

Validiteit van de DynaPort MoveMonitor bij houdingen gedurende de nacht van patiënten met een slaapstoornis: Een Pilotstudie



Rachelle Geurts

Juni 2015

Opleiding Bewegingstechnologie

De Haagse Hogeschool

Validiteit van de DynaPort MoveMonitor bij houdingen gedurende de nacht van patiënten met een slaapstoornis: Een Pilotstudie

Rachelle Geurts

11001984

Afstudeerperiode 9 maart 2015 – 17 juni 2015

Opleiding Bewegingstechnologie

De Haagse Hogeschool

1^e begeleider – Hubert Meulman

2^e begeleider – Rochus van der Doef

3^e begeleider – Jos Prinzen

Van de opleiding Bewegingstechnologie (De Haagse Hogeschool) in samenwerking met McRoberts BV. en het Medisch Centrum Haaglanden, locatie Westeinde.

Samenvatting

Inleiding – Een goede nachtrust is van groot belang voor het dagelijks functioneren¹⁻⁶. Door het analyseren van houdingen en bewegingen tijdens de nacht kan er wellicht een indicatie gegeven worden over de slaapkwaliteit. Daarvoor moeten de houdingen valide gemeten worden. Een klein en makkelijk te dragen apparaat, de DynaPort MoveMonitor (MM), is in twee eerdere onderzoeken al gevalideerd voor houdingen en transitie tijdens de nacht bij twee slaapstoornissen^{7,8}. Echter worden er meer dan 80 verschillende slaapstoornissen erkent⁹ en is verder onderzoek nodig.

Methode – De houdingsdetectie van de MM is vergeleken met die van de polysomnografie (PSG) bij patiënten in het slaaplaboratorium. Ter controle van de gedetecteerde houding is er gebruik gemaakt van videoregistratie. De proefpersonen hebben geslapen met een volledige PSG met in additie de MM onder de buik. De gehele nacht is er een videoregistratie gemaakt en deze wordt gezien als gouden standaard. De Cohen's Kappa Coëfficiënt is berekend over de PSG en de MM. Daarnaast zijn de totale tijd, positief voorspellende waarde (PPV), negatief voorspellende waarde (NPV), sensitiviteit, specificiteit en F-score berekend.

Resultaten – Er zijn 14 proefpersonen met vier verschillende slaapstoornissen gemeten. Van alle nachten bij elkaar is een Cohen's Kappa Coëfficiënt van 0,64 gevonden. Van alle nachten bij elkaar zijn een PPV waarde 79,87%, een NPV waarde van 86,04%, specificiteit van 71,34%, sensitiviteit van 93,42% en een F-score van 74,54 zijn gevonden.

Conclusie – Met een Cohen's Kappa Coëfficiënt van 0,64 wordt de MM niet valide bevonden voor houdingen en bewegingen tijdens de nacht van patiënten. De lage coëfficiënt is ontstaan door verschillen tussen de detectie van de MM en die van de PSG. Deze verschillen werden onder andere veroorzaakt door een door een hoekstand van de MM of een verschuiving van de MM naar links/rechts op de romp. Door gebruik te maken van een correctiefactor of een nieuwe positie van de MM kunnen deze verschillen wellicht verholpen worden. Daarnaast was de populatiegroep niet gevarieerd en groot genoeg om een conclusie te kunnen geven over de validiteit bij alle slaapstoornissen. Verder onderzoek met een grotere populatie en een vernieuwde methode zijn vereist.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
Verklarende woordenlijst.....	4
1. Inleiding	5
1.1 Slaap.....	5
1.2 Polysomnografie	6
1.3 De DynaPort MoveMonitor	6
1.4 Probleemstelling	6
1.5 Hypothesen en verwachtingen.....	7
2. Methode	8
2.1 De onderzoeksopzet	8
2.2 Dataverwerking.....	10
3. Resultaten	15
4. Discussie.....	16
4.1 Interpretatie van de resultaten	16
4.2 Aanbevelingen	19
5. Conclusie.....	20
Bibliografie.....	21
Appendices	23
Appendix I. De <i>Sleep Movements</i> module	23
Appendix II. Het meetprotocol	24
Appendix III. De meetgegevens	26
Appendix IV. De meetresultaten	27
Appendix V. Matlab scripts.....	33

Verklarende woordenlijst

AASM	American Academy of Sleep Medicine
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease
CSAS	Central Sleep Apnea Syndrome
FN	false negative/fout-negatief
FP	false positive/fout-positief
ICC	Intraclass Correlation Coefficient
MCH	Medisch Centrum Haaglanden, locatie Westeinde
MM	DynaPort MoveMonitor
NPV	Negative Predictive Value/negatief voorspellende waarde
NREM-slaap	Non Rapid Eye Movement slaap
OSAS	Obstructive Sleep Apnea Syndrome
PPV	Positive Predictive Value/positief voorspellende waarde
PSG	Polysomnografie
R&K	Rechtschaffen & Kales
REM-slaap	Rapid Eye Movement slaap
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SSP	SOMNOscreen Plus
TN	true negative/echt-negatief
TP	true positive/echt-positief

1. Inleiding

1.1 Slaap

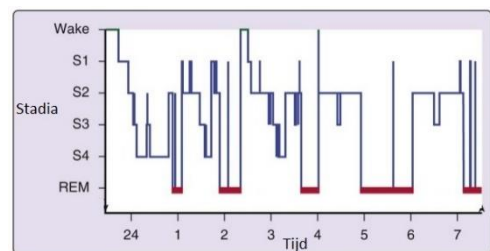
1.1.1 Het belang van een goede slaap

Een goede nachtrust is belangrijk voor het dagelijks functioneren. Tijdens de periode van slaap is het lichaam inactief en komt het tot rust¹⁰. Er zijn er een aantal slaapcycli, waarvan de eerste drie noodzakelijk zijn en kernslaap worden genoemd¹⁰. Onthouding van deze kernslaap kan de gezondheid ernstig schaden¹⁰. Bij een tekort aan slaap kan de concentratie en het reactievermogen afnemen¹ en zorgt het voor vermoeidheid². Wanneer men voor langere tijd een slaapttekort heeft, wordt dit geassocieerd met een lagere levenskwaliteit, verergering van ziektes en een kans op vervroegde mortaliteit^{3,4}.

Het hebben van een goede nachtrust wordt onder andere bepaald door het bewegen tijdens de nacht. Mensen met een tekort aan beweging worden tijdens de nacht vaak wakker wat een negatieve invloed heeft op de kwaliteit van leven⁵. Naast een tekort heeft ook een teveel aan beweging een negatieve invloed op de levenskwaliteit⁶.

1.1.2 De periode van slaap

De periode van slaap bestaat uit 5 fasen, namelijk uit Rapid Eye Movement slaap (REM-slaap) en Non Rapid Eye Movement slaap (NREM-slaap) fasen 1 t/m 4¹¹. De REM-slaap is de periode van het dromen en er is veel bewegingsactiviteit van de ogen¹¹. De NREM-slaap fasen 1 en 2 worden gezien als de lichte slaap en de NREM-slaap fasen 3 en 4 als de diepe slaap¹¹. Tijdens de NREM-slaap zijn de spieren verslapt en maken de ogen langzame rollende bewegingen¹¹. Een nacht is onderverdeeld in slaapcycli (afbeelding 1). De eerste slaapcyclus van de nacht gaat van NREM-slaap fase 1, 2, 3 en 4 naar REM-slaap en duurt 70 á 100 minuten¹¹. De daar opeenvolgende cycli duren elk 90 á 120 minuten¹¹. In het eerste een derde gedeelte van de nacht domineren fase 3 en 4 van de NREM-slaap¹¹. Gedurende de nacht worden de periodes van REM-slaap langer terwijl periodes van NREM-slaap afnemen¹¹ (afbeelding 1).



Afbeelding 1 – Hypnogram van de progressie van slaapfasen gedurende één nacht bij een gezonde proefpersoon¹¹. S1 t/m S4 zijn de NREM-slaap fasen 1 t/m 4.

1.2.3 Bewegingen tijdens het slapen

Tijdens het slapen vinden er bewegingen en houdingsveranderingen plaats. Deze zijn er onder meer om de circulatie in de onder druk belaste lichaamsdelen weer toe te laten¹⁰. Bewegingen vinden vooral plaats in de NREM-slaap fasen 1 en 2, maar kunnen ook optreden in de REM-slaap en NREM-slaap fasen 3 en 4¹¹.

Door bewegingen gedurende de nacht te analyseren zou dit wellicht een indicatie kunnen geven over de kwaliteit van de slaap. In onderzoeken naar het analyseren van houdingen gedurende de nacht^{7,8}, is er gericht op de houdingen *Prone* (buiklig), *Supine* (ruglig), *Left side*, *Right side*, *Upright* en de periode dat iemand *Out of bed* (uit bed) is⁸.

1.2 Polysomnografie

Op het moment worden slaapstoornissen gediagnosticeerd en gemonitord aan de hand van de gouden standaard voor het meten van slaap: polysomnografie (PSG)^{7,12}. Gedurende een PSG-meting worden verschillende fysiologische functies en veranderingen gemeten. Zo worden er onder andere de hersenactiviteit en de ademhaling gemeten, maar ook de lichaamshouding. Er is geen literatuur gevonden met betrekking tot de validatie van de houdingsdetectie van de PSG. Doordat de PSG wel als gouden standaard is gesteld in eerdere onderzoeken^{7,12}, waaronder een soortgelijk onderzoek⁷, wordt verwacht dat deze valide houdingen gedurende de nacht kan meten. Tijdens een PSG-meting worden de houdingen *Prone*, *Supine*, *Left side*, *Right side* en *Upright* gemeten. Een groot nadeel van een PSG-meting is dat dit veel tijd vereist, doordat data handmatig bekeken moet worden¹³. Niet alle patiënten kunnen gemeten worden, waardoor er onder andere een significante hoeveelheid slaap-apneupatiënten ongediagnosticeerd blijft¹².

1.3 De DynaPort MoveMonitor



Afbeelding 2 - De DynaPort MoveMonitor.

De DynaPort MoveMonitor (McRoberts BV., Den Haag, Nederland) (MM) is een activiteitenmonitor. De MM wordt meestal op de onderrug gedragen, en meet de versnelling in de x-, y- en z-richting. Hiermee kan er iets gezegd worden over de positie van de MM. De MM beschikt over verscheidene softwaremodules. Dit onderzoek richt zich alleen op de module *Sleep Movements* (Appendix I). In deze module worden onder andere de verschillende houdingen (*Prone*, *Supine*, *Left side*, *Right side* en *Upright*), transities en de periode dat iemand uit bed is (*Out of bed*) gedurende de nacht gemeten.

De MM is een betrouwbaar product voor het meten van fysieke activiteit, met name voor trillingen en lopen in gecontroleerde omstandigheden¹⁴. Er is een Intraclass Correlation Coefficient (ICC) van 0,88-0,99 gevonden¹⁴.

Met de voorganger van de MM, de DynaPort MiniMod, is een validatiestudie uitgevoerd tijdens de slaap van Obstructive Sleep Apnea Syndrome (OSAS)-patiënten⁷. Ondanks dat het de voorganger van de MM betreft, hebben de MM en de MiniMod dezelfde technische werking. In dit onderzoek is de bewegings- en houdingsdetectie tijdens de nacht gevalideerd op de lichaamshoudingsdetectie van de PSG. Er werd een ICC van 0.84 gevonden. De bewegings- en houdingsdetectie van de MM is in een kleine studie gevalideerd ten opzichte van videobeelden tijdens de slaap van Chronic Obstructive Pulmonary Disorder (COPD)-patiënten⁸. In dit onderzoek is een overeenstemming van 96.6% gevonden tussen gedetecteerde houdingen en van 70% bij de gedetecteerde transities op de video en de gedetecteerde van de MM. De MM wordt als een gevalideerd product gezien met betrekking tot het meten van houdingen en transities gedurende de nacht. Echter geldt deze validiteit voor maar twee slaapstoornissen, terwijl The International Classification of Sleep Disorders meer dan 80 verschillende slaapstoornissen erkent⁹.

1.4 Probleemstelling

Aangezien een PSG-meting veel tijd vereist in de data-analyse en niet alle patiënten gemeten kunnen worden, is er een grote interesse ontstaan in het vinden van nieuwe methodes voor het analyseren van slaap¹². Een nieuwe methode zou gevonden kunnen worden in het analyseren van bewegingen tijdens de slaap door het gebruik van een activiteitenmonitor. Hiermee zou er relevante informatie geboden kunnen worden over de slaapkwaliteit⁸. Dit zou artsen kunnen helpen bij de selectie van patiënten voor een PSG-meting waardoor slaaplaboratoria efficiënter zouden kunnen werken⁸.

Het Medisch Centrum Haaglanden (MCH) heeft al aangegeven op zoek te zijn naar een monitor die voor meerdere dagen nachtelijke bewegingen in een ambulante omgeving kan meten. De MM zou hier een

uitkomst voor kunnen zijn, als deze valide is voor het meten van houdingen bij alle patiënten met een slaapstoornis. In dit onderzoek wordt de houdingsdetectie van de MM vergeleken met de houdingsdetectie van de PSG in het slaaplaboratorium van het MCH. De *Out of Bed* periode en de houdingen *Prone*, *Supine*, *Left side*, *Right side* en *Upright* worden gemeten. Tussen de detectie van de MM en de detectie van de PSG kunnen verschillen optreden. Om te onderzoeken welk systeem de correcte houding weergeeft, worden beide systemen vergeleken met 10% van de videobeelden die gedurende de gehele meting zijn gemaakt.

De vraag die in dit onderzoek centraal staat is: 'Is de MM valide voor het meten van houdingen en bewegingen van patiënten gedurende de nacht?'.

