposal: the Second International Conference on Ambulatory Monitoring of Physical Activity and Movement (Glasgow, UK) and the Second International Conference of the Society of Ambulatory Assessment [Ann Harbor, USA]). These meetings will be used to identify new products and developments, but additionally participants of these meetings will be asked to fill in a questionnaire (to be developed) aiming to identify the level of consensus among and compare the opinions of experts.

4. Focus group meetings

Two focus group meetings will be held with national key associations that are targeted end users of the resulting PA measurement tool. Associations will be first be identified based on the network of the five LOSO partners, among them CBS, TNO, RIVM, NIVEL, Mullier Institute, Radboud University, Roessingh R&D. Each of these associations will be informed on the goal and scope of this study, and will be asked to partake in the focus group. In addition they will be asked which other Dutch associations use PA measurement tools, and thus have the knowledge and expertise to provide valuable information and are likely to benefit from the resulting universal PA measurement tool. We project that this will result in a focus panel of about 20 key experts.

After establishing the focus panel, before the first meeting the PA measurement tools which are being used or have been used by the panel will be summarised. This will be done through a questionnaire asking for the specific tool (type and brand), time of use, reasons for use, positive experiences, negative experiences, and missing features.

This summarisation will be the focus of the first focus panel meeting. This first panel meeting aims to finalise this summarisation and discuss the choices that were made by each of the panel members in their decision for a specific tool. Tools that have been established in the preceding review and internet search will also be discussed and considered with the panel members. Moreover, we aim to collect needs and wishes of each of the panel members regarding an universal tool.

With the information derived from this first focus meeting we will write a brief summary on the current available and used PA measurement tools. Even so, based upon the needs and wishes of the panel members we will propose an universal tool that fits the needs of practice. This proposition is the topic of the second panel meeting, during which we will try to reach consensus on the scope and properties of this (to be developed) universal tool.

5. Exploration of the user perspective

The proposed device eventually has to be used by - and accepted by - individual persons, the people who are measured. Therefore, this activity will focus on exploring the user perspective on the proposed device. Within this framework, user is defined as the person who will be measured. The user perspective includes users' personal values, motivations and emotions based on information and/or experience with the proposed device. The main research method is context mapping, which is an effective method to gain user perspective (Visser et al. 2007). Because of the time schedule, this exploration will be done in a limited (n=20) number of users.

Time schedule

Total: 9 months

Month 1-2: preparatory phase

Month 2-5: literature/internet search/defining & contacting key players

Month 5: first focus group meeting

Month 6-8: analysis phase

Month 8: second focus group meeting & exploration user perspective

Month 9: writing final report

Bijlage B: Zoekstrategie methodologische verdieping

1. Hoe nauwkeurig kunnen houdingen en bewegingen worden gedetecteerd op basis van een 1-unit versnellingsmeter?

Inclusiecriteria

Engels

Houdingen en bewegingen

Objectief

Uitkomstmaat: nauwkeurigheid van classificatie van activiteiten

Zoekstring (Pubmed)

Sedent* [tw] AND physical activit* [tw] AND classificati* [tw] AND (Tri-ax* [tw] OR three dimens* [tw] OR 3D* [tw] OR 3-D* [tw] OR accelerom* [tw])

2. In welke mate draagt informatie over houdingen en bewegingen bij aan het nauwkeurig schatten van energiegebruik met een actometer?

Inclusiecriteria

Engels

Houdingen en bewegingen

Energiegebruik

Uitkomstmaat: nauwkeurigheid van energiegebruik

Zoekstring (Pubmed)

(((activity classification [tw] OR activity recognition [tw]) OR activity type classification [tw]) OR activity type recognition [tw]) AND energy expenditure [tw]

3. Wat is de toegevoegde waarde van informatie over hartfrequentie op de schatting van het energiegebruik op basis van versnellingsmeter?

Inclusiecriteria

Engels

Hartfrequentie

Energiegebruik

Uitkomstmaat: nauwkeurigheid van energiegebruik

Zoekstring (Pubmed)

heart rate [tw] AND (accelerom* [tw] OR (activity monitor [tw] OR movement sensor [tw] OR motion sensor [tw]) AND energy expenditure [tw]

Bijlage C: Vragenlijst 1: (inter)nationale experts en focusgroep

1. General

1.1. At what kind of institute are you employed?
- 1.1.1. University or other Research institute
- 1.1.2. Company (Research and Development)
- 1.1.3. Government policy institute
- 1.1.4. Hospital or other medical institute
- 1.1.5. Other……

1.2. What is your main profession?
- 1.2.1. (PhD) student
- 1.2.2. (Post-doctoral) researcher
- 1.2.3. (Associate) professor
- 1.2.4. Medical doctor
- 1.2.5. Medical therapist
- 1.2.6. Other….

2. Conceptual

We consider 3 concepts of physical behaviour as most important: 1) physical activity (defined as any bodily movement produced by skeletal muscles that requires energy expenditure), 2) sedentary behaviour (defined as those pursuits undertaken while awake that involve sitting or reclining and that result in little or no physical activity energy expenditure), and 3) energy expenditure (defined as the amount of energy (calories), that a person uses to breathe, circulate blood, digest food, and be physically active).

2.1. What concepts of physical behaviour in free daily living do you consider to be the most important related to health? (Please score your answers: 1= not important, 5= very important).
- 2.1.1. Physical activity
- 2.1.2. Sedentary behaviour
- 2.1.3. Energy expenditure

2.2. Is there an additional concept that you consider to be essential other than listed above? Please specify your concept:
- 2.2.1. …….

Physical activity

2.3. Are you interested in activities (i.e. bodily movement) in general, or do you want to be informed about specific activities (e.g. walking, running etc.)?
- 2.3.1 Bodily movement in general
- 2.3.2 Specific activities
- 2.3.3 Both

2.4. If you're interested in specific activities, which activities do you consider to be important?
- 2.4.1. Walking
- 2.4.2. Running
- 2.4.3. Walking stairs
- 2.4.4. Cycling
- 2.4.5. Other: .....

