

Blessurepreventieve oefenprogramma's zijn in de sport niet erg populair. Hun effectiviteit staat ter discussie en het feit dat ze doorgaans geen directe bijdrage leveren aan prestatieverbetering komt de motivatie van coaches en sporters niet ten goede. Het toepassen van motorische leerprincipes binnen de blessurepreventie lijkt echter beide doelen te kunnen dienen: minder blessures en betere prestaties.

Twee vliegen in één klap Blessurepreventie en beter presteren door motorisch leren

Anne Benjaminse

Tot voor kort werd er nauwelijks wetenschappelijk onderzoek gedaan naar het toepassen van motorische leerprincipes binnen blessurepreventieprogramma's. Vanuit mijn achtergrond als fysiotherapeut en bewegingswetenschapper wilde ik dit graag verder onderzoeken.

Hoge kosten

Jaarlijks lopen in Nederland 3,7 miljoen sporters blessures op. Dit betreft zowel acute blessures als blessures die geleidelijk ontstaan. Daarmee staan blessures op de zevende plek in de rangorde van meest voorkomende 'ziekten' in Nederland. Vooral jonge sporters (10-24 jaar) raken geblesseerd. De totale jaarlijkse maatschappelijke kosten van sportblessures in Nederland worden geschat op € 1,25 miljard, waarvan € 380 miljoen aan directe medische kosten en € 870 miljoen aan verzuimkosten. Bovendien leiden die blessures vaak tot verminderde sportparticipatie en dus tot een minder actieve leefstijl.¹ Knieblessures en enkelblessures komen het vaakst voor.

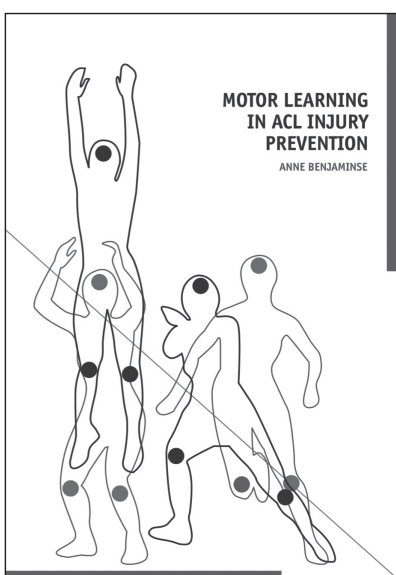
Knieblessures

In 2013 liepen alle Nederlandse spor-

ters samen 970.000 knieblessures op. Dit is 21% van alle sportblessures die in een jaar ontstaan.¹ Tweederde van deze knieblessures ontstond acuut. Met name een blessure van de voorste kruisband (VKB) leidt meestal tot langdurige sportuitval² en heeft daardoor verstrekkende fysieke en psychosociale gevolgen voor de sporter. Een VKB reconstructie en de daaropvolgende revalidatie (6-9 maanden) brengen hoge medische en maatschappelijke kosten³ met zich mee, geschat op € 10.000,- per blessure: medische ingreep € 2500,-, fysiotherapie € 1000,- en indirecte kosten als verzuimkosten € 6500,-.⁴ Tevens is de kans op het ontstaan van artrose (gewrichtsslijtage) tot tien keer verhoogd ten opzichte van een gezonde knie⁵, wat op termijn weer leidt tot meer inactiviteit en hoge maatschappelijke kosten. Na twee jaar beoefent zo'n 60% van de betrokkenen de eigen sport weer op het oude niveau², maar de kans op een herhaling van de blessure (re-ruptuur) varieert van 6 tot zelfs 31%.⁶

Enkelblessures

Na de knieblessure was de enkelblessure in 2013 de meest voorkomende



sportblessure in Nederland: 680.000 stuks, 15% van het jaartotaal.¹ Ook enkelblessures hebben een grote sociale impact. Ongeveer een derde van de betrokken sporters heeft blijvende chronische klachten, zoals pijn, verminderde functie, instabiel gevoel of opnieuw door de enkel gaan.⁷ En slechts 17.5% heeft na verloop van tijd het gevoel volledig hersteld te zijn.⁸ De maatschappelijke gevolgen zijn ook aanzienlijk. De gemiddelde kosten voor een enkelblessure liggen op € 360.⁹ De totale kosten per jaar in Nederland worden geschat op € 187 miljoen. Hiervan wordt 80% veroorzaakt door verzuimkosten.¹⁰

Blessurepreventie: innovatie noodzakelijk!

Volgens Swart et al.¹¹ zou de implementatie van een oefenprogramma ter preventie van VKB blessures de incidentie doen afnemen met ruim 3.0%, tot een kans van slechts 1.1% per speler per seizoen. Dit zou een gemiddelde kostenbesparing van € 100 per speler per seizoen betekenen. Voor een sport als voetbal zou dit in Nederland (de KNVB telde in 2015 ruim 1.2 miljoen leden¹²) een jaarlijkse besparing tot 120 miljoen euro kunnen opleveren. Er zou in de Nederlandse sport bovendien € 35 miljoen per jaar bespaard kunnen worden door het gebruik van effectieve preventieprogramma's tegen enkelblessures.¹⁰ Het belang van goede preventieprogramma's moge hiermee duidelijk zijn!