De deelvragen in dit onderzoek zijn:

- Wat is de mate van overeenstemming tussen de gemeten houdingen door de MM en de PSG?
- Waar wijken de detectie van de MM en de detectie van de PSG van elkaar af?
- Bij een verschil in detectie van de MM en de PSG, welk systeem geeft de houding correct weer?
- Wat veroorzaakt de verschillen in de detectie van de MM met de detectie van de PSG?

1.5 Hypothesen en verwachtingen

Er kan aangenomen worden dat er een hoge overeenstemming tussen de PSG en de MM gevonden zal worden, aangezien er in een soortgelijke studie al een hoge overeenstemming gevonden is⁷. Zo is de MM valide voor houdingen en bewegingen tijdens de nacht van COPD- en OSAS-patiënten^{7,8}. Er kan verwacht worden dat de MM valide is voor houdingen tijdens de nacht van alle patiënten met een ademhalingsstoornis die ten gronde ligt aan de slaapstoornis. De validiteit bij patiënten met bewegingsproblematiek gedurende de nacht zou nog eens anders uit kunnen vallen. Er zou bij patiënten die veel bewegen tijdens de nacht ruis op het signaal van de MM kunnen ontstaan waardoor houdingen wellicht verkeerd gedetecteerd kunnen worden.

Echter zullen er verschillen optreden tussen de detectie van de MM en de PSG in de periodes waarin iemand uit bed is. De MM heeft namelijk een uit bed detectie en de PSG niet. De PSG zal in de uit bed periode lighoudingen blijven meten. Deze uit bed periodes kunnen van negatieve invloed zijn op de overeenstemming tussen de MM en de PSG.

2. Methode

2.1 De onderzoeksofzet

2.1.1 Algemene procedure

Patiënten met een afspraak voor een nachtopname in het slaaplaboratorium zijn door het MCH benaderd voor deelname aan het onderzoek. Wanneer de patiënt heeft ingestemd met het onderzoek, heeft hij in het slaaplaboratorium geslapen met een volledige PSG met in additie de MM onder de buik. De gehele nacht is er een opname met een infrarood videocamera van de proefpersoon gemaakt.

De PSG en de infrarood videocamera worden bij het opstarten van de apparatuur automatisch gesynchroniseerd. Om de MM met de andere apparatuur te synchroniseren zijn er tegelijkertijd drie tikken op de MM gegeven en drie markers in het PSG-sigitaal gezet.

De houdingen en transities die gedetecteerd worden door de MM zijn vergeleken met die gedetecteerd door de PSG. Daarnaast zijn de detectie van de MM en de detectie van de PSG vergeleken met 10% van de videoregistratie. Om de mate van overeenstemming aan te tonen tussen de detectie van de PSG en de detectie van de MM zijn de Cohen's Kappa Coëfficiënt, de positief voorspellende waarde (PPV, Engels: Positive Predictive Value), de negatief voorspellende waarde (NPV, Engels: Negative Predictive Value), specificiteit, sensitiviteit en de F-score berekend. De videoregistratie is gebruikt ter controle van de data uit de MM en de PSG.

Het gehele meetprotocol is terug te vinden in Appendix II.

2.1.2 Proefpersonen

Patiënten die tijdens hun intakegesprek in het MCH hebben aangegeven deel te willen nemen aan wetenschappelijk onderzoek en met een afspraak in het slaaplaboratorium zijn gevraagd voor het onderzoek. Exclusiecriteria waren patiënten jonger dan 12 jaar, het niet mee willen nemen aan het onderzoek of het niet op komen dagen. Inclusiecriteria was een afspraak in het slaaplaboratorium van het MCH. Er zijn 14 proefpersonen gemeten, 3 vrouwen en 11 mannen. De gemeten slaapstoornissen waren 1 keer Central Sleep Apnea Syndrome (CSAS), 1 keer narcolepsie/parasomnie, 1 keer headrolling en 11 keer OSAS. Alle eigenschappen van de proefpersonen zijn terug te vinden in tabel 1 en Appendix III.

Tabel 1 - Eigenschappen van de gemeten proefpersonen.

Eigenschap	Gemiddelde (SD)
Geslacht (m/v)	3 vrouwen 11 mannen
Leeftijd (jaren)	49 (17,6)
Lengte (cm)	169,8 (7,6)
Gewicht (kg)	106,5 (33,0)
BMI (kg/m ²)	31,0 (8,4)
Slaapstoornissen	1 CSAS 1 Headrolling 1 Narcolepsie/Parasomnie 11 OSAS

2.1.3 Richtlijnen voor slaaponderzoeken

Zowel Rechtschaffen & Kales (R&K)¹⁵ als The American Academy of Sleep Medicine (AASM)¹⁶ hebben richtlijnen opgesteld voor het meten van slaap. Deze richtlijnen zijn opgesteld voor de sensorkeuze en de scoring van slaap en gerelateerde fenomenen¹⁷. Door deze richtlijnen op te stellen en te hanteren in slaaponderzoeken, wordt ervoor gezorgd dat verschillende studies met elkaar vergeleken kunnen worden. Echter zijn de richtlijnen van R&K verouderd en bestaan er significante en leeftijdsafhankelijke verschillen in het scoren van slaapparameters met de richtlijnen van R&K en die op basis van de AASM¹⁸. Het advies is daarom om normatieve data vast te stellen op de AASM standaard¹⁸ en wordt er in dit onderzoek gewerkt met de AASM richtlijnen.

2.1.4 Apparatuur

2.1.4.1 SOMNOmedics

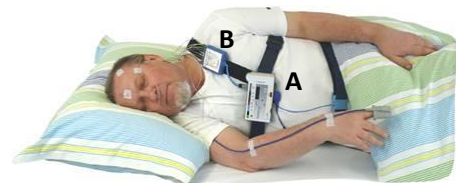
Er is gewerkt met de apparatuur van SOMNOmedics (SOMNOmedics GmbH, Randersacker, Duitsland). De door SOMNOmedics ontwikkelde PSG bestaat uit de SOMNOscreen Plus (SSP) en de SOMNOscreen EEG 32 (afbeelding 3). De SOMNOscreen EEG 32 wordt op de schouder gedragen en verzamelt de data uit alle elektrografieën. Dit in tegenstelling tot de SSP die op de borst gedragen wordt en de data van de overige sensoren verzamelt.

In de SSP zitten twee bi-axiale accelerometers ingebouwd die de lichaamshoudingen gedurende de nacht meten met een samplefrequentie van 4 Hz. De houdingen *Left side*, *Right side*, *Prone*, *Supine* en *Upright* worden met de SSP gemeten. Alle houdingen beslaan een gebied van 90 graden, met een tolerantie van ± 10 graden (afbeelding 4). Dit houdt in dat wanneer iemand recht op zijn rug ligt, er na een rotatie van de romp van 45 graden zijlig wordt gedetecteerd. De houding *Upright* wordt gedetecteerd bij een verandering van 45 graden van liggen naar zitten.

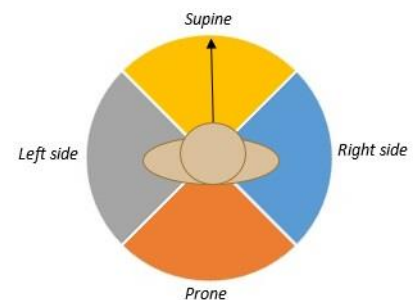
2.1.4.2 De DynaPort MoveMonitor

De MM is onder de buik en onder alle apparatuur van SOMNOmedics geplaatst (afbeelding 5). De positie van de MM is door het MCH als een eis vastgesteld. Alle apparatuur van SOMNOmedics bevindt zich namelijk aan de frontale zijde van het lichaam. Door nog extra apparatuur aan de dorsale zijde te plaatsen, waar de MM gewoonlijk gedragen wordt, zou er misschien een ander slaappatroon dan gewoonlijk gecreëerd kunnen worden. Daarbij geldt dat de positie van de MM op de romp geen invloed heeft op het correct detecteren van de houdingen en transitieën¹⁹.

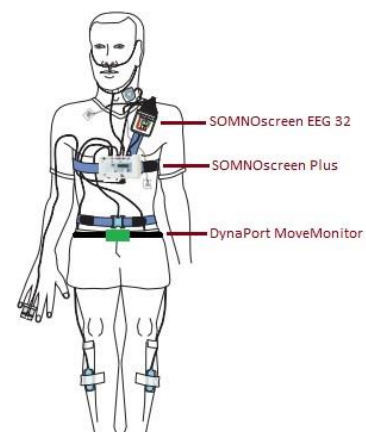
De MM is een tri-axiale piezoresistieve accelerometer, die met een samplefrequentie van 100 Hz informatie biedt over de houdingen en bewegingen van een persoon. Dit onderzoek richt zich op de houdingen en transitieën die tijdens de nacht gemaakt worden. De houdingen *Left side*, *Right side*, *Prone*, *Supine*, *Upright* en *Out of bed* worden door de MM tijdens de nacht gemeten. De MM hanteert andere definities voor het detecteren van een nieuwe houding dan de SSP. Het is niet mogelijk om het algoritme van de SSP aan te passen. Om toch een goede vergelijking te kunnen maken wordt de MM op de SSP aangepast.



Afbeelding 3 - SOMNOscreen Plus (A) en SOMNOscreen EEG 32 (B).



Afbeelding 4 - De verdeling van de houdingen van de SSP, gezien vanaf de craniale positie van de persoon. De pijl geeft de kijkrichting weer.



Afbeelding 5 - De posities van de SOMNOscreen Plus, de EEG 32 en de MM.

2.1.5 Videoanalyse

De SSP kan geconfigureerd worden met een infrarood videocamera. Deze camera werd aan de voorzijde van het bed geplaatst, zodanig dat het gehele bed in beeld te zien was. Videoregistratie kan niet als gouden standaard worden gebruikt, aangezien de video niet wordt gescoord en maar 10% van alle videobeelden zijn bekeken. Echter is het wel mogelijk om met de videoregistratie twijfels tussen de detectie van de MM en de detectie van de SSP weg te nemen.

Videoanalyse is een subjectieve meetmethode. Dit houdt in dat er verschillen in de analyse kunnen optreden tussen verschillende personen (interindividueel) optreden, maar ook wanneer één persoon hetzelfde meerdere keren analyseert (intra-individueel). Hoe groot de interindividuele overeenstemming is hangt af van hoe goed een houdingsverandering is te zien op de video. Er wordt gesteld dat een verandering van houding bij een verschil van ≥ 30 graden goed te herkennen is²⁰. Zo geven hoekveranderingen van 30 graden over het algemeen een hogere interindividuele overeenstemming dan hoekveranderingen van 10 graden²⁰. Bij een verandering van houding ≥ 30 graden wordt er een interindividuele overeenstemming van 99% gevonden²¹. Burt en Punnet zich op flexie van de pols. Ondanks dat flexie van de pols niet een uitkomstmaat is voor de studie die uitgevoerd gaat worden, wordt er wel een soortgelijke interindividuele overeenstemming verwacht. Wanneer iemand plat op zijn rug ligt wordt er pas een nieuwe houding gemeten na een draaiing van 45 graden (afbeelding 4). Nu zal iemand niet altijd recht op zijn rug liggen en wordt er misschien al na een draaiing van 10 graden een andere houding gemeten. De interindividuele overeenstemming zal lager worden naarmate de beweging kleiner is²¹ en verwacht wordt dat er verschillen zullen optreden wanneer iemand op de grens van een houding ligt. Echter wordt niet verwacht dat de interindividuele overeenstemming erg laag zal zijn en wordt daarom niet verder meegenomen in het onderzoek.

Met betrekking tot de intra-individuele overeenstemming zijn er geen significante verschillen gevonden wanneer iemand op twee verschillende momenten dezelfde video analyseert²². Er is zelfs een intra-individuele overeenstemming met een ICC van 0.99 gevonden²². In dit onderzoek is er gewerkt met houdingsveranderingen waarbij de verschillen tussen de houdingen ≥ 30 graden zijn. De intra-individuele overeenstemming is bij een dergelijke houdingsverandering zodanig groot dat deze niet verder is meegenomen in het onderzoek.

2.2 Dataverwerking

2.2.1 Programmatuur

Voor de datasynchronisatie, dataverwerking en statistiek wordt er gebruik gemaakt van verscheidene programmatuur. Deze zijn:

- European Data Format (EDF) (versie EDF+ in Polyman)²³
- Matlab (versie R2010 a)
- Polyman
- Statistical Package for Social Studies (SPSS) (versie IBM SPSS Statistics 23.0)

Polyman is software die ontwikkeld is door het MCH. In Polyman worden de lichaamshoudingen gekoppeld aan het ruwe signaal van de SSP. Daarnaast heeft Polyman de mogelijkheid om de video te bekijken samen met het signaal op hetzelfde moment. Voor de analyse van de lichaamshoudingen komende uit de SSP wordt deze geëxporteerd naar het EDF. Het EDF is een standaard File Format speciaal geschreven voor de uitwisseling en opslag van op tijd gebaseerde medische data²³. In het EDF kunnen onder andere de gemeten lichaamshoudingen en de gezette annotaties bekeken worden. Deze worden vervolgens geëxporteerd in Matlab voor de datasynchronisatie van de SSP en de MM. Na de analyse van de data zal deze naar SPSS geëxporteerd worden voor het uitvoeren van de statistische berekeningen.

2.2.2 Datasynchronisatie

Er zit een tijdsverschil tussen de data van de PSG en de MM. Voor het maken van een goede vergelijking moeten de signalen synchroon aan elkaar lopen. De signalen worden hiervoor gesynchroniseerd door het plaatsen van markers en pieken in de signalen. De SSP beschikt over een patiënt marker button. Door hierop te drukken kunnen er annotaties in het signaal geplaatst worden (aangewezen door de rode pijlen in afbeelding 6). Door een tik op de MM te geven ontstaat er een piek in het signaal (rood omcirkeld in afbeelding 6). Door tegelijkertijd een annotatie te zetten en een piek te geven ontstaat er een markeringspunt. Deze zorgen ervoor dat de data verschoven kan worden.

