

Reorganisation of postural control in spinal cord injured persons

Citation for published version (APA):

Seelen, H. A. M. (1997). *Reorganisation of postural control in spinal cord injured persons*. Universiteit Maastricht.

Document status and date:

Published: 01/01/1997

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Summary

This thesis deals with the reorganisation of postural control in thoracic spinal cord injured (SCI) subjects both during and after their rehabilitation. The main aims of our research have been (a) to investigate and describe the development of new postural muscle synergies in these SCI subjects, given their sensorimotor function loss, (b) to objectively quantify their ability to maintain sitting posture during manual task performance and (c) to investigate changes in central motor programming associated with the control of sitting posture. A biomechanical and neurophysiological concept of alternative postural muscle use in thoracic SCI subjects has been put forward.

The research has been carried out in three phases. In an instrumentation phase several instruments were developed and integrated. These instruments encompassed surface electromyography, force plate recordings, three dimensional movement analysis and recording of reaction time performance. A multi-adaptable chair was developed as was a set of standardised movement tasks with which sitting posture could be perturbed systematically. In the second research phase a transversal study into postural control in high and low thoracic SCI subjects, who had completed their rehabilitation program at least a year ago, and matched non-SCI subjects was carried out. The third research phase consisted of a longitudinal clinical study. The development of alternative postural muscle use, balance control during manual task performance and central motor programming in both patients with a high and a low thoracic SCI was evaluated at several point in time during their active rehabilitation period.

In chapter 1 a short description of SCI pathology is given, followed by estimates of incidence and prevalence figures concerning SCI. A general overview of the rehabilitation therapy these patients receive is also provided. This chapter finishes with an outline of the contents of the subsequent chapters.

Chapter 2 presents a literature review concerning research of control of posture and movement providing the context in which the present research is situated. The contribution of feedback and feedforward in postural control is explained briefly. Since most of the research into postural control is focused on stance, a number of studies in this domain are reviewed concerning key issues such as the existence of postural muscle synergies, central programming, anticipatory postural adjustments, the consequences of impaired feedback and the redundancy of feedback. Next an overview of research concerning ergonomics and seating, mainly focused on the influence of external support on the body, is presented. This is followed by a section in which research into impaired control of sitting posture is addressed. In chapter 2 a concept of alternative postural control in thoracic SCI subjects is presented. Several biomechanical and neuromuscular aspects as well as some motor control considerations regarding the aforementioned concept are put forward. The final part of chapter 2 addresses the main research aim and the research questions of this thesis, the overall research design and a description of the instruments used.

In chapter 3 muscle activity patterns during restoration of perturbed sitting posture in high and low thoracic SCI subjects who had completed their active rehabilitation program are compared to those of non-SCI subjects. The assumption was that the SCI subjects would use non-postural muscles like the latissimus dorsi (LD) and the ascending part of the trapezius (TPA) in an effort to compensate the loss of function of the erector spinae (ES). Also increased activity of the sternocostal head of the pectoralis major (PM) and the serratus anterior (SA) to stabilise the shoulder and to counteract scapular depression was postulated. Graded postural perturbation was invoked using bimanual forward reaching movements towards targets at 15, 30, 75 and 90% of each individual's maximum reach. Muscle activity of the ES at level L3, T9 and T3, the LD, the TPA, the PM, the SA and the oblique abdominal muscles (OA) was measured using surface electromyography (EMG). Changes in the position of the centre of pressure (CP), as an indication of postural perturbation, was also recorded. Pelvic movement was further investigated in non-SCI subjects. EMG data confirm that the LD and TPA are used to maintain and restore sitting posture in thoracic SCI subjects in contrast to non-SCI subjects. Higher PM, SA and ES-T3 activity during restoration of sitting posture was also found in high thoracic SCI subjects. Results indicate that the range in which subjects can actively vary the position of the CP diminishes as a function of SCI level, as does the forward acceleration of the body mass. Apparently, the alternative postural muscle use in SCI subjects cannot fully compensate the loss of postural ES function.

