

Van contractie naar vaardigheid

Recente inzichten over herstel van bewegen

Ruud van der Veen, Mieke Schutten, Wim Hullegie

R. van der Veen, fysiotherapiewetenschapper i.o., professional master fysiotherapie in de geriatrie i.o., FysioGym Twente, Enschede; rvanderveen@fysiogym.nl

M. Schutten, professional master sportfysiotherapie i.o., FysioGym Twente, Enschede

Dr. W. Hullegie, sportfysiotherapeut, wetenschapsfilosoof, FysioGym Twente, Enschede

Samenvatting

Bewegen en herstel van bewegen is het domein van de fysiotherapeut. Hierbij spelen diverse factoren een rol. Het vermogen om na een trauma, immobilisatie of operatie terug te komen naar het gewenste vaardigheidsniveau, hangt af van de flexibiliteit van het neuromotorische systeem. De bewegende mens past zich aan gegeven situaties aan en moet bij revalidatie in staat zijn zijn nieuwe bewegingspatronen te leren. Dit betekent ook aanpassingen op corticaal niveau. Een opmerkelijke ontdekking in de afgelopen jaren is de verbazingwekkende plasticiteit van het centrale zenuwstelsel (ook) op volwassen leeftijd. Deze inzichten spelen een belangrijke rol bij herstel en kunnen de fysiotherapeut ondersteunen in het klinisch redeneren.

Leerdoelen

Na het lezen van dit artikel

- ▶ hebt u inzicht in de relatie tussen herstelprocessen en de neurale organisatie
- ▶ hebt u inzicht in de relatie tussen neurale organisatie en spierkrachtbouw
- ▶ kent u de impact van nieuwe wetenschappelijke inzichten op het klinisch redeneren bij herstelprocessen en spierkrachttraining

Inleiding

De nieuwste slogan van onze beroepsvereniging luidt *leven is bewegen*. Voor de meeste mensen is dit bewegen vanzelfsprekend. Pas wanneer zij gehinderd of beperkt worden in hun handelen wordt de complexiteit van het adaptieve repertoire van het motorsysteem duidelijk. Bij een orthopedische aandoening zoals een trauma of

orthopedische operatie, is er vaak immobilisatie nodig om beschadigd weefsel de kans te geven te herstellen. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan een gehechte flexorpees in de hand of een fractuur die conservatief wordt behandeld. Na een immobilisatiefase is fysiotherapeutische begeleiding meestal geïndiceerd om de relevante vaardigheden met de aangetaste extremiteit te herwinnen. De fysiotherapeutische benadering is vaak gebaseerd op medisch-fysiologische principes. Onder de vlag van uniformiteit en transparantie wordt er in de fysiotherapie steeds meer geprotocolleerd gewerkt. Revalidatietrajecten worden aan de hand van verschillende fasen uitgewerkt, met als populair voorbeeld de Rehaboom.

In dit artikel worden vragen gesteld bij een te sterk geprotocolleerde benadering van herstelprocessen. Daarnaast wordt beoogd het klinisch redeneren bij herstel na immobilisatie te ondersteunen met recente fysiologische en neuromotorische inzichten over herstel van bewegen.

Neurofysiologische gevolgen van immobilisatie

Orthopedische traumata, chirurgie en immobilisatie hebben verschillende fysiologische en neurale veranderingen tot gevolg. Afhankelijk van de ernst is het bijvoorbeeld bekend dat spierkracht afneemt en dat het bewegen na een immobilisatieperiode vaak onhandig en stijf is. Deze paragraaf geeft een beknopt overzicht van de mogelijke gevolgen van immobilisatie.

Reflexatrofie

Bij orthopedisch trauma of chirurgie is mogelijk sprake van spierzwakte en atrofie op basis van neurale inhibi-

tie, beter bekend als reflexatrofie. Deze atrofie heeft vermoedelijk meerdere oorzaken, waarbij een veranderde afferente input een rol speelt.⁵ Uit onderzoek blijkt bijvoorbeeld dat zwellen in een kniegewricht een inhibitie van de vastus medialis van de m. quadriceps tot gevolg heeft.

