

SAMENVATTING

Dit proefschrift onderzoekt de overdracht van vaardigheden van serious game-training naar het daadwerkelijke gebruik van myo-elektrische, state-of-the-art armprothesen. Daarnaast wordt onderzocht hoe serious games ontworpen moeten worden om de effectiviteit van training in het gebruik van myo-elektrische prothesen te vergroten, door niet alleen te focussen op de taken binnen de game, maar ook op de manier van besturing en de locatie waar de training plaatsvindt. Myo-elektrische prothesen worden aangestuurd door spieractivatie. Wanneer een spier samentrekt, loopt er een kleine elektrische stroom door de spiervezels. Elektromyografie (EMG)-elektroden kunnen deze stroom meten, en deze myosignalen kunnen vervolgens gebruikt worden om de elektromotoren in de prothese aan te sturen om de hand te openen en te sluiten. Bij een persoon met een transradiale amputatie worden deze elektroden vaak op de flexor en extensor spieren van de pols geplaatst, zodat het aanspannen van de flexor van de pols overeenkomt met het sluiten van de prothesehand en het aanspannen van de extensor van de pols overeenkomt met het openen van de hand. Hoewel dit eenvoudig klinkt, is het een moeilijke vaardigheid om onder de knie te krijgen. Training is daarom essentieel om prothesecontrole te verbeteren. Één van de trainingsvormen die in dit proefschrift centraal staat, is het gebruik van serious games. Serious games zijn vaak videogames die, naast het hebben van plezier, een tweede doel hebben. Het idee is dat de speler door het spelen van de serious game een specifieke vaardigheid leert of ontwikkelt, terwijl de activiteit leuk blijft om uit te voeren. Dit gecombineerde doel maakt serious games aantrekkelijk, omdat de games kunnen worden ontworpen om specifieke taken te trainen die prothesegebruikers in het dagelijks leven tegenkomen, in combinatie met dat ze motiverend en leuk kunnen zijn. Het is alleen op het moment nog onduidelijk hoe een serious game precies ontworpen moet worden om de effectiviteit van de training te maximaliseren. Ook is het onduidelijk wat de meest geschikte interface is en hoe de training in het revalidatieproces moet worden ingebouwd. Dit proefschrift heeft als doel deze aspecten te onderzoeken en geeft suggesties om de effectiviteit van serious game-training voor armprothesecontrole te vergroten.

Het **eerste hoofdstuk** geeft een algemene introductie over armprothesen en hun aansturing, en over serious game-training. Hierin worden verschillende typen prothesen, verschillende besturingsmethoden en de uitdagingen die daarmee gepaard gaan besproken. Vervolgens wordt uitgelegd hoe vaardigheden kunnen over worden gedragen van training naar praktisch gebruik, en waarom taakspecificiteit

(d.w.z. de mate waarin taken in de game simuleren hoe taken uit het dagelijks leven worden uitgevoerd) een belangrijk uitgangspunt is bij het ontwerpen van een trainingsmethode. Tot slot wordt besproken hoe serious games ingezet kunnen worden om prothesecontrole te trainen, met nadruk op de voordelen van deze methode voor armprothesegebruikers.

Het **tweede hoofdstuk** onderzoekt of serious games gebruikt kunnen worden om prothesecontrole in de thuissituatie te evalueren. In samenwerking met Coapt LLC, een Amerikaans bedrijf dat besturingssystemen voor armprothesen ontwikkelt, werden gegevens verzameld bij prothesegebruikers tijdens hun dagelijks leven. De deelnemers werden gevraagd hun prothese normaal te gebruiken, aangevuld met het spelen van twee serious games. In deze studie werd de haalbaarheid, betrouwbaarheid en validiteit onderzocht van het gebruik van serious games als meetinstrument. Haalbaarheid werd gemeten aan de hand van het opvolgen van instructies, betrouwbaarheid door test-hertest analyses, en validiteit door de relatie tussen gameprestaties en prothesegebruik in het dagelijks leven te vergelijken. De resultaten lieten hoge haalbaarheid en betrouwbaarheid zien, maar lage validiteit. Dit betekent dat serious games wel bruikbaar en betrouwbaar zijn om prothesecontrole te meten, maar dat er eerst een verband moet worden vastgesteld tussen gameprestaties en dagelijks gebruik voordat de methode als valide kan worden beschouwd.