The study in chapter 4 deals with the course the development of alternative postural muscle use in thoracic SCI patients takes during their clinical rehabilitation program. In a longitudinal study five patients who were clinically diagnosed having a complete high thoracic SCI and seven patients with a complete low thoracic SCI were monitored on their ability to maintain and restore sitting posture. This was done at several stages during their stay in the rehabilitation clinic. The methods used in this study were identical to the ones used in the transversal study reported in chapter 3. The amount of restoration of postural function of the ES and compensation of ES function loss through the use of non-postural muscles, i.e. the LD and TPA, was investigated. Furthermore, the improvement of postural control, indicated by the ability to shift the CP, during the rehabilitation phase was examined. The results show that the range in which the CP can be shifted gradually increases in low thoracic SCI patients. In high thoracic SCI patients the CP-range decreased when spinal bracing was stopped, but increased again subsequently. During the rehabilitation phase some restoration of function of the lumbar and low thoracic ES was observed in low thoracic SCI patients. High SCI patients started to use their high thoracic ES more in their efforts to maintain sitting posture approximately one month after spinal bracing was stopped. A clear increase in postural use of the LD and TPA during clinical rehabilitation was found in high thoracic SCI patients. Such effects were less prominent in low thoracic SCI patients.

Although a relation between the SA activity and the necessity to restore sitting posture existed in both high and low thoracic SCI patients, no significant changes occurred during the rehabilitation phase. High thoracic SCI gradually started to use their PM more during restoration of posture. Towards the end of the rehabilitation period an inverse relation between extent of postural perturbation and the level of PM activity was detected.

In chapter 5 motor programming in postural control in SCI and non-SCI subjects is reported. A task, in which sitting posture was systematically perturbed through forward reaching movements covering four different reaching distances, was presented using a visual precue choice reaction time paradigm. Reaction time (RT) was used as an index for response complexity. Three groups of either high thoracic SCI, low thoracic SCI or non-SCI subjects participated in the experiment. The SCI subjects had completed their active rehabilitation at least one year earlier. One assumption was that, in view of the alternative postural muscle use in thoracic SCI subjects, these subjects would need longer time to program postural perturbing reaching movements, in contrast to non-SCI subjects. A second assumption was that subjects would use precued information regarding the extent of the ensuing postural perturbation in preparation of this perturbation. Results indicate that low thoracic SCI subjects are slower in programming balance perturbing reaching movements than non-SCI and high SCI subjects. The precue benefit in the SCI groups was at least as high as in the non-SCI group. Evidence for the occurrence of different movement preparation strategies regarding cued and uncued conditions was found. RT results support the hypothesis that low thoracic SCI subjects use more complex movement strategies in their control of sitting posture, whereas low thoracic SCI subjects rely on simpler strategies. These RT results corroborate EMG and CP findings indicating that high SCI subjects have to rely on more passive support in e.g. the lumbar and low thoracic region. Precue benefit was similar in all groups. Apparently precuing involves only central control processes which are relatively independent of the state of the peripheral sensorimotor system.

Chapter 6 deals with the development of postural motor programming in thoracic SCI patients during their clinical rehabilitation. Generally, the time to program bimanual reaching movements leading to perturbation of sitting posture became shorter in the course of the rehabilitation period in both high and low thoracic SCI patients. This improvement in RT performance proved to be a gradual process rather than an abrupt one. Also differences in RT's as a function of postural perturbation, found in the initial stages of the rehabilitation process, disappeared in high and low SCI patients in the course of their clinical stay. RT differences between SCI groups in the longitudinal clinical study were similar to the RT differences found between the SCI groups in the transversal study. High thoracic SCI patients generally reacted faster than low thoracic SCI patients, a phenomenon which did not change in the course of the rehabilitation. Precuing led to shorter

RT's in both SCI patient groups. This precise benefit did not change over time in the

SCI patients.

In chapter 7 the experimental studies that have been carried out are reviewed.