2.5. What aspects of physical activity do you consider to be important?
- 2.5.1. Total duration (of specific activity types)
- 2.5.2. Duration of seperate bouts
- 2.5.3. Distribution of duration of bouts over the day
- 2.5.4. Intensity (of specific activity types)
- 2.5.5. Distribution of intensity of bouts over the day
- 2.5.6. Other: …

Sedentary behaviour

2.6. Are you interested in sedentary behaviour in general, or do you want to be informed about specific types of sedentary behaviour (e.g. lying, sitting, etc.)?
- 2.6.1. Sedentary behaviour in general
- 2.6.2. Specific types of sedentary behaviour
- 2.6.3. Both

2.7. If you are interested in specific types of sedentary behaviour, which types do you consider to be important?
- 2.6.1 Lying
- 2.6.2 Sitting
- 2.6.3 Standing
- 2.6.4 Other...

2.8. What aspects of sedentary behaviour do you consider to be important:
- 2.8.1. Total duration (of specific activity types)
- 2.8.2. Duration of seperate bouts
- 2.8.3. Distribution of duration of bouts over the day
- 2.8.4. A cut-off point on the intensity of sedentary behaviour
- 2.8.5. Other: …

Energy expenditure

2.9. What aspects of energy expenditure do you consider to be important:
2.9.1. Total amount of energy expenditure
2.9.2. Energy expenditure of physical activities
2.9.3. Energy expenditure of sedentary behaviour
2.9.4. Energy expenditure of a specific type of physical activity or sedentary behaviour
2.9.5. Distribution of energy expenditure over the day
2.9.6. Other: …

3. Device configuration

The following questions should be answered from your perspective considering a device to measure physical behaviour for the purpose of large-scale health research

3.1. Which movement/position sensors should be included in the instrument?
3.1.1. Stepcounter
3.1.2. Accelerometer
3.1.3. Gyroscope
3.1.4. Magnetosensor
3.1.5. Other: .....
3.1.6. None

3.2 Do you consider physiological parameters of (additional) value?
3.2.1 No

3.2.2 Yes

3.2.2.1 if yes, which physiological parameters

3.2.2.1.1 Heart rate
3.2.2.1.2 Breathing rate
3.2.2.1.3 Skin conductance
3.2.2.1.4 Other ....

3.3 Please respond to the following device specifications
3.3.1 Optimal position on the body
3.3.2 Optimal period (in days) to representatively measure physical behaviour?
3.3.3 What would you consider to be a reasonable price for a widely applicable device?

3.4 What do you consider to be the most essential shortcoming considering the current methods and possibilities of measuring physical behaviour?

3.5 Often in physical behaviour measurements, a self-report instrument is used in which the person who is being measured provides additional information. Would you consider extra information from a self-report instrument of additional value?

3.5.1 No

3.5.2 Yes,

What kind of information should be taken into account about the context in which the physical behaviour takes place (e.g. work, leisure, etc.)?

4. Future

4.1 What do you consider to be the most promising and valuable developments in physical activity monitoring?

4.2 Do you expect that these developments will be implemented in devices used in large scale health research within the next 5 years?

5. Remarks

Please feel free to share any thoughts that can be of additional value concerning the topic of this questionnaire.

5.1. Do you have any additional remarks concerning this topic or questionnaire?

6. Panel

6.1. Would you agree if we contact you once more if we have additional questions? Yes/no

If you answered yes, please add your email-address: …….

Bijlage D: Vragenlijst 2: (inter)nationale experts en focusgroep

In December 2011 we have administered a survey with issues concerning ambulatory monitoring of relevant aspects of movement behavior for the purpose of large scale health related research. Movement behavior is defined as any body posture, posture changes and body movements involved in free daily living. Based on your answers we decided on the main constructs of the device. However, there are still some issues that need to be addressed. In the first survey you have agreed on a follow-up. Therefore, we would kindly ask you to supply us with some additional information. The questions are imbedded in the text that informs you about the main constructs of the device. To complete these questions will take approximately 15 minutes of your time.

Population

The impact of movement behavior on health outcomes is of most interest for populations at risk of chronic diseases or populations who are already chronic diseased (e.g. diabetes type 2, cardiovascular disease, fall risk, and obesity). The population includes all age groups and all cultural and social backgrounds.

System requirements

The system requirements are derived from the assignment prescribed by the Dutch government, combined with gathered knowledge from the first survey, from the literature, and from a meeting with Dutch experts in the field of movement behavior measurement. The following requirements are formulated. The system must:

- measure relevant health-relevant aspects of movement behavior
- be applicable for all ages (except children < 6yrs old)
- be low cost
- be applicable for people with different cultural, social and educational backgrounds
- be ambulatory and objective
- be non-invasive
- be unobtrusive
- be easy to use
- be able to measure for an extended assessment period (one week minimum)
- preferably consists of 1 unit
- measure continuously and time-stamped

Constructs

Based on all information that was gathered as mentioned above we were able to identify four main constructs of movement behavior for large scale health related research:

4. Energy expenditure related to movement behavior
5. Body postures and movements involved in habitual daily living
6. Context: the setting or background in which activities are performed
7. Compliance: the assessment of (correct) use of a measurement instrument

Energy expenditure related to movement behavior

The main construct is energy expenditure. In literature “physical activity” is frequently used, but mostly from the underlying assumption that the amount and intensity of physical activity is related to energy expenditure. In other terms: movement behavior ultimately results in a certain amount of energy expenditure, which is (supposed to be) associated with health outcomes. The assessment of energy is important from both the perspective of "physical activity" (important to obtain defined levels of energy expenditure) and sedentary behavior (important to prevent periods of low energy expenditure).

Body postures and movements involved in habitual daily living

Additionally to energy expenditure the construct postures and movements is defined. Data on body postures and motions add value on three levels. Firstly, the determination of body postures and movements will contribute to a better estimate of energy expenditure. Secondly, information on body postures and movements performed in daily life is relevant in itself from a health perspective. For example, sedentary behavior is not only defined from the level of EE, but also from the body postures performed (sitting, lying), and in elderly health-related issues (e.g. falling) are more related to the performance of body postures and movements than to energy expenditure. Finally, from the viewpoint of energy expenditure, body postures and motions can be regarded as a context category (see Context paragraph).