Disuse-atrofie

Naast reflexatrofie kan weefsel ook atrofiëren op basis van het niet gebruiken ervan. Een populaire uitspraak hiervoor is *use it or lose it*. Dit is soms duidelijk te zien, bijvoorbeeld als een been uit het gips komt: in omvang moet dit het afleggen tegen het andere been. De snelheid waarin atrofie optreedt bij immobilisatie is hoog gedurende de eerste weken en neemt daarna af. De impact van immobilisatie op spieren hangt af van de duur en positie van het geïmmobiliseerde gewricht of gewrichten. Geïmmobiliseerde spieren in een verkorte positie zullen meer atrofiëren dan spieren in een neutrale of verlengde positie. Structurele aanpassing ten gevolge van immobilisatie kan ertoe leiden dat de maximale kracht in een abnormaal punt in de fysiologische range of motion plaatsvindt. Daarnaast is bekend dat bij immobilisatie type II-spiervezels het snelst atrofiëren.

Bindweefsel

Naast gevolgen voor de contractiële structuren heeft immobilisatie ook consequenties voor het bindweefsel wat in de spier is gelegen. Vooral het collageen in de parallel gelegen structuren (endomysium, perimysium) neemt in omvang af. Door de voortgaande turnover zal spierbindweefsel zich steeds meer aanpassen aan een verkorte positie. Vergeleken met spierbindweefsel atrofiëren peesstructuren ten gevolge van een lager metabolisme en minder vascularisatie langzamer. Er is echter wel degelijk sprake van een afname in treksterkte, elastische stijfheid en massa ten gevolge van immobilisatie.

Corticaal niveau

Naast deze gevolgen heeft immobilisatie ook direct invloed op corticaal niveau. Een opmerkelijke ontdekking in de afgelopen jaren is de verbazingwekkende *plasticiteit* van het centrale

zenuwstelsel (ook) op volwassen leeftijd. Veranderingen in de afferente input, bijvoorbeeld door immobilisatie, leiden tot enorme veranderingen in corticale representaties.¹¹ Dit leidt aan de ene kant tot nieuwe inzichten over de wijze waarop de cortex en de hersenen tot motorische output komen. Aan de andere kant dringt deze nieuwe kennis aan op de ontwikkeling van nieuwe therapeutische strategieën in relatie tot herstel. Na een trauma of operatie ontstaat er in het lichaam direct een nieuw evenwicht tussen de veranderde afferente input en efferente output. De klinische betekenis hiervan wordt behandeld in de volgende paragrafen.

Casus

Een vrouw van dertig jaar met knieklachten links volgt na een voorste kruisbandruptuur een conservatief fysiotherapeutisch beleid. Bij onderzoek is een klein spoortje intra-articulair vocht te zien. Haar linker bovenbeen is in omvang flink afgenomen, en ook de tonus van de m. quadriceps is duidelijk verminderd. Daarentegen laten de hamstrings en de kuitspieren een verhoogde tonus zien ten opzichte van het rechterbeen. Observatie van haar looppatroon laat een flexiepatroon zien; ze loopt met een licht geflecteerde knie. Wanneer ze toch haar knie probeert te strekken tijdens het lopen, heeft ze het gevoel door de knie te zakken.

De uitwerking van deze casus wordt gegeven op www.physios.nl.

Herstel van bewegen

Wanneer vanuit medisch-fysiologische principes wordt gekeken naar herstel van bewegen, wordt er vaak een opdeling gemaakt in grondmotorische eigenschappen. Voldoende kracht, snelheid, uithoudingsvermogen, lenigheid en coördinatie worden als voorwaarden gezien voor succesvol bewegen. Dit roept echter de vraag op of revalidatietraining op deze eigenschappen moet worden gericht. Voldoende grondmotorische eigenschappen bepalen niet het vaardigheidsniveau, maar zijn voorwaardelijk. Welke factor is dan wel bepalend voor het bereiken van het vaardigheidsniveau? Een belangrijk uitgangspunt hiervoor is dat bewegen *doelgericht* is, waarbij het bewegingssysteem ondergeschikt is aan het bereiken van een bewegingsdoel. Doelgericht bewegen gaat gepaard met *flexibiliteit*, wat betekent dat een bewegingsdoel op verschillende

Spiere in beweging

Figuur 1 t/m 12: Revalidatie met neuromusculair oefenprogramma in beeld. Patiënt wil na vkb-ruptuur (conservatief beleid) weer kunnen paragliden (parapenten) (foto's Martin Moons).



Figuur 1 en 2 Trainen van stabalans met gebruik van instabiel oefenmateriaal.

Figuur 3 en 4 Squatoefeningen met instabiel oefenmateriaal.

wijzen bereikt wordt. Flexibiliteit houdt in: vrijheid en keuzemogelijkheid van bewegen. Dat betekent dat de mens constant in staat moet zijn alle vrijheidsgraden die met beweging gepaard gaan te controleren. De mate waarin de mens er in slaagt onder wisselende omstandigheden op een slimme en snelle manier adaptieve keuzes te maken om een bewegingstaak succesvol uit te voeren, is bepalend voor het bereiken van het vaardigheidsniveau.

