

Samenvatting

Meer dan 30% van de zelfstandig wonende 65+'ers valt ten minste eenmaal per jaar. Dit leidt regelmatig tot ernstige verwondingen, zoals botbreuken en hoofdletsel. Valincidenten zijn de belangrijkste veroorzakers van verwondingen en invaliditeit onder ouderen; 80% van de verwonding-gerelateerde ziekenhuisopnames van ouderen is te wijten aan een val. Zo leiden valincidenten elk jaar alleen al in Nederland tot 15.000 heupfracturen bij ouderen. De kosten die voortvloeien uit valincidenten worden geschat op €780 miljoen per jaar in Nederland. Om bij te dragen aan een oplossing voor de hoge valincidentie onder ouderen is allereerst een probleemanalyse gedaan (*Hoofdstuk 1*). De belangrijkste oorzaak voor vallen is een verslechterde houdingscontrole, ook wel bekend als een 'slechte balans'. Uit de probleemanalyse werd geconcludeerd dat balanstrainingsprogramma's het valrisico kunnen verlagen, maar dat zeer weinig ouderen deelnemen aan dit soort trainingen. Barrières die worden ondervonden zijn: de moeite van het reizen en de reiskosten naar de sportschool, valangst, kosten van het trainingsprogramma en een gebrek aan motivatie om te trainen. Een relatief nieuwe manier om houdingscontrole te trainen is met exergames. Exergames (een samentrekking van exercise videogames) zijn computerspellen waarmee de speler beweeg oefeningen kan doen in een leuke en motiverende virtuele trainingsomgeving. Dit concept heeft het laatste decennium aan populariteit gewonnen in sportscholen en onder jongeren, maar de meeste van deze exergames zijn niet geschikt voor ouderen. Exergames hebben echter wel de potentie om te kunnen fungeren als balanstraining voor ouderen. Het doel van dit proefschrift is dan ook om een exergame te ontwikkelen waarmee ouderen zelfstandig thuis balans kunnen en willen trainen, zodat ze daarmee het risico om te vallen verlagen.

Hoofdstuk 2 beschrijft een review-studie waarin de huidige mogelijkheden van exergames en moderne sensortechnologie voor het trainen en kwantificeren van balans zijn in kaart worden gebracht. Er zijn dertien artikelen geïnccludeerd, waarvan tien artikelen een verbetering van balans lieten zien op ten minste één uitkomstmaat na een periode van trainen met een exergame. Het aantal gecontroleerde studies was echter klein (vijf) en de studies waren slecht vergelijkbaar doordat er veel verschillende sensoren en uitkomstmaten voor balans gebruikt werden. We concluderen dat exergames de potentie hebben om balans te verbeteren en adviseren om bij het ontwikkelen van een exergame gebruik te maken van recente sensortechnologie, steeds goedkoper wordende rekenkracht, en algoritmen om balans te kwantificeren tijdens het exergamen.

Om de inhoud van de exergame die binnen het huidige project wordt ontwikkeld te bepalen, zijn de eisen voor de exergame gedefinieerd (*Hoofdstuk 3*). Eerst zijn de eisen van de stakeholders onderzocht in een workshop. Hieruit bleek dat het spel 1) balans moet trainen én meten, 2) gebruiksvriendelijk moet zijn en geschikt voor zelfstandig thuisgebruik, 3) geschikt moet zijn om als consumentenproduct te verkopen en 4) gebruik moet maken van de modernste technologieën. Daarna zijn de gebruikerseisen verder onderzocht met behulp van een focusgroep waarin negen ouderen met semigestructureerde interviews is gevraagd naar hun eisen en wensen. De gegeven antwoorden zijn uitgetypt, gecodeerd en kwalitatief geanalyseerd. Uit de resultaten is gebleken dat ouderen een exergame willen die niet alleen leuk is, maar ook een bewezen gezondheidsvoordeel oplevert, sociale elementen bevat, in een multiplayer-modus gespeeld kan worden, gemakkelijk te bedienen is, waarvan de moeilijkheid instelbaar is, die zowel realistische als fantasierijke elementen bevat en maximaal €250,- kost. In een workshop met de andere stakeholders is het spelconcept van de exergame bedacht: schaatsen op Nederlands natuurijs. Vervolgens is op basis van de informatie

