

*In de sport- en revalidatiepraktijk wordt steeds meer belang gehecht aan het trainen en meten van explosieve prestaties. Er zijn echter verschillende aspecten die de transfer van trainingen en metingen naar de doelbeweging beperken. We zullen hier in een tweetal artikelen op ingaan.*

# Trainen en meten van explosieve prestaties

## Deel I: de invloed van stijgtijd

**Bas Van Hooren & Frans Bosch**

In dit eerste deel zal één van de processen worden besproken die voorafgaan aan het produceren van piekkracht: stijgtijd. In het vervolg zullen o.a. gangbare opvattingen over trainingsadaptaties met betrekking tot het verbeteren van het explosieve prestatievermogen tegen het licht worden gehouden.

### Krachtopbouw

In veel sportsituaties is er maar weinig tijd beschikbaar om een beweging uit te voeren. Een verdediger zal bijvoorbeeld zo weinig mogelijk tijd willen geven aan een aanvaller om een actie in te zetten en bij een hardlooppwedstrijd op maximale snelheid duurt het grondcontact steeds maar zo'n 100 ms, terwijl het ontwikkelen van maximale kracht in sommige situaties wel tot circa 900 ms kan duren.<sup>1</sup> Hoe sneller je als sporter kracht kunt opbouwen, des te effectiever je kunt bewegen.

Ook in het dagelijks leven kan het belangrijk zijn om explosief kracht te produceren. Oudere mensen verliezen bijvoorbeeld sneller hun evenwicht dan jongere mensen, omdat hun mogelijkheid om explosief kracht op te bouwen en daarmee kleine balansverstoringen snel te compenseren beperkt is.<sup>2,3</sup> Vallen zou voorkomen kunnen worden door de snelheid

waarmee kracht wordt opgebouwd te verbeteren.<sup>2,4</sup>

### Mechanismen

In veel functionele situaties is het dus noodzakelijk om in korte tijd veel kracht of vermogen te kunnen opbouwen. Dit proces kan in een aantal chronologische stappen worden opgedeeld (zie tabel 1). De processen in stap 1 en 2 worden omschreven als de *premotor reactietijd*. Stap 3 en 4 worden in de literatuur vaak samengevoegd onder de term *electromechanical delay* (EMD). Het rekken van het zogeheten *serie elastische element* (SEE) in stap 5 wordt *compliance* genoemd. Het oplijnen en rekken van het SEE (stap 4 en 5) zal in dit artikel worden omschreven als *stijgtijd*. Het terugveren in stap 6 wordt het *katapulteffect* genoemd. Het chronologische verloop van deze stappen is ook geïllustreerd in figuur 1.

Het doorlopen van deze zes stappen kost tijd en dit is kritisch voor veel (sport)situaties. Het verkorten van de processen die voorafgaan aan het produceren van kracht zal vaak leiden tot een prestatieverbetering. Zo zorgen het verkorten van de premotor reactietijd en het reduceren van de stijgtijd ervoor, dat er minder tijd nodig is om een beweging uit te voeren, of dat er meer tijd is om kracht te produceren

stap	beschrijving	terminologie	
1	Zintuigen nemen betekenisvolle informatie ('affordances') op uit de omgeving.	premotor reactietijd	
2	Naar aanleiding van deze informatie stuurt het centrale zenuwstelsel een 'ruw' signaal naar de spieren. Door invloeden op ruggenmergniveau wordt dit ruwe signaal omgezet naar een duidelijk signaal voor de beweging.		
3	Het signaal komt via het $\alpha$ -motorneuron aan bij de neuromusculaire overgang, verspreidt zich over de spiervezels en activeert chemische processen die zorgen voor een contractie van het contractiele element (CE).	elektrochemical delay (ECD)	electromechanical delay (EMD)
4	Door de contractie van het CE wordt het initieel slap hangende serie elastische element (SEE) opgelijnd.	stijgtijd	
5	Zodra het SEE is opgelijnd wordt het op rek gebracht. Hoe meer rek, des te stugger het SEE wordt en des te meer kracht er dus op de aanhechtingspunten van de spier wordt uitgeoefend.		compliance
6	Zodra de krachtproductie van het CE afneemt veert het SEE terug, waardoor er meer vermogen geleverd wordt.	katapulteffect	

Tabel 1. Het opbouwen van kracht/vermogen in zes opeenvolgende stappen.

bij een gelijkblijvende duur van de beweging. Daarnaast zal het maximaliseren van de explosieve krachtproductie van het CE ook leiden tot een verbetering van de explosieve prestatie. Helaas meten en/of trainen de meeste wetenschappelijke studies slechts een deel van de explosieve prestatie. De invloed van stijgtijd wordt bijvoorbeeld vaak over het hoofd gezien. Derhalve hebben de resultaten van deze studies een beperkte transfer naar de uiteindelijke doelbeweging, zeker als deze plaatsvindt in een complexe omgeving, waarin de premotor reactietijd ook een grote rol speelt. Hoewel deze premotor reactietijd in veel sporten van wezenlijk belang is, zal hij in deze reeks artikelen toch grotendeels buiten beschouwing worden gelaten. Er zal met name worden ingegaan op het verloop van de krachtopbouw vanaf het begin van het oplijnen van het SEE tot en met het bereiken

van de piekkracht. Strategieën die de stijgtijd beïnvloeden en de invloed daarvan op de transfer van test en training naar doelbeweging zullen worden besproken. Allereerst wordt echter het begrip stijgtijd nader toegelicht.