Motorisch (her)leren

Binnen de fysiotherapie is het de vraag hoe deze inzichten over beweging kunnen worden toegepast in de praktijk op het moment dat er klinische problemen zijn met herstel na een operatie of trauma. Nicolai Bernstein heeft het *aanleren van een motorische taak* beschreven in verschillende fasen.¹ De eerste fase is gebaseerd op het uitvoeren van de bewegingstaak. Indien nodig wordt hierbij een deel van de vrijheidsgraden geëlimineerd (eliminatie), waardoor bewegingen vaak onhandig en stijf ogen. Een soort functionele immobilisatie door het systeem zelf. De volgende fase wordt gekenmerkt door de geleidelijke herintroducering van de geëlimineerde vrijheidsgraden die in dynamische motorsynergieën worden georganiseerd (coördinatie). Uiteindelijk wordt de uitvoering van een bewegingstaak verfijnd. Hierbij worden bijvoorbeeld reactieve, wrijvings- en inertiaële krachten benut om tot een efficiënte taakuitvoering te komen (exploitatie).^{1,2} Bij het herstel van het bewegen is deze fasering ook te herkennen, bijvoorbeeld wanneer er sprake is van het opnieuw leren van een oude vaardigheid of het doorbreken van een opgetreden compensatoir bewegingspatroon na een knieletsel of schouderoperatie. Zo is het bewegen buiten het compensatoir patroon in eerste instantie ook vaak onhandig en stijf.

Representatie van lichaamsdelen

Uit de neurowetenschappen is bekend dat de representatie van de verschillende lichaamsdelen in onze cortex niet rigide is. Een gebied dat veel afferente informatie biedt wordt geprefereerd boven een gebied dat geen tot weinig afferente informatie biedt.³ Het komt erop neer dat neu-



Figuur 5 en 6 Vertesprongoefeningen met afzet van 1 been, landen op 2 benen of op 1 been.

rale groepen of netten ontstaan als het resultaat van input. Dit kan worden vergeleken met een machtsstrijd of een kleine evolutie in ons brein, de *survival of the fittest*. Wanneer een deel van de afferente input wegvalt, als gevolg van bijvoorbeeld immobilisatie, wordt het neurale systeem vrijwel direct gedwongen tot reorganisatie en adaptatie. De klinische betekenis hiervan lijkt relevant. Op het moment dat een spier of gewricht wordt geïmmobiliseerd ontstaan er aanpassingen in het brein. Het evenwicht tussen afferentie en efferentie is veranderd. Zo laten studies van Björkman en collega's bijvoorbeeld een directe verbetering in handfunctie zien bij gezonde proefpersonen bij deafferentie van de andere hand.⁴ Deze nieuwe reorganisatie manifesteert zich direct na een trauma of letsel en dient te worden herkend door de fysiotherapeut. Compensatoire bewegingspatronen zijn vanwege de doelgerichtheid van bewegen tijdelijk functioneel en kunnen gedurende of na herstel verdwijnen. Ze kunnen echter ook blijven bestaan nadat het letsel zelf al hersteld is. In het licht van *de micro-evolutie van het brein* zijn dit logische biologische processen, maar voor de patiënt en therapeut kan dit leiden tot stagnatie in de therapie. De fractuur is al genezen of het ligament is alweer hersteld, maar de patiënt kan nog steeds niet lekker hardlopen of wandelen. Een ander voorbeeld betreft een knietrauma met als medische diagnose een vKB-ruptuur. In de richtlijnen staat dat normalisatie van het looppatroon in de eerste weken na dit trauma een belangrijk behandeldoel is. Vanuit de kliniek is bekend dat het bereiken van een goed looppatroon regelmatig moeizaam verloopt. Het goedbedoelde advies om het been of de arm bij een schouderletsel *gewoon* weer te belasten of te gebruiken blijkt gemakkelijker gegeven dan uitgevoerd. Wetenschappers krijgen echter steeds meer inzicht in deze fenomenen, die bij fysiotherapeuten op basis van klinische ervaringen al langer bekend zijn.