Context

Information on the context of movement behavior for epidemiologic studies is relevant to examine the domain in which types of movement behavior are performed. This information can be used for the implementation and improvement of movement behavior promoting campaigns.

Four domains of context can be distinguished: (i) the activity context: which activities/body movements contributed to a person’s energy expenditure (ii) the situational context: movement behavior related to commuting traffic, work/study, housekeeping activities and

leisure time; (iii) the geographical context: movement behavior at a certain geographical location and (iv) the social context: the social environment in which movement behavior is performed.

Context data has not to be relevant for all applications, and relevance of context domains may differ between applications.

Compliance

The detection of compliance is frequently referred to as important. Wear and non-wear time are proposed as the main issues concerning compliance.

Question

We distinguish four main constructs: energy expenditure related to movement behavior, body postures and movements involved in habitual daily living, context, and compliance. Do you agree with this categorization? Do you miss important constructs and/or consider some constructs redundant?

How to measure these concepts?

Energy expenditure and postures and movements

Both energy expenditure and postures and movements can be measured with an instrument based on a high-quality three axis accelerometer. The three axis accelerometer data can be converted to an intensity measure of movement behavior, 'counts'. Besides individual information such as height, length, gender and body composition, these 'counts' contribute to the estimation of energy expenditure. These algorithms are "current practice".

With advanced raw accelerometer data analyses it is also possible to accurately detect body postures and motions. The addition of other movement sensors (e.g. gyroscopes) does not seem to add significantly to the accuracy of posture and movement detection and estimating energy expenditure. From the body posture and movement data frequency, duration and distribution outcomes can be derived. Additionally, body posture and motion specific (MET) equations can be developed to more accurately calculate EE.

We propose standing, walking, running, walking stairs, and cycling as key activities in the physical activity domain. Besides that, a general category "movement" (e.g. including undefined movements during sports activities) has to be distinguished. In the sedentary domain the identification of lying and sitting is most relevant. The detection of body postures and movements automatically results in data on postural changes.

To further increase the estimation of energy expenditure a heart rate sensor may be of additional value. It is accepted that including heart rate data (additional to accelerometer data) improves the estimation of EE. However there are some major drawbacks in assessing heart rate. To assess heart rate, to our knowledge, a device is needed that is mounted on the chest. This limits the feasibility of the device (e.g. discomfort for the subjects), will increase the costs, and from the requirement of a 1-unit device it would also result in placement of the accelerometer on the chest. Furthermore, fixation of heart rate detection sensors can only be applied by chest-strap, or by hypo-allergic Elastoplasts.

Question

We conclude that the device has to estimate energy expenditure as accurate as possible, and includes the detection of body postures and movements. For this, a 3-axis accelerometer should be sufficient. Do you agree with this conclusion? If not, why not? Would you recommend additional sensors and if so, which sensors? Please take in consideration the formulated requirements and the consequences of additional sensors.

Context

The device proposed in the previous paragraphs already provides data on the activity context, in terms of body postures and movements. To measure the situational context, geographical context and social context, three categories of assessment can be distinguished. 1) Objective measurement by additional sensors (e.g. light, sound); 2) subjective, real-time and time-stamped input (subject gives input to the ambulant device), and 3) subjective, retrospective input (e.g. subject completes a (online) daily questionnaire). Current discussion points are what context information is really needed and, subsequently, how can this be measured.

Although not decided with certainty, we tend to choose for option 3. Additional sensors are for several reasons not feasible to measure several/most context variables, and option 2 interferes with the idea of unbiased assessment of movement behavior and would have considerable consequences for the design and cost of the device.

Question

Would you suggest measuring context? If so, from which context domains would you like to have information, and in what way could this be measured? Do you agree with our conclusion?

Compliance

An important issue regarding compliance is the (non) wear-time of an objective instrument. Objective assessment of (non) wear time improves data processing. Compliance can be assessed, to our concern, in three ways: 1) by intelligent data processing of the accelerometer; 2) by adding an extra sensor to the device (e.g. a skin conductance sensor); 3) by daily (online) questionnaires or diaries.

Question

Would you suggest measuring compliance? If so, how would you prefer to measure it?

Additional issues

Location and fixation of the device

The location of the device is an additional issue, because the discussion depends on several choices. But we want to give some insight in our reasoning, which includes three options:

1. upper leg: probably the best place for activity detection; not common for estimating EE, but at the same time not infeasible; no combination with heart rate possible
2. hip/waist: less optimal for activity detection; common for estimating EE; no combination with heart rate possible
3. chest: less optimal for activity detection; not common for estimating EE, but at the same time not infeasible; combination with heart rate possible

Question

Which location would you suggest? How would you suggest wearing/fixating the sensor unit?

Commercial partners

From our perspective a future device must not be (only) developed from academic groups, but must also include the role of commercial partners. It's not that easy to make a complete

overview of companies that are currently active in this field and interested in the development of a new product.

Question

Can you suggest any names of companies that could play a role in the next phase of the project?

Cost & practical issues

Consider a large epidemiological study with 10.000 participants and 1.000 devices.

Question

How much may one device cost maximally? What do you feel that the maximal total costs per measurement (including device, analysis time, and other costs) would be?

Bijlage E: Interview technische experts

1. Opslagcapaciteit van (ruwe) data mogelijk voor 3D-ACC min. van 30 Hz.
2. Wat zijn de mogelijkheden voor het meten van hartslag dmv van bijvoorbeeld infrarood?
3. Welke oplossingen zijn er om een beweegmeter draadloos te laten communiceren met een smartphone?
4. Wat is de best passende oplossing voor draadloos communiceren met een computer?
5. Welke mogelijkheden zijn er om meerdere apparaten tegelijk te initialiseren en uitlezen?
6. Welke web-based mogelijkheden zijn er voor het inlezen en analyseren van data?
7. Welke oplossingen zijn er voor het bepalen van de locatie van een proefpersoon o.b.v. GIS/GPS?
8. Is het mogelijk om in stroomverbruik te voorzien door een kleine accu voor minimaal een week?
9. Welke bedrijven/onderzoeksgroepen zijn bezig met ontwikkelingen gerelateerd aan:
    - Draadloze communicatie
    - Webbased data analyse
    - Accelerometer/Sensorontwikkeling
    - Hartslagregistratie
10. Patroonherkenning, wat kan er al? Waar is de meeste winst te halen en met welke sensoren?
11. Wat zou een oplossing zijn om compliance te meten (huidcontact sensor?