Echter, ondanks dat er al meer dan 20 jaar in blessurepreventie wordt geïnvesteerd, ontbreekt het nog steeds aan effectieve programma's die de incidentie op de lange termijn daadwerkelijk doen afnemen.¹³⁻¹⁶ Hoog tijd voor een innovatie benadering. Het toepassen van motorische leerprincipes in blessurepreventieprogramma's was tot dusver nog nauwelijks onderzocht. Het doel van mijn promotieonderzoek was derhalve het optimaliseren van preventiepro-

gramma's door het bevorderen van motorisch leren, om zo uiteindelijk het blessurerisico te verminderen.

Motorisch leren

Het uitblijven van een reductie van het aantal knie- en enkelblessures in de sport suggereert een 'missing link'. Er lijkt onvoldoende *transfer* (zie kader) van de preventieve oefensituatie naar de wedstrijdsituatie op te treden. Van nature geven zowel fysiotherapeuten¹⁸ als trainers en coaches¹⁹ bij het aanleren van bewegingen veelal expliciete instructies en feedback. Daarmee lokken ze bij de sporter vaak een interne focus uit, bijvoorbeeld: 'Buig goed door je knieën'.²⁰ Echter, sporters expliciet vertellen hoe te bewegen lijkt juist contraproductief en minder geschikt voor het onder de knie krijgen van complexe motorische vaardig-

de sporter vraagt om op zijn of haar eigen bewegingen te letten.²² Leren met een externe focus zorgt voor een impliciete, stabielere manier van het aanleren van bewegingen. Stabiel in de zin dat het geleerde beter beklijft over de tijd (*retentie*, zie kader), onder fysieke^{23,24} en psychologische stress^{25,26} en bij snelle bewegingen.^{27,28} Zeer relevant dus voor wedstrijden, waarin de meeste blessures ontstaan.¹

Tijdefficiënt

Deze manier van motorisch leren (impliciet, externe focus) heeft nog een voordeel: de betere retentie zorgt er wellicht voor dat de *compliance* (zie kader) bij de sporters en coaches toeneemt. Coaches zijn namelijk dikwijls terughoudend met het implementeren van blessurepreventieve oefeningen vanwege de tijd die erin gestoken moet

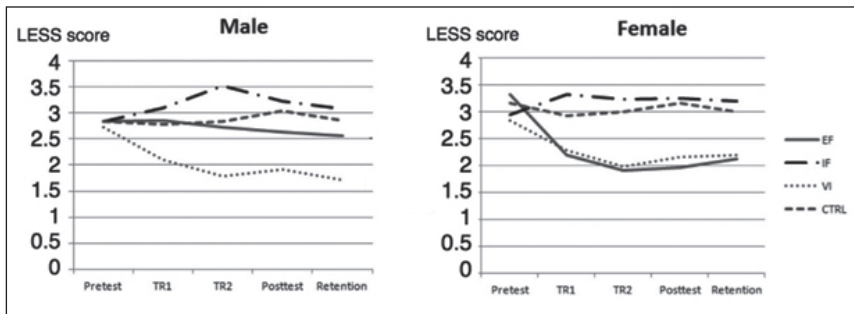
Transfer is de mate waarin een beweging die in een bepaalde situatie geleerd is wordt 'meegenomen' naar een andere situatie. Hierbij wordt vaak na een tijdsinterval gekeken of de sporter – zonder enige vorm van instructie of feedback – de beweging in de nieuwe situatie beter kan uitvoeren dan voorheen (het daadwerkelijke leereffect).

Retentie geeft aan in welke mate een bewegingsstrategie beklijft, met andere woorden: na een bepaald tijdsinterval – waarin geen feedback of instructies gegeven zijn – behouden blijft.²⁰ Dit is belangrijk, aangezien goed aangeleerde bewegingen idealiter relatief permanent worden, zodat ze alleen maar periodiek onderhoud nodig hebben.²⁹

Compliance is de therapie- of oefentrouw: de mate waarin een voorgeschreven oefenprogramma door een sporter ook daadwerkelijk wordt uitgevoerd.

heden.²¹ Een externe focus daarentegen, dat wil zeggen het gericht zijn op de uitkomst of het effect van de beweging (bijvoorbeeld 'doe alsof je op een stoel gaat zitten') bevordert volgens de zogeheten 'constrained action hypothesis' het gebruik van onbewuste en automatische leerprocessen.²⁰ Een focus op de beweging zelf (interne focus) resulteert in een meer bewuste controle, die het motorische systeem beperkt en daarmee de automatische controle verstoort, aangezien het van

worden. Ze hebben vaak het gevoel dat het teveel is en bovendien heeft het niet hun primaire interesse.³⁰⁻³⁵ Sporters geven ook aan dat de oefeningen te lang duren.³⁶ Tijdefficiëntie is dus een belangrijke factor voor het effectief omarmen van preventieprogramma's door coaches en sporters. Hoe korter het programma, des te makkelijker het in de dagelijkse praktijk is uit te voeren en vol te houden.³⁵ Doordat een met externe focus aangeleerde beweging beter beklijft, hoeft er