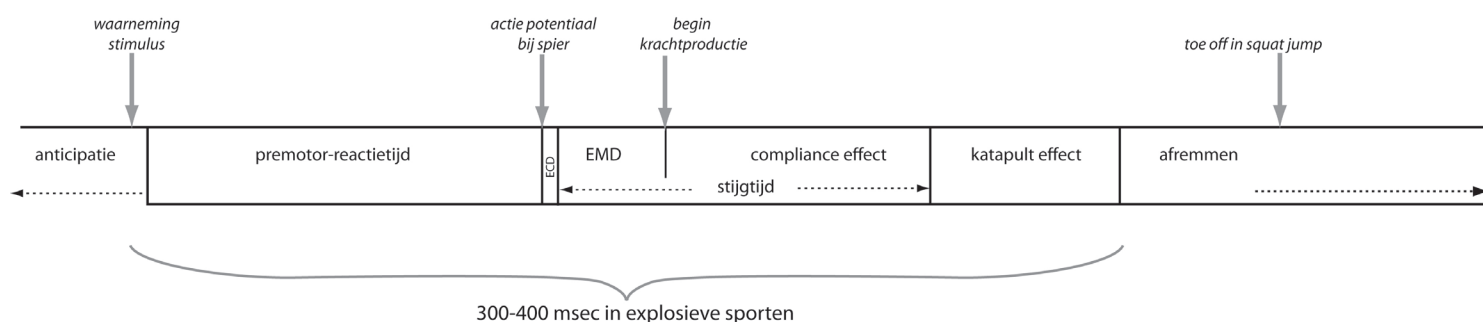
### Electromechanical delay

De eerste mogelijkheid om de explosieve prestatie te verbeteren ligt in het verkorten van de EMD. Een andere naam voor EMD is motor time, maar deze wordt vooral in oudere studies gebruikt.<sup>5,6</sup> De EMD is de tijd tussen het activeren van een spier (aankomst actiepotentiaal) en de start van de extern waarneembare krachtproductie, bijvoorbeeld gemeten met een krachtplatform.<sup>7</sup> De EMD wordt beïnvloed door elektrochemische processen (de voortplanting van de actiepotentiaal over het spiermembraan en vervolgens de excitatie-contractie koppeling) en mechanische processen (het oplijnen

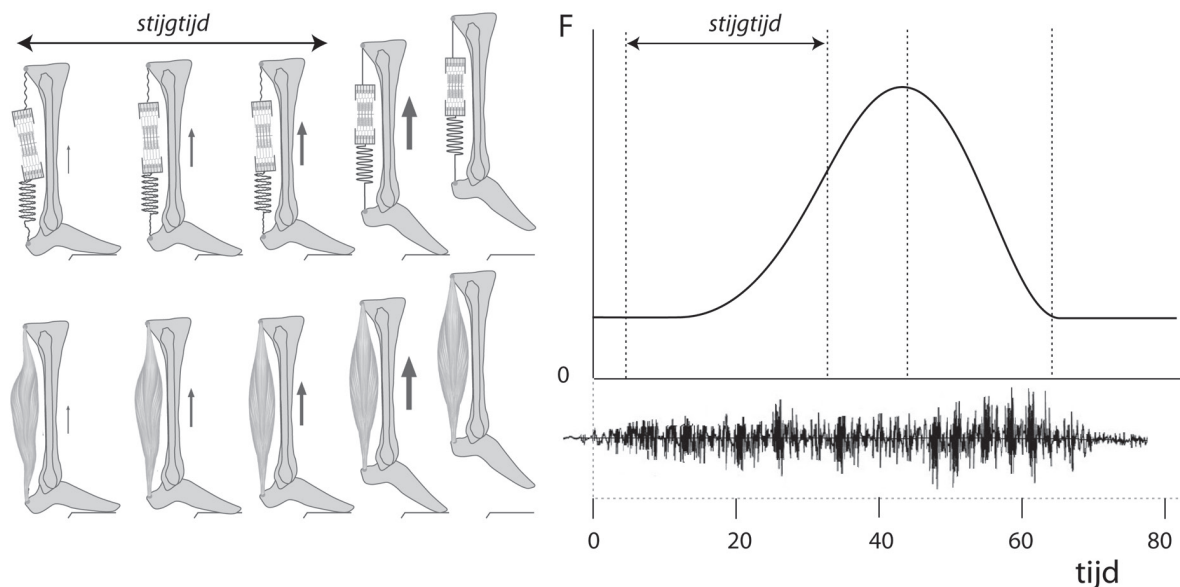
van het SEE). Deze processen zijn ook beschreven als respectievelijk de excitatiedynamica en de contractiedynamica.<sup>8,9</sup>

EMD is een onduidelijk en (te) algemeen begrip, omdat er verschillende processen onder vallen die ieder een eigen dynamiek hebben. Metingen van de EMD als geheel zeggen niet zoveel over de relatieve bijdrage van die afzonderlijke processen. De invloed van mechanische processen kan bijvoorbeeld groter of kleiner zijn, afhankelijk van de situatie. Daarom wordt de EMD in dit artikel opgedeeld in elektrochemische processen (elektrochemische delay, ECD) en mechanische processen: stijgtijd.