Het **derde hoofdstuk** onderzoekt verschillen in vaardigheidsoverdracht tussen twee serious games. Één game was taak-specifiek (TS), de andere niet-taak-specifiek (NTS). De TS-game bevatte twee prothese gerelateerde functies: proportionele controle en wissel-controle. Bij proportionele controle beïnvloedt de spieractiviteit de snelheid van beweging van de avatar in de game (e.g hoe sterker de spier wordt aangespannen, hoe sneller de avatar beweegt). Bij schakelcontrole (een co-contractie waarbij flexor en extensor spieren kort gelijktijdig worden aangespannen) kan de avatar van grijptype wisselen, vergelijkbaar met hoe een echte prothese werkt. De NTS-game gebruikte wel myosignalen, maar trainde deze specifieke functies niet. Verwacht werd dat alleen de TS-game overdracht van vaardigheden zou opleveren. Drie groepen deelnemers (TS training groep, NTS training groep en een controlegroep) trainden tien sessies met hun respectieve game. Functionele prothesecontrole werd getest met een prothese simulator tijdens de voor-, tussen- en nameting. Er werden geen verschillen gevonden tussen de groepen, wat suggereerde dat er sprake was van een trainingseffect in plaats van vaardigheidsoverdracht. Daarnaast werden grote individuele verschillen gevonden, wat mogelijk de resultaten heeft beïnvloed.



In het **vierde hoofdstuk** werd vaardigheidsoverdracht vanuit een nieuw ontwikkelde Virtual Reality Environment (VRE) serious game onderzocht. Deze VRE, ontwikkeld in samenwerking met The Simulation Crew, een bedrijf gevestigd in Nederland die trainings methodes ontwikkelde in VRE, plaatste deelnemers in de rol van een barista die koffie moest maken met een virtuele prothesehand. Deze werd aangestuurd met myosignalen en positie data van de hand van de speler. De training met de VRE werd vergeleken met prothese simulatortraining, waarbij vaardigheidsoverdracht werd gemeten in de voor- en nametingen met een prothese simulator. Er werden geen verschillen gevonden tussen de groepen, wat aangaf dat VRE-training vergelijkbaar was in effectiviteit als de prothese simulatortraining; dit werd geïnterpreteerd als dat vaardigheidsoverdracht plaats had gevonden tussen de VRE training en daadwerkelijke prothese controle.

Het **vijfde hoofdstuk** onderzoekt gebruiksvriendelijkheid, motivatie, werkbelasting en haalbaarheid van implementatie van de VRE in revalidatiecentra, vanuit het perspectief van eindgebruikers (therapeuten en prothesegebruikers). In deze studie werden meerdere Nederlandse revalidatiecentra bezocht zodat eindgebruikers de VRE van hoofdstuk vier konden ervaren. De eindgebruikers konden ervaren hoe de VRE gespeeld werd en na afloop werden de gebruiksvriendelijkheid, motivatie, werkbelasting en haalbaarheid voor implementatie getest door middel van vragenlijsten. De resultaten lieten hoge scores zien voor gebruiksvriendelijkheid, motivatie en haalbaarheid, en acceptabele scores voor werkbelasting. Hieruit werd geconcludeerd dat de VRE positief werd ontvangen en dat er veel motivatie en interesse was voor implementatie in revalidatieklinieken.

In het **zesde en laatste hoofdstuk** wordt een samenvatting van het proefschrift gegeven en worden de implicaties van de resultaten in perspectief geplaatst. Er wordt beargumenteerd dat taak-specifieke serious games met een hoge mate van immersie waarschijnlijk de meest effectieve interface vormen voor armprothese training. Ook wordt besproken of training thuis of in een revalidatiesetting zou moeten plaatsvinden. Op dit moment lijkt training in de kliniek het meest haalbaar, maar met specifieke verbeteringen (bijvoorbeeld d.m.v. co-creatie) kan thuis training een volgende stap zijn. Tot slot wordt geconcludeerd dat serious game-training vaardigheidsoverdracht kan bevorderen als er juiste design keuzes worden gemaakt, maar dat verdere verbeteringen, zoals het identificeren van betekenisvolle data en veilige dataopslag, noodzakelijk zijn om serious games tot een werkbare oplossing kan zijn om te introduceren in revalidatieklinieken en de thuisomgeving.