The proposed concept of alternative postural control is discussed, as is the efficiency of alternative postural muscle use. The regaining of postural control in thoracic SCI patients during and after rehabilitation is addressed. Two methodological issues concerning (a) EMG normalisation and (b) the description of muscle synergies using averaged EMG values are discussed. Finally, general conclusions are drawn and several recommendations for future research are made.

Samenvatting

Doel en vraagstelling

Bij een dwarslaesie is het normale samenspel van houdingspielen, gestuurd door proprioceptie en exteroceptie, verstoord. Gedurende de revalidatie moeten nieuwe houdings- en bewegingspatronen aangeleerd worden. Nieuwe spiersynergieën en dus ook nieuwe centrale sturingsprocessen zullen ontwikkeld moeten worden waarbij slechts gebruik gemaakt kan worden van de nog intacte senso-motoriek. Dit is veelal een langdurig proces. Hierbij is geen sprake van herstel van functie maar van compensatie van functieverlies en reductie van beperkingen in termen van activiteiten van het dagelijks leven (ADL). Ofschoon een grote mate van klinische expertise t.a.v. de (eind-)resultaten van bewegingstherapie is ontwikkeld, zijn de mechanismen waarlangs bewegingstherapie reorganisatie van houdingscontrole kan beïnvloeden en verbeteren nog verregaand onbekend. Houdingscontrole is in dit onderzoek gedefinieerd als het vermogen van een individu om met behulp van (nog) aanwezige senso-motoriek zijn balans te handhaven in rust en tijdens taakuitvoering. Balans is hier gedefinieerd als de dynamisch wisselende toestand waarbij de projectie van het lichaamszwaartepunt binnen het steunvlak valt, zonder dat dit ten koste gaat van de uitvoering van ADL. In hoofdstuk 1 is in het kort het algemene (klinische) beeld van een dwarslaesie beschreven.

Het **hoofddoel** van het onderhavige onderzoek is geweest inzicht te krijgen in de manier waarop en de mate waarin mensen met een complete thoracale dwarslaesie in staat zijn hun zithouding te handhaven tijdens taakuitvoering. De posturale coördinatie- en zitbalansproblemen bij dwarslaesiepatiënten en de consequenties hiervan zijn geëvalueerd gedurende en na hun revalidatieproces. Een biomechanisch en neurofysiologisch concept van alternatief posturaal spiergebruik bij mensen met een thoracale dwarslaesie is opgesteld (Hoofdstuk 2) en geverifieerd. Om de huidige studie te kunnen plaatsen binnen het grotere domein van houdings- en bewegingsonderzoek is een overzicht van de literatuur met betrekking tot houdingscontrole gegeven in hoofdstuk 2.

De vraagstellingen in dit onderzoek luiden als volgt:

1. Hoe en in welke mate kunnen mensen met een complete thoracale dwarslaesie de functie-uitval van de erector spinae actief compenseren in zit? (Hoofdstuk 3)
2. Welke veranderingen treden op het niveau van centrale bewegingssturing op bij mensen met een complete thoracale dwarslaesie, gegeven het feit dat bij alternatieve posturale controle spieren betrokken zijn die bij mensen zonder een dwarslaesie geen houdingsfunctie hebben? (Hoofdstuk 5)
3. Hoe en in welke mate ontwikkelt zich een patroon van alternatief posturaal spiergebruik gedurende het revalidatie-proces bij patiënten met een complete thoracale dwarslaesie? (Hoofdstuk 4)

4. Hoe passen de noodzakelijke centrale bewegingssturingsprocessen zich aan in patiënten met een complete thoracale dwarslaesie gedurende het revalidatie-proces? (Hoofdstuk 6)

Gehanteerd werkplan en onderzoeksdesign

Het onderzoek is uitgevoerd in 3 fasen. In fase 1 zijn enkele meetinstrumenten ontwikkeld waarmee de kwaliteit van houdingscontrole in zit geobjectiveerd kan worden. Tevens is een veelzijdig instelbare stoel ontwikkeld ten behoeve van dit project (Hoofdstuk 2).