Bijlage F: Vragenlijst en antwoorden wensen en eisen dragers

F.1

Vragenlijst eisen en wensen dragers

De afdeling Revalidatiegeneeskunde & Fysiotherapie van het Erasmus ziekenhuis in Rotterdam heeft opdracht gekregen een voorstel voor een nog te ontwikkelen meetinstrument te doen dat beweeggedrag meet, bij personen van alle leeftijden en ongeacht hun achtergrond. Bij het meten van beweeggedrag gaat het om het meten van de uitvoering van houdingen, bewegingen en activiteiten in het dagelijks leven en in de voor de persoon natuurlijke omgeving.

Achtergrond

De achtergrond van deze opdracht is dat beweeggedrag gerelateerd is aan het ontwikkelen van gezondheidsrisico's, zoals type 2 diabetes, obesitas en osteoporose. Voor het doen van onderzoek naar de relatie tussen beweeggedrag en gezondheidsrisico's is het nauwkeurig meten van beweeggedrag van groot belang. Vanuit wetenschappelijk onderzoek is bekend dat vragenlijsten waarmee beweeggedrag wordt gemeten niet toereikend zijn. Daarom heeft het project als doel om een objectief meetinstrument te ontwikkelen.

Op basis van verschillende bronnen en activiteiten, zoals wetenschappelijke literatuur en het raadplegen van (inter-)nationale experts hebben we een voorstel voor een meetinstrument opgesteld. Dit instrument wordt hieronder besproken. Om inzicht te krijgen in de meningen en wensen van toekomstige dragers van het instrument hebben we 13 vragen geformuleerd die we graag aan u willen voorleggen. Het instrument moet nog worden ontwikkeld waardoor aanpassing op basis van uw suggesties kunnen worden gedaan.

Omschrijving instrument

Het meetinstrument wordt ongeveer zo groot en zo zwaar als twee 50 eurocentmunten die op elkaar zijn gestapeld (zie afbeelding). Het instrument wordt op het lichaam bevestigd. Om een goed beeld van uw beweeggedrag te krijgen is het noodzakelijk dat u het meetinstrument minstens 7 dagen en bij voorkeur 24 uur per dag bij u draagt. Het instrument is waterdicht, u kunt er dus mee douchen en zwemmen. Tijdens de meetperiode hoeft het instrument niet te worden opgeladen. Het uit kunststof bestaande ronde kastje is volledig veilig om te gebruiken, het meet uw lichaamsbewegingen, zoals tijdens lopen, fietsen zitten en wandelen. De gegevens worden in het apparaatje opgeslagen. Het

apparaat werkt op een kleine accu en is dus stralingsvrij en gebruikersvriendelijk. Het instrument mag u niet hinderen bij het uitvoeren van uw gewone dagelijkse activiteiten.

Invullen van de vragenlijst

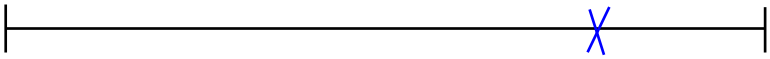
Het invullen van de vragenlijst zal maximaal 10 minuten van uw tijd in beslag nemen.

U zult soms worden gevraagd uw mening te geven door een kruis te zetten op een soort liniaal. De plaats die u aangeeft op de liniaal correspondeert dan met uw mening over de geformuleerde stelling of vraag. De onderstaande vraag '*Hoe leuk vindt u bewegen?'* dient als voorbeeld. Als u bewegen leuk vindt, maar niet heel erg leuk, dan moet u zoals in het voorbeeld is aangegeven, het streepje op het rechter gedeelte van de lijn zetten.

Vraag: Hoe leuk vindt u bewegen?

U vindt bewegen leuk, maar niet heel erg leuk; zet dan uw kruisje zoals hieronder is weergegeven.

Ik vind bewegen helemaal niet leuk *Ik vind bewegen erg leuk*



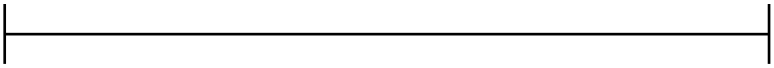
Vragen

Wat is uw leeftijd: _____ jaar.

Vraag 1.

Ziet u de grootte van het meetinstrument als een probleem om het te dragen?

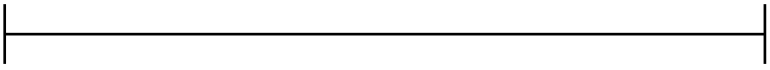
Helemaal geen probleem *Erg groot probleem*



Vraag 2.

Ziet u het gewicht van het meetinstrument als een probleem om het te dragen?

Helemaal geen probleem *Erg groot probleem*



Bevestiging & draagpositie instrument

Er zijn twee draagposities die wij aan u willen voorleggen:

1. Het bovenbeen: het meetinstrument wordt bevestigd aan de zijkant, halverwege heup en knie.
2. Het middel: het meetinstrument wordt aan de zijkant ter hoogte van het bekken bevestigd, net boven de broekrand.

Er zijn twee bevestigingsmethoden die wij aan u willen voorleggen:

1. Het instrument met een lichte, ademende, elastische band rond het middel of rond het bovenbeen gedragen. Dit maakt het mogelijk het instrument zowel boven als onder de kleding te dragen en is relatief gemakkelijk af te doen.
2. Het instrument wordt met een transparante, hypo-allergene pleister direct op de huid van het middel of het bovenbeen bevestigd. Deze zal gedurende meerdere dagen continu worden gedragen. U krijgt een setje extra pleisters mee om deze desgewenst te vervangen. De pleister zal een grote hebben van 8x8 centimeter.

Om een beeld te vormen, kijkt u eens naar onderstaande foto's.

Op de linker foto hierboven ziet u het instrument met de ademende elastische band, rechts op de foto ziet u het instrument met de transparante pleister.