Er worden drie markeringspunten gezet. Wanneer er een enkele piek wordt gezet is deze wellicht lastig in het signaal terug te vinden. Er bestaat de kans dat er voor een verkeerde piek als markeringspunt wordt gekozen. De synchronisatie van beide signalen klopt dan niet. Door het plaatsen van drie markeringspunten met een gelijke tijd tussen de markers in, zijn deze makkelijker in het signaal te herkennen. Daarnaast bestaat er de kans op een klein tijdsverschil, ondanks dat het zetten van de piek en de marker op hetzelfde moment moeten worden uitgevoerd. Door het gemiddelde te nemen van de drie markeringspunten wordt dit verschil zo klein mogelijk gemaakt.

De SSP en de infrarood videocamera worden bij het starten van de SSP automatisch gesynchroniseerd. Wanneer de MM met de SSP gesynchroniseerd is loopt alle meetapparatuur aan elkaar gelijk.

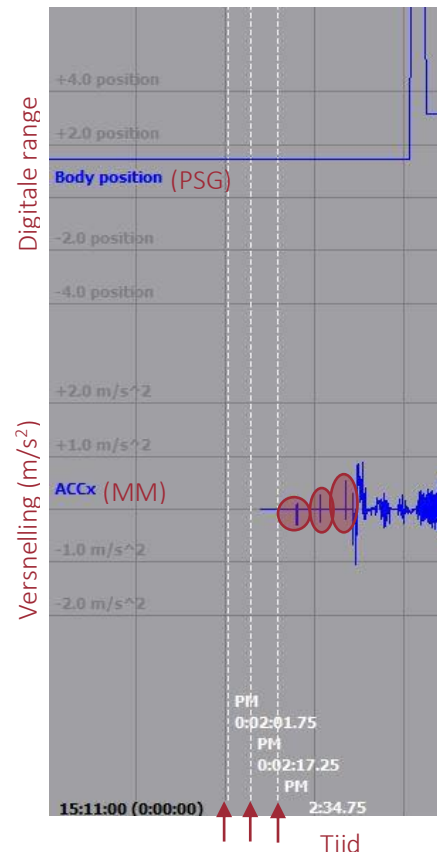
2.2.3 Data-analyse

Dit onderzoek richt zich op de houdingen die tijdens de slaap aangenomen kunnen worden (tabel 2). Transitie worden door de SSP niet gedefinieerd, dit in tegenstelling tot de MM. Het is niet mogelijk om de transitie mee te nemen in het onderzoek. Echter geldt wel dat wanneer er een houdingsverandering plaatsvindt, er sprake is van een transitie. Door te kijken naar de correlatie tussen de houdingen gedetecteerd door de MM en die door de SSP wordt er automatisch gekeken of houdingsveranderingen op hetzelfde moment plaatsvinden. Wanneer deze niet op hetzelfde moment plaatsvinden zal dit een negatieve invloed op de correlatie hebben.

Elke houding wordt gelabeld aan een nummer (tabel 2). Dit nummer wordt gebruikt voor berekeningen in Matlab en SPSS.

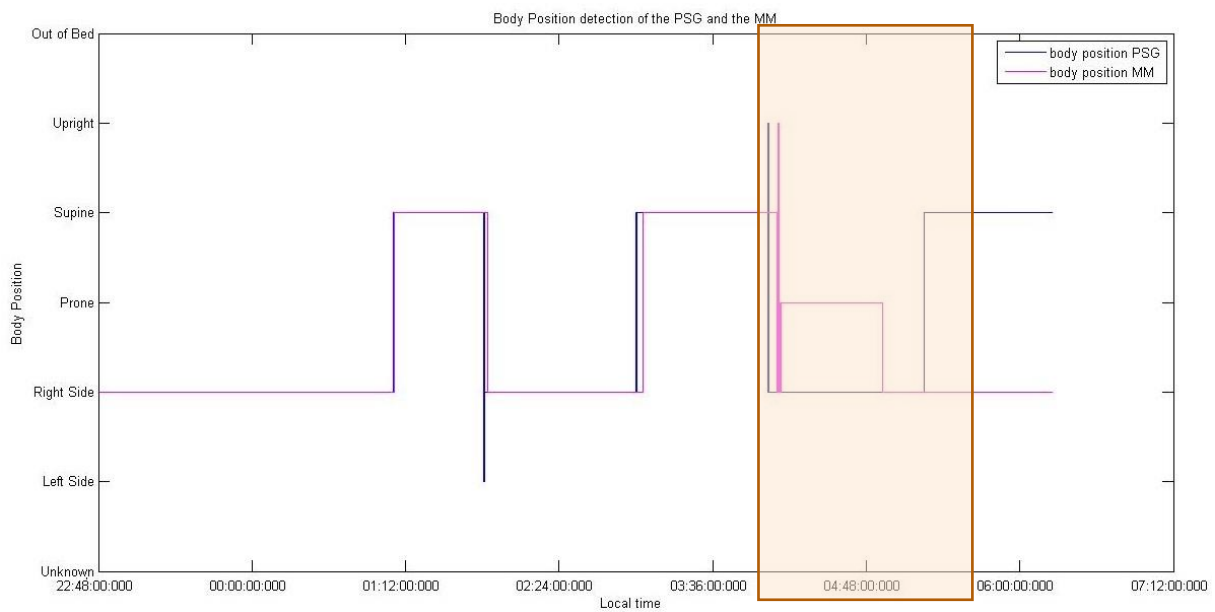
Tabel 2 - Houdingen die in dit onderzoek gemeten worden, met de bijbehorende code en definitie.

Houding	Labelcode	Definitie
Left side	1	Een gedeelte van 90 graden.
Right side	2	Een gedeelte van 90 graden.
Prone	3	Een gedeelte van 90 graden.
Supine	4	Een gedeelte van 90 graden.
Upright	5	Een verandering van ≥ 45 graden van liggen naar zitten.
Out of bed	6	De periode waarin iemand het bed verlaat.



Afbeelding 6 – De gemeten lichaamshoudingen met de markers op de MM en de annotaties van de SSP (testmeting).

De data wordt geanalyseerd vanaf het moment dat er in bed wordt gestapt tot aan het moment dat de SSP stopt met meten. De analyse van de SSP gebeurt in Polyman, de data van de MM wordt door McRoberts in Matlab geanalyseerd. Na de analyse van de lichaamshoudingen worden de analyses van de SSP en de MM geëxporteerd naar een programma in Matlab (afbeelding 7). Dit programma geeft de mogelijkheid om visueel de verschillen tussen de analyses te zien (oranje uitgelijnd in afbeelding 7). Het moment waarop deze verschillen optreden worden opgezocht in de videoregistratie. De video wordt beoordeeld aan de hand van visuele interpretatie om te zien waarom het verschil optreedt en welk systeem de juiste houding heeft weergegeven.



Afbeelding 7 - De gemeten houdingen door de MM en de SSP bij proefpersoon 002.

2.2.4 Uitkomstmaten

2.2.4.1 Primaire uitkomstmaten

Door de data van de SSP en de MM naast elkaar te zetten zijn er een aantal uitkomsten waar in het hoofdstuk statistiek verder mee gerekend wordt. Door de data van de SSP naast de data van de MM te zetten ontstaan er vier verschillende situaties:

1. De SSP en de MM detecteren op hetzelfde moment dezelfde houding. Dit wordt echt-positief (TP, Engels: true positive) genoemd.
2. De MM detecteert een houding, maar de SSP detecteert op hetzelfde moment een andere houding. Dit is een fout-positief (FP, Engels: false positive) moment.
3. De MM en de SSP detecteren elk een andere houding dan waarop gefocust wordt. Dit moment is dan echt-negatief (TN, Engels: true negative).
4. De SSP detecteert een houding, maar de MM detecteert op hetzelfde moment een andere houding. Dit is een fout-negatief (FN, Engels: false negative) moment.

Hoe lang iemand in een houding heeft gelegen en de totale nachtduur zijn bekend. De totale tijd per houding wordt berekend. De duur van alle houdingen wordt bepaald door de SSP, met uitzondering van de *Out of Bed* periode die bepaald wordt door de MM. Deze wordt niet gedetecteerd door de SSP en juist wel door de MM. Een nadeel hiervan is dat wanneer de MM, volgens de videoregistratie, onjuist *Out of Bed* detecteert, de totale tijd van deze periode niet klopt met de realiteit. Echter kan er wel een indicatie gegeven worden en is het niet mogelijk om alle video's te onderzoeken voor alle *Out of Bed* periodes.

Alle uitkomstmaten met de bijbehorende eenheden zijn weergegeven in tabel 3.

Tabel 3 - Uitkomstmaten van de data.

Uitkomstmaat	Eenheid
TP per houding	Hoeveelheid
TN per houding	Hoeveelheid
FP per houding	Hoeveelheid
FN per houding	Hoeveelheid
Duur per houding	Uren
Totale nachtduur	Uren

2.2.4.2 Statistiek en secundaire uitkomstmaten

2.2.4.2.1 Cohen's Kappa

Om te bepalen of de MM valide is voor het meten van houdingen en bewegingen gedurende de nacht bij patiënten wordt er in SPSS een correlatie uitgerekend tussen de MM en de SSP. De Cohen's Kappa Coëfficiënt wordt gebruikt omdat deze de mate van overeenstemming tussen verschillende beoordelaars gecorrigeerd op kans aan toont bij nominale data^{24,25}. Er bestaat de mogelijkheid dat de SSP en de MM toevallig dezelfde houding detecteren. Desondanks zorgt de correctie op kans ervoor dat er wel een hoge geobserveerde en hoge verwachte overeenstemming is, terwijl er een lage Cohen's Kappa Coëfficiënt is. De Cohen's Kappa Coëfficiënt kan op een bepaalde manier geïnterpreteerd worden door het stellen van intervallen (tabel 4)²⁴.

Tabel 4 - Richtlijnen voor de interpretatie van de Cohen's Kappa²⁴.

Interval	Betekenis
< 0.00	Slechte of kans overeenstemming
0.00-0.20	Geringe overeenstemming
0.21-0.40	Matige overeenstemming
0.41-0.60	Redelijke overeenstemming
0.61-0.80	Voldoende tot goede overeenstemming
0.81-1.00	Bijna perfecte overeenstemming

Tabel 5 - Opzet van de SPSS tabel voor de berekening van de Cohen's Kappa Coëfficiënt.

SSP	MM
1	1
1	1
1	1
4	1
4	4
4	4
3	3
3	3
3	5
3	3

De Cohen's Kappa Coëfficiënt wordt bepaald door de nachtdata van de SSP naast de data van de MM te zetten (tabel 5). Per nacht en over alle nachten samen wordt de Cohen's Kappa Coëfficiënt berekend. De validiteit van het systeem wordt onder andere bepaald door de Cohen's Kappa Coëfficiënt. Wanneer de Cohen's Kappa Coëfficiënt hoger is dan 0,81 wordt het systeem als valide gezien. In eerder onderzoek waarbij twee systemen met elkaar worden vergeleken is ook immers aan de hand van een Kappa-waarde hoger dan 0,81 de conclusie getrokken dat het systeem valide is²⁶.

2.2.4.2.2 Sensitiviteit en specificiteit

De validiteit van een meetsysteem kan ook bepaald worden aan de hand van de PPV, NPV, sensitiviteit, specificiteit en de F-score⁸. Deze waarden worden in Matlab berekend aan de hand van de TP, TN, FP en FN en worden voor elke houding per nacht berekend en voor elke houding over alle nachten tezamen. Wanneer de MM valide is, zullen dezelfde waarden gevonden moeten worden als in het artikel van Gloeckl et al⁸.

Per houding worden de PPV en de NPV berekend. De PPV is een procentuele waarde die weergeeft hoe vaak een bepaalde houding, bijvoorbeeld *Supine*, daadwerkelijk correct door de MM wordt gedetecteerd. De NPV is een procentuele waarde die weergeeft hoe vaak de overige houdingen correct door MM worden gedetecteerd. Bij de NPV wordt niet op een specifieke houding gelet, maar op alle andere houdingen dan bijvoorbeeld *Supine*. Dit in tegenstelling tot de PPV die zich op een specifieke houding, bijvoorbeeld *Supine*, richt. Vervolgens zullen per houding de sensitiviteit en specificiteit van de MM berekend worden. Aan de hand van de PPV en de sensitiviteit kan de F-score berekend worden. De PPV, NPV, sensitiviteit en specificiteit worden als volgt berekend:

$$PPV = \frac{aantal\ TP}{aantal\ TP + aantal\ FP} * 100$$

$$NPV = \frac{aantal\ TN}{aantal\ TN + aantal\ FN} * 100$$

$$sensitiviteit = \frac{aantal\ TP}{aantal\ TP + aantal\ FN} * 100$$

$$specificiteit = \frac{aantal\ TN}{aantal\ TN + aantal\ FP} * 100$$

De F-score kan gebruikt worden als een maatstaaf voor de prestaties van de meting met betrekking tot de PPV en de sensitiviteit en is een harmonisch gemiddelde van die twee. Van de *Out of Bed* periode is het niet mogelijk om de sensitiviteit en de F-score te berekenen. Dit doordat *Out of Bed* niet door de SSP gedetecteerd wordt, en er dus geen overeenkomsten zijn tussen de SSP en de MM. De F-score worden als volgt berekend:

$$Fscore = 2 * \frac{PPV * sensitiviteit}{PPV + sensitiviteit}$$

De PPV, NPV, sensitiviteit, specificiteit en F-score zullen per proefpersoon en per houding berekend worden. Daarnaast worden ze ook berekend per houding wanneer alle nachten bij elkaar worden gevoegd. Een verschil van enkele seconden kan van grote invloed zijn op de waardes wanneer een houding maar voor enkele minuten gedetecteerd wordt. Wanneer alle houdingen bij elkaar worden gevoegd valt dit probleem weg. Om een enkele waarde voor de PPV, NPV, sensitiviteit, specificiteit en de F-score te kunnen geven wordt het gewogen gemiddelde berekend.