In de tweede, transversale onderzoeksfase (Hoofdstuk 3 en 5) namen 15 oud-revalidanten met een complete lage thoracale dwarslaesie (spinaal niveau T9- T12) (L-groep), 15 oud-revalidanten met een complete hoge thoracale dwarslaesie (spinaal niveau T2-T8) (H-groep) en 15 personen zonder sensomotorische aandoeningen (N-groep) deel aan het onderzoek. De groepen waren 'gematched' voor leeftijd, geslacht, gewicht, lichaamslengte, hand-dominantie en opleidingsniveau. De verwachting was dat de deelnemers met een dwarslaesie, die reeds meer dan een jaar uit het revalidatie-proces ontslagen waren, een min of meer stabiel en ontwikkeld patroon van alternatief posturaal spiergebruik zich eigen gemaakt hadden. Dit in tegenstelling tot patiënten die nog therapie kregen in het revalidatiecentrum. De N-groep fungeerde in deze transversale onderzoeksfase als referentie-groep voor de H- en L-groep.

De zitbalans is verstoord door de deelnemers een bimanuele reiktaak in voorwaartse richting te laten uitvoeren. De reikbeweging werd vanuit de bovengenoemde meetstoel uitgevoerd naar een aantal knoppenparen die op een tafel voor hen geplaatst waren. De positie van de knoppen kwam overeen met een bepaald percentage van de individuele maximale reikafstand in anterieure richting. Zodoende konden systematisch graduele houdingsveranderingen uitgelokt worden, waarbij in verschillende mate een beroep gedaan moest worden op spieractiviteit ter handhaving van zitbalans. Visuele informatie t.a.v. het knoppenpaar waarnaar gereikt diende te worden, werd weergegeven op een monitor op de tafel. De taak werd aangeboden als een visuele 'precue' keuze reactietijdtaak. Na een waarschuwingssignaal, dat in 50% van de gevallen voor-informatie bevatte over de reikafstand, verscheen een actie-sig-naal dat aangaf naar welk knoppenpaar de deelnemer moest reiken. De reactietijd werd geregistreerd. De eerste veronderstelling was dat mensen met een thoracale dwarslaesie meer moeite zouden hebben om een houdingsverstoringe beweging te programmeren dan mensen zonder een dwarslaesie, gezien het feit dat ze daarbij een beroep zouden moeten doen op spieren die normaal niet voor het handhaven of herstellen van zitbalans gebruikt worden. De tweede veronderstelling was dat personen zouden proberen optimaal gebruik te maken van de voorinformatie teneinde zich te prepareren op de daarop volgende balansverstoringe beweging.

Als indicator van de mate van balansverandering werd de verplaatsing van het 'centre of pressure' (CP) geregistreerd via het krachtenplatform onder de stoel. De veronderstelling hierbij was dat het bereik waarin het CP gevarieerd kan worden afgenomen zou zijn bij mensen met een verminderd vermogen tot het handhaven van zitbalans. Tijdens taakuitvoering werd tevens met behulp van oppervlakte elektromyografie (EMG) bilateraal spieractiviteit geregistreerd van de erector spinae (ES) ter hoogte van processus spinosus L3, T9 en T3, alsmede bilateraal van de m. latissimus dorsi (LD), m. trapezius pars ascendens (TPA), m. pectoralis major pars sternocostalis (PM), m. serratus anterior (SA), en de mm. obliqui abdominis (OA). De activiteit van deze spieren werd m.n. beoordeeld in situaties waarin het handhaven van zitbalans moeilijk was, i.e. in de verre reikpositie tijdens de taak. De veronderstelling was dat mensen met een thoracale dwarslaesie het gemis aan ES activiteit zouden proberen te compenseren door gebruik te maken van niet-posturale spieren zoals de LD en TPA. Zowel de LD als de TPA lijken een mechanisch relatief gunstige ligging te hebben ten opzichte van de wervelkolom, te vergelijken met tuidraden. Daarbij worden beide spieren geïnnerveerd vanuit niveaus die craniaal van het thoracale (letsel-)niveau liggen. Een dergelijke posturale functie van de LD en de TPA werd slechts mogelijk geacht indien de schoudergordel gestabiliseerd/gefixeerd zou worden door ondermeer de PM en SA. Met behulp van de EMG registraties kon een indruk verkregen worden ten aanzien van de (rest-) capaciteit van de ES voor houdingshandhaving tijdens taakuitvoering, alsmede over verhoogd spiergebruik van de overige spieren bij herstel van de zithouding. Alternatief posturaal spiergebruik bij mensen met een thoracale dwarslaesie zou hieruit kunnen afgeleid worden.