Vraag 3.

Rangschik onderstaande combinaties van draagpositie en bevestigingsmethode van het meetinstrument. Begin met de combinatie die u het meest geschikt vindt en eindig met de minst geschikte combinatie.

a) Bovenbeen, met elastische band
b) Bovenbeen, met pleister
c) Middel, met elastische band
d) Middel, met pleister

Geef uw voorkeur aan (1= Meest geschikte draagpositie en bevestigingsmethode, 4 = Minst geschikte draagpositie en bevestigingsmethode):

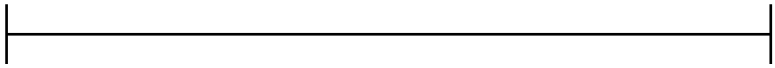
1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

Licht uw antwoord toe. Geef ook aan indien u een alternatieve methode zou willen voorstellen:

Vraag 4. (Alleen voor ouders van kinderen jonger dan 12 jaar).

Ziet u problemen voor kinderen jonger dan 12 jaar bij het langdurig dragen van een dergelijk meetinstrument?

Helemaal geen probleem Heel groot probleem



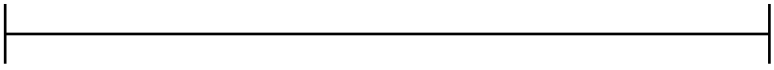
Licht uw antwoord toe:

Draaggemak

Vraag 5.

Zou u het een probleem vinden als het meetinstrument zichtbaar is voor anderen?

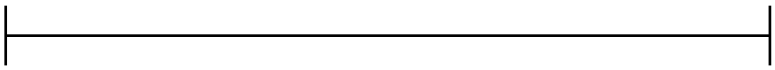
Helemaal geen probleem Heel groot probleem



Vraag 6.

Gaat u uit van de draagpositie die u bij *vraag 3* als meest geschikt heeft aangegeven. Hoe groot acht u de kans dat u het instrument soms vergeet te dragen?

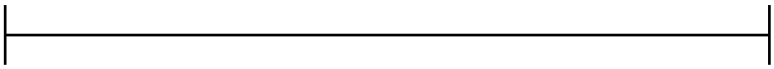
Helemaal niet groot *Zeer groot*



Vraag 7.

Vindt u het wenselijk om het instrument overdag soms af te kunnen doen / niet te dragen?

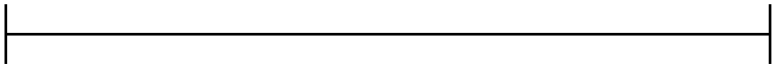
Helemaal niet wenselijk *Zeer wenselijk*



Vraag 8.

Hoe groot acht u de kans dat u het instrument bij bepaalde activiteiten niet zult willen dragen?

Helemaal niet groot *Zeer groot*

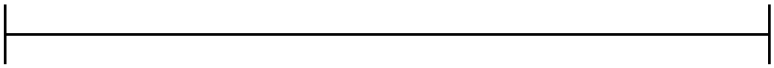


Licht uw antwoord zo nodig toe (bijvoorbeeld bij welke activiteiten):

Vraag 9.

Zou u het vervelend vinden het instrument ’s nachts te moeten dragen?

Helemaal niet *vervelend* *Zeer vervelend*



Omgeving

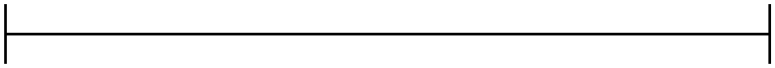
Om inzicht te krijgen onder welke omstandigheden u bepaalde activiteiten onderneemt willen wij hierover graag informatie verzamelen. Het is bijvoorbeeld van belang om te weten of u uw activiteiten doet in uw vrije tijd en hoe actief u bent tijdens uw werk. Ook interessante informatie kan zijn over de wijze waarop u van uw werk/school naar huis reist.

Deze gegevens zouden 1x per dag worden ingevuld via een online vragenlijst. Hierin geeft u per uur aan onder welke omstandigheden u uw activiteiten heeft ondernomen die dag. Naar schatting zal dit ongeveer 10 minuten per dag van uw tijd vragen en moet u hiervoor inloggen op een website.

Vraag 10.

Zou u bereid zijn om tijdens de meetperiode iedere dag een online vragenlijst in te vullen m.b.t. de omstandigheden waaronder uw activiteiten ondernam?

Helemaal niet bereid *Zeer bereid*



Licht eventueel uw antwoord toe. Ook in het geval u suggesties heeft voor alternatieve methoden:

Instructie en terugsturen

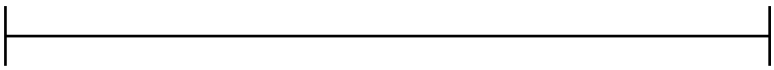
Het meetinstrument zal in de toekomst naar dragers worden opgestuurd in een enveloppe. Om het meetinstrument op een juiste wijze te bevestigen zal een gedetailleerde handleiding met plaatjes en tekst worden bijgevoegd. Het instrument is al ingesteld en zal automatisch vanaf het juiste moment gaan meten. De gebruiker hoeft het instrument alleen op de juiste wijze en positie te bevestigen.

Er zal ook een antwoordenveloppe worden meegestuurd, zodat u na de meetperiode het apparaat kosteloos per post terug kunt sturen.

Vraag 11.

Is het voor u een probleem om het instrument na afloop in een brievenbus te doen en per post op te sturen?

Helemaal geen *probleem* *Zeer groot probleem*



Licht eventueel uw antwoord toe, ook als u andere suggesties heeft:

Vraag 12.

Zou u informatie willen hebben over het goed functioneren van het meetinstrument? Bijvoorbeeld in de vorm van een groen/rood lampje? Licht uw antwoord eventueel toe.

Overige opmerkingen

13. Heeft u nog andere opmerkingen of suggesties met betrekking tot het voorgestelde meetinstrument van beweeggedrag?

F.2

Antwoorden vragenlijst eisen en wensen dragers

Alle vragen, behalve vraag 3 en 12, zijn beantwoord door een kruisje te zetten op een liniaal. Als het kruisje helemaal links stond was de score 0, en als het kruisje helemaal rechts stond was de score 100.