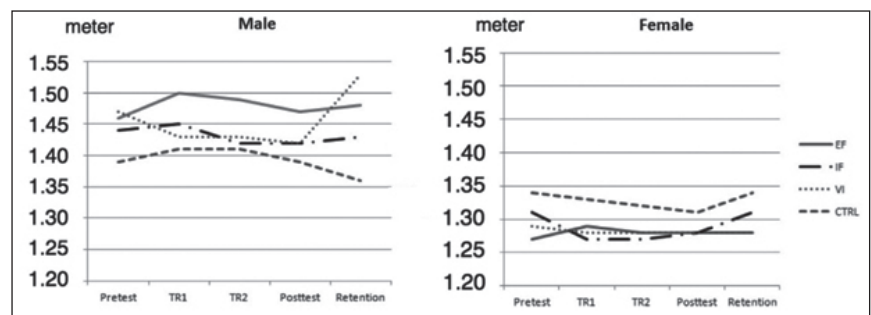


Figuur 1. LESS score voor mannen (links) en vrouwen (rechts) bij de landing na een verticale sprong. Hoe lager de score, des te beter de sprong. EF = externe focus; IF = interne focus; VI = video instructie; CTRL = controle groep; TR1 = training blok 1; TR2 = training blok 2.

minder tijd aan het onderhouden ervan besteed te worden. Er is immers niet alleen een direct, maar ook een relatief permanent oefeneffect.²⁹ Het impliciete leerproces gaat ook na het oefenen door in het brein, zelfs als er geen feedback meer wordt gegeven.²⁰ Dit impliceert dat deze manier van leren automatisme en retentie stimuleert, waardoor de benodigde tijdsinvestering afneemt. Recent liet een onderzoek bijvoorbeeld zien dat een oefenprotocol van 15 minuten met video-feedback³⁷ een grotere afname in dynamische knie valgus opleverde dan een trainingsprogramma van vier weken.³⁸

Prestatieverbetering

De primaire interesse van coaches en sporters ligt bij prestatieverbetering. De wedstrijd moet gewonnen worden! Sporters geven dan ook aan dat ze bereid zijn een blessurepreventieprogramma uit te voeren als het hun prestatievoordelen oplevert.³⁹ In de praktijk worden deze voordelen echter niet ervaren. Coaches hebben niet het gevoel dat de speciale programma's voordeel opleveren ten opzichte van hun huidige oefeningen.³⁵ Sterker nog, regelmatig⁴⁰⁻⁴³ blijkt het prestatievermogen (spronghoogte, loopsnelheid) door de programma's zelfs af te nemen, wellicht door het gebruik van verbale interne focus instructies. Er moet dus een optimum gevonden worden: zowel verbetering van de bewegingstechniek (om blessures te



Figuur 2. Maximale hoogte van het lichaamszwaartepunt bij een verticale sprong voor mannen (links) en vrouwen (rechts). EF = externe focus; IF = interne focus; VI = video instructie; CTRL = controle groep; TR1 = training blok 1; TR2 = training blok 2.

voorkomen) als behoud of verbetering van de prestatie. Een recent overzicht⁴⁴ laat zien dat het met een externe focus verbeteren van de landingstechniek na een sprong (grotere knieflexie bij het landen, meer verplaatsing van het lichaamszwaartepunt, kleinere verticale grondreactiekracht) ook een betere sprongprestatie (hoogte en -afstand) opleverde dan oefenen met een interne focus of niet oefenen (controlegroep). In recent eigen onderzoek⁴⁵ naar preventie van VKB letsel is aangetoond dat visuele feedback het blessurerisico potentieel vermindert, terwijl de prestatie (loopsnelheid tijdens het wenden en keren) constant bleef. In een andere studie toonden we aan dat de sporters die verbale externe focus en visuele instructies kregen hun landingstechniek (gemeten met het Landing Error Scoring System – zie figuur 1) verbeterden, terwijl de spronghoogte gehandhaafd bleef (figuur 2).⁴⁷ Deze feedback technieken lijken dus voordelen te hebben.

Ook in de revalidatie hebben we deze resultaten gezien. Bij sporters die na een VKB reconstructie een zogeheten *single leg hop for distance* uitvoerden, sprong de externe focus groep 6 tot 11 cm verder dan de interne focus groep.⁴⁸ Ze deden dit bovendien met een betere techniek: meer knieflexie bij landing. Professionals wordt derhalve geadviseerd om instructies en feedback te richten op het resultaat van de beweging (externe focus, verbaal of visueel)