3. Resultaten

Er is voor 100,4 uur aan data verzameld met een gemiddelde nacht van 7,2 (SD 0,47) uur. Berekend over alle nachten is er een Cohen's Kappa Coëfficiënt gevonden van 0,64. Deze wordt geïnterpreteerd als een voldoende tot goede overeenstemming tussen de gemeten houdingen door de SSP en de gemeten houdingen door de MM. Wordt de Cohen's Kappa Coëfficiënt per proefpersoon berekend verschilt deze tussen de 0,0 en de 0,96. De meetgegevens en de Cohen's Kappa Coëfficiënt per proefpersoon zijn terug te vinden in Appendix III en Appendix IV.I.

De PPV, NPV, sensitiviteit, specificiteit en de F-score per houding van alle nachten bij elkaar en het gewogen gemiddelde zijn weergegeven in tabel 6. Alle meetresultaten zijn terug te vinden in Appendix IV.II.

Tabel 6 – De totale tijd, PPV, NPV, sensitiviteit, specificiteit en F-score van de MM per houding van alle nachten bij elkaar en het gewogen gemiddelde van de MM bij alle houdingen en alle nachten bij elkaar.

	Left Side	Right Side	Prone	Supine	Upright	Out of Bed	Totaal
Totale tijd (h)	17,45	27,69	4,44	50,65	0,54	5,92	106,32
PPV (%)	78,94	83,47	63,95	89,21	1,78	0	79,87
NPV (%)	98,33	94,54	96,90	73,80	99,54	100	86,04
Sensitiviteit (%)	90,99	87,21	30,65	67,83	19,23	-	71,34
Specificiteit (%)	95,62	92,77	99,21	91,70	94,31	94,55	93,42
F-score	84,54	85,30	41,44	77,07	3,27	-	74,54

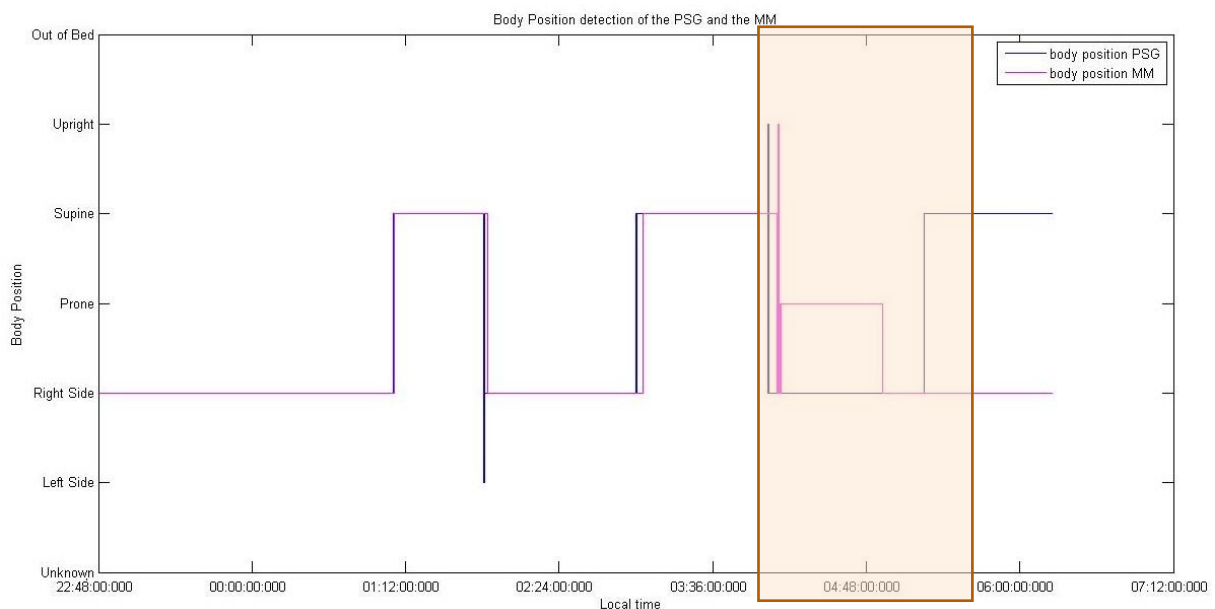
4. Discussie

Dit onderzoek draait om de hoofdvraag 'Is de MM valide voor het meten van houdingen en bewegingen van patiënten gedurende de nacht?'. De gouden standaard in dit onderzoek was de videoregistratie, omdat het echter niet mogelijk was om de gehele nacht de video te analyseren werd de houdingsdetectie van de MM vergeleken met die van de SSP. Op de momenten dat de houdingsdetectie van de MM afweek van die van de SSP werd de videoregistratie gebruikt om te zien welk systeem de juiste houding weergeeft.

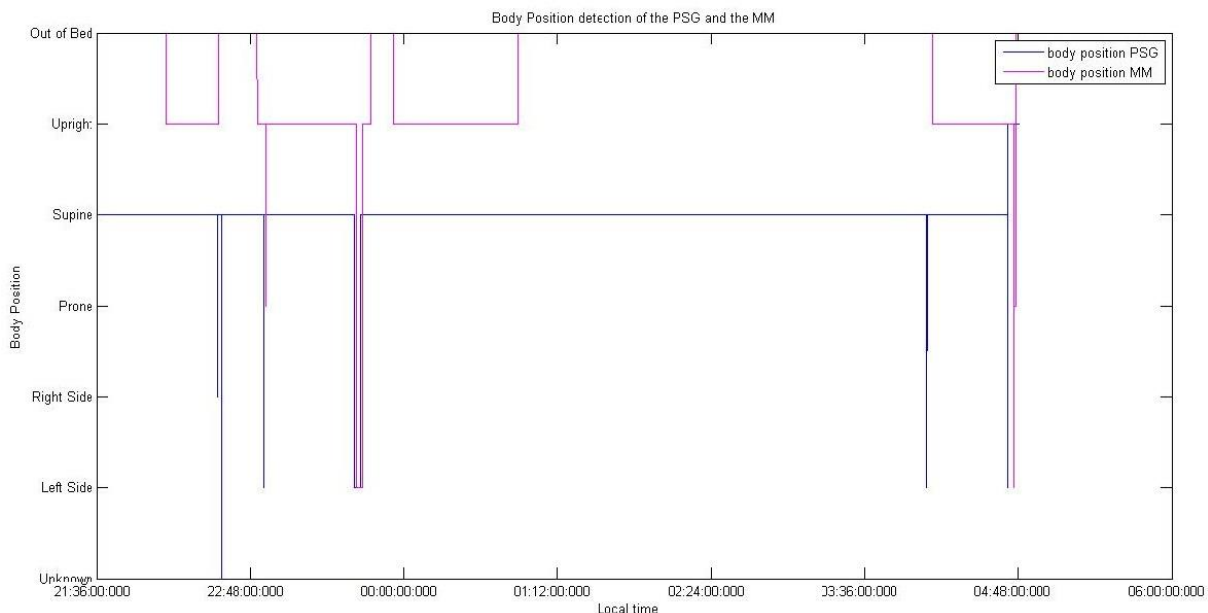
4.1 Interpretatie van de resultaten

4.1.1 De gemeten resultaten

De Cohen's Kappa Coëfficiënt van 0,64 geeft een voldoende tot goede overeenstemming aan tussen de SSP en de MM. Echter werd er een bijna perfecte overeenstemming tussen de MM en de SSP verwacht. Deze werd niet behaald doordat er een aantal verschillen tussen de detectie van de SSP en de detectie van de MM waren. Bij de data van onder andere proefpersoon 002 (afbeelding 8) en proefpersoon 006 (afbeelding 9) zijn deze verschillen goed te zien. Bij proefpersoon wordt er rond 04:00 gedetecteerd de MM *Prone* in plaats van *Side Right*. Bij proefpersoon 006 wordt er veel *Upright* en *Out of Bed* gedetecteerd in plaats van *Supine*. Wanneer er naar de totale tijd gekeken wordt valt dan ook op dat de totale tijd dat *Out of Bed* gedetecteerd wordt, veel langer is dan de houdingen *Prone* en *Upright*. Daarnaast geven de lage PPV, sensitiviteit en F-score aan dat er door de MM de houdingen *Prone* en *Upright* worden gedetecteerd, die niet op hetzelfde moment ook door de SSP gedetecteerd worden. Verschillen tussen de detectie van de MM en de detectie van de SSP worden vooral gevonden in *Out of Bed*, *Prone* en *Upright*.



Afbeelding 8 - De nacht van proefpersoon 002 waarbij de MM verschoven is.



Afbeelding 9 - De nacht van proefpersoon 006 waarbij de MM in een hoek stond.

Dat er bij *Out of Bed* verschillen zouden optreden tussen de detectie van de MM en de detectie van de SSP was niet verassend. Wel verassend is dat *Out of Bed* voor bijna 6 uur door de MM gedetecteerd wordt, in tegenstelling tot de houding *Upright* die nog geen kwartier door de SSP gedetecteerd wordt. In tegenstelling tot *Out of Bed* werd er een veel kleiner verschil verwacht bij de houdingen *Prone* en *Upright*. Bij de proefpersonen waar er verschillen tussen de detectie van de MM en de detectie van de SSP gevonden zijn, is de videoregistratie van die nachten bekeken. De lage PPV, specificiteit en F-score zijn beïnvloed door een verkeerde detectie van de MM en de reden hiervoor was terug te vinden in de videoregistratie.

Volgens de videoregistratie zijn twee verschillende verschuivingen van de MM te zien. Bij proefpersoon 002 is op de video te zien dat rond 04:00 de houding *Upright* wordt aangenomen, waarbij de MM iets naar rechts verschuift op de buik. De MM komt onder de grens van de houding te liggen waardoor deze *Prone* detecteert in plaats van *Side Right*. Bij proefpersoon 006 is er sprake van een verschuiving van de MM naar beneden op de buik. Bij proefpersonen met een laag BMI of een platte buik geeft een dergelijke verschuiving geen verschillen (stageverslag), maar wanneer de proefpersoon over een dikke(re) buik beschikt komt de MM in een schuine hoek te staan. Deze hoek zorgt ervoor dat de houding *Supine* wordt aangezien voor *Upright*. Wanneer er een kleine beweging wordt gemaakt, wordt deze door de MM gedetecteerd als het in en uit bed stappen. De problemen die optraden bij proefpersonen 002 en 006 waren bij 5 van de 14 proefpersonen aanwezig.

4.1.2 Het verhelpen van de verschillen in detectie tussen de SSP en de MM

Versillen tussen de detectie van de MM en de SSP, veroorzaakt doordat de MM verschoven is naar links/rechts over de romp of doordat de MM in een hoek stond kunnen wellicht verholpen worden. De hoekstand van de MM zou verholpen kunnen worden door deze op een recht oppervlak te plaatsen of door gebruik te maken van een correctiefactor. Oorspronkelijk wordt de MM op het sacrum gedragen. Door de MM op het sacrum te plaatsen zit de MM op een stevige ondergrond en een recht vlak. In het vervolg van dit onderzoek is het niet de wens om de MM op de rug te dragen. Eerder is al vermeld dat doordat er al veel apparatuur aan de frontale zijde van het lichaam gedragen wordt, er de angst bestaat dat er een aangeleerd slaappatroon ontstaat wanneer er apparatuur op de dorsale zijde geplaatst wordt. Bij een ambulante toepassing zonder de PSG-apparatuur zou het wel mogelijk zijn om de MM op de rug te dragen. Een andere positie zou het maagkuiltje kunnen zijn. Het maagkuiltje bevindt zich rond de 8^e rib. Echter bevindt zich daar

al de SSP. Het zou wellicht wel mogelijk kunnen zijn om de MM over de SSP te plaatsen. Doordat de SSP rechthoekig is, heeft deze een recht en stevig vlak. Belangrijk is wel dat de MM op de SSP blijft zitten, en niet gaat verschuiven. Daarnaast zou er van een correctiefactor gebruik gemaakt kunnen worden. Echter zou de hoekstand van de MM bekend moeten zijn. In gecontroleerde omstandigheden zou de hoekstand bepaald kunnen worden door de proefpersoon in een bepaalde houding te laten liggen en de houding en het tijdstip te noteren. In een ambulante situatie zal dit misschien niet altijd mogelijk zijn, waardoor er misschien gegokt zal moeten worden wat de positie van de persoon is.

De verschuiving van de MM naar links/rechts op het lichaam is te verklaren doordat op de video te zien was dat de MM soms over loszittende kleding werd gedragen. De kleding zou ervoor gezorgd kunnen hebben dat de MM verschoof over de romp. Door de MM onder de kleding te plaatsen zou dit probleem ook verholpen kunnen worden. Daarnaast geldt dat wanneer de MM op een recht oppervlak geplaatst wordt, er wellicht minder hinder is van een verschuiving van links/rechts dan wanneer de MM op een rond oppervlak zit als bijvoorbeeld de buik.

4.1.3 Resultaten bij een selectie van de metingen

Om te zien wat de correlatie zou worden wanneer bovenstaande problemen verholpen zouden worden is dezelfde statistische analyse over een selectie van de metingen gedaan. De metingen waarbij de MM verschoven is zijn weggelaten. Doordat de *Out of Bed* periode verschillen veroorzaakt in de detectie van de SSP en de MM zijn deze periodes uit de data gehaald. De nieuwe berekende Cohen's Kappa Coëfficiënt wordt dan 0,76, wat geïnterpreteerd wordt als een voldoende tot goede overeenstemming tussen beide systemen. De PPV, NPV, sensitiviteit en F-score stijgen aanzienlijk (tabel 7 en 8). De specificiteit van de MM blijft vrijwel gelijk.