Ontwikkelingen in revalidatie

Aan de hand van de inzichten over de enorme plasticiteit van het centrale zenuwstelsel, zelfs bij volwassenen, kunnen verschillende fenomenen worden uitgelegd. Zo is bekend dat het trainen van de contralaterale zijde door middel van krachttraining leidt tot een krachttoename in de ongetrainde zijde. In de literatuur is dit bekend als het contralateraal krachttrainingseffect of *cross education*. Dit komt neer op een toename van zo'n 8% of ongeveer de helft van de spierkrachttoename in

de contralaterale zijde.^{7,8} Huidig onderzoek is gericht op de achterliggende mechanismen bij dit fenomeen en wordt onder andere gezocht in corticale aanpassingen. Ondanks de kleine effecten is er wellicht klinische relevantie wanneer een aangedane zijde nog niet volledig belastbaar is. Uit recent onderzoek blijkt verder dat atrofie bij immobilisatie (gedeeltelijk) te remmen is door training van de contralaterale zijde.⁹ Dit pleit wellicht voor een start van de revalidatie tijdens de immobilisatieperiode.

Daarnaast is het ook mogelijk om te trainen met behulp van *motor imagery*. Dit is een actief proces waarin een motorische handeling intern in het geheugen wordt gereproduceerd zonder motorische output. Met andere woorden, bewegen zonder het daadwerkelijk bewegen. In onderzoek door Zijdewind en collega's is aangetoond dat de plantaire flexiekracht gedurende immobilisatie kon worden verbeterd met behulp van imagery motor training.¹⁰ Opvallend hierbij was dat de krachttoename groter was dan bij de controlegroep en de groep die laag intensief trainde.

Hetzelfde principe geldt bij *observatie van bewegingen* (zie de bijlage over spiegelneuronen bij artikel van De Morree op www.physios.nl). Ook hierbij treedt activatie op van de motorische cortex zonder daadwerkelijke beweging. Het is mogelijk de motorische cortex te activeren door te kijken naar een goede uitvoering van een beweging. Dit betekent dat het goed kunnen voordoen van een beweging meerwaarde heeft binnen een fysiotherapeutische setting.

Spiere als motor

Neurale aansturing alleen is onvoldoende voor de krachtopbouw. Uiteindelijk zijn het de musculoskeletale structuren die de motor voor bewegingen vormen. Het is daarom logisch om te denken dat verloren spierfunctie te verbeteren is met behulp van *krachttraining*. Krachttraining kan worden gedefinieerd als de handeling van herhaalde vrijwillige spiercontracties tegen een weerstand die groter is dan gevraagd wordt bij activiteiten in het dagelijks leven. Wetenschappelijke literatuur op het gebied van spierkrachtwinst wordt vooral gekenmerkt door onderzoek naar de rol van spiermassa. Spiermassa is onmiskenbaar belangrijk voor spierkracht en vormt daarmee een onderdeel voor het herstel van het vaardigheidsniveau. Daarnaast is het algemeen geaccepteerd dat neurale factoren een belangrijke rol spelen bij toename in spierkracht. Een toename



Figuur 7-10 Sprong- en landingsoefeningen, met en zonder visuele controle en rotatie tijdens de sprong.

in spierkracht zonder duidelijk teken van hypertrofie is een concrete aanwijzing die duidt op betrokkenheid van het neurale systeem. Dit laat zien dat het onderscheid tussen de fysiologie en de neuromotorische aansturing eigenlijk kunstmatig is. Aangenomen wordt dat de spierkrachttoename in de vroege fase van training vooral gerelateerd is aan een verbeterde neurale aansturing van de actieve spiervezels door het centrale zenuwstelsel. De volgende stap is een vertaling van deze inzichten naar de klinische praktijk.

Consequenties voor de praktijk

De vraag is nu welke oefenvorm/trainingsvorm optimaal is in welke situatie. Is het bijvoorbeeld bij atrofie van de rotator cuff-musculatuur na een neerplastiek logisch om met spierkrachttraining te starten als daarnaast ook sprake is van een verstoord bewegen? Ondanks vele publicaties over training in de afgelopen halve eeuw is er nog steeds veel te leren over de neurofysiologische mechanismen achter training en de klinische toepassing ervan. Dat bij beweging en herstel naar het gewenste vaardigheidsniveau verschillende factoren een rol spelen is inmiddels duidelijk. Een logische vraag die in de praktijk speelt, is hoe de fysiotherapeut begint. Op basis van de huidige inzichten over het brein lijkt de gangbare indeling tussen functionele training, coördinatieve training en krachttraining minder hard te zijn dan vaak wordt aangenomen. Het lijkt wel zinnig om een onderscheid te maken tussen krachttraining bij gezonde sporters en krachttraining bij patiënten of sporters die moeten herstellen. De mechanismen die leiden tot een trainingseffect, verschillen tussen beide groepen.