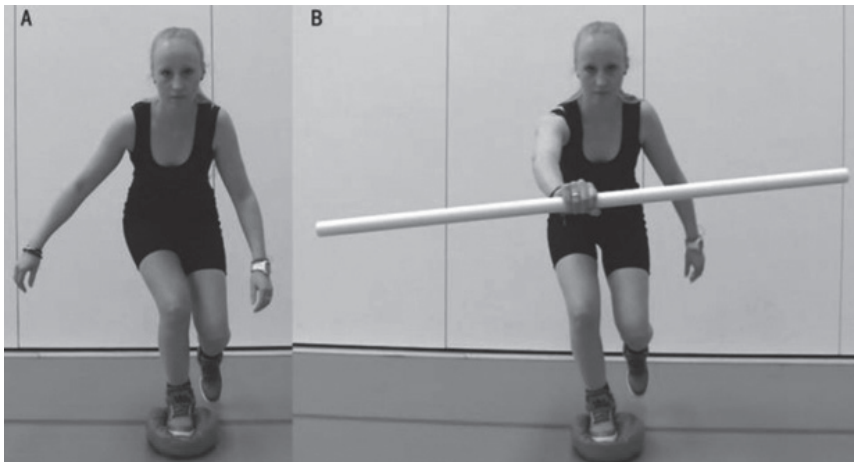
in plaats van de manier waarop wordt bewogen (interne focus), om 1) de prestatie van de sporter te verbeteren (bijvoorbeeld spronghoogte of sprongafstand) en 2) het risico op blessures te reduceren. Als de trainersstaf zich realiseert dat blessurepreventie en optimaliseren van de prestatie hand in hand kunnen gaan kan blessurepreventie in de toekomst gewoon beschouwd worden als 'part of the game'.^{49,50}

Transfer

Naast retentie van oefeneffecten en het behoud (of zelfs een toename) van prestaties, is de transfer van het oefenprogramma naar de wedstrijdssituatie van groot belang.⁵¹ Neuro-imaging studies⁵² laten zien dat de premotor cortex actief is zelfs wanneer er geen beweging plaatsvindt. Dit deel van de cortex speelt een belangrijke rol bij de voorbereiding en uitvoering van bewegingen en bij bewuste aandacht voor opgeslagen bewegingen in het ge-

interne focus	externe focus
houd je knie stabiel	houd de stok horizontaal
focus op weinig bewegingen van je voeten	focus op de markers
houd je balans bij het stabiliseren van je lichaam	houd je balans bij het stabiliseren van het platform

Tabel 1. Interne versus externe focus instructies ter verbetering van de balans.



Figuur 3. Vergelijking van instructies om de balans en/of de valgus in de knie te verbeteren tijdens een balanstaak, met gebruik van (A) een interne focus ('Bewaar je balans door het stabiliseren van je lichaam') en (B) een externe focus ('Bewaar je balans door het horizontaal houden van de stok').

heugen (interne focus). Deze aandacht voor het herinneren van bewegingen vermindert de 'ruimte' die overblijft voor het automatisch controleren van de bewegingen.⁵³ Dit betekent dat wan-

neer een beweging aangeleerd wordt met een externe focus, er tijdens een wedstrijd meer aandacht beschikbaar is voor relevante factoren zoals de andere sporters, de positie van de

bal en de conditie van het veld.⁵³ Dit ondersteunt de theorie dat de transfer van een geleerde beweging naar de sportechte situatie beter is als het leren met een externe focus heeft plaatsgevonden. Ook balansstudies^{54,55} in het kader van revalidatie na een enkelblessure laten zien dat oefenen met een externe focus een betere transfer geeft dan oefenen met een interne focus. Tabel 1 en figuur 3 laten zien hoe tijdens het oefenen een externe focus in plaats van een interne focus gestimuleerd kan worden.^{54,55} De instructies dienen simpel te zijn, aangezien ingewikkelde aanwijzingen of feedback het motorisch leren verhinderen.⁵⁷

Stimuleren externe focus

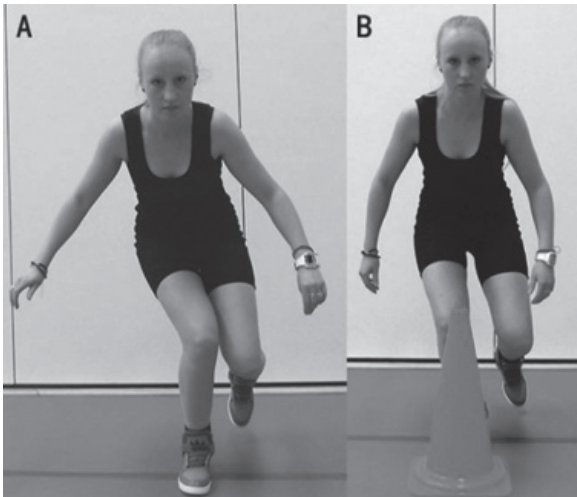
Het gebruik van een externe focus kan zowel visueel als verbaal gestimuleerd worden.