Een overeenstemming tussen de gevonden resultaten en de resultaten van Gloeckl et al⁸ werd verwacht en is gevonden bij de NPV en de specificiteit (tabel 8). De PPV, sensitiviteit en F-score liggen met 7,21%, 9,53% en 9,27% onder de gevonden resultaten van Gloeckl et al⁸ (tabel 8). De PPV wordt beïnvloed doordat de MM een specifieke houding detecteert, die niet op hetzelfde moment door de SSP wordt gedetecteerd. De sensitiviteit wordt juist beïnvloed doordat de SSP een specifieke houding detecteert, die niet op hetzelfde moment door de MM wordt gedetecteerd. Aan de hand van de videoregistratie is het mogelijk om de reden achter de resultaten te vinden. Op plekken waar nog kleine verschillen waren tussen de detectie van de MM en de detectie van de SSP was het te zien dat de SSP af en toe naar links/rechts over de romp verschuift. Echter verschuift de SSP aanzienlijk minder dan de MM en worden er redelijk hoge procentuele waarden van boven de 80% gevonden.

Tabel 7 - De totale tijd, PPV, NPV, sensitiviteit, specificiteit en F-score van de MM per houding en het gewogen gemiddelde bij een selectie alle nachten bij elkaar.

	Left Side	Right Side	Prone	Supine	Upright	Totaal
Totale tijd (h)	14,78	18,41	4,27	26,50	0,14	64,09
PPV (%)	77,93	79,75	98,91	90,99	27,59	85,11
NPV (%)	97,78	97,51	94,74	88,10	99,78	93,52
Sensitiviteit (%)	92,77	94,19	30,79	81,97	3,07	84,40
Specificiteit (%)	92,40	90,48	99,97	94,26	99,98	93,15
F-score	84,71	86,37	46,96	86,25	5,52	83,02

Tabel 8 - Het gewogen gemiddelde van alle metingen, een selectie van de metingen en de resultaten volgens het onderzoek van Gloeckl et al.⁸.

Variabele	Alle metingen	Selectie van de metingen	Volgens Gloeckl et al. ⁸
Totale tijd (h)	106,32	64,09	151,65
PPV (%)	79,87	85,11	92,32
NPV (%)	86,04	93,52	95,06
Sensitiviteit (%)	71,34	84,40	93,93
Specificiteit (%)	93,42	93,15	94,95
F-score	74,54	83,02	92,29

4.2 Aanbevelingen

Door de MM op een andere positie op het lichaam te plaatsen kunnen verschillen tussen de detectie van de MM en de detectie van de SSP grotendeels verholpen worden. De MM zou op het sacrum geplaatst kunnen worden, al is dat niet de wens omdat een ander slaappatroon gecreëerd zou kunnen worden doordat alle apparatuur van SOMNomedics zich al aan de frontale zijde van het lichaam bevindt. Er zou ook gebruik gemaakt kunnen worden van een correctiefactor. Het nadeel van deze methode is dat de begin- en eindpositie van de MM bekend moeten zijn. In een gecontroleerde omgeving is dit na te gaan, in een ambulante omgeving wordt dit al een stuk lastiger en zal er soms naar de houding gegokt moeten worden. De MM zou ook op de SSP geplaatst kunnen worden. Ondanks dat bij de 14 gedane metingen de SSP maar een enkele keer is verschoven, geeft een plaatsing van de MM op de SSP wel een voordeel. Wanneer er een verschuiving optreedt, zullen de MM en de SSP dezelfde houding moeten detecteren wat een positieve invloed zal hebben op de Cohen's Kappa Coëfficiënt, de PPV, sensitiviteit en F-score. Echter is er wel een klein nadeel aan deze positie. Als er een kleine verschuiving optreedt, worden er wellicht foutieve houdingen gemeten wat de MM niet valide maakt voor het meten van de juiste houding tijdens de nacht. Wordt er op de video-analyse gevalideerd, worden de juiste houdingen geobserveerd en kan er met zekerheid een conclusie over de validiteit van de MM gegeven worden.

5. Conclusie

In dit onderzoek is de validiteit van de MM bij houdingen van patiënten met een slaapstoornis met een pilotstudie onderzocht. Door de mate van overeenstemming tussen de MM en de SSP te bepalen is het mogelijk om een conclusie over de validiteit van de MM te geven. Hiervoor is onder andere de Cohen's Kappa Coëfficiënt berekend die uitviel op een waarde van 0,64. Met een waarde van 0,64 wordt de MM niet valide bevonden voor het meten van houdingen tijdens de nacht. Desondanks heeft de MM een hoge specificiteit voor het meten van houdingen, deze ligt tussen de 86,19-99,14%. Dit in tegenstelling tot de sensitiviteit voor het meten van houdingen die tussen de 7,90-71,75% ligt. De MM is erg specifiek maar veel minder sensitief voor het meten van houdingen tijdens de nacht.

De mate van overeenstemming wordt beïnvloed door verschillen tussen de detectie van de MM en de detectie van de SSP. Deze verschillen worden voornamelijk veroorzaakt doordat de MM in een hoekstand staat of over de romp verschuift. Het systeem dat over het algemeen de juiste houding weergeeft is de SSP. Echter verschuift de SSP ook een enkele keer over de romp.

Door te kijken naar een nieuwe methode kan er wellicht een hogere mate van overeenstemming behaald worden waardoor de MM wel als valide bevonden kan worden. De hoekstand van de MM is op te lossen door deze op een recht oppervlak te plaatsen of door gebruik te maken van een correctiefactor. De MM zou op de SSP of op het sacrum geplaatst kunnen worden. Hierbij heeft de plaatsing op de SSP de voorkeur zodat alle apparatuur zich aan de frontale zijde van het lichaam bevindt. Bij plaatsing op de SSP moet voorkomen worden dat de MM van de SSP afschuift en alsnog een verschil veroorzaakt. Daarnaast verschuift de SSP ook een enkele keer over het lichaam. Bij deze plaatsing detecteren de MM en de SSP wel dezelfde positie maar niet de aangenomen houding. Aan de hand van de videoregistratie is het mogelijk deze momenten eruit te halen. Videoregistratie moet als gouden standaard gesteld worden. De SSP kan als eventuele leidraad dienen.

Het doel van de pilotstudie was het geven van een indicatie over de validiteit van de MM voor houdingen tijdens de nacht bij patiënten met een grote variatie in het aantal slaapstoornissen. De gemeten populatiegroep bestaat voornamelijk uit OSAS-patiënten, namelijk 11 van de 14 patiënten hadden deze diagnose. Er is al een eerdere validatiestudie uitgevoerd op OSAS-patiënten⁷. De grote variatie in het aantal slaapstoornissen ontbreekt.

Verder onderzoek met een vernieuwde methode en een grotere populatie met meer variatie in het aantal slaapstoornissen is vereist om een goede conclusie te kunnen geven over de validiteit van de MM voor het meten van houdingen bij alle patiënten met een slaapstoornis.

Bibliografie

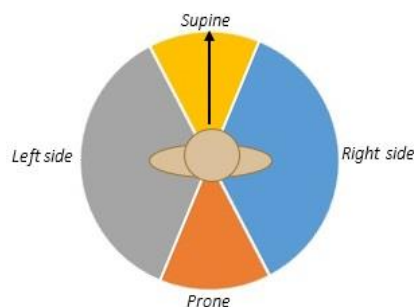
1. Webb WB. *Biological rhythms, sleep, and performance*. John Wiley & Sons; 1982.
2. Åkerstedt T, Knutsson A, Westerholm P, Theorell T, Alfredsson L, Kecklund G. Mental fatigue, work and sleep. *J Psychosom Res*. 2004;57(5):427-433.
3. Omachi TA, Blanc PD, Claman DM, et al. Disturbed sleep among COPD patients is longitudinally associated with mortality and adverse COPD outcomes. *Sleep Med*. 2012;13(5):476-483.
4. Nunes DM, Mota RMS, de Pontes Neto, Osvaldo Leite, Pereira EDB, de Bruin, Veralice Meireles Sales, de Bruin, Pedro Felipe Carvalhedeo. Impaired sleep reduces quality of life in chronic obstructive pulmonary disease. *Lung*. 2009;187(3):159-163.
5. Partinen M. Sleep disorder related to parkinson's disease. *J Neurol*. 1997;244(1):S3-S6.
6. Happe S, Reese JP, Stiasny-Kolster K, et al. Assessing health-related quality of life in patients with restless legs syndrome. *Sleep Med*. 2009;10(3):295-305.
7. 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. *December*. 2010;Perceptual and Motor Skills111(6):936-946.
8. Gloeckl R, Damisch T, Prinzen J, et al. Validation of an activity monitor during sleep in patients with chronic respiratory disorders. *Respiratory Medicine*. 2015(109):286-288.
9. American Sleep Disorders Association. International classification of sleep disorders: Diagnostic and coding manual. revised ed. . 1997.
10. Burgerhout WG, Mook GA, de Morree JJ, Zijlstra WG. Gewaarwording. In: *Fysiologie, leerboek voor de paramedische opleidingen*. ; 2010:185-215.
11. Carskadon MA, Dement WC. Normal human sleep: An overview. *Principles and practice of sleep medicine*. 2011;2:16-25.
12. Morillo DS, Ojeda JLR, Foix LFC, Jiménez AL. An accelerometer-based device for sleep apnea screening. *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*. 2010;14(2):491-499.
13. Guilleminault C, Partinen M, eds. *Obstructive sleep apnea syndrome, clinical diagnosis & treatment*. New York: Raven; 1990.
14. Van Hees V, Slootmaker S, De Groot G, Van Mechelen W, Van Lummel R. Reproducibility of a triaxial seismic accelerometer (DynaPort). *Medicine Science in Sports Exercise*. 2009;41(4):810.
15. Rechtschaffen A, Kales A. A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects. . 1968.
16. AASM. *The AASM standards and guidelines for the practice of sleep medicine*. Darien; 2007.
17. Nederlandse Vereniging van Artsen voor Longziekten en Tuberculose. Diagnostiek en behandeling van het obstructieve slaapapneusyndroom bij volwassenen. . 2009.
18. Moser D, Anderer P, Gruber G, et al. Sleep classification according to AASM and rechtschaffen & kales: Effects on sleep scoring parameters. *Sleep*. 2009;32(2):139-149.

19. Geurts R. *Is het mogelijk om slaap te detecteren met een accelerometer en temperatuursensor?* [Bachelor Internship]. The Hague: The Hague University of Applied Sciences; 2015.
20. Bao S, Howard N, Spielholz P, Silverstein B, Polissar N. Interrater reliability of posture observations. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. 2009.
21. Burt S, Punnett L. Evaluation of interrater reliability for posture observations in a field study. *Appl Ergon*. 1999;30(2):121-135.
22. Berg K. Measuring balance in the elderly: Preliminary development of an instrument. *Physiotherapy Canada*. 1989;41(6):304-311.
23. Kemp B, Roessen M. European data format. <http://www.edfplus.info/>. Updated 2015. Accessed March/20, 2015.
24. Viera AJ, Garret JM. Understanding interobserver agreement: The kappa statistic. *Family Medicine*. 2005;37(5):360-363.
25. Cohen J. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*. 1960;20:37-46.
26. Shambroom JR, Fábregas SE, Johnstone J. Validation of an automated wireless system to monitor sleep in healthy adults. *Journal of sleep research*. 2012;2:221-230.

Appendices

Appendix I. De *Sleep Movements* module

De module *Sleep Movements* is een algoritme ontwikkelt door McRoberts BV.. Aan de hand van dit algoritme worden verscheidene parameters berekend (tabel 9). Dit onderzoek richt zich op de parameters *Out of Bed*, *Postures*, *Movement Time* en *Transitions*. De gedetecteerde houdingen worden onderverdeeld in bepaalde gebieden. Het gebied van ruglig (*Supine*) houdt in dat wanneer iemand voor 25 graden roteert, er zijlig gedetecteerd zal worden (afbeelding 10 & tabel 9).



Afbeelding 10 - De verdeling van de houdingen, gezien vanaf de craniale positie van de persoon.

Tabel 9 - De parameters die gemeten worden in de module *Sleep Movements*.

Parameter	Definitie
Night's rest detection	Alle periodes van liggen langer dan 3 uur met een maximale onderbreking van 15 minuten. Tevens wordt er berekend wanneer iemand in en uit bed stapt.
Going out of bed	De periode waarin iemand uit bed stapt.
Postures	De houdingen die iemand tijdens de nacht aanneemt, onderverdeeld in: - Left side (een gedeelte van 130 graden) - Right side (een gedeelte van 130 graden) - Prone (een gedeelte van 50 graden) - Supine (een gedeelte van 50 graden) - Upright (een verandering ≥ 30 graden van liggen naar zitten)
Movement time	Het percentage van de tijd waarin bewogen is.
Movement intensity	De bewegingsintensiteit waarmee bewogen is.
Transitions	Bij een rotatie ≥ 10 graden wordt er een transitie gemeten, onderverdeeld in: - Small shifts (rotatie van 10-40 graden) - Medium shifts (rotatie van 40-80 graden) - Large shifts (rotatie van 80-120 graden) - Extra large shifts (rotatie van >120 graden) - Sitting transition (een verandering van ≥ 30 graden van liggen naar zitten of van zitten naar liggen)

Appendix II. Het meetprotocol

II.I Voorbereidingen

II.I.I Algemene procedure

Patiënten met een afspraak voor een nachtopname zijn door het slaaplaboratorium benaderd voor deelname aan het onderzoek. Bij instemming zal de patiënt slapen met een volledige PSG waarbij in additie de DynaPort MoveMonitor onder de buik gedragen wordt. De gehele nacht is er een opname met een infrarood videocamera van de proefpersoon gemaakt. De houdingen die gedetecteerd zijn door de MM worden vergeleken met die gedetecteerd door de PSG. Daarnaast worden de detectie van de MM en de detectie van de PSG vergeleken met 10% van de videoregistratie.