Oefenen in ketens

In de beginfase van de revalidatie speelt de neurale aansturing de belangrijkste rol en moeten oefeningen vooral hierop gericht zijn. Bij het voorbeeld van de patiënt met de neerplastiek betekent dit eerst coördinatieve en insteloefeningen. Bewegingen moeten eerst veilig en correct kunnen worden uitgevoerd, voordat een ontstane atrofie met behulp van krachttraining kan worden bestreden. Specifieke krachttraining kan bij lokale spieratrofie een logische tussenstap zijn tussen coördinatie en functioneel trainen als de atrofie een belemmering is voor functioneel bewegen. Wanneer

de veiligheid dit toelaat moet krachttraining vervolgens zoveel mogelijk functioneel worden aangeboden. Aangezien bewegen in het dagelijks leven en sport in de gehele *bewegingsketen* plaatsvindt, is het van belang oefeningen niet lokaal, maar juist in deze keten aan te bieden. Op deze manier worden gehele bewegingspatronen geoefend en kunnen dynamische motorsynergieën beter worden georganiseerd. Recent onderzoek naar voorste kruisbandrevalidatie laat bijvoorbeeld zien dat een neuromusculair oefenprogramma (zie figuur 1 t/m 12) effectiever is ten opzichte van een traditioneel krachttrainingsprogramma op het gebied van de kniefunctie. Het neuromusculaire programma was vooral gericht op vaardigheden met balansoefeningen, loopoefeningen, hardloop- en springoefeningen. Daar tegenover was het krachttrainingsprogramma voornamelijk gericht op range of motion en een klassieke krachtopbouw. Op het gebied van spierkracht werd echter geen significant verschil gevonden tussen beide oefenvormen.⁶

Beperken van musculaire atrofie

Het voorkomen of beperken van atrofie tijdens immobilisatie heeft voor de patiënt grote meerwaarde, aangezien dit het revalidatietraject aanzienlijk kan verkorten of vergemakkelijken. Op basis van de corticale representatie lijkt het relevant om de spierkracht door middel van bijvoorbeeld motor imagery of het trainen van de contralaterale zijde zoveel mogelijk te onderhouden. Richtlijnen voor de praktijk zijn hierbij nog niet beschikbaar. Over preoperatieve fysiotherapie bij orthopedische chirurgie is in de literatuur nog niet veel bekend. De hypothese van *better in, better out* lijkt plausibel en is momenteel bij cardiale chirurgie ter voorkoming van pulmonale complicaties al een hot item.

Corticale reorganisatie van bewegingen

Onderzoek bij muizen laat zien dat het bij reorganisatie van bewegingsrepresentatie in de motorische cortex niet uitmaakt of tegen een zware of lichte weerstand wordt bewogen. Trainen met grotere weerstanden lijkt dus niet te zijn gerelateerd aan een grotere representatie in de cortex. Afferente input is dat wel. Metaforisch kun je het begin van een revalidatietraject zien als *landjepik in de motorische cortex* tussen de verschillende lichaamsdelen. Vanuit deze visie moet fysiotherapie in de beginfase gericht zijn op het faciliteren van het aanbod van veel en brede afferente input vanuit het aangedane

ledemaat of gewricht. Dit betekent op correcte wijze herhaald uitvoeren van functionele bewegingsvormen, met veel variatie. *Herhalen zonder te herhalen.*

Tot slot

Waar tijdens fysiotherapieopleidingen terecht kennis over afzonderlijke spieren en gewrichten een belangrijke plaats inneemt, moet in het achterhoofd worden gehouden dat het brein zelf geen spieren of gewrichten kent (zie het artikel over bewegen van De Morree in dit nummer). Voor de fysiotherapeut is het vooral noodzakelijk om te kijken naar het bewegend functioneren. De neurale aansturing is gebaseerd op basis van bewegingshandelingen of patronen en moet worden gezien als een dynamisch proces. De invloed van neurale factoren op spierkrachttoename en herstel van vaardigheden lijkt substantieel. Revalidatie moet daarom meer dan nu het geval is dit neurale systeem aanspreken. Dan rest de vraag of herstel van vaardigheden kan worden gevangen in een protocol. Wanneer men vertrekt vanuit de gedachte dat bij revalidatie de cortex wordt gereorganiseerd op basis van nieuwe afferente input en een ander evenwicht tussen afferentie en efferentie lijken bestaande rigide protocollen (met fitnessapparatuur of haltertraining) niet afdoende te zijn. Afferente input is groter wanneer er variatie is in de oefensituatie om de flexibiliteit van het neuromusculaire systeem aan te spreken en te benutten. Training van vaardigheden begint met het herkennen van proces van adaptatie en herstel. Wanneer er sprake is van een compensatoir patroon kan de fysiotherapeut dit bijvoorbeeld met manuele technieken of massage proberen te doorbreken. Voor een terugkeer naar met name sport specifieke functionaliteit is het belangrijk om alle facetten van de spierfunctie te optimaliseren. Hierbij hebben bestaande protocollen gebaseerd op gezonde sporters hun nut in de praktijk al bewezen. De nieuwe inzichten moeten echter in een groter kader worden geplaatst. Patiënten moeten weer gaan bewegen met als doel tot een optimaal functioneren te komen binnen hun