Verbaal

In tabel 2 is voor verschillende veelgebruikte preventie- en revalidatieoefeningen uiteengezet hoe met een simpele verandering in woorden een externe focus gecreëerd kan worden.

oefening	interne focus	externe focus
1-benige balans op instabiele ondergrond	Houd goed je balans door het stabiliseren van je lichaam.	Houd goed je balans door de stok horizontaal te houden.
1-benige squat (zie figuur 4)	Sta op 1 been en buig langzaam je knie, terwijl je deze recht boven je voet houdt.	Sta op 1 been en richt langzaam met je knie naar de pilon terwijl je naar beneden gaat.
single leg hop for distance	Spring zo ver als je kunt. Focus daarbij op het zo snel mogelijk strekken van je knie.	Spring zo ver mogelijk als je kunt. Als je springt, focus op het zo dicht mogelijk naar de pilon springen.
(walking) lunges	Buig je heupen en knieën totdat de voorste knie 90° gebogen is. Houd je voorste knie recht boven je voet en voorkom dat je knie naar binnen beweegt.	Richt je knie naar een denkbeeldig punt voor je en naar de pilon, terwijl je je inbeeldt dat je een plank op je rug hebt.
2-benige squat	Buig je heupen en knieën terwijl je je knieën recht boven je voeten houdt.	Buig je knieën en richt daarbij met je handen en knieën naar de pilonnen. Doe alsof je op een stoel gaat zitten terwijl je een bal tussen je knieën houdt.
2-benige drop jump	Land met je voeten op schouderbreedte, buig je knieën en houd je knieën recht boven je tenen.	Land op de aangegeven plekken op de grond en richt je knieën en tenen richting de pilonnen.
verticale sprong met Vertec	Spring en reik zo hoog mogelijk terwijl je je concentreert op de topjes van je vingers.	Duw de grond zo krachtig mogelijk onder je weg en reik zo hoog mogelijk, terwijl je je concentreert op de latjes van de Vertec.
wenden en keren	Beweeg je romp naar voren, buig je knie en houd je knie recht boven je tenen.	Probeer een vloeiende beweging te maken en richt je gezicht en je tenen naar de richting die je op gaat.

Tabel 2. Vergelijking van verbale instructies voor het stimuleren van een interne respectievelijk externe focus.



Figuur 4. Vergelijking van instructies om de valgus beweging van de knie te reduceren tijdens een eenbenig squat, met (A) een interne focus ('houd je knie boven je voet') en (B) een externe focus ('reik met je knie naar de pilon').

Visueel: leren door observeren

Observeren en imiteren is een effectieve manier van motorisch leren.⁵⁸ Het observeren van lichaamsbewegingen kan de spiegelneuronen activeren⁵⁹, welke op hun beurt automatisch de geobserveerde bewegingen in kaart brengen en vertalen naar een motorisch programma.⁶⁰⁻⁶² De functie van spiegelneuronen is dus het leggen van een link tussen de visuele input en de motorische output.

Visueel: oefenen in duo's

Het oefenen in duo's (*dyad-training*) kan de effectiviteit van de feedback en de training bevorderen.⁶³ Het afwisselen van observeren en oefenen met een partner kan resulteren in effectiever leren (zowel wat betreft retentie als transfer) dan één van de twee manieren alleen.⁶⁴ Het samen oefenen, het delen van leerstrategieën en het aan elkaar geven van aanwijzingen kunnen de betrokkenheid bij het leer- en trainingsproces bevorderen.⁶³ Ook kan het samen oefenen sporters onbewust motiveren om in competitie met elkaar hogere doelen te stellen.⁶⁵⁻⁶⁷ In de praktijk is het na elke poging wisselen van rol (observator en uitvoerder) het effectiefst voor retentie en transfer.^{64,68} De observator krijgt op die manier real time visuele input die hij daarna gelijk kan gebruiken voor zijn eigen oefenbeurt.⁵³ De sporter

gaat hiermee impliciet aan de slag en probeert met effectieve variaties een techniek te bereiken die voor zijn individuele eigenschappen optimaal is. Het is aan de coach, trainer of sportfysiotherapeut om zo nu en dan, op verzoek van de sporter,^{20,69-71} te assisteren door het geven van verbale externe focus aanwijzingen.⁵¹

Visueel: video-instructie en video-feedback

Video-feedback is een effectief instrument dat in bijna elke praktijksetting gemakkelijk in te zetten is. Dit kan met HD camcorders of met applicaties op mobiele telefoons of tablets, zoals Ubersense, Dartfish, Coach's Eye, of BaM Video Delay. Het kan individueel of in een groep worden gebruikt. Een video-opname van een basketballer met een goede landingstechniek na een dunk kan bijvoorbeeld als een 'expert video' getoond worden aan alle spelers van zijn team. De gefilmde speler krijgt hiermee de bevestiging dat hij een goede techniek heeft (positieve feedback, self-modeling) en zijn teamgenoten zien een video van een expert-model dat zij als bewegingsdoel kunnen gebruiken.