De metingen zullen worden uitgevoerd in mei en juni 2015 in het slaaplaboratorium van het Medisch Centrum Haaglanden, locatie Westeinde.

II.I.II Benodigdheden

- DynaPort MoveMonitor
- SOMNOscreen Plus
- Infrarood videocamera
- Elastische banden behorend tot de DynaPort MoveMonitor
- Statief of ophangmechanisme voor de infrarood videocamera.
- Bed
- Laptop
- DynaPort Manager
- European Data Format (versie EDF+ in Polyman)
- Polyman
- Matlab (versie R2010 a)
- Statistical Package for the Social Sciences (versie IBM SPSS Statistics versie 23.0)

II.I.III Uitkomstmaten

Tabel 10 - Uitkomstmaten van de meting.

Houding	Definitie
Left side	Een gedeelte van 90 graden.
Right side	Een gedeelte van 90 graden.
Prone	Een gedeelte van 90 graden.
Supine	Een gedeelte van 90 graden.
Upright	Een verandering van ≥ 45 graden van liggen naar zitten.
Out of bed	De periode waarin iemand het bed verlaat.

II.I.IV Instellingen

Er wordt gezorgd dat de DynaPort MoveMonitor voldoende is opgeladen om een hele nacht te kunnen meten. De DynaPort MoveMonitor wordt via www.mcroberts.nl/mymcroberts ingesteld op de patiëntgegevens van de proefpersoon en de begin- en eindtijd van de meting. Onder de patiëntgegevens vallen het patiëntnummer, lengte, gewicht en geboortedatum.

De laboranten zullen de SOMNOscreen Plus opstarten en instellen aan de hand van de patiëntgegevens en de AASM richtlijnen.

De infrarood videocamera wordt aan de voorzijde van het bed geplaatst. Zodanig dat het gehele bed in beeld te zien is. De plaatsing van de infrarood videocamera kan gebeuren aan de hand van een statief, in enkele gevallen zal de infrarood videocamera bevestigd zijn aan de muur of het plafond.

II.I.V Synchronisatie

De synchronisatie van de systemen wordt gedaan door tegelijkertijd de markerbutton van de SOMNOscreen Plus in te drukken en een tik te geven op de DynaPort MoveMonitor. Deze bestaat uit een aantal stappen:

- De SOMNOscreen Plus en DynaPort MoveMonitor naast elkaar op tafel leggen, en voor minstens 10 seconden laten liggen.
- Tegelijkertijd de markerbutton induwen en een tik op de DynaPort MoveMonitor geven.
- ± 10 seconden wachten.
- Tegelijkertijd de markerbutton induwen en een tik op de DynaPort MoveMonitor geven.
- ± 10 seconden wachten.
- Tegelijkertijd de markerbutton induwen en een tik op de DynaPort MoveMonitor geven.
- ± 10 seconden wachten.

De synchronisatie van de infrarood videocamera en de SOMNOscreen Plus verlopen automatisch als de SOMNOscreen Plus gestart wordt. Bij een synchronisatie van de DynaPort MoveMonitor met de SOMNOscreen Plus zijn alle apparatuur met elkaar gesynchroniseerd.

II.II Meting

Na de synchronisatie van de meetsystemen kunnen de SOMNOscreen Plus en de DynaPort MoveMonitor bevestigd worden. De SOMNOscreen Plus zal op de normale plek van het lichaam gedragen worden, en de DynaPort MoveMonitor zal onder de buik gedragen worden. Van belang is wel dat de DynaPort MoveMonitor onder loszittende kleding zit, maar over het ondergoed in verband met de hygiëne. De meting vervolgt als een gewone nachtopname in het slaaplaboratorium waarbij de laboranten verantwoordelijk zijn voor het vervolg. In de ochtend zal de SOMNOscreen Plus gestopt worden door de laboranten, waar de DynaPort MoveMonitor op de voorgeprogrammeerde tijd zal stoppen.

II.III Dataverwerking

De data van de SOMNOscreen Plus wordt geopend in het European Data Format en verwerkt in Polyman. De data van de DynaPort MoveMonitor wordt in Matlab verwerkt met een algoritme geschreven door McRoberts BV.. Beide analyses worden vervolgens in een in Matlab geschreven programma geopend. Aan de hand hiervan kunnen verschillen in de analyses gevonden worden. Deze verschillen worden vervolgens terug gezocht op de videoregistratie om te zien welk meetsysteem de juiste houding aangeeft. In dit programma worden de verscheidene transities berekend.

II.IV Statistiek

Alle gemeten houdingen en transities door de DynaPort MoveMonitor en de SOMNOscreen Plus worden geëxporteerd naar SPSS. Over de gehele nacht wordt de Cohen's Kappa Coëfficiënt uitgerekend. Per houding wordt de totale tijd, positive predictive value, negative predictive value, sensitiviteit, specificiteit en de F-score berekend.

Appendix III. De meetgegevens

Tabel 11 - Gegevens van de gemeten proefpersonen.

Code	Geslacht (m/v)	Leeftijd (jaren)	Lengte (cm)	Gewicht (kg)	BMI	Slaap stoornis	Duur (h)
001	v	38	158	75	30,0	OSAS	8,14
002	m	34	168	71	25,2	CSAS	6,90
003	m	56	167	82	29,4	OSAS	7,37
004	m	61	184	180	53,2	OSAS	7,86
006	m	33	Unknown	Unknown	-	OSAS	6,67
008	m	13	165	55	20,1	Headrolling	7,72
009	m	62	172	115	38,9	OSAS	7,00
010	m	47	181	110	33,6	OSAS	7,45
012	v	60	176	88	28,4	OSAS	7,12
013	m	18	Unknown	Unknown	-	Narcolepsie/ parasomnie	6,92
014	v	73	166	72	26,1	OSAS	6,35
016	m	62	170	89	30,8	OSAS	6,89
017	m	71	161	65	25,1	OSAS	6,97
018	m	58	Unknown	Unknown	-	OSAS	7,05
Gemiddeld	3 vrouwen 11 mannen	49 (13≤sd ≤71)	169,8 (158≤sd≤1 84)	106,5 (55≤sd≤180)	31,0 (20,1≤sd ≤53,2)	1 CSAS 1 Headrolling 1 Narcolepsie/ parasomnie 11 OSAS	7,2 (6,35≤sd ≤8,14)

Appendix IV. De meetresultaten

Appendix IV.I Cohen's Kappa Coëfficiënt

Tabel 12 - De Cohen's Kappa Coëfficiënt per proefpersoon.

Code	Cohen's Kappa Coëfficiënt	Interpretatie
001	0,72	Voldoende tot goed
002	0,47	Redelijk
003	0,68	Voldoende tot goed
004	0,96	Bijna perfect
006	0,01	Gering
008	0,10	Gering
009	0,92	Bijna perfect
010	0,95	Bijna perfect
012	0,57	Redelijk
013	0,56	Redelijk
014	0,29	Matig
016	0,82	Bijna perfect
017	0,70	Voldoende tot goed
018	0,00	Gering
Over alle nachten	0,64	3 x gering 1 x matig 3 x redelijk 3x voldoende tot goed 4 x bijna perfect

Appendix IV.II De PPV, NPV, sensitiviteit, specificiteit en de F-score van alle proefpersonen per houding

Tabel 13 - PPV, NPV, sensitiviteit, specificiteit en de F-score van de houding Left Side. Sens=sensitiviteit, spec=specificiteit.

Code	TP	FP	TN	FN	PPV (%)	NPV (%)	Sens (%)	Spec (%)	Fscore	Tijd (h)
001	4	172	29128	0	2,27	100	100	99,41	4,44	0,00
002	0	0	12418	2		99,98	0	100		0,00
003	6028	128	18788	1588	97,92	92,21	79,15	99,32	87,54	4,23
004	20	8	13969	151	71,43	98,93	11,70	99,94	20,10	0,10
006	48	31	11891	36	60,76	99,70	57,14	99,74	58,90	0,05
008	808	195	12404	490	80,56	96,20	62,25	98,45	70,23	0,72
009	4250	84	8191	75	98,06	99,09	98,27	98,98	98,16	2,40
010	3658	10	9662	80	99,73	99,18	97,86	99,90	98,78	2,08
012	1730	797	9675	614	68,46	94,03	73,81	92,39	71,03	1,30
013	529	700	11191	36	43,04	99,68	93,63	94,11	58,97	0,31
014	2511	3545	5275	39	41,46	99,27	98,47	59,81	58,35	1,42
016	2385	120	9599	298	95,21	96,99	88,89	98,77	91,94	1,49
017	8152	1521	2824	49	84,28	98,29	99,40	64,99	91,22	4,56
018	0	0	12683	1		99,99	0	100		0,00
Alle nachten	27166	7247	158272	2690	78,94	98,33	90,99	95,62	84,54	18,66

Tabel 14 - PPV, NPV, sensitiviteit, specificiteit en de F-score van de houding Right Side. Sens=sensitiviteit, spec=specificiteit.

Code	TP	FP	TN	FN	PPV (%)	NPV (%)	Sens (%)	Spec (%)	Fscore	Tijd (h)
001	13235	301	12093	3675	97,78	76,69	78,27	97,57	86,94	4,70
002	6348	1767	2810	1495	78,23	65,27	80,94	61,39	79,56	4
003	7962	3708	14622	240	68,23	98,39	97,07	79,77	80,13	4,56
004	8524	93	5432	99	98,92	98,21	98,85	98,32	98,89	4,79
006	0	0	12002	4		99,97	0	100		0,00
008	0	2	13894	1	0	99,99	0	99,99		0,00
009	7034	79	5326	161	98,89	97,07	97,76	98,54	98,32	4,00
010	5248	123	7909	130	97,71	98,38	97,58	98,47	97,65	2,99
012	2321	719	8536	1240	76,35	87,32	65,18	92,23	70,32	1,98
013	3379	3007	5937	133	52,91	97,81	96,21	66,38	68,28	1,95
014	190	1971	8984	225	8,79	97,56	45,78	82,01	14,75	0,23
016	0	28	12286	88	0	99,29	0	99,77		0,049
017	0	0	12546	0		100		100		0
018	0	5	12677	2	0	99,98	0	99,96		0,00
Alle nachten	50268	9957	127777	7373	83,47	94,54	87,21	92,77	85,30	29,60

Tabel 15 - PPV, NPV, sensitiviteit, specificiteit en de F-score van de houding Prone. Sens=sensitiviteit, spec=specificiteit.

Code	TP	FP	TN	FN	PPV (%)	NPV (%)	Sens (%)	Spec (%)	Fscore	Tijd (h)
001	0	0	29304	0		100		100		0
002	0	1322	11096	2	0	99,8	0	89,35		0,00
003	0	0	26532	0		100		100		0
004	0	0	14148	0		100		100		0
006	0	35	11971	0	0	100		99,71		0
008	0	0	13897	0		100		100		0
009	0	0	12443	157		98,75	0	100		0,09
010	0	0	13410	0		100		100		0
012	0	0	11913	903		92,95	0	100		0,50
013	2622	29	6895	2910	98,91	70,32	47,40	99,58	64,08	3
014	0	0	9413	1957		82,79	0	100		1,09
016	0	92	12307	3	0	99,98	0	99,26		0,00
017	0	0	12546	0		100		100		0
018	0	0	12684	0		100		100		0
Alle nachten	2622	1478	185343	5932	63,95	96,90	30,65	99,21	41,44	4,75

Tabel 16 - PPV, NPV, sensitiviteit, specificiteit en de F-score van de houding Supine. Sens=sensitiviteit, spec=specificiteit.

Code	TP	FP	TN	FN	PPV (%)	NPV (%)	Sens (%)	Spec (%)	Fscore	Tijd (h)
001	11917	3675	13239	473	76,43	96,55	96,18	78,27	85,18	3,44
002	2804	163	7686	1767	94,51	81,31	61,34	97,92	74,40	2,54
003	6876	1830	13990	3836	78,98	78,48	64,19	88,43	70,82	5,95
004	5297	206	8602	43	96,26	99,50	99,19	97,66	97,70	2,97
006	0	0	233	11773		1,94	0	100		6,54
008	3867	214	1296	8520	94,76	13,20	31,22	85,83	46,96	7
009	745	289	11481	85	72,05	99,27	89,76	97,54	79,94	0,46
010	4079	185	9023	123	95,66	98,66	97,07	97,99	96,36	2,33
012	5104	1795	5414	503	73,98	91,50	91,03	75,10	81,62	3,115
013	1936	124	9568	828	93,98	92,04	70,04	98,72	80,27	1,54
014	2861	292	4630	3587	90,74	56,35	44,37	94,07	59,60	3,58
016	9171	113	2666	452	98,78	85,50	95,30	95,93	97,01	5
017	2810	63	8152	1521	97,81	84,28	64,88	99,23	78,012	2,41
018	12676	3	0	5	99,98	0	99,96	0	99,97	7,05
Alle nachten	66653	8062	89050	31610	89,21	73,80	67,83	91,70	77,07	54,15

Tabel 17 - PPV, NPV, sensitiviteit, specificiteit en de F-score van de houding Upright. Sens=sensitiviteit, spec=specificiteit.