Figuur 11 en 12 Sportspecifiek functioneel landing trainen voor paragliden. Afspringen met contragewicht en balans houden tijdens landing. Moeilijkheidsgraad stapsgewijs opbouwen.

dagelijks leven. Zo simpel als het klinkt, zo complex is het verklarend model erachter. Binnen het klinisch redeneren vergt het een andere manier van kijken naar bewegen en indien nodig het kunnen loslaten van het denken in afzonderlijke spieren. De uitgangspunten van het te ontwikkelen trainingsprogramma zal gebaseerd moeten zijn op zowel de hulpvraag als de individuele motorische capaciteiten van de patiënt.

Literatuur

- 1 Bernstein N. The coordination and regulation of movements. Oxford: Pergamon Press, 1967.
- 2 Bosga J, Meulenbroek R. De betekenis van de flexibiliteit van het neuromotorische systeem voor de fysiotherapie. *Neuropraxis* 2009; 3: 61-65.
- 3 Mulder T, Hochstenbach J. Adaptability and flexibility of the human motor system: implications for neurological rehabilitation. *Neural Plasticity* 2001; 8 (1-2): 131-40.
- 4 Björkman A, Rosén B, Westén D van, Larsson EM, Lundborg G. Acute improvement of contralateral hand function after deafferentation. *Neuroreport* 2004.
- 5 Carroll TJ, Herbert RD, Munn J, Lee M, Gandevia SC. Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms. *J Appl Physiol* 2006; 101 (5): 1514-22.
- 6 Munn J, Herbert RD, Gandevia SC. Contralateral effects of unilateral resistance training: a meta-analysis. *J Appl Physiol* 2004; 96: 1861-66.
- 7 Farthing JP, Krentz JR, Magnus CRA. Strength training the free limb attenuates strength loss during unilateral immobilization. *J Appl Physiol* 2009; March 1.
- 8 Zijdewind I, Toering S, Bessem B, et al. Effects of imagery motor training on torque production on ankle plantar flexor muscles. *Muscle Nerve* 2003; 28: 168-73.
- 9 Hopkins JT, Ingersoll CD. Arthrogenic muscle inhibition: a limiting factor in joint rehabilitation. *J Sport Rehabil* 2000; 135-59.
- 10 Risberg MA, Holm I, Myklebust G, Engebretsen L. Neuromuscular training versus strength training during first 6 months after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized clinical trial. *Phys Ther* 2007; 87(6): 737-50.
- 11 Mulder T. De geboren aanpasser. Over beweging, bewustzijn en gedrag. Amsterdam: Contact, 2005.

Voor de volledige literatuurlijst wordt verwezen naar www.physios.nl.

Checklist

In de praktijk is het belangrijk om uw patiënt te motiveren voor de wijze van trainen. Hiervoor is het noodzakelijk dat u de nieuwe inzichten op het gebied van revalidatie in eenvoudige bewoordingen kunt uitleggen aan uw patiënt. Uiteraard moet u eerst zelf deze inzichten begrijpen. Dit kunt u checken door de volgende begrippen/slogans in uw eigen woorden te omschrijven.

- reflexatrofie
- gevolgen van immobilisatie
- plasticiteit van het zenuwstelsel
- doelgerichtheid en flexibiliteit van bewegen
- ‘survival of the fittest’ in het brein
- cross education
- bewegen in ketens
- herhalen zonder te herhalen

www.physios.nl

- ▶ Bijlage 1: Casus, uitwerking
- ▶ Bijlage 2: Overzichtsformulier ‘van contractie naar vaardigheid’