Verschillen tussen mannen en vrouwen

Uit ons onderzoek kwamen mogelijke man-vrouw verschillen naar voren wat betreft de optimale feedbackstra-

tegie bij oefeningen ter voorkoming van VKB- blessures. Bij het oefenen van onverwacht wend en keren kregen de deelnemers goede pogingen van zichzelf te zien met de opdracht die na te doen (self-modeling). De mannen reageerden goed op deze visuele feedback, de vrouwen minder.⁴⁵ Waarom is nog niet precies duidelijk. Misschien zagen ze een suboptimaal voorbeeld van zichzelf (ze voerden de beweging risicovoller uit dan de mannen), waardoor het niet lukte zich te verbeteren, of hebben ze een voorkeur voor andere leerstrategieën,⁷² bijvoorbeeld een combinatie van visuele en verbale feedback.⁴⁵ De complexiteit van de taak kan hierbij ook een rol spelen. In een andere studie⁴⁷ waarin sporters een verwachte dubbelbenige sprong-landingstaak uit moesten voeren, reageerden de vrouwen wel goed op de visuele instructie, namelijk het zien van een expert model (zie figuur 1 en 2). Bovendien pikten ze de verbale externe focus instructies goed op.

De praktische adviezen op een rijtje

Kort samengevat worden (para)medische begeleiders, trainers en coaches op basis van dit artikel en de verdere bevindingen in mijn proefschrift aangemoedigd om:

- video-instructie en -feedback toe te voegen aan hun reguliere trainingsprogramma's voor het aanleren van technische vaardigheden;
- verbale externe focus instructies en feedback toe te voegen aan hun reguliere trainingsprogramma's voor het aanleren van technische vaardigheden;
- sekseverschillen in leerstijl te respecteren: mannen lijken beter te reageren op video-instructie en -feedback, vrouwen hebben wellicht extra (verbale) informatie nodig;
- combinaties van instructies en feedback te overwegen (verbaal en

- visueel), voornamelijk bij complexe bewegingen;
- individuele feedback te geven, gebaseerd op individuele bewegingspatronen, in plaats van een ‘one size fits all’ schema;
- bij video-feedback af te wisselen tussen het laten zien van een expert voorbeeld (‘expert-modeling’) en het laten zien van een eigen voorbeeld (‘self-modeling’);
- positieve vergelijkende feedback te geven;
- de sporters in tweetallen te laten oefenen met hun medesporters (dyad-training);
- de sporters zelf te laten kiezen wanneer ze feedback ontvangen (self-controlled learning);
- simpele instructies en feedback te geven.