Code	TP	FP	TN	FN	PPV (%)	NPV (%)	Sens (%)	Spec (%)	Fscore	Tijd (h)
001	0	0	29304	0		100		100		0
002	0	16	12402	2	0	99,98	0	99,87		0,00
003	0	0	26532	0		100		100		0
004	0	0	14148	0		100		100		0
006	80	4652	7210	64	1,69	99,12	55,56	60,78	3,28	0,08
008	112	5878	7808	99	1,87	98,75	53,08	57,05	3,61	0,12
009	0	0	12507	93		99,26	0	100		0,05
010	8	5	13313	84	61,54	99,37	8,70	99,96	15,24	0,05
012	0	16	12399	401	0	96,87	0	99,87		0,22
013	0	0	12373	83		99,33	0	100		0,05
014	0	0	11370	0		100		100		0
016	1	492	11905	4	0,20	99,97	20	96,03	0,40	0,00
017	0	0	12532	14		99,89	0	100		0,01
018	0	0	12684	0		100		100		0
Alle nachten	201	11063	183267	844	1,78	99,54	19,23	94,31	3,27	0,58

Tabel 18 - PPV, NPV, sensitiviteit, specificiteit en de F-score van Out of Bed. Sens=sensitiviteit, spec=specificiteit.

Code	TP	FP	TN	FN	PPV (%)	NPV (%)	Sens (%)	Spec (%)	Fscore	Tijd (h)
001	0	0	29304	0		100		100		0
002	0	0	12420	0		100		100		0
003	0	0	26532	0		100		100		0
004	0	0	14148	0		100		100		0
006	0	7160	4846	0	0	100		40,36		3,98
008	0	2821	11076	0	0	100		79,70		1,57
009	0	119	12481	0	0	100		99,6		0,07
010	0	94	13316	0	0	100		99,30		0,05
012	0	334	12482	0	0	100		97,39		0,19
013	0	130	12326	0	0	100		98,96		0,07
014	0	0	11370	0		100		100		0
016	0	0	12402	0		100		100		0
017	0	0	12546	0		100		100		0
018	0	0	12684	0		100		100		0
Alle nachten	0	10658	184717	0	0	100		94,55		5,92

Appendix IV.III De Cohen's Kappa Coëfficiënt bij een selectie van de metingen

Tabel 19 - De Cohen's Kappa Coëfficiënt en de bijbehorende interpretatie.

Code	Cohen's Kappa Coëfficiënt	Interpretatie
003	0,68	Voldoende tot goed
004	0,96	Bijna perfect
009	0,92	Bijna perfect
010	0,95	Bijna perfect
012	0,57	Redelijk
013	0,56	Redelijk
014	0,29	Matig
017	0,70	Voldoende tot goed
018	0,0	Gering
Over alle nachten	0.76	1 Gering 1 Matig 2 Redelijk 2 Voldoende tot goed 3 Bijna perfect

Appendix III.IV De PPV, NPV, sensitiviteit, specificiteit en de F-score bij een selectie van de metingen

Tabel 20 - PPV, NPV, sensitiviteit, specificiteit en de F-score bij de houding Left Side. Sens=sensitiviteit, spec=specificiteit.

Code	TP	FP	TN	FN	PPV (%)	NPV (%)	Sens (%)	Spec (%)	Fscore	Tijd (h)
003	6028	128	18788	1588	97,92	92,21	79,15	99,32	87,54	4,23
004	20	8	13969	151	71,43	98,93	11,70	99,94	20,10	0,10
009	4250	84	8080	67	98,06	99,18	98,45	98,97	98,25	2,40
010	3658	10	9568	80	99,73	99,17	97,86	99,90	98,78	2,08
012	1730	797	9359	596	68,46	94,01	74,38	92,15	71,30	1,29
013	529	700	11061	36	43,04	99,68	93,63	94,05	58,97	0,31
014	2511	3545	5275	39	41,46	99,27	98,47	59,81	58,35	1,42
017	8152	1521	2824	49	84,28	98,29	99,40	64,99	91,22	4,56
018	0	0	12683	1		99,99	0	100		0,00
Alle nachten	23889	6764	82142	1862	77,93	97,78	92,77	92,40	84,71	14,78

Tabel 21 - PPV, NPV, sensitiviteit, specificiteit en de F-score bij de houding Right Side. Sens=sensitiviteit, spec=specificiteit.

Code	TP	FP	TN	FN	PPV (%)	NPV (%)	Sens (%)	Spec (%)	Fscore	Tijd (h)
003	7962	3708	14622	240	68,23	98,39	97,07	79,77	80,13	4,56
004	8524	93	5432	99	98,92	98,21	98,85	98,32	9	4,796
009	7034	79	5208	160	98,89	97,02	97,78	98,51	98,33	4,0
010	5248	123	7815	130	97,71	98,36	97,58	98,45	97,65	2,99
012	2321	719	8299	1143	76,35	87,89	67,00	92,03	71,37	1,92
013	3379	3007	5856	84	52,91	98,59	97,57	66,07	68,62	1,92
014	190	1971	8984	225	8,79	97,56	45,78	82,01	14,75	0,23
017	0	0	12546	0		100		100		0
018	0	5	12677	2	0	99,98	0	99,96		0,00
Alle nachten	30751	7810	74199	1897	79,75	97,51	94,19	90,48	86,37	18,41

Tabel 22 - PPV, NPV, sensitiviteit, specificiteit en de F-score bij de houding Prone. Sens=sensitiviteit, spec=specificiteit.

Code	TP	FP	TN	FN	PPV (%)	NPV (%)	Sens (%)	Spec (%)	Fscore	Tijd (h)
003	0	0	26532	0		100		100		0
004	0	0	14148	0		100		100		0
009	0	0	12344	137		98,90	0	100		0,08
010	0	0	13316	0		100		100		0
012	0	0	11585	897		92,81	0	100		0,50
013	2622	29	6772	2903	98,91	69,99	47,45701	99,57	64,14	3,07
014	0	0	9413	1957		82,79	0	100		1,09
017	0	0	12546	0		100		100		0
018	0	0	12684	0		100		100		0
Alle nachten	2622	29	106112	5894	98,91	94,74	30,79	99,97	46,96	4,27

Tabel 23 - PPV, NPV, sensitiviteit, specificiteit en de F-score bij de houding Supine. Sens=sensitiviteit, spec=specificiteit.

Code	TP	FP	TN	FN	PPV (%)	NPV (%)	Sens (%)	Spec (%)	Fscore	Tijd (h)
003	6876	1830	13990	3836	78,98	78,48	64,19	88,43	70,82	5,95
004	5297	206	8602	43	96,26	99,50	99,19	97,66	97,70	2,97
009	745	289	11367	80	72,05	99,30	90,30	97,52	80,15	0,46
010	4079	185	8951	101	95,66	98,88	97,58	97,98	96,61	2,32
012	5104	1795	5102	481	73,98	91,38	91,39	73,97	81,77	3,10
013	1936	124	9438	828	93,98	91,93	70,04	98,70	80,27	1,54
014	2861	292	4630	3587	90,74	56,35	44,37	94,07	59,60	3,58
017	2810	63	8152	1521	97,81	84,28	64,88	99,23	78,01	2,41
018	12676	3	0	5	99,98	0	99,96	0	99,97	7,05
Alle nachten	38909	3854	63337	8557	90,99	88,10	81,97	94,26	86,25	26,50

Tabel 24 - PPV, NPV, sensitiviteit, specificiteit en de F-score bij de houding Upright. Sens=sensitiviteit, spec=specificiteit.

Code	TP	FP	TN	FN	PPV (%)	NPV (%)	Sens (%)	Spec (%)	Fscore	Tijd (h)
003	0	0	26532	0		100		100		0
004	0	0	14148	0		100		100		0
009	0	0	12473	8		99,94	0	100		0
010	8	5	13291	12	61,54	99,91	40	99,96	48,48	8
012	0	16	12256	210	0	98,32	0	99,87		0
013	0	0	12317	9		99,93	0	100		0
014	0	0	11370	0		100		100		0
017	0	0	12532	14		99,89	0	100		0
018	0	0	12684	0		100		100		0
Alle nachten	8	21	114375	253	27,59	99,78	3,07	99,98	5,52	0,14

Appendix V. Matlab scripts

Appendix V.I Synchronisatie, dataverwerking en opslag

```
clear all
close all

addpath(genpath([pwd, 'Afstuderen\matlab']));
addpath(genpath([pwd, 'Afstuderen\matlab\dataRead']));

%% MANUAL INPUT
starttime=datetime(2015,05,27,22,52,00); %Starttime of measurement. See EDF
Format (Y,M,D,H,M,S)
% finish=datetime(2015,05,21,06,36,00); %End time. See EDF Format

marker1=datetime(2015,05,27,22,57,36); %Patient Annotation Marker.
marker2=datetime(2015,05,27,22,57,45); %Patient Annotation Marker.
marker3=datetime(2015,05,27,22,57,53); %Patient Annotation Marker.

Inbed=datetime(2015,05,27,23,20,13); %Annotations in EDF format
Outbed=datetime(2015,05,28,06,23,00); %Annotations in EDF format

%Stepsize needed for statistics. PSG=4Hz MM=100Hz
StepsizePSG=8;
StepsizeMM=200;

%Night's duration
DOMnight=(Outbed-Inbed)*24; disp(num2str(DOMnight)); %Night duration in
hours

%Excelfile
ExcelFile='D:\School\Jaar 4\Afstuderen\metingen\tm 018\per
persoon\resultatenpp18.xlsx';
ExcelFile2='F:\statistische procenten.xlsx';
sheetNames='Results';

%% Raw MM data
% sig = OMX_readFile('F:\DATA012 postit.OMX','modality',[1 0 0]);
% figure;
% plot(sig.ACC(:,1),sig.ACC(:,2:4));
% title 'Acceleration';
% ylabel ('Acceleration in m/s^2');
% xlabel ('Local time');
% datetick('x','HH:MM:SS:FFF','keepticks')

%% DATA
% Load PSG data
[FILE,PATH] = uigetfile('F:\*.EDF');
PSGdata = fullfile(PATH,FILE);
[hdr,record]=edfread(PSGdata);
% [hdr,record] = edfread('F:\NL-MCH 001 20-MAY-2015 22h07m00s KPSG.EDF');

% Load MM data
[FILE,PATH] = uigetfile('F:\*.OMX');
MMdata = fullfile(PATH,FILE);
sig=OMX_readFile(MMdata,'modality',[1 0 0]);
% sig = OMX_readFile('F:\DATA002.OMX','modality',[1 0 0]);

% Plot raw MM accelerometry signal
```

```

fig1=figure('menubar','none','units','normalized','outerposition',[0 0 1
1]); % full-screen figure
figure;
plot(sig.ACC(:,1), sig.ACC(:,2:4));
title 'Acceleration';
ylabel ('Acceleration in m/s^2'); xlabel ('Local time (in h, min, sec,
milisec)'); datetick('x','HH:MM:SS:FFF','keepticks')

range=ginput(2); %Select a time period from left to right!!!!
xlim([range(1,1) range(2,1)]);

coor=ginput(3);
% peak1=ginput(1); %for person 004

% %Location of the peaks of the MM corresponding to the patient markers of
%the PSG data
peak1=datestr(coor(1,1));
peak2=datestr(coor(2,1));
peak3=datestr(coor(3,1));

% %Calculating the difference between the PSG and MM
diffmark1=coor(1,1)-marker1;
diffmark2=coor(2,1)-marker2;
diffmark3=coor(3,1)-marker3;

% Mean Patient Marker Annotation in PSG-signal and mean peak in MM signal
marker=(marker1+marker2+marker3)/3;
peak=(coor(1,1)+coor(2,1)+coor(3,1))/3;
diffmark=peak-marker; %difference in timestamps between the data

% diffmark=peak1(1,1)-marker1; %for person 004
% diffmark=peak-marker1; %for person 005

%% MM posture data
[FILE,PATH] = uigetfile('F:\*.mat');
MMPosVec = fullfile(PATH,FILE);
MM=load(MMPosVec);
MM=MM.totalPostureVec;

% MM=load('F:\002_2015-05-21.mat');

figure;
plot(MM(:,2),MM(:,1));
title('Posture vector MM');
xlabel('Local time'); ylabel('Calculated postures');
datetick('x','HH:MM:SS:FFF','keepticks');

%Definining postures
% Left side=1
% Right side=2
% Prone=3
% Supine=4
% Upright=5
% Out of bed=6
MM(MM(:,1)==20)=1; %Side left
MM(MM(:,1)==21)=2; %Side right
MM(MM(:,1)==22)=3; %Prone
MM(MM(:,1)==23)=4; %Supine
MM(MM(:,1)==24)=5; %Upright

```

```

MM(MM(:,1)==25)=6; %Out of bed

%Transitioning and mirroring the accelerometry signal of the MM
% startacc=round((peak-sig.ACC(1,1))*24*60*60*100);
% finishacc=round((Outbed-diffmark-sig.ACC(1,1))*24*60*60*100);
% sig.ACC=sig.ACC(startacc:finishacc,1:4);

MM(:,2)=MM(:,2)+diffmark; %shifting the timestamps. Synchronised with PSG.
MM=MM(((round((Inbed-MM(1,2))*24*60*60*100)):round((Outbed-
MM(1,2))*24*60*60*100))),1:2); %cutting data.
% MM=MM(((round((peak-MM(1,2))*24*60*60*100)):round((Outbed-
MM(1,2))*24*60*60*100))),1:2); %cutting data for person 005

% %Use only as a review for correcting the data
% Timeshift=60; %input in seconds
% MM=MM(((round((Inbed-
MM(1,2))*24*60*60*100)+(Timeshift*100)):round((Outbed-
MM(1,2))*24*60*60*100)+(Timeshift*100))),1:2);

% sig.ACC(:,[2 4])=sig.ACC(:,[2 4]).*(-1); %Mirroring the data. Adjusting
it to the position of the MM on the body.
fig2=figure('menubar','none','units','normalized','outerposition',[0 0 1
1]); % full-screen figure
plot(MM(:,2),MM(:,1));
datetick('x','HH:MM:SS:FFF','keepticks');
title('Acceleration signal with shifted time');
ylabel ('Acceleration in m/s^2');
xlabel ('Local tim (in h, min, sec, milisec)');

%% Body position PSG

% start=(round((marker-starttime).*24.*60.*60.*4));
% finish=(round((finish-starttime).*24.*60.*60.*4));
% sig.PSG=sig.PSG(start:finish);
sig.PSG=record(23,:);
sig.PSG=sig.PSG((round((Inbed-starttime).*24.*60.*60.*4)):round((Outbed-
starttime).*24.*60.*60.*4)));
% sig.PSG=sig.PSG((round((marker1-
starttime).*24.*60.*60.*4)):round((Outbed-
starttime).*24.*60.*60.*4)));%cutting data for person 005

figure;
plot(sig.PSG);
xlabel ('Samples');
ylabel ('Digital range');
title('Body position signal polysomnography');

figure(3);
title('Rough signals');
subplot(211);
plot(sig.ACC(:,2:4));
title('MM+ acceleration signal');
ylabel ('Acceleration in m/s^2');
xlabel('Samples (in 100 Hz)');
subplot(212);
plot(sig.PSG);
title('PSG body position signal');
ylabel('Digital range');
xlabel('Samples (in 4 Hz)');