De ECD begint bij de aankomst van het actiepotentiaal bij de eindplaatjes van het motorneuron en eindigt op het moment dat de spiervezels kracht beginnen uit te oefenen op het SEE. Op dat moment begint de stijgtijd, die



Figuur 1. Schematische weergave van het tijdsverloop van verschillende processen tijdens een squat jump in reactie op een simpele visuele stimulus. De duur van de premotor reactietijd en de mechanische processen is erg afhankelijk van de context waarin de beweging plaatsvindt.



Figuur 2. Schematische weergave van spieractiviteit bij een afzet (links) en het krachtsverloop tijdens zo'n afzet (rechts). De horizontale dubbele pijlen geven aan wanneer stijgtijd de afzet domineert.

wordt veroorzaakt doordat de spierpees eenheid (*muscle-tendon unit*, MTU) in rust als een 'elastiek' tussen de aanhechtingpunten hangt. Voordat er kracht geleverd kan worden moet het SEE eerst worden opgelijnd (zie figuur 2). De stijgtijd eindigt zodra de compliance is weggenomen.

Er wordt gedacht dat het oplijnen van het SEE *in vivo* verantwoordelijk is voor het grootste deel van de EMD.<sup>7,10-12</sup> Een grote invloed van het SEE (in dit geval de pees en de aponeurose van de m. gastrocnemius medialis) op de EMD is recent bevestigd met zeer hoge frame rate ultrasound metingen (4 kHz).<sup>13</sup> Een andere studie vond echter geen verschillen tussen de invloed van de elektrochemische en mechanische processen in de m. biceps brachii.<sup>14</sup> De discrepanties tussen deze bevindingen lijken te liggen aan de verschillen in spier- en/of peesstructuur.<sup>15</sup> Omdat deze structuur en de hoek waaronder bewogen wordt een grote invloed hebben op de stijgtijd (en daardoor op de totale EMD) hebben de resultaten van deze studies slechts een beperkte transfer naar andere bewegingen.

Bij getrainde sporters heeft de EMD (en daarbinnen met name de stijgtijd)

een limiterend effect op explosieve prestaties. Men zou in eerste instantie kunnen proberen om de elektrochemische processen te verkorten. Deze duren echter maar kort (ongeveer 6 ms)<sup>13,14</sup>, waardoor er weinig winst te behalen valt. De duur van stijgtijd is erg afhankelijk van de context waarin gemeten wordt (vrijwillige of onvrijwillige contractie, positie van de gewrichten) en hier is dan ook een grotere variatie in tijdsduur te zien, van ongeveer 6 ms<sup>13,14</sup> tot bijna 100 ms.<sup>16</sup> In sommige situaties is er daarom (in potentie) veel winst te behalen door het reduceren van de stijgtijd. Het zoeken is naar strategieën om dit te bereiken.

### Strategieën om de stijgtijd te verminderen

Primair kan de stijgtijd op drie manieren worden beïnvloed, namelijk door – het creëren van voorspanning door cocontracties;  
– het uitvoeren van een counter movement (CM);  
– het gebruik van externe weerstand. Deze manieren zullen de transfer van een test naar de doelbeweging beïnvloeden. Het is belangrijk om hier rekening mee te houden bij het

interpreteren van de testresultaten. Verder hebben deze manieren ook een – mogelijk beslissende – invloed op de transfer van de training naar de doelbeweging, zeker bij goed getrainde sporters.

### Cocontracties

De eerste mogelijkheid om de stijgtijd te verminderen is het creëren van voorspanning door een gelijktijdige contractie (cocontractie, coactivatie) van de agonist en de antagonist. Hierbij wordt de hele MTU op werkspanning gezet: het SEE wordt opgelijnd en de eerste compliance verdwijnt. Als de spanning in de antagonist vervolgens wordt losgelaten levert de agonist direct een netto moment, hetgeen de prestatie ten goede komt<sup>17</sup> en mogelijk blessurepreventief kan werken. Zo wordt er na een onverwachte inversie in de enkel sneller maximale *torque* bereikt in een situatie met voorspanning versus zonder voorspanning.<sup>18</sup> Deze strategie heeft echter niet altijd een positief effect. Bij ongetrainde individuen resulteerde voorspanning voorafgaand aan een ballistische contractie bijvoorbeeld in een kortere EMD, maar ook in een lagere *rate of torque development*.<sup>19</sup> In theorie zou dit

verklaard kunnen worden door het niet op tijd kunnen stoppen van de cocontractie, resulterend in verloren energie en een lagere netto krachtleverantie. In beide situaties (met en zonder voorspanning) bleek de antagonist tijdens de ballistische contractie echter even actief. Deze resultaten suggereren dat de cocontractiestrategie coördinatief gezien moeilijk is, omdat zowel het op- als afbouwen van de voorspanning exact getimed moet worden.