Referenties

1. www.veiligheid.nl/sportblessures/kennis/cijfers-over-sportblessures (datum: 3 februari 2016).
2. Ardern CL et al. (2015). Sports participation 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction in athletes who had not returned to sport at 1 year: a prospective follow-up of physical function and psychological factors in 122 athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 43 (4), 848-856.
3. Lubowitz JH & Appleby D (2011). Cost-effectiveness analysis of the most common orthopaedic surgery procedures: knee arthroscopy and knee anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 27 (10), 1317-1322.
4. Saltzman BM et al. (2015). Economic analyses in anterior cruciate ligament reconstruction: A qualitative and systematic review. *The American Journal of Sports Medicine*, geaccepteerd voor publicatie.
5. Meuffels DE et al. (2009). Ten year follow-up study comparing conservative versus operative treatment of anterior cruciate ligament ruptures. A matched-pair analysis of high level athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 43 (5), 347-351.
6. Paterno MV (2015). Incidence and predictors of second anterior cruciate ligament injury after primary reconstruction and return to sport. *Journal of Athletic Training*, 50 (10), 1097-1099.
7. Rijn RM van et al. (2008). What is the clinical course of acute ankle sprains? A systematic literature review. *The American Journal of Sports Medicine*, 121 (4), 324-331.
8. Ochten JM van et al. (2014). Structural abnormalities and persistent complaints after an ankle sprain are not associated: an observational case control study in primary care. *The British Journal of General Practice*, 64 (626), e545-553.
9. Verhagen EA et al. (2005). An economic evaluation of a proprioceptive balance board training programme for the prevention of ankle sprains in volleyball. *British Journal of Sports Medicine*, 39 (2), 111-115.
10. Hupperets MD et al. (2010). Potential savings of a program to prevent ankle sprain recurrence: economic evaluation of a randomized controlled trial. *The American Journal of Sports Medicine*, 38 (11), 2194-2200.
11. Swart E et al. (2014). Prevention and screening programs for anterior cruciate ligament injuries in young athletes: a cost-effectiveness analysis. *The Journal of Bone and Joint Surgery – American volume*, 96 (9), 705-711.
12. KNVB: www.ovlyXTclc (3 februari 2016).
13. Hootman JM et al. (2007). Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives. *Journal of Athletic Training*, 42 (2), 311-319.
14. Renstrom P et al. (2008). Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. *British Journal of Sports Medicine*, 42 (6), 394-412.
15. Sadoghi P et al. (2012). Effectiveness of anterior cruciate ligament injury prevention training programs. *The Journal of Bone and Joint Surgery – American volume*, 94 (9), 769-776.
16. Grimm NL et al. (2013). Efficacy and degree of bias in knee injury prevention studies: a systematic review of RCTs. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 471 (1), 308-316.
17. Serpell BG et al. (2012). Mechanisms and risk factors for noncontact ACL injury in age mature athletes who engage in field or court sports: a summary of the literature since 1980. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26 (11), 3160-3176.
18. Durham K et al. (2009). Use of information feedback and attentional focus of feedback in treating the person with a hemiplegic arm. *Physiotherapy Research International*, 14 (2), 77-90.
19. Porter JM et al. (2010). Focus of attention and verbal instructions: Strategies of elite track and field coaches and athletes. *Sport Science Review*, 19, 199-211.
20. Wulf G et al. (2010). Motor skill learning and performance: a review of influential factors. *Medical Education*, 44 (1), 75-84.
21. Maxwell J et al. (2000). From novice to no know-how: a longitudinal study of implicit motor learning. *Journal of Sports Sciences*, 18 (2), 111-120.
22. Hossner EJ & Ehrlenspiel F (2010). Time-referenced effects of an internal vs. external focus of attention on muscular activity and compensatory variability. *Frontiers in Psychology*, 1, 230.
23. Poolton JM et al. (2007). Passing thoughts on the evolutionary stability of implicit motor behaviour: performance retention under physiological fatigue. *Consciousness and Cognition*, 16 (2), 456-468.
24. Masters R et al. (2008). Stable implicit motor processes despite aerobic locomotor fatigue. *Consciousness and Cognition*, 17 (1), 335-338.
25. Beilock SL & Carr TH (2001). On the fragility of skilled performance: what governs choking under pressure? *Journal of Experimental Psychology – General*, 130 (4), 701-725.
26. Mullen R et al. (2007). Implicit and explicit control of motor actions: revisiting some early evidence. *British Journal of Psychology*, 98 (1), 141-156.
27. Allen R & Reber AS (1980). Very long term memory for tacit knowledge. *Cognition*, 8 (2), 175-185.
28. Turner CW & Fischler IS (1993). Speeded tests of implicit knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19 (5), 1165-1177.
29. Schmidt RA & Lee T (2014). *Motor Learning and Performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.
30. Twomey D et al. (2009). Preventing lower limb injuries: is the latest evidence being translated into the football field? *Journal of Science and Medicine in Sport/Sports Medicine Australia*, 12 (4), 452-456.
31. McGlashan AJ & Finch CF (2010). The extent to which behavioural and social sciences theories and models are used in sport injury prevention research. *Sports Medicine (Auckland, NZ)*, 40 (10), 841-858.
32. Hagglund M et al. (2013). Superior compliance with a neuromuscular training programme is associated with fewer ACL injuries and fewer acute knee injuries in female adolescent football players: secondary analysis of an RCT. *British Journal of Sports Medicine*, 47 (15), 974-979.
33. Joy EA et al. (2013). Factors influencing the implementation of anterior cruciate ligament injury prevention strategies by girls soccer coaches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27 (8), 2263-2269.
34. Lindblom H et al. (2014). Implementation of a neuromuscular training programme in female adolescent football: 3-year follow-up study after a randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 19, 1425-1430.
35. Norcross MF et al. (2015). Factors influencing high school coaches' adoption of injury prevention programs. *Journal of Science and Medicine in Sport/Sports Medicine Australia*, geaccepteerd voor publicatie (doi: 10.1016/j.jsams.2015.03.009).
36. Myklebust G et al. (2003). Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clinical Journal of Sports Medicine*, 13 (2), 71-78.
37. Munro A & Herrington L (2014). The effect of videotape augmented feedback on drop jump landing strategy: Implications for anterior cruciate ligament and patellofemoral joint injury prevention. *The Knee*, 21 (5), 891-895.
38. Herrington L (2010). The effects of 4 weeks of jump training on landing knee valgus and

crossover hop performance in female basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (12), 3427-3432.

39. Martinez JC et al. (2015). Factors that influence female adolescent athletes' willingness to perform an injury prevention program [abstract]. *Journal of Athletic Training*, 50 (10), 1112.

40. Steffen K et al. (2008). Performance aspects of an injury prevention program: a ten-week intervention in adolescent female football players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 18 (5), 596-604.

41. Vescovi JD et al. (2011). Physical performance characteristics of high-level female soccer players 12-21 years of age. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21 (5), 670-678.

42. Lindblom H et al. (2012). No effect on performance tests from a neuromuscular warm-up programme in youth female football: a randomised controlled trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 20, 2116-2123.

43. Dai B et al. (2015). The effects of 2 landing techniques on knee kinematics, kinetics, and performance during stop-jump and side-cutting tasks. *The American Journal of Sports Medicine*, 43 (2), 466-474.

44. Benjaminse A et al. (2015). Novel methods of instruction in ACL injury prevention programs, a systematic review. *Physical Therapy in Sport*, 16 (2), 176-186.

45. Benjaminse A et al. (2015). Motor learning strategies in basketball players and its implications for ACL injury prevention: A randomized controlled trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, reeds online gepubliceerd.

46. Padua DA et al. (2009). The landing error scoring system (LESS) is a valid and reliable clinical assessment tool of jump-landing biomechanics – The JUMP-ACL study. *The American Journal of Sports Medicine*, 37 (10), 1996-2002.