Om uitsluitel te kunnen geven over de oorzaak van enkele specifieke verschillen in CP resultaten tussen mensen met en zonder een dwarslaesie is de anteroposterieure kanteling van het bekken en de positieverandering van de lumbale en laag thoracale wervelkolom tijdens het uitvoeren van een bimanuele reiktaak gemeten. Hierbij is gebruik gemaakt van een 3D bewegingsanalyse-systeem met 4 infra-rood camera's. Dit aparte deelonderzoek is in eerste instantie uitgevoerd bij mensen zonder een dwarslaesie.

In de derde, longitudinale fase (Hoofdstuk 4 en 6) is onderzoek verricht naar de ontwikkeling van alternatief posturaal spiergebruik bij patiënten gedurende hun actieve klinische revalidatie periode. Hiertoe zijn 5 patiënten met een gediagnostiseerde complete hoog thoracale dwarslaesie en 7 patiënten met een complete laag thoracale dwarslaesie gedurende hun verblijf in het revalidatiecentrum onderzocht op hun vermogen tot het handhaven van zithouding tijdens taakuitvoering. Dit is gebeurd op een aantal vooraf bepaalde tijdstippen gedurende hun revalidatie in een longitudinaal quasi-experimenteel design. Op ieder van deze tijdstippen is een onderzoek uitgevoerd dat identiek was aan het eerste experiment/onderzoek dat bij de deelnemers uit de transversale fase (fase 2) is uitgevoerd. Onderzocht is in welke mate herstel van functie van de ES c.q. compensatie van ES functieverlies door niet-posturale spieren zoals de LD en TPA

optrad gedurende het revalidatieproces van mensen met een thoracale dwarslaesie. Tevens is onderzocht in welke mate alternatief posturaal spiergebruik in deze periode leidde tot verbetering in houding- en balanshandhaving in zit, uitgedrukt in het vermogen tot verplaatsing van het CP. Naast deze kinematische gegevens is onderzocht in welke mate veranderingen op het niveau van centrale motorische sturing geassocieerd met houdingshandhaving optraden gedurende het revalidatieproces. Hiervoor zijn reactietijdgegevens geregistreerd, analoog aan het onderzoek in de transversale onderzoeksfase. De assumptie was dat gedurende het revalidatieproces nieuwe (alternatieve) en goed gecoördineerde patronen van houdingshandhaving zouden ontstaan bij thoracale dwarslaesiepatiënten. De verwachting was dat re-automatisering van posturale controle gedurende de revalidatieperiode zou leiden tot verkorting van de reactietijd tijdens taakuitvoering in zit bij patiënten.