De gemiddelde scores en bijbehorende standaarddeviaties (SD), de mediaan en bijbehorende interkwartielrange, en het percentage scores hoger dan 50 zijn weergegeven in onderstaande tabel. De antwoorden op vraag 3 zijn samengevat onder de tabel.

Vraag 12 kon met Ja of Nee beantwoord worden, percentages hiervan zijn weergegeven in de tabel.

	Gemiddelde (SD)	**Mediaan (IQR)**	**≥50(%)**
1. Grootte instrument probleem?	8 (14)	5 (0-10)	5
2. Gewicht instrument probleem?	6 (8)	5 (0-10)	0
3. *	-		-
4. Problemen bij kinderen jonger dan 12 jaar?	41 (28)	48(18-50)	50
5. Probleem zichtbaarheid instrument?	42 (32)	50(15-68)	53
6. Inschatting dat instrument vergeten wordt?	19 (23)	10(0-23)	16
7. Wenselijk om instrument af te kunnen doen?	40 (36)	40(5-65)	47
8. Kans bij bepaalde activiteiten niet gedragen?	18 (22)	10(0-27)	16
9. Vervelend om 's nachts te moeten dragen?	23 (31)	10(0-38)	21
10. Bereidheid iedere dag vragenlijst in te vullen?	79 (19)	80(65-98)	100
11. Probleem om instrument per post terug te sturen	3 (5)	0(0-5)	0
12. Informatie over goed functioneren van instrument	Ja:74%, Nee: 26%		-

*Vraag 3: Voorkeur draagpositie en methode

	1ste voorkeur	**2de voorkeur**	**3e voorkeur**	**4e voorkeur**
Bovenbeen, elastische band	5%	37%	32%	26%
Bovenbeen, pleister	32%	11%	26%	32%
Middel, elastische band	47%	21%	5%	26%
Middel, pleister	16%	32%	37%	16%

Bijlage G: Validiteit bestaande 1-unit instrumenten

Actical

- Rosenkranz RR, Rosenkranz SK, Weber C. Validity of the Actical accelerometer step-count function in children. Pediatr Exerc Sci. 2011 Aug;23(3):355-65
- Hooker SP, Feeney A, Hutto B, Pfeiffer KA, McIver K, Heil DP, Vena JE, Lamonte MJ, Blair SN. Validation of the actical activity monitor in middle-aged and older adults. J Phys Act Health. 2011 Mar;8(3):372-81
- Esliger DW, Probert A, Gorber SC, Bryan S, Laviolette M, Tremblay MS. Validity of the Actical accelerometer step-count function. Med Sci Sports Exerc. 2007 Jul;39(7):1200-4
- Heil DP. Predicting activity energy expenditure using the Actical activity monitor. Res Q Exerc Sport. 2006 Mar;77(1):64-80
- Pfeiffer KA, McIver KL, Dowda M, Almeida MJ, Pate RR. Validation and calibration of the Actical accelerometer in preschool children. Med Sci Sports Exerc. 2006 Jan;38(1):152-7
- Puyau MR, Adolph AL, Vohra FA, Zakeri I, Butte NF. Prediction of activity energy expenditure using accelerometers in children. Med Sci Sports Exerc. 2004 Sep;36(9):1625-31

Actigo

-

ActiGraph (GT1X/GT3X)

- Hänggi JM, Phillips LR, Rowlands AV. Validation of the GT3X ActiGraph in children and comparison with the GT1M ActiGraph. J Sci Med Sport. 2012 Jun 29
- Van Remoortel H, Raste Y, Louvaris Z, Giavedoni S, Burtin C, Langer D, Wilson F, Rabinovich R, Vogiatzis I, Hopkinson NS, Troosters T; PROactive consortium. Validity of six activity monitors in chronic obstructive pulmonary disease: a comparison with indirect calorimetry. PLoS One. 2012;7(6):e39198
- Lyden K, Kozey-Keadle SL, Staudenmayer JW, Freedson PS. Validity of two wearable monitors to estimate breaks from sedentary time. Med Sci Sports Exerc. 2012 May 29
- Kuffel EE, Crouter SE, Haas JD, Frongillo EA, Bassett DR Jr. Validity of estimating minute-by-minute energy expenditure of continuous walking bouts by accelerometry. Int J Behav Nutr Phys Act. 2011 Aug 24;8:92
- Van Cauwenberghe E, Gubbels J, De Bourdeaudhuij I, Cardon G. Feasibility and validity of accelerometer measurements to assess physical activity in toddlers. Int J Behav Nutr Phys Act. 2011 Jun 26;8:67
- Colbert LH, Matthews CE, Havighurst TC, Kim K, Schoeller DA. Comparative validity of physical activity measures in older adults. Med Sci Sports Exerc. 2011 May;43(5):867-76
- Clanchy KM, Tweedy SM, Boyd RN, Trost SG. Validity of accelerometry in ambulatory children and adolescents with cerebral palsy. Eur J Appl Physiol. 2011 Dec;111(12):2951-9
- Kozey-Keadle S, Libertine A, Lyden K, Staudenmayer J, Freedson PS. Validation of wearable monitors for assessing sedentary behavior. Med Sci Sports Exerc. 2011 Aug;43(8):1561-7
- McClain JJ, Hart TL, Getz RS, Tudor-Locke C. Convergent validity of 3 low cost motion sensors with the ActiGraph accelerometer. J Phys Act Health. 2010 Sep;7(5):662-70. Erratum in: J Phys Act Health. 2011 Jan;8(1):144
- Berntsen S, Hageberg R, Aandstad A, Mowinckel P, Anderssen SA, Carlsen KH, Andersen LB. Validity of physical activity monitors in adults participating in free-living activities. Br J Sports Med. 2010 Jul;44(9):657-64
- Abel MG, Hannon JC, Sell K, Lillie T, Conlin G, Anderson D. Validation of the Kenz Lifecorder EX and ActiGraph GT1M accelerometers for walking and running in adults. Appl Physiol Nutr Metab. 2008 Dec;33(6):1155-64
- Rothney MP, Schaefer EV, Neumann MM, Choi L, Chen KY. Validity of physical activity intensity predictions by ActiGraph, Actical, and RT3 accelerometers. Obesity (Silver Spring). 2008