47. Welling W et al. (2016). Enhanced retention of drop vertical jump landing technique: A randomized controlled trial. *Human Movement Science*, 45, 84-95.

48. Gokeler A et al. (2015). The effects of attentional focus on jump performance and knee joint kinematics in patients after ACL reconstruction. *Physical Therapy in Sport*, 16 (2), 114-120.

49. Chalmers DJ (2002). Injury prevention in sport: not yet part of the game? *Injury Prevention*, 8 (Suppl. IV), 22-25.

50. McGlashan AJ & Finch CF (2010). The extent to which behavioural and social sciences theories and models are used in sport injury prevention research. *Sports Medicine*, 40 (10), 841-858.

51. Benjaminse A & Otten E (2011). ACL injury prevention, more effective with a different way of motor learning? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19 (4), 622-627.

52. Simon SR et al. (2002). Spatial attention and memory versus motor preparation: premotor cortex involvement as revealed by fMRI. *Journal of Neurophysiology*, 88 (4), 2047-2057.

53. Benjaminse A et al. (2015). Optimization of the anterior cruciate ligament injury preven-

tion paradigm: novel feedback techniques to enhance motor learning and reduce injury risk. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 45 (3), 170-182.

54. Laufer Y et al. (2007). Effect of attention focus on acquisition and retention of postural control following ankle sprain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88 (1), 105-108.

55. Rotem-Lehrer N & Laufer Y (2007). Effect of focus of attention on transfer of a postural control task following an ankle sprain. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 37 (9), 564-569.

56. Gokeler A et al. (2013). Feedback techniques to target functional deficits following anterior cruciate ligament reconstruction: implications for motor control and reduction of second injury risk. *Sports Medicine*, 43 (11), 1065-1074.

57. Marchant DC et al. (2007). The effects of attentional focusing strategies on novice dart throwing performance and their task experiences. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 5 (3), 291-303.

58. McCullagh P et al. (1989). Modeling considerations in motor skill acquisition and performance: an integrated approach. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 17, 475-513.

59. Brass M & Heyes C (2005). Imitation: is cognitive neuroscience solving the correspondence problem? *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 489-495.

60. Buccino G et al. (2004). The mirror neuron system and action recognition. *Brain and Language*, 89 (2), 370-376.

61. Iacoboni M (2005). Neural mechanisms of imitation. *Current Opinions in Neurobiology*, 15 (6), 632-637.

62. Molenberghs P et al. (2009). Is the mirror neuron system involved in imitation? A short review and meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33 (7), 975-980.

63. McNevin NH et al. (2000). Effects of attentional focus, self-control, and dyad training on motor learning: implications for physical rehabilitation. *Physical Therapy*, 80 (4), 373-385.

64. Shea CH et al. (1999). Enhancing training efficiency and effectiveness through the use of dyad training. *Journal of Motor Behavior*, 31 (2), 119-125.

65. Granados C & Wulf G (2007). Enhancing motor learning through dyad practice: contributions of observation and dialogue. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 78 (3), 197-203.

66. Weinberg RS (1994). Goal setting and performance in sport and exercise settings: a synthesis and critique. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 26 (4), 469-477.

67. Kyllö LB & Landers DM (1995). Goal setting in sport and exercise: a research synthesis to resolve the controversy. *Journal of Sports and Exercise Psychology*, 17, 117-137.

68. Shea CH et al. (2000). Physical and observational practice afford unique learning opportunities. *Journal of Motor Behavior*, 32 (1), 27-36.

69. Chen DD et al. (2002). Enhancing self-controlled learning environments: the use of

self-regulated feedback information. *Journal of Human Movement Studies*, 43, 69-86.

70. Chiviawosky S & Wulf G (2002). Self-controlled feedback: does it enhance learning because performers get feedback when they need it? *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 73 (4), 408-415.

71. Chiviawosky S & Wulf G (2005). Self-controlled feedback is effective if it is based on the learner's performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 76 (1), 42-48.

72. Kimura D (2004). Human sex differences in cognition, fact, not predicament. *Sexualities, Evolution & Gender*, 6 (1), 45-53.

Over de auteur

Anne Benjaminse behaalde in 2004 haar diploma fysiotherapie aan de Hanzehogeschool in Groningen. Hierna is ze zich gaan specialiseren in blessures in de sport. In 2005-2006 werkte ze als student onderzoeker aan het American Sports Medicine Institute in Birmingham, AL, USA. In 2008 studeerde ze af in 'Sports Medicine' aan de Universiteit van Pittsburgh, PA, USA. Tijdens haar master studie werkte ze in het Neuromuscular Research Laboratory in Pittsburgh. Anne promoveerde in 2015 op het proefschrift 'Motor learning in ACL injury prevention' en heeft momenteel aanstellingen bij het Centrum voor Bewegingswetenschappen aan de Rijksuniversiteit Groningen en aan het Instituut voor Sportstudies bij de Hanzehogeschool Groningen. Hier werkt ze als coördinator binnen het lectoraat Praktijkgerichte Sportwetenschap en als onderzoeker en docent.