De resultaten van deze studie bevestigen ook nog eens het belang van een integratieve benadering, waarbij meerdere aspecten van de explosieve krachtproductie gemeten worden. Als er alleen naar de EMD gekeken zou worden, zou voorspanning als positief worden gezien. Maar als er alleen naar de rate of torque development gekeken zou worden, zou het oordeel (in dit geval) juist negatief uitvallen. Het is van belang naar het totale plaatje te kijken in het besef dat dit tussen sporters kan verschillen, onder meer op basis van verschillen in hun getraindheid.

Het creëren van voorspanning lijkt in eerste instantie niet voor alle sportsituaties van belang. Zo zou men kunnen veronderstellen dat er bij een duursport als wielrennen steeds genoeg tijd is om kracht op te bouwen. Toch is het ook in situaties die in eerste instantie niet explosief lijken belangrijk om zo weinig mogelijk stijgtijd te hebben. Bij fietsen met veel omwentelingen per minuut is het bijvoorbeeld belangrijk om de spieren te activeren voordat ze weer kracht gaan leveren, zodat de stijgtijd verminderd wordt. De plantairflexie gevende onderbeenspieren moeten bijvoorbeeld al geactiveerd worden op het moment dat de trap-

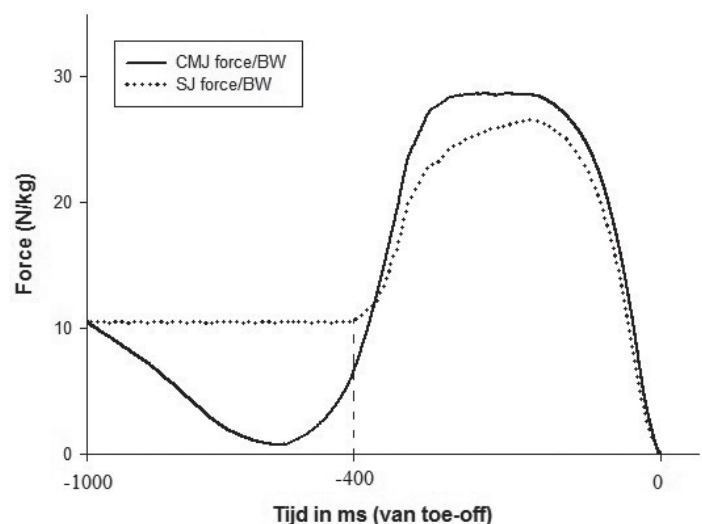
per omhoog beweegt, zodat er geen stijgtijd meer is zodra de neerwaartse beweging begint. Als de spieren op dat moment nog niet geactiveerd zijn zal er tijdelijk nog geen kracht op de pedalen kunnen worden uitgeoefend<sup>8,20</sup> en zal er dus minder hard gefietst kunnen worden. Het is overigens aangetoond dat de EMD niet volledig omzeild wordt door het eerder activeren van de spieren bij een toenemend aantal omwentelingen per minuut.<sup>21</sup> De onderzoekers speculeerden dat het nog eerder activeren van de spieren weliswaar zou kunnen leiden tot een verdere afname van de EMD, maar ook tot een minder efficiënte beweging, omdat het coactiveren van de spieren ook energie kost. Een andere verklaring is, dat cocontracties het SEE nooit volledig kunnen oplijnen en verder op spanning brengen. Bij bewegingen zonder externe weerstand zal de prestatie daarom altijd in zekere mate worden beperkt door de stijgtijd.

Het lijkt erop dat het optimaal coactiveren van spieren coördinatief gezien buitengewoon moeilijk is en dan ook veel training vergt. De techniek om stijgtijd te reduceren is daarnaast ook nog eens bewegingsspecifiek. Dit roept de vraag op welke trainingmethoden en/of oefeningen positief en negatief kunnen werken op het creëren van voorspanning. In verschillende onderzoeken is gemeten hoeveel voorspan-

ning iemand creëert voor en na een bepaalde trainingsinterventie.<sup>22-25</sup> Ook zijn er longitudinale studies uitgevoerd waarin het effect van training op de EMD tijdens een onvrijwillige<sup>26-32</sup> en een vrijwillige<sup>12,30,31,33-40</sup> contractie is onderzocht. Tevens is er een aantal cross-sectionele studies uitgevoerd.<sup>16,41-43</sup> Al deze onderzoeken maken echter geen nauwkeurig onderscheid tussen de mechanismen die een rol spelen bij de gemeten prestatieverandering en kunnen dan ook niet goed gebruikt worden om inzicht te krijgen in de impact van training op het creëren van voorspanning.