Aug;16(8):1946-52
- Reilly JJ, Kelly LA, Montgomery C, Jackson DM, Slater C, Grant S, Paton JY. Validation of Actigraph accelerometer estimates of total energy expenditure in young children. Int J Pediatr Obes. 2006;1(3):161-7
- Crouter SE, Churilla JR, Bassett DR Jr. Estimating energy expenditure using accelerometers. Eur J Appl Physiol. 2006 Dec;98(6):601-12 Trost SG, Way R, Okely AD. Predictive validity of three ActiGraph energy expenditure equations for children. Med Sci Sports Exerc. 2006 Feb;38(2):380-7

ActiHeart

- Brage S, Brage N, Franks PW, Ekelund U, Wareham NJ. Reliability and validity of the combined heart rate and movement sensor Actiheart. Eur J Clin Nutr. 2005 Apr;59(4):561-70
- Corder K, Brage S, Wareham NJ, Ekelund U. Comparison of PAEE from combined and separate heart rate and movement models in children. Med Sci Sports Exerc. 2005 Oct;37(10):1761-7
- Brage S, Brage N, Franks PW, Ekelund U, Wong MY, Andersen LB, Froberg K, Wareham NJ. Branched equation modeling of simultaneous accelerometry and heart rate monitoring improves estimate of directly measured physical activity energy expenditure. J Appl Physiol. 2004 Jan;96(1):343-51

Activ8

-

ActivPal

- Harrington DM, Welk GJ, Donnelly AE. Validation of MET estimates and step measurement using the ActivPAL physical activity logger. J Sports Sci. 2011 Mar;29(6):627-33
- Kozey-Keadle S, Libertine A, Lyden K, Staudenmayer J, Freedson P. Validation of Wearable Monitors for Assessing Sedentary Behavior. Med Sci Sports Exerc. 2011 Aug;43(8):1561-7
- Maddocks M, Petrou A, Skipper L, Wilcock A. Validity of three accelerometers during treadmill walking and motor vehicle travel. Br J Sports Med 2010;44:606-608
- Busse ME, van Deursen RW, Wiles CM. Real-life step and activity measurement: reliability and validity. J Med Eng Technol. 2009;33(1):33-41
- Ryan CG, Grant PM, Tigbe WW, Granat MH. The validity and reliability of a novel activity monitor as a measure of walking. Br. J. Sports Med. 2006, 40: 779-784
- Kanoun N. Validation of the ActivPAL Activity Monitor as a Measure of Walking at Pre-determined Slow Walking Speeds in a Healthy Population in a Controlled Setting. Reinvention: a Journal of Undergraduate Research, Volume 2, Issue 2
- Grant PM, Ryan CG, Tigbe WW, Granat MH. The validation of a novel activity monitor in the measurement of posture and motion during everyday activities. Br. J. Sports Med., Sep 2006;40:992-997

DirectLife (TracMor)

- Bonomi AG, Plasqui G, Goris AH, Westerterp KR. Estimation of free-living energy expenditure using a novel activity monitor designed to minimize obtrusiveness. Obesity (Silver Spring). 2010 Sep;18(9):1845-51
- Plasqui G, Westerterp KR. Physical activity assessment with accelerometers: an evaluation against doubly labeled water. Obesity (Silver Spring). 2007 Oct;15(10):2371-9
- Plasqui G, Joosen AM, Kester AD, Goris AH, Westerterp KR. Measuring free-living energy expenditure and physical activity with triaxial accelerometry. Obes Res. 2005 Aug;13(8):1363-9
- Plasqui G, Westerterp KR. Accelerometry and heart rate as a measure of physical fitness: proof of concept. Med Sci Sports Exerc. 2005 May;37(5):872-6
- Levine J, Melanson EL, Westerterp KR, Hill JO. Tracmor system for measuring walking energy

expenditure. Eur J Clin Nutr. 2003 Sep;57(9):1176-80
- Levine JA, Baukol PA, Westerterp KR. Validation of the Tracmor triaxial accelerometer system for walking. Med Sci Sports Exerc. 2001 Sep;33(9):1593-7

MoveMonitor / Dynaport Minimod / Dynaport Micromod

- Brandes M, van Hees VT, Hannöver V, Brage S. Estimating Energy Expenditure from Raw Accelerometry in Three Types of Locomotion. Med Sci Sports Exerc. 2012 Jul 6
- Van Remoortel H, Raste Y, Louvaris Z, Giavedoni S, Burtin C, Langer D, Wilson F, Rabinovich R, Vogiatzis I, Hopkinson NS, Troosters T; on behalf of PROactive consortium. Validity of Six Activity Monitors in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Comparison with Indirect Calorimetry. PLoS One. 2012;7(6):e39198.
- de Bruin ED, Hubli M, Hofer P, Wolf P, Murer K, Zijlstra W. Validity and reliability of accelerometer-based gait assessment in patients with diabetes on challenging surfaces. J Aging Res. 2012;2012:954378
- Bossenbroek L, Kosse N, Ten Hacken N, Gordijn M, Van der Hoeven J, De Greef M. Validation of the DynaPort MiniMod during sleep: a pilot study. Percept Mot Skills. 2010 Dec;111(3):936-46
- Kuo YL, Culhane KM, Thomason P, Tirosh O, Baker R. Measuring distance walked and step count in children with cerebral palsy: an evaluation of two portable activity monitors. Gait Posture. 2009 Feb;29(2):304-10. Epub 2008 Nov 20.
- Hartmann A, Luzi S, Murer K, de Bie RA, de Bruin ED. Concurrent validity of a trunk tri-axial accelerometer system for gait analysis in older adults. Gait Posture. 2009 Apr;29(3):444-8
- van Hees VT, van Lummel RC, Westerterp KR. Estimating activity-related energy expenditure under sedentary conditions using a tri-axial seismic accelerometer. Obesity (Silver Spring). 2009 Jun;17(6):1287-92
- Dijkstra B, Zijlstra W, Scherder E, Kamsma Y. Detection of walking periods and number of steps in older adults and patients with Parkinson's disease: accuracy of a pedometer and an accelerometry-based method. Age Ageing. 2008 Jul;37(4):436-41. Epub 2008 May 16.
- Houdijk H, Appelman FM, Van Velzen JM, Van der Woude LH, Van Bennekom CA. Validity of DynaPort GaitMonitor for assessment of spatiotemporal parameters in amputee gait. J Rehabil Res Dev. 2008;45(9):1335-42
- Brandes M, Zijlstra W, Heikens S, van Lummel R, Rosenbaum D. Accelerometry based assessment of gait parameters in children. Gait Posture. 2006 Dec;24(4):482-6