Resultaten en discussie

Transversale onderzoeksfase

De data van de experimenten in fase 2 laten zien dat het bereik waarin mensen met een thoracale dwarslaesie hun CP kunnen verplaatsen, zowel in dynamische als semi-statische condities, aanzienlijk kleiner is t.o.v. personen zonder dwarslaesie. Ook is gebleken dat de maximale CP verplaatsing bij personen uit de H-groep gemiddeld kleiner was dan bij personen uit de L-groep. Deze verschillen konden niet toegeschreven worden aan antropometrische verschillen tussen groepen daar groepen gematched waren voor geslacht, lengte en gewicht. De verschillen in maximale CP verplaatsingen zijn een indicatie dat het posturale functieverlies van onder andere de ES bij mensen met een dwarslaesie niet geheel gecompenseerd kon worden door spieren die wel nog onder cerebrale controle stonden. De typische achterwaartse verplaatsing van het CP aan het begin van een voorwaartse reikbeweging die werd waargenomen bij de deelnemers zonder een dwarslaesie, was geringer bij mensen met een dwarslaesie. Deze vermindering was proportioneel met de (spier-) functie-uitval. Op basis van 3D registraties van de verandering van de positie van het bekken en de thoracolumbale wervelkolom kon worden uitgesloten dat deze initiële posterieure verplaatsing van het CP een gevolg was van een achterwaartse verplaatsing van het massamiddelpunt van het lichaam veroorzaakt door hetzij strekking van de wervelkolom, hetzij achterwaartse kanteling van het bekken. Verdere analyse van de horizontale krachtcomponenten, geregistreerd met behulp van het krachtenplatform, bevestigde dat de eerder genoemde initiële CP verplaatsing geassocieerd was met (krachtige) voorwaartse acceleratie van de lichaamsmassa aan het begin van de reikbeweging. Blijkbaar zijn mensen met een thoracale dwarslaesie minder in staat een krachtige voorwaartse acceleratie te genereren bij gebrek aan spierkracht in de buikspieren, iliopsoas,

rectus femoris en tensor fasciae latae, waardoor ook de initiële CP verplaatsing minder was. Bovendien zullen zij, omdat ze ook minder in staat zijn een voorwaartse snelheid af te remmen met behulp van spierkracht van onder andere de ES en de heup-extensoren, minder geneigd zijn een krachtige voorwaartse bewegingsinzet te geven om zo het gevaar voor verlies van zitbalans te minimaliseren.

Ofschoon mensen zonder een dwarslaesie verder konden reiken en daardoor meer fasische spieractiviteit genereerden, kon met behulp van EMG aangetoond worden dat, bij gelijke absolute verplaatsing van het CP, voor houdingshandhaving aanzienlijk meer gebruik gemaakt werd van de LD en TPA door mensen met een thoracale dwarslaesie. De LD en TPA hebben geen posturale functie bij mensen zonder sensomotorische stoornissen. Door inzet van de LD en TPA probeerden mensen met een thoracale laesie het functieverlies van de lumbale en laag thoracale ES, zoals geverifieerd met behulp van EMG registraties, te compenseren. Tevens kon aangetoond worden dat met name mensen uit de H-groep sterker gebruik maakten van het hoog thoracale deel van de ES bij herstel van de zithouding tijdens taakuitvoering dan de deelnemers uit beide andere groepen.

Wanneer de LD en TPA een posturale functie zouden gaan vervullen, zou dit betekenen dat (1) de schouder gestabiliseerd moet worden om retractie en depressie te voorkomen bij aanspanning van deze spieren en (2) het bekken en de thoracolumbale regio gefixeerd moeten zijn. Geconstateerd werd dat personen met een dwarslaesie het bekken passief meer achterover kantelden tegen de rugleuning van de stoel naar mate de spierfunctie-uitval groter was in een poging bekken en lumbale regio te stabiliseren. Deze observatie was in overeenstemming met de CP gegevens die simultaan geregistreerd waren. Tevens werd geconstateerd dat in condities waarin de absolute CP verplaatsing voor alle groepen vergelijkbaar was en houdingshandhaving op de proef gesteld werd, personen met m.n. een hoog thoracale dwarslaesie meer gebruik maakten van de PM en de SA. Deze bevinding ondersteunt het concept van alternatief posturaal spiergebruik dat schouderstabilisatie door o.a. de protactoren van de scapulae postuleerde.