```

```

%% Determining the postures of the PSG.
%calculating postures
i=sig.PSG(:,1);

i(sig.PSG(:,1)>=6.00 & sig.PSG(:,1)<=6.50)=0; %unknown
i(sig.PSG(:,1)>=3.15 & sig.PSG(:,1)<=3.20)=1; %Side left
i(sig.PSG(:,1)>=4.85 & sig.PSG(:,1)<=4.90)=2; %Side right
i(sig.PSG(:,1)>=0.0 & sig.PSG(:,1)<=0.01)=3; %Prone
i(sig.PSG(:,1)>=7.20 & sig.PSG(:,1)<=7.35)=4; %Supine
i(sig.PSG(:,1)>=1.45 & sig.PSG(:,1)<=1.50)=5; %Upright

sig.PSG(:,2)=i;

figure;
subplot(211);
plot(MM(:,1)); title('body position numbers MM');
subplot(212);
plot(sig.PSG(:,2)); title('body position numbers PSG');

% taking datapoints after 8 samples (PSG) and 200 (MM). Saving in variable
data. PSG and MM data are 2 seconds
MMdata=MM(:,1);
tjtd=MM(:,2);
data(:,1)=i(1:StepsizePSG:end);
data(:,2)=MMdata(1:StepsizeMM:end);
data(:,3)=tjtd(1:StepsizeMM:end);

bodyposition=[0 1 2 3 4 5 6];
f=figure;
plot(data(:,3),data(:,1)); hold on;
plot(data(:,3),data(:,2), 'm');
bar(bodyposition);
set(gca,'YTickLabel',{'Unknown','Left Side', 'Right Side', 'Prone',
'Supine', 'Upright', 'Out of Bed'});
datetick('x','HH:MM:SS:FFF','keepticks');
xlabel('Local time');
ylabel('body position');
legend('body position PSG', 'body position MM');

%% saving PSG and MM overnight data in excel
[~,~,Raw]=xlsread(ExcelFile); if ~iscell(Raw);Raw=Raw( ~isnan(Raw));end
index=size(Raw,1)+1;

xlswrite(ExcelFile,data(:,1),sheetNames,['A' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,data(:,2),sheetNames,['B' num2str(index)]);
disp('Data is saved in Excel-file named Resultaten');

```

Appendix V.II Berekening van de PPV, NPV, sensitiviteit, specificiteit en F-score

Statistics

clear all

close all

```
[FILE,PATH] = uigetfile('D:\School\Jaar 4\Afstuderen\metingen\tm 018\per  
persoon\*.xlsx');
```

```
Data = fullfile(PATH,FILE);
```

```
data=xlsread(Data);
```

```
ExcelFile='D:\School\Jaar 4\Afstuderen\metingen\tm 018\statistics2.xlsx';
```

```
data(data(:,1)~=6 & data(:,2)==6)=NaN; %When selected measurements
```

```
data=data(:,1:2);
```

%% Left side

```
SL=data(:,1:2);
```

```
SL(SL(:,1:2)>=1.5 & SL(:,1:2)<=6.5)=0;
```

```
SLTP=sum(SL(:,1)==1 & SL(:,2)==1);
```

```
SLFP=sum(SL(:,1)==0 & SL(:,2)==1);
```

```
SLTN=sum(SL(:,1)==0 & SL(:,2)==0);
```

```
SLFN=sum(SL(:,1)==1 & SL(:,2)==0);
```

```
SLPPV=SLTP/(SLTP+SLFP)*100;
```

```
SLNPV=SLTN/(SLTN+SLFN)*100;
```

```
SLsens=SLTP/(SLTP+SLFN)*100;
```

```
SLspec=SLTN/(SLTN+SLFP)*100;
```

```
SLFscore=2*((SLPPV*SLsens)/(SLPPV+SLsens));
```

```
Duration1=(sum(SL(:,1)==1))*2/60/60;
```

%saving the data

```
sheetNames='Side Left';
```

```
[~,~,Raw]=xlsread(ExcelFile); if ~iscell(Raw);Raw=Raw(~isnan(Raw));end
```

```
index=size(Raw,1)+1;
```

```
xlswrite(ExcelFile,SLTP,sheetNames,['A' num2str(index)]);
```

```
xlswrite(ExcelFile,SLFP,sheetNames,['B' num2str(index)]);
```

```
xlswrite(ExcelFile,SLTN,sheetNames,['C' num2str(index)]);
```

```
xlswrite(ExcelFile,SLFN,sheetNames,['D' num2str(index)]);
```

```
xlswrite(ExcelFile,SLPPV,sheetNames,['E' num2str(index)]);
```

```
xlswrite(ExcelFile,SLNPV,sheetNames,['F' num2str(index)]);
```

```
xlswrite(ExcelFile,SLsens,sheetNames,['G' num2str(index)]);
```

```
xlswrite(ExcelFile,SLspec,sheetNames,['H' num2str(index)]);
```

```
xlswrite(ExcelFile,SLFscore,sheetNames,['I' num2str(index)]);
```

```
xlswrite(ExcelFile,Duration1,sheetNames,['J' num2str(index)]);
```

%% Right side

```
SR=data(:,1:2);
```

```
SR(SR(:,1:2)<=1.9)=0;
```

```
SR(SR(:,1:2)>=2.5 & SR(:,1:2)<=6.5)=0;
```

```
S RTP=sum(SR(:,1)==2 & SR(:,2)==2);
```

```

SRFP=sum(SR(:,1)==0 & SR(:,2)==2);
SRTN=sum(SR(:,1)==0 & SR(:,2)==0);
SRFN=sum(SR(:,1)==2 & SR(:,2)==0);

SRPPV=SRTP/(SRTP+SRFP)*100;
SRNPV=SRTN/(SRTN+SRFN)*100;

SRsens=SRTP/(SRTP+SRFN)*100;
SRspec=SRTN/(SRTN+SRFP)*100;

SRFscore=2*((SRPPV*SRsens)/(SRPPV+SRsens));

Duration2=(sum(SR(:,1)==2))*2/60/60;

%saving the data
sheetNames='Side Right';
[~,~,Raw]=xlsread(ExcelFile); if ~iscell(Raw);Raw=Raw(~isnan(Raw));end
index=size(Raw,1)+1;
%
xlswrite(ExcelFile,SRTP,sheetNames,['A' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,SRFP,sheetNames,['B' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,SRTN,sheetNames,['C' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,SRFN,sheetNames,['D' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,SRPPV,sheetNames,['E' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,SRNPV,sheetNames,['F' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,SRsens,sheetNames,['G' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,SRspec,sheetNames,['H' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,SRFscore,sheetNames,['I' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,Duration2,sheetNames,['J' num2str(index)]);

%% Prone
PR=data(:,1:2);

PR(PR(:,1:2)<=2.9)=0;
PR(PR(:,1:2)>=3.5 & PR(:,1:2)<=6.5)=0;

PRTP=sum(PR(:,1)==3 & PR(:,2)==3);
PRFP=sum(PR(:,1)==0 & PR(:,2)==3);
PRTN=sum(PR(:,1)==0 & PR(:,2)==0);
PRFN=sum(PR(:,1)==3 & PR(:,2)==0);

PRPPV=PRTP/(PRTP+PRFP)*100;
PRNPV=PRTN/(PRTN+PRFN)*100;

PRsens=PRTP/(PRTP+PRFN)*100;
PRspec=PRTN/(PRTN+PRFP)*100;

PRFscore=2*((PRPPV*PRsens)/(PRPPV+PRsens));

Duration3=(sum(PR(:,1)==3))*2/60/60;

%saving the data
sheetNames='Prone';
[~,~,Raw]=xlsread(ExcelFile); if ~iscell(Raw);Raw=Raw(~isnan(Raw));end
index=size(Raw,1)+1;

xlswrite(ExcelFile,PRTP,sheetNames,['A' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,PRFP,sheetNames,['B' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,PRTN,sheetNames,['C' num2str(index)]);

```

```

xlswrite(ExcelFile,PRFN,sheetNames,['D' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,PRPPV,sheetNames,['E' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,PRNPV,sheetNames,['F' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,PRsens,sheetNames,['G' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,PRspec,sheetNames,['H' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,PRFscore,sheetNames,['I' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,Duration3,sheetNames,['J' num2str(index)]);

%% Supine
SU=data(:,1:2);

SU(SU(:,1:2)<=3.9)=0;
SU(SU(:,1:2)>=4.5 & SU(:,1:2)<=6.5)=0;

SUTP=sum(SU(:,1)==4 & SU(:,2)==4);
SUFP=sum(SU(:,1)==0 & SU(:,2)==4);
SUTN=sum(SU(:,1)==0 & SU(:,2)==0);
SUFN=sum(SU(:,1)==4 & SU(:,2)==0);

SUPPV=SUTP/(SUTP+SUFP)*100;
SUNPV=SUTN/(SUTN+SUFN)*100;

SUSens=SUTP/(SUTP+SUFN)*100;
SUSpec=SUTN/(SUTN+SUFP)*100;

SUFscore=2*((SUPPV*SUSens)/(SUPPV+SUSens));

Duration4=(sum(SU(:,1)==4))*2/60/60;

%saving the data
sheetNames='Supine';
[~,~,Raw]=xlsread(ExcelFile); if ~iscell(Raw);Raw=Raw(~isnan(Raw));end
index=size(Raw,1)+1;

xlswrite(ExcelFile,SUTP,sheetNames,['A' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,SUFP,sheetNames,['B' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,SUTN,sheetNames,['C' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,SUFN,sheetNames,['D' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,SUPPV,sheetNames,['E' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,SUNPV,sheetNames,['F' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,SUSens,sheetNames,['G' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,SUSpec,sheetNames,['H' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,SUFscore,sheetNames,['I' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,Duration4,sheetNames,['J' num2str(index)]);

%% Upright
UP=data(:,1:2);

UP(UP(:,1:2)<=4.9)=0;
UP(UP(:,1:2)>=5.5 & UP(:,1:2)<=6.5)=0;

UPTP=sum(UP(:,1)==5 & UP(:,2)==5);
UPFP=sum(UP(:,1)==0 & UP(:,2)==5);
UPTN=sum(UP(:,1)==0 & UP(:,2)==0);
UPFN=sum(UP(:,1)==5 & UP(:,2)==0);

UPPPV=UPTP/(UPTP+UPFP)*100;
UPNPV=UPTN/(UPTN+UPFN)*100;

```

```

UPsens=UPTP/(UPTP+UPFN)*100;
UPspec=UPTN/(UPTN+UPFP)*100;

UPFscore=2*((UPPPV*UPsens)/(UPPPV+UPsens));

Duration5=(sum(UP(:,1)==5))*2/60/60;

%saving the data
sheetNames='Upright';
[~,~,Raw]=xlsread(ExcelFile); if ~iscell(Raw);Raw=Raw(~isnan(Raw));end
index=size(Raw,1)+1;

xlswrite(ExcelFile,UPTP,sheetNames,['A' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,UPFP,sheetNames,['B' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,UPTN,sheetNames,['C' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,UPFN,sheetNames,['D' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,UPPPV,sheetNames,['E' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,UPNPV,sheetNames,['F' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,UPsens,sheetNames,['G' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,UPspec,sheetNames,['H' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,UPFscore,sheetNames,['I' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,Duration5,sheetNames,['J' num2str(index)]);

%% Out of Bed
OOB=data(:,1:2);

OOB(OOB(:,1:2)<=5.9)=0;

OOBTP=sum(OOB(:,1)==6 & OOB(:,2)==6);
OOBFP=sum(OOB(:,1)==0 & OOB(:,2)==6);
OOBTN=sum(OOB(:,1)==0 & OOB(:,2)==0);
OOBFN=sum(OOB(:,1)==6 & OOB(:,2)==0);

OOBPPV=OOBTP/(OOBTP+OOBFP)*100;
OOBNPV=OOBTN/(OOBTN+OOBFN)*100;

OOBsens=OOBTP/(OOBTP+OOBFN)*100;
OOBspec=OOBTN/(OOBTN+OOBFP)*100;

OOBFscore=2*((OOBPPV*OOBsens)/(OOBPPV+OOBsens));

Duration6=(sum(OOB(:,2)==6))*2/60/60;

%saving the data
sheetNames='OOB';
[~,~,Raw]=xlsread(ExcelFile); if ~iscell(Raw);Raw=Raw(~isnan(Raw));end
index=size(Raw,1)+1;

xlswrite(ExcelFile,OOBTP,sheetNames,['A' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,OOBFP,sheetNames,['B' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,OOBTN,sheetNames,['C' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,OOBFN,sheetNames,['D' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,OOBPPV,sheetNames,['E' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,OOBNPV,sheetNames,['F' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,OOBsens,sheetNames,['G' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,OOBspec,sheetNames,['H' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,OOBFscore,sheetNames,['I' num2str(index)]);
xlswrite(ExcelFile,Duration6,sheetNames,['J' num2str(index)]);
disp('Data is saved in Excel-file named statistics');

```