### Counter movement

De tweede potentiële mogelijkheid om de stijgtijd te reduceren is het uitvoeren van een counter movement (CM). Als de aanhechtingspunten van een spier naar elkaar toe worden bewogen, wordt de MTU verkort. De invloed van het SEE op de EMD neemt hierdoor toe en er zal veel stijgtijd zijn.<sup>15,44</sup> Door het vooraf uitvoeren van een CM worden de aanhechtingspunten van de actieve spier eerst van elkaar af bewogen, waardoor het SEE op spanning wordt gebracht en de stijgtijd weggenomen wordt.<sup>45-49</sup> Meteen na de CM kan de spier daardoor meer kracht/vermogen produceren. Daarmee lijkt een CM geschikt om de negatieve invloed van stijgtijd op de



Figuur 3. Verloop van de grondreactiekracht (y-as) bij een counter movement jump (CMJ) versus een squat jump (SJ). Een CMJ levert wel een grotere spronghoogte op dan een SJ, maar kost ook meer tijd (x-as). In situaties waarin de tijd om een beweging uit te voeren beperkt is zal een beweging zonder CM dan ook geschikter zijn.

explosieve prestatie te reduceren. Het uitvoeren van een beweging met CM kost echter meer tijd (zie figuur 3). Een bovenhandse worp met een medicijnbal duurt bijvoorbeeld ca. 310 ms zonder CM en zo'n 500 ms met CM.<sup>50</sup> Verder blijkt uit meerdere studies dat een counter movement jump (CMJ) 500-1100 ms kan duren (gemeten vanaf het begin van de CM tot aan toe-off), terwijl een squat jump (SJ) slechts 300-430 ms duurt (vanaf het begin van de strekbeweging tot aan toe-off).<sup>51-56</sup> In veel sportsituaties is er geen tijd om een CM uit te voeren en is het dan ook geen geschikte manier om de stijgtijd weg te nemen.

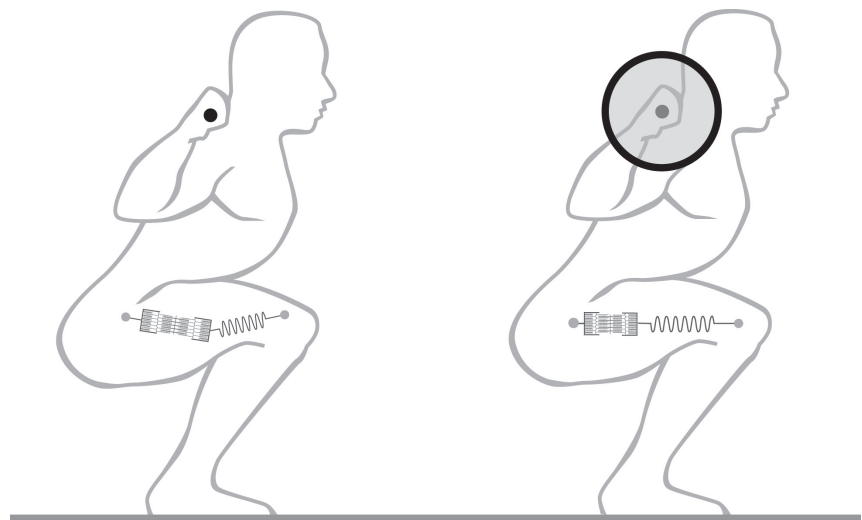
Hoewel de verschillen klein kunnen zijn<sup>51</sup> geeft een beweging zonder CM doorgaans een mindere prestatie. Zo wordt er bij een SJ minder hoog gesprongen dan bij een CMJ<sup>57</sup> en geeft een worp zonder CM een lagere bal-snelheid (en dus een kleinere werpafstand bij een gelijkblijvende werphoek).<sup>50,58</sup> Deze bevindingen leiden vaak tot het advies om oefeningen met CM's op te nemen in de training. De onderliggende aanname is, dat betere prestaties in de training leiden tot betere prestaties op de doelbewegingen in de praktijk. Op voorhand is dit echter niet per definitie het geval. Sterker nog, het is mogelijk dat de stijgtijd door deze aanpak juist wordt vergroot, omdat de sporter als het ware afleert om door cocontracties voorspanning te creëren. Direct bewijs voor deze gedachtegang ontbreekt nog, maar er is wel indirecte steun. Bij ongetrainde individuen is namelijk een toename gevonden in de bewegingsuitslag van een CMJ als gevolg van CMJ training.<sup>55,59-61</sup> Mogelijk duidt dit op een afnemend vermogen om 'zelf' (door cocontracties) de stijgtijd te beperken wegens gewinning aan het ondersteunende effect van de CM. Hierdoor was een steeds grotere bewegingsuitslag (en dus meer tijd) nodig om alle stijgtijd weg te nemen.<sup>59,62</sup> Omdat die

langere tijd bij het uitvoeren van de doelbeweging niet altijd beschikbaar is, zou deze trainingaanpak wel eens niet tot een verbetering, maar juist tot een verslechtering van de explosieve prestatie kunnen leiden.

Als de veronderstelde negatieve invloed van het trainen met CM's op het vanuit voorspanning bewegen inderdaad realiteit is, dan zal deze vooral zichtbaar zijn in de prestatie van goed getrainde individuen. Bij ongetrainde individuen die beginnen met trainen treden immers veel adaptaties tegelijkertijd op. De potentieel negatieve effecten van CM training kunnen worden gemaskeerd door andere (positieve) trainingseffecten. Dit zou tot de onterechte conclusie kunnen leiden, dat ongetrainde individuen baat hebben bij het uitvoeren van CM's in de training. Er zijn immers nauwelijks sporters die gebaat zijn bij meer stijgtijd. Bewegen vanuit een grote CM

te voeren. In andere sporten is er soms wel tijd om een CM uit te voeren. Zo worden niet alle sprongen bij volleybal uitgevoerd onder tijdsdruk, is er bij tennis soms tijd om het racket uitgebreid naar achter te bewegen voordat er wordt geslagen en kan er bij hockey soms ook een grote bewegingsuitslag gemaakt worden. Toch lijkt het ook bij deze sporten verstandig om CM's niet meer uit te voeren tijdens de training, omdat de tijdsdruk voor het uitvoeren van acties ook in deze sporten steeds groter wordt.