GENEActiv

- Zhang S, Rowlands AV, Murray P, Hurst TL. Physical activity classification using the GENEA wrist-worn accelerometer. Med Sci Sports Exerc. 2012 Apr;44(4):742-8
- van Hees VT, Renström F, Wright A, Gradmark A, Catt M, Chen KY, Löf M, Bluck L, Pomeroy J, Wareham NJ, Ekelund U, Brage S, Franks PW. Estimation of daily energy expenditure in pregnant and non-pregnant women using a wrist-worn tri-axial accelerometer. PLoS One. 2011;6(7):e22922
- Esliger DW, Rowlands AV, Hurst TL, Catt M, Murray P, Eston RG. Validation of the GENEA Accelerometer. Med Sci Sports Exerc. 2011 Jun;43(6):1085-93

PAMsys

-

RT3

- Van Remoortel H, Raste Y, Louvaris Z, Giavedoni S, Burtin C, Langer D, Wilson F, Rabinovich R, Vogiatzis I, Hopkinson NS, Troosters T; on behalf of PROactive consortium. Validity of Six Activity Monitors in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Comparison with Indirect Calorimetry. PLoS One. 2012;7(6):e39198
- Hiremath SV, Ding D. Regression equations for RT3 activity monitors to estimate energy

expenditure in manual wheelchair users. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2011;2011:7348-51
- Tan SY, Batterham M, Tapsell L. Activity counts from accelerometers do not add value to energy expenditure predictions in sedentary overweight individuals during weight loss interventions. J Phys Act Health. 2011 Jul;8(5):675-81
- Lyden K, Kozey SL, Staudenmeyer JW, Freedson PS. A comprehensive evaluation of commonly used accelerometer energy expenditure and MET prediction equations. Eur J Appl Physiol. 2011 Feb;111(2):187-201
- Hiremath SV, Ding D. Evaluation of activity monitors to estimate energy expenditure in manual wheelchair users. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2009;2009:835-8
- Hussey J, Bennett K, Dwyer JO, Langford S, Bell C, Gormley J. Validation of the RT3 in the measurement of physical activity in children. J Sci Med Sport. 2009 Jan;12(1):130-3
- Hale LA, Pal J, Becker I. Measuring free-living physical activity in adults with and without neurologic dysfunction with a triaxial accelerometer. Arch Phys Med Rehabil. 2008 Sep;89(9):1765-71
- Rothney MP, Schaefer EV, Neumann MM, Choi L, Chen KY. Validity of physical activity intensity predictions by ActiGraph, Actical, and RT3 accelerometers. Obesity (Silver Spring). 2008 Aug;16(8):1946-52
- King GA, Torres N, Potter C, Brooks TJ, Coleman KJ. Comparison of activity monitors to estimate energy cost of treadmill exercise. Med Sci Sports Exerc. 2004 Jul;36(7):1244-51
- Rowlands AV, Thomas PW, Eston RG, Topping R. Validation of the RT3 triaxial accelerometer for the assessment of physical activity. Med Sci Sports Exerc. 2004 Mar;36(3):518-24

SenseWear

- Mackey DC, Manini TM, Schoeller DA, Koster A, Glynn NW, Goodpaster BH, Satterfield S, Newman AB, Harris TB, Cummings SR; Health, Aging, and Body Composition Study. Validation of an armband to measure daily energy expenditure in older adults. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2011 Oct;66(10):1108-13
- Koehler K, Braun H, de Marées M, Fusch G, Fusch C, Schaenzer W. Assessing energy expenditure in male endurance athletes: validity of the SenseWear Armband. Med Sci Sports Exerc. 2011 Jul;43(7):1328-33
- Drenowatz C, Eisenmann JC. Validation of the SenseWear Armband at high intensity exercise. Eur J Appl Physiol. 2011 May;111(5):883-7
- Colbert LH, Matthews CE, Havighurst TC, Kim K, Schoeller DA. Comparative validity of physical activity measures in older adults. Med Sci Sports Exerc. 2011 May;43(5):867-76
- Johannsen DL, Calabro MA, Stewart J, Franke W, Rood JC, Welk GJ. Accuracy of armband monitors for measuring daily energy expenditure in healthy adults. Med Sci Sports Exerc. 2010 Nov;42(11):2134-40
- Catharina Bäcklund, Gunnevi Sundelin, Christel Larsson. Validity of armband measuring energy expenditure in overweight and obese children. Med Sci Sports Exerc. 2010 Jun;42(6):1154-61
- Berntsen S, Hageberg R, Aandstad A, Mowinckel P, Anderssen SA, Carlsen KH, Andersen LB. Validity of physical activity monitors in adults participating in free-living activities. Br J Sports Med. 2010 Jul;44(9):657-64
- Calabró MA, Welk GJ, Eisenmann JC. Validation of the SenseWear Pro Armband algorithms in children. Med Sci Sports Exerc. 2009 Sep;41(9):1714-20
- Dorminy CA, Choi L, Akohoue SA, Chen KY, Buchowski MS. Validity of a multisensor armband in estimating 24-h energy expenditure in children. Med Sci Sports Exerc. 2008 Apr;40(4):699-706
- Arvidsson D, Slinde F, Larsson S, Hulthén L. Energy cost of physical activities in children: validation of SenseWear Armband. Med Sci Sports Exerc. 2007 Nov;39(11):2076-84
- Fruin ML, Rankin JW. Validity of a multi-sensor armband in estimating rest and exercise energy expenditure. Med Sci Sports Exerc. 2004 Jun;36(6):1063-9