

Samenvatting

Functioneel gebruik van een prothese in de dagelijkse setting vereist niet alleen een goede controle over het openen en sluiten van een handprothese maar ook het vermogen om zonder moeite te kunnen schakelen tussen beschikbare grepen. Gebrek aan controle, of het gevoel van gebrek aan controle, zorgt voor een hoger risico op het niet meer dragen van de prothese. Mogelijkheden om dit risico te verkleinen zitten in een beter onderbouwde keuze voor een bepaald type prothese en in voldoende en gepaste training met de gekozen prothese. Dit proefschrift focust zich op het gebruik van multi-articulaire myo-elektrische handprothesen die aangestuurd worden met behulp van conventionele controle met switches (CCS). Binnen deze controlestrategie wordt zowel het proportioneel openen en sluiten van de hand als het schakelen (switching) tussen de voorgeprogrammeerde grepen gedaan met behulp van myosignalen. Dit zijn signalen die gemeten worden met behulp van oppervlakte-elektromyografie. De snelheid van het open en sluiten van de hand is proportioneel gerelateerd aan de hoogte van de amplitude van deze myosignalen. Het schakelen naar de gewenste greep gebeurt door middel van het genereren van vooraf bepaalde spiercontracties, ook wel triggers genoemd. Deze triggers zijn zeer specifieke myosignalen van de buigers of de strekkers van de pols, of van beide spiergroepen tegelijk. Het doel van dit proefschrift was om door middel van onderzoek te bepalen hoe de productie van triggers getraind moet worden om te beter te kunnen functioneren met een prothese. Verder werd onderzocht of het voor ieder individu mogelijk is om triggers te produceren. De in dit proefschrift verzamelde kennis zal naar verwachting bijdragen aan meer inzicht in zowel prothese training als prothese selectie.

In **Hoofdstuk 2** werd, in een populatie van individuen met twee intacte armen en handen, onderzocht of er een algemene 'myocontrole skill' bestaat. Deze vaak impliciet aangenomen vaardigheid zou inhouden dat er een dusdanige controle over de myosignalen is dat deze in alle situaties en bij alle taken inzetbaar zou zijn. In twee experimenten werden de prestaties van proefpersonen vergeleken op meerdere myocontrole taken. Alle taken werden bestuurd met dezelfde spieren en in sommige taken werd een prothese gebruikt en in andere taken niet. In het eerste experiment werden twee taken getraind op vijf opeenvolgende dagen. De ene taak bestond uit het spelen van een serious game, de andere taak maakte gebruik van een prothesesimulator. Deze prothese simulator zorgt ervoor dat mensen zonder aandoening aan de armen en handen wel een prothese hand kunnen aansturen en gebruiken. In het tweede experiment werden de prestaties op vijf taken vergeleken. Deze taken bestonden uit het spelen van twee serious games, twee prothesesimulator taken en één digitale signaal vergelijkingstaak. Deze taken werden allemaal eenmalig uitgevoerd, zonder training. In beide studies werden deelnemers per taak gerangschikt op basis van uitkomstmaten als grootte van de handopening, bewegingssnelheid en in de eerste studie ook op basis van verbetering over de training.

De rangschikkingen van de proefpersonen op de verschillende taken werden vervolgens met elkaar vergeleken. Er werd geen verband gevonden tussen de prestaties op de verschillende taken. Hieruit werd geconcludeerd dat er geen algemene myocontrole skill bestaat. Onze bevindingen zijn als zodanig meer in lijn met de theorie van actie en perceptie dan met de interne modelbenadering. Binnen de theorie van actie en perceptie ontstaat elk gedrag uit een interactie tussen de actor (de prothesegebruiker), de uit te voeren taak (actie) en de omgeving waarin die actie plaatsvindt. Alle taken vereisen een unieke koppeling tussen een handeling en de perceptuele informatie die die handeling stuurt. Deze koppelingen zijn niet uitwisselbaar tussen verschillende taken. De hieruit voortvloeiende aanbeveling is dat zowel training als de beoordeling van het functioneren taak specifiek zijn. Trainingsmethoden voor prothese gebruik moeten daarom gericht zijn op taken die in het dagelijks leven veelvuldig worden uitgevoerd in plaats van alleen gericht te zijn op het trainen van myosignalen.