Bij hardlopen op hoge snelheid, een beweging met elastische spierwerking, wordt het SEE tijdens het grondcontact op rek gebracht door de tegenwerkende kracht. Hierdoor wordt de stijgtijd in mindere mate een prestatiebeperkende factor. Men zou kunnen denken dat voorspanning bij deze bewegingen dus minder belangrijk is. Dat is echter niet zo. De tegenwer-



Figuur 4. Het effect van externe weerstand op de stijgtijd. Links: de *m. vastus lateralis* is nog niet opgelijnd. Het SEE zal daarom eerst op werkspanning gebracht moeten worden voordat een strekbeweging kan worden ingezet. Rechts: de *m. vastus lateralis* is al opgelijnd omdat de externe weerstand het SEE op rek brengt.

kan nagenoeg iedereen, maar bewegen vanuit een kleine CM zal door bijna iedereen geleerd moeten worden. Bij sporten waarin een CM altijd een negatief effect zal hebben op de prestatie (bijvoorbeeld de start bij zwemmen en sprinten) lijkt het dus verstandig om CM's niet meer in de training uit

kende krachten treden namelijk erg snel op en de tijd om op deze krachten te reageren is erg beperkt. Bij het initiële grondcontact moet er daarom al veel voorspanning in het been zijn. Deze voorspanning wordt tot stand gebracht door cocontracties, maar ook door het uitvoeren van CM bewegin-



gen in de gewrichten vóór de landing. Zo kunnen het uitpendelen van het onderbeen en het terugbewegen van het bovenbeen als een CM gezien worden. Deze techniek, die 'swing leg retraction' wordt genoemd, is complex en moet doorgaans lang geschoold worden. Betere sprinters kunnen meer kracht produceren tijdens het korte grondcontact<sup>63-65</sup>, waarschijnlijk onder andere als gevolg van minder stijgtijd. Bij langere hardlooppafstanden duurt het grondcontact wat langer, maar nog steeds te kort om maximale kracht op te bouwen. Daarom is het activeren van de spieren voordat er uitwendig kracht wordt geleverd ook hier belangrijk. Er zou verwacht kunnen worden dat betere hardlopers meer spieractiviteit (cocontracties) hebben voorafgaand aan het grondcontact, om de stijgtijd te verminderen. Bij Keniaanse tophardlopers is in een vergelijking met Japanse lopers van nationaal niveau echter *minder* spieractiviteit gevonden in de agonist (mediale gastrocnemius) en de antagonist (tibialis anterior), zowel 100 ms voor het grondcontact als tijdens de grondcontact fase waarin het SEE verlengt.<sup>66</sup> Deze resultaten kunnen verklaard worden door een grotere stijfheid cq. meer isometrisch werking in de spiervezels. Door de hogere stijfheid zal de 'swing leg retraction' de stijgtijd op een effectievere manier verminderen.

#### *Het gebruik van externe weerstand*

Het gebruik van externe weerstand in de vorm van halters, dumbbells, elastieken etc. is de derde mogelijkheid om de stijgtijd te beïnvloeden (zie figuur 4). Markovic en Jaric<sup>67</sup> observeerden een kleinere bewegingsuitslag in de CMJ bij het toevoegen van externe weerstand en een grotere bewegingsuitslag als elastieken bij de sprong assisteerden. Dit is in tegenstelling tot een andere studie, waarin juist een grotere bewegingsuitslag in de CMJ werd gevonden bij het toevoegen

van externe weerstand.<sup>60</sup> In deze studie werd de CMJ echter met armzwaai uitgevoerd en dit verklaart mogelijk de gevonden tegenstelling. Als er weerstand wordt toegevoegd aan een sprong zal het SEE meer opgelijnd worden en op rek gebracht worden<sup>68</sup> waardoor er minder stijgtijd zal zijn. Als er gewicht wordt weggenomen (bijvoorbeeld door elastieken die de atleet als het ware omhoog trekken) zal de atleet zelf voorspanning moeten opbouwen om de stijgtijd te reduceren. Als deze voorspanning niet voldoende opgebouwd wordt zal een grotere bewegingsuitslag in de CMJ nodig zijn om de stijgtijd weg te nemen. In veel (sport) situaties is er geen externe weerstand die de stijgtijd kan verminderen. Er kunnen daarom ook vraagtekens worden gezet bij het gebruik van externe weerstand in de krachttraining om de explosieve prestatie te verbeteren. Omdat externe weerstand de stijgtijd vermindert leert de atleet misschien niet om dit zelf te bewerkstelligen door het uitvoeren van cocontracties. Ook voor deze gedachtegang is vooralsnog alleen indirect bewijs, namelijk dat bij matig getrainde individuen een grotere bewegingsuitslag in de CMJ gevonden werd als gevolg van power- en (traditionele) krachttraining.<sup>69</sup> Andere onderzoeken vonden ook een grotere bewegingsuitslag in de CMJ als gevolg van CMJ training met externe weerstand.<sup>59-61</sup> Verrassend genoeg was de toename van de bewegingsuitslag echter het grootst bij de groep die trainde met elastieken die gewicht wegnamen en de groep die trainde zonder externe weerstand. Wellicht raakten de sporters in deze onderzoeken eraan gewend dat de stijgtijd werd weggenomen door de externe weerstand. Als gevolg hiervan werd er mogelijk minder voorspanning gecreëerd en was er in de CMJ een grotere bewegingsuitslag nodig om de stijgtijd weg te nemen. Een andere studie vond echter