die uit de focusgroep is verkregen een speelbare conceptversie van het schaatsspel gemaakt. In het spel bestuurt de gebruiker een schaatser die op een bevroren kanaal schaatst in een typisch Nederlandse winteromgeving. Het spel wordt volledig met lichaamsbewegingen bestuurd, welke worden vastgelegd met een Kinect (Microsoft, Redmond, USA). Dit is een moderne videogame-sensor waarmee de 3D-positie van lichaamssegmenten kan worden gemeten. De speler bestuurt de schaatser door zijwaartse zwaaibewegingen te maken met het gehele lichaam, waarbij snellere en bredere zwaaibewegingen resulteren in een hogere snelheid van de schaatser. De conceptversie van het spel is vervolgens uitgetest door twaalf ouderen. Deze test leverde aanbevelingen op die zijn gebruikt voor het verder ontwikkelen van de exergame.

Om de geschiktheid van Kinect voor het meten van de positie van lichaamssegmenten te beoordelen en om te beoordelen of de verkregen gegevens geschikt zijn om houdingscontrole te kwantificeren, is Kinect vergeleken met een Vicon V8 3D camera systeem (Vicon, Oxford, UK). Dit is een high-end 'motion capture' systeem waarbij gebruik wordt gemaakt van reflecterende markers (*Hoofdstuk 4*). Twintig gezonde volwassenen speelden het spel in verschillende condities waarin zwaaiamplitude en zwaaifrequentie werden gevarieerd, terwijl de 3D posities van hun lichaamssegmenten werden geregistreerd met Kinect en Vicon. Uit de bewegingsdata geregistreerd door beide systemen zijn bewegingspatronen berekend met behulp van principale componentenanalyse. Vervolgens is de door deze bewegingspatronen verklaarde variantie voor alle lichaamssegmenten berekend. De resultaten lieten zien dat met Kinect de bewegingspatronen nauwkeurig bepaald kunnen worden, maar dat de verklaarde variantie in de extremiteiten tot wel 30% afweek van de metingen gedaan met Vicon. De rompsegmenten werden accurater gemeten, met verschillen in de orde van 5%. De bewegingspatronen die zijn berekend uit de metingen van Kinect en Vicon zijn vervolgens gebruikt om uitkomstmaten voor houdingscontrole, gebaseerd op zwaaiarakteristieken, te berekenen. De verschillen in berekende uitkomstmaten tussen beide systemen varieerden van 0.3-64% en waren het grootst in uitkomstmaten waarvoor een relatief grote spatiële nauwkeurigheid vereist is en in de spelcondities waarbij lichaamssegmenten het snelst bewogen. We concluderen dat Kinect geschikt is voor het meten van positiedata van lichaamssegmenten terwijl een speler complexe balanstaken uitvoert in een exergame omgeving. Wel moet er bij het gebruiken van deze data voor het berekenen van balansparameters rekening worden gehouden met de beperkingen van Kinect.