In **Hoofdstuk 3** werd de relatie tussen prestaties op taken met proportionele controle en taken met schakel controle bestudeerd. Beide soorten controle zijn nodig voor het gebruiken van multi-articulaire prothesehanden die met CCS worden bestuurd. Naast het bestuderen van deze relatie werd in deze studie onderzocht of er binnen schakel controle individuele verschillen waren tussen proefpersonen en of schakel controle gedurende een korte trainingsperiode verbeterde. Ook in deze studie werden alleen mensen met twee intacte armen en handen geïnccludeerd. Voor de verschillende vergelijkingen werd gekeken naar zowel klinisch relevante prestatie-maten als schakel-karakteristieken. Hierbij geven klinisch relevante prestatie-maten inzicht in hoe succesvol iemand is in het schakelen tussen grepen, hoeveel schakel pogingen er nodig zijn en hoe lang taken duren. Schakel-karakteristieken zijn maten die onderdelen, zoals duur en amplitude, van de triggers beschrijven. Er werd geen correlatie gevonden tussen prestaties op taken met proportionele of schakel controle. Wel werden er grote individuele verschillen in zowel prestatie-maten als schakel-karakteristieken gevonden. Slechts de helft van de deelnemers vertoonde verbetering in het produceren van triggers. Schakelen tussen grepen bleek dus moeilijk en de resultaten suggereerden dat goede schakel controle misschien niet voor iedereen is weggelegd. De afwezigheid van een relatie tussen proportionele controle en schakel controle is van belang voor de procedure rondom het kiezen van een prothese. Momenteel worden vooral individuen met goede proportionele controle geselecteerd voor het testen van een multi-articulaire prothese hand. Onze resultaten wijzen erop dat de keuze voor een prothese waarbij schakel controle gebruikt wordt niet gebaseerd moet worden op de vaardigheden op proportionele controle maar dat schakel controle afzonderlijke getest moet worden.

In **Hoofdstuk 4** werd onderzocht hoe de productie van triggers kan worden getraind. Daarnaast werd bestudeerd hoe transfer van vaardigheden geleerd tijdens training in een digitale omgeving (zonder

het gebruik van een prothese) naar daadwerkelijke prothesegebruik verbeterd kan worden. Twee trainingsgroepen en een controlegroep, allen bestaande uit individuen met twee intacte armen en handen, namen deel aan een vijfdaags experiment met een pre-test - post-test design. Beide experimentele groepen gebruikten hun myosignalen om een taak uit te voeren, waarbij de feedback tussen de twee groepen verschilde. De ene groep speelde een serious game en kreeg alleen feedback over de correctheid van geproduceerde triggers. De tweede groep zag de geproduceerde myosignalen op een scherm en kreeg daarnaast ook feedback over de correctheid van de triggers. De controlegroep speelde de serious game met behulp van de touchpad en het toetsenbord van een laptop. De pre- en post-test waren identiek voor alle groepen en bestonden uit het uitvoeren van een taak met de prothesesimulator. In deze taak moesten triggers worden geproduceerd om tussen grepen te wisselen om zo wasknijpers te verplaatsen. Net als in **Hoofdstuk 3** werden zowel klinisch relevante prestatieparameters als schakel-karakteristieken geanalyseerd. Terwijl beide experimentele groepen bij de post-test transfer van vaardigheden van de training naar het daadwerkelijke gebruik van de prothese lieten zien, was dat niet het geval voor de controlegroep. De feedback die tijdens de training werd gegeven, was verschillend tussen de experimentele groepen, maar dit verschil had geen invloed op de transfer. Aangezien de in het spel getrainde vaardigheid transfer vertoonde naar de prestatie in een functionele taak verwachtten wij veranderingen in de prestatieparameters en schakel-karakteristieken, maar deze werden nauwelijks gevonden.

In **Hoofdstuk 5** werden de in **Hoofdstuk 4** gebruikte trainingmethoden toegepast op personen met een aandoening aan de bovenste ledematen (upper limb deficiency, ULD). Daarnaast werden de prestaties en de myosignalen van de personen met een ULD vergeleken met die van de individuen met twee intacte armen en handen, beschreven in **Hoofdstuk 4**. De vier individuen met een ULD vonden de trainingmethoden uitvoerbaar, maar drie van deze vier deelnemers produceerden slechts weinig correcte triggers tijdens de trainingssessies. Wat opviel in de vergelijking tussen personen met een ULD en de niet-aangedane groep was de grotere variabiliteit in meerdere schakel-karakteristieken in de ULD groep. Dit wijst op een minder goed vermogen om myosignalen te isoleren. Na de training was bij drie personen in de ULD groep transfer van vaardigheden van training naar post-test te zien. Op basis van onze bevindingen suggereer ik dat beide trainingmethoden gecombineerd moeten worden voor een meer optimaal effect van de training. De suggestie is om te starten met de visualisatie van de myosignalen, waarbij de focus van de aandacht meer intern gericht is, gevolgd door een trainingsdeel met de serious game, waarbij de externe focus van aandacht de mate van transfer van training naar werkelijk prothesegebruik zou kunnen vergroten.

In **Hoofdstuk 6** werden de bevindingen van dit proefschrift samengevat en besproken. Zowel klinische toepassingen als mogelijke richtingen en ideeën voor toekomstig onderzoek naar trainingmethoden

voor CCS en armprothesegebruik in het algemeen kwamen hierbij aan bod. Dit proefschrift heeft aangetoond dat motorisch leren met betrekking tot het besturen van armprothesen complex is en dat een geïndividualiseerde aanpak van de training de beste manier lijkt om vooruitgang te boeken. Binnen deze geïndividualiseerde aanpak moet de focus niet (alleen) liggen op de myosignalen, maar vooral op de interactie tussen het individu, de taak en de omgeving. Serious games waarin de aanvullende feedback, het doel van de taak en de moeilijkheidsgraad kunnen worden aangepast aan het prestatieniveau van de speler, zouden van waarde kunnen zijn binnen de training.