geen toename in de bewegingsuitslag tijdens een CMJ als gevolg van power of (traditionele, zware) krachttraining bij matig getrainde individuen.<sup>70</sup> Wellicht komen de verschillen in de studies voort uit de matige getraindheid van de deelnemers.

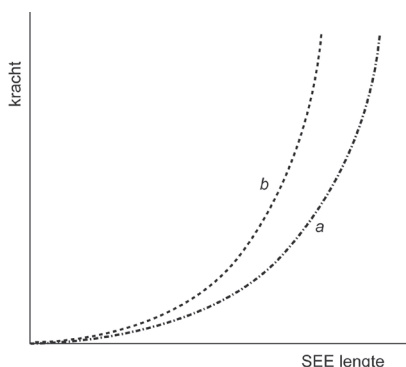
Uit de kleine hoeveelheid indirect bewijs kan de voorzichtige conclusie getrokken worden dat het gebruik van externe weerstand in de krachttraining een negatief effect zou kunnen hebben op het creëren van voorspanning. Dit leidt vervolgens tot meer stijgtijd. De uitspraak 'krachttraining maakt langzaam' zou wel eens gebaseerd kunnen zijn op het intuïtieve gevoel dat (teveel en verkeerd uitgevoerde) krachttraining de stijgtijd vergroot en de sporter zodoende langzamer maakt. Atletisch vermogen wordt vooral gedefinieerd door weinig stijgtijd en het vermogen explosief te bewegen. In de atletiek heeft dit er bijvoorbeeld toe geleid, dat de hoeveelheid krachttraining die sprinters en springers doen in de afgelopen decennia drastisch is afgenomen.

#### **Elastische rek**

De ECD en het oplijnen van het SEE (stap 3 en 4 uit de eerdere chronologische beschrijving, zie tabel 1) zijn nu toegelicht. Als het CE verkort zal het SEE, nadat het is opgelijnd, op rek worden gebracht. Omdat deze beide processen (oplijnen en oprekken) elkaar gedeeltelijk overlappen worden ze in dit artikel beide onder de term stijgtijd gevoegd. Deze spierwerking kan vergeleken worden met het gebruik van een elastische sleepkabel om een auto voort te trekken. Als de trekkende auto gaat rijden komt de tweede auto niet direct in beweging. Eerst zal het slap hangende elastiek strak getrokken (opgelijnd) moeten worden. Hierna zal de kabel eerst nog een stuk uittrekken, totdat hij stug genoeg geworden is. Pas dan komt er beweging in de tweede auto. In het begin is

er weinig kracht nodig om het SEE (of het elastiek in het voorbeeld) op rek te brengen. Hoe meer het SEE uitrekt, des te meer kracht er nodig is om een verdere toename in rek te bewerkstelligen (zie figuur 5).

Bij een toename in de mate van rek zal het SEE (of de elastiek in het voorbeeld) stijver worden. Stijfheid (stiffness) is op deze manier een gevolg van de interactie tussen het CE en het SEE. De mate waarin de kracht op het SEE toeneemt beïnvloedt ook de stijfheid. Door de visco-elastische eigenschappen van het SEE zal een snelle toename in kracht resulteren in een hogere stijfheid.<sup>71</sup> Het gevolg hiervan is dat stijgtijd en krachtproductie niet onafhankelijk zijn. Als iemand een snellere contractie van het CE heeft zal dit resulteren in een stijver SEE en daardoor minder stijgtijd.



Figuur 5. Compliance en stiffness. Bij een toename van rek zal er steeds meer kracht nodig zijn om het SEE verder te rekken. SEE a heeft een lagere basisstijfheid dan SEE b.

### Katapulteffect

Het SEE heeft verschillende functies. Eén van die functies is het verhogen van de vermogensleverantie ten opzichte van wat de spiervezels alleen zouden kunnen bereiken. Zodra het CE ontspant neemt de krachtproductie van de spiervezels af. Het opgerekte SEE veert hierdoor terug en daarmee wordt veel vermogen geleverd.<sup>72,73</sup> Dit terugveren wordt het katapulteffect genoemd. Vaak wordt gedacht dat het rekken en terugveren van het SEE al-

leen voorkomt in bewegingen met een CM of bewegingen waarbij tegenwerkende krachten het SEE op rek brengen. Maar ook bij een beweging zonder CM, zoals bijvoorbeeld een SJ, wordt het SEE eerst opgerekt, waarna het terugveert zodra het CE ontspant.<sup>46</sup>