In *Hoofdstuk 5* is het gebruik van self-organizing feature maps (SOM) voor het kwantificeren van houdingscontrole tijdens exergamen onderzocht. Twintig jongvolwassenen en twintig ouderen speelden de exergame in vijf condities, terwijl hun bewegingen werden opgenomen met Kinect. Met deze data werd (offline) een SOM getraind, waarna bewegingspatronen werden geïdentificeerd op de SOM. Vervolgens is de variabiliteit in deze patronen berekend voor elke proefpersoon. De resultaten lieten zien dat de variabiliteit in bewegingspatronen op de SOM groter is bij ouderen dan bij jongeren tijdens de meer complexe exergame taken. Toch konden jongeren niet heel duidelijk van ouderen worden onderscheiden met een K-nearest neighbors classificatie-algoritme. Met het oog op de resultaten van hoofdstuk 4 is het onwaarschijnlijk dat het relatief lage discriminatieve vermogen (65,8%) van de SOM wordt veroorzaakt door de gebruikte sensor (Kinect). Een meer waarschijnlijke verklaring is de grote leeftijdsspanne van beide groepen (jongeren waren tot 60 jaar oud, terwijl ouderen vanaf 65 jaar oud waren). We concluderen dat het trainen van een SOM met positiedata gemeten met Kinect geschikt is voor het kwantificeren van houdingscontrole en dat verder

onderzoek nodig is om deze methode te implementeren in exergames, zodat houdingscontrole kan worden gemeten tijdens exergamen.

Hoofdstuk 6 beschrijft het prototype van de exergame dat gemaakt is op basis van de resultaten van hoofdstuk 3 en 4. Het spelconcept waarbij een virtuele schaatser bestuurd wordt met zijwaartse gewichtsverplaatsingen is gelijk gebleven, maar het spel is grotendeels opnieuw ontwikkeld om te kunnen voldoen aan de eisen die werden opgesteld na de test met gebruikers in hoofdstuk 3. Eén van de meest belangrijke aanpassingen was een nauwkeuriger controlemechanisme van de schaatser, zodat de bewegingen van de schaatser en de speler beter overeenkomen. Andere verbeterpunten zijn extra spelelementen en mooiere visualisaties. Het doel in het prototype spel is om zo snel mogelijk over een bevroren kanaal te schaatsen en om daarbij zo weinig mogelijk obstakels te raken, zoals bruggen en wakken. Deze kunnen worden ontweken door te bukken en door zijwaarts te leunen. Het spel kan worden gespeeld in twee modi en kent drie moeilijkheidsgraden per modus. Het prototype spel draait op een mini PC, maakt gebruik van Kinect voor het meten van bewegingen en wordt getoond op de televisie van de speler.

Het prototype is getest in een pilotstudie, waarbij tien ouderen het spel gedurende zes weken zelfstandig thuis hebben gespeeld (*Hoofdstuk 7*). De ouderen kregen de instructie om ten minste drie keer per week dertig minuten te exergamen. Voorafgaand aan het trainingsprogramma, en na twee, vier en zes weken, werden zwaaiarakteristieken gemeten tijdens stilstaan op een drukplaat. Alle deelnemers voltooiden het trainingsprogramma en gemiddeld verbeterde de balans significant. Wel viel op dat de toename in balans tussen deelnemers verschilde. Dit benadrukt het belang van een exergame trainingsprogramma op maat.

In *Hoofdstuk 8* zijn de vondsten van de voorgaande hoofdstukken bediscussieerd en zijn aanbevelingen voor toekomstig onderzoek gedaan. Volgende stappen die moeten worden genomen in de ontwikkeling van de exergame zijn meer spelvarianten, een multiplayer modus en het opstellen van een business model. Toekomstig exergame-onderzoek zou zich moeten richten op het integreren van algoritmen waarmee houdingscontrole kan worden gekwantificeerd in exergames. Dit biedt de mogelijkheid om exergames te ontwikkelen die balans meten tijdens het spelen en dan op basis van die metingen het spel aanpassen aan de gebruiker. Op die manier krijgt de oudere een balanstraining die geoptimaliseerd is voor zijn of haar vaardigheden. Zodra deze uitdagingen overwonnen zijn, zijn exergames klaar om trainingsparadigma's te verschuiven en om aan senioren een leuke, effectieve en betaalbare mogelijkheid te bieden om balans te trainen, zodat uiteindelijk het aantal valincidenten en het daarmee gepaard gaande leed omlaag gebracht kan worden.