Bij mensen met een thoracale dwarslaesie werd, ondanks het laesieniveau, relatief meer spieractiviteit van de schuine buikspieren (OA) geregistreerd bij balans-herstel dan bij mensen uit de N-groep. Twee mogelijke verklaringen kunnen hiervoor gegeven worden. Ten eerste zouden mensen met paretische OA's de niet-paretische delen van deze spieren sterker ingezet kunnen hebben in een synergie met de PM en SA en in een antagonistisch patroon met de LD-TPA-ES synergie in een poging de romp en de wervelkolom stabiliseren. Een tweede mogelijkheid zou kunnen zijn dat mechanische rek van de paralytische OA, veroorzaakt door PM en SA activiteit, spinale reflexactiviteit teweeg zou brengen, waardoor onwillekeurige OA activiteit zou gegenereerd worden. Uit het huidige onderzoek kan echter geen definitieve conclusie getrokken worden t.a.v. de oorzaak van de geconstateerde OA activiteit.

Mensen met een lage thoracale dwarslaesie lijken complexere strategieën te gebruiken in hun pogingen om zithouding en zitbalans te handhaven, in tegenstelling tot mensen zonder een dwarslaesie, blijkende uit tragere reactiepatronen c.q. langere RT's. Mensen uit de H-groep reageerden sneller dan mensen uit de L-groep. Blijkbaar gebruiken zij posturale strategieën die minder complex zijn. Verdere ondersteuning hiervoor werd gevonden in de EMG en CP data, die erop duiden dat mensen met een hoge thoracale dwarslaesie een posturale strategie volgen waarbij passief steun gezocht wordt in de lumbale regio. Het alternatief posturaal spiergebruik bij de deelnemers uit de H-groep leidde niet tot vertraagde centrale programmering zoals eerder verwacht. 'Precuing', i.e. het aanbieden van voorinformatie ten aanzien van bewegingsparameters die gespecificeerd moeten worden in het motor programma, leidde in alle groepen tot een vergelijkbare verkorting van de RT. Blijkbaar beïnvloedt precuing alleen zuiver centrale sturingsmechanismen die onafhankelijk zijn van de toestand van het perifere sensomotorische systeem. Wel bleek dat tijdens de precue condities de mate van zithoudingverandering van invloed was op de RT. Wanneer personen verder moesten reiken en dus meer zithoudingverandering zou optreden, bleken de RT's toe te nemen. Dit gebeurde in alle groepen.

Longitudinale onderzoeksfase

De resultaten van de longitudinale, klinische studie laten zien dat de mate waarin patiënten met een lage thoracale laesie in staat waren hun zithouding te veranderen toenam. Het bereik waarin het CP gevarieerd kon worden, nam geleidelijk aan toe gedurende het revalidatieproces. Bij patiënten met een hoge dwarslaesie nam aanvankelijk het CP-bereik af, nadat het thoracale korset, dat zij droegen ter stabilisering van de wervelkolom, verwijderd was. Gedurende de verdere revalidatieperiode nam het CP-bereik toe tot een niveau dat gelijk was aan het beginniveau toen de patiënt nog een korset droeg. Een dergelijk gevolg van het verwijderen van het korset op het vermogen tot handhaving van zitbalans was niet aanwezig bij patiënten met een lage thoracale dwarslaesie.

Gedurende het revalidatieproces werd enig functieherstel in de lumbale en laag-thoracale ES waargenomen in patiënten met een lage thoracale laesie. Een mogelijke oorzaak hiervoor zou o.a. kunnen zijn (a) vermindering van de spinale pathologie als gevolg van b.v. oedeem-resorptie rond het laesie-niveau of (b) hypertrofie van de polysegmentale spiervezels van de ES die geïnnerveerd worden vanuit ruggemergsegmenten craniaal van de laesie. Patiënten met een hoge thoracale laesie bleken al vanaf een maand na verwijdering van het korset meer gebruik te maken van het hoog-thoracale deel van de ES bij het handhaven en herstellen van zithouding tijdens bimanuele taakuitvoering, in tegenstelling tot patiënten met een lage thoracale laesie. Dit verschil tussen beide groepen bleef bestaan gedurende de rest van de revalidatieperiode.

Een effect dat duidelijk aangetoond kon worden in deze studie was de ontwikkeling c.q. toename van LD en TPA activiteit bij houdingshandhaving bij patiënten met een hoge thoracale laesie gedurende hun verblijf in het revalidatiecentrum. Bij patiënten met een lage laesie nam de activiteit van de TPA toe gedurende het revalidatieproces tot enkele weken voor de ontslag datum, waarna deze activiteit enigszins verminderde. De SA werd door de deelnemers uit beide groepen meer ingezet bij het herstel van de zithouding naar mate deze verder verstoord was. Deze reactie veranderde niet verder gedurende het revalidatieproces. De OA bleken in beide patiëntengroepen marginaal actief te blijven. Het gebruik van de PM veranderde bij mensen met een lage thoracale dwarslaesie niet, in tegenstelling tot patiënten met een hoge dwarslaesie die meer gebruik gingen maken van deze spier tijdens handhaving van zithouding. Echter een inverse relatie tussen reikafstand en PM gebruik ontwikkelde zich tegen het einde van het revalidatieproces bij de laatstgenoemde groep. Een mogelijke verklaring zou kunnen zijn dat patiënten met een hoge thoracale dwarslaesie hun zithouding proberen te stabiliseren door adductie van de humerus tegen de borstkas. Deze strategie is echter alleen mogelijk bij korte reikafstanden, wanneer de humerus parallel aan de borstkas gehouden kan worden. Verder onderzoek ter verheldering van dit fenomeen is echter noodzakelijk.

Met betrekking tot centrale programmering bleek dat voor beide groepen de snelheid waarmee houding- en balansversturende bewegingen geprogrammeerd konden worden, verbeterde gedurende het revalidatieproces. Dit bleek een geleidelijk proces te zijn. Zowel de reactietijden in het algemeen als de verschillen in reactietijden tussen condities waarin zithouding meer c.q. minder verstoord werd, namen af. De reactietijdverschillen tussen beide groepen in de longitudinale onderzoeksfase waren vergelijkbaar met de reactietijdresultaten uit fase 2. Patiënten met een hoge laesie reageerden sneller dan patiënten met een lage laesie. Ook deze verschillen varieerden niet als functie van revalidatietijd. Ofschoon 'precuing' leidde tot lagere reactietijden in beide patiëntengroepen, veranderden deze effecten van 'precue' niet gedurende het revalidatie-proces.

Algemene conclusies

Met dit onderzoek is ondersteuning gevonden voor de ontwikkeling van alternatief posturaal spiergebruik bij mensen met een thoracale dwarslaesie. Aangetoond kon worden dat primair de LD en TPA gebruikt worden om het verlies aan ES functie gedeeltelijk te compenseren. Voorts is duidelijk gevonden dat de PM en SA ingezet worden ter stabilisering van de schoudergordel als voorwaarde voor de posturale functie van de LD en TPA. Ook werd enig functieherstel van de ES enigszins caudaal van de dwarslaesie-locatie waargenomen. Forse beperkingen in het vermogen tot houdingshandhaving tijdens bimanuele taakuitvoering bleven

echter bestaan bij mensen met een thoracale dwarslaesie. Het bestaan van verschillen in strategieën voor houdingshandhaving tijdens bimanuele taakuitvoering in zit tussen zowel mensen met en zonder een dwarslaesie als ook tussen mensen met een thoracale dwarslaesie op verschillende niveaus werd bevestigd.

Het huidige onderzoek heeft een basis gelegd voor de evaluatie van bewegingscoördinatie, (a) door het ontwikkelen van instrumenten en methoden waarmee bewegingssturing geobjectiveerd kan worden, (b) door aan te tonen dat toepassing van een dergelijk instrumentarium in de revalidatiepraktijk mogelijk is in zowel transversale als longitudinale, klinische studies en (c) door een kwalitatief model voor alternatief spiergebruik te formuleren en experimenteel te toetsen.