### Spraakverwarring in de wetenschap

In de wetenschappelijke literatuur wordt niet altijd goed gedefinieerd wat met een bepaalde term bedoeld wordt. Een goed voorbeeld hiervan is de term *stretch shortening cycle* (SSC). Vaak wordt de SSC omschreven als het rekken van de spier, gevolgd door een verkorting. Hierbij wordt niet nader beschreven welke delen van de spier rekken en verkorten. Dit kan tot gevolg hebben dat de spierwerking verkeerd wordt geïnterpreteerd. Zo wordt vaak ten onterecht aangenomen dat er bij het lopen op hoge snelheid tijdens het uitpendelen van het onderbeen een excentrische fase in de hamstrings is, waarin het CE verlengt. Dit heeft tot gevolg dat veel wetenschappers en trainers excentrische oefeningen, zoals de nordic hamstring curl, gebruiken om de hamstrings op een 'functionele' manier te trainen. Er zijn echter aanwijzingen dat het CE tijdens deze fase niet verlengt, maar vooral isometrisch actief is. Bij het uitpendelen wordt eerst de stijgtijd uit het SEE van de hamstring genomen voordat het SEE ontlad. Functioneel trainen van de hamstrings zou dan ook moeten betekenen, dat er niet meer excentrisch wordt getraind, maar op een manier die de reactieve werking van de hamstrings tijdens het hardlopen imiteert.

### Conclusies en aanbevelingen

In veel situaties is de tijd om een beweging uit te voeren beperkt. Vooral bij getrainde individuen vormt stijgtijd een belangrijke prestatiebeperkende factor. Er wordt dan ook naar manieren gezocht om de stijgtijd te re-

duceren. Vaak is het gebruik van een CM hiervoor niet geschikt, vanwege de extra tijd die er voor nodig is. Ook het gebruik van externe weerstand is niet de oplossing, omdat de meeste bewegingen in de sport zonder significante weerstand worden uitgevoerd. Bij sporten waarin het minder belangrijk is om efficiënt om te gaan met de energie, maar waar weinig stijgtijd belangrijk is (bijvoorbeeld bij de sprintnummers in de atletiek en het wielrennen, kogelstoten, hoogspringen) is het coactiveren van de spieren een goede strategie om de stijgtijd te verminderen en dus de prestatie te verbeteren. Bij sporten waarin het belangrijk is om weinig stijgtijd te hebben, maar waar een efficiënte beweging ook belangrijk is (voetbal en andere veldsporten, middenlange en lange afstanden bij hardlopen, fietsen en schaatsen) zijn cocontracties ook een goede strategie om de stijgtijd te verminderen, maar hier moet getraind worden op het zo efficiënt mogelijk toepassen ervan.

Op basis van indirect bewijs is geconcludeerd dat het uitvoeren van CM's en het trainen met externe weerstand mogelijk leidt tot het creëren van minder voorspanning en daarmee meer stijgtijd. Wellicht kunnen CM's daarom beter niet meer uitgevoerd worden in de training. Het verbannen van externe weerstand uit de training lijkt echter geen goede oplossing. Er zijn namelijk ook positieve effecten gevonden als gevolg van training met externe weerstand, al zijn deze effecten vooral gevonden bij ongetrainde individuen. Voor de trainer is het zaak om per individu te kijken welke aspecten van de explosieve beweging verbeterd moeten worden om de uiteindelijke prestatie te verbeteren. Voor sporters van hoog niveau moet bij het trainen met externe weerstand gezocht worden naar een balans tussen de mogelijk negatieve effecten op het reguleren van stijgtijd en de positieve effecten op het vermo-

gen om met het CE explosief kracht te produceren.

Mogelijk hebben nagenoeg alle sporters meer stijgtijd dan nodig is, omdat ze niet goed voorspanning kunnen creëren. Deze sporters moeten wellicht minder met externe weerstand trainen en meer op het creëren van voorspanning met behulp van cocontracties. Het timen van die cocontracties is coördinatief moeilijk en vereist veel oefening. Jongere sporters en sporters die gewend zijn om met CM's en externe weerstand te trainen hebben er vaak veel moeite mee. Dit blijkt onder andere uit matige scores op testen die een reactieve spierwerking vragen (bijvoorbeeld een 'bounce' drop jump) en

uit grote verschillen tussen de scores op een SJ en een CMJ.

### Vervolg

In een vervolg op dit artikel zal worden ingegaan op de transferbeperkingen van (kracht)training door verschillen in de bewegingscontext en zullen een aantal aanbevelingen voor de trainingspraktijk worden gegeven.

### Referenties

De volledige referentielijst is per e-mail op te vragen bij Bas Van Hooren: [basvanhooren@hotmail.com](mailto:basvanhooren@hotmail.com).

### Over de auteurs

*Bas Van Hooren* is afgestuurd als bewegingsdeskundige aan Fontys Sporthogeschool Eindhoven. Momenteel is hij op freelance basis werkzaam als fysiek trainer voor topsporters en topsporttalenten, voornamelijk in Zuid-Limburg. *Frans Bosch* is docent aan Fontys Sporthogeschool en vaste consultant/specialist-coach voor onder andere de nationale rugbyteams van Wales en Japan, West Ham United Football Club en England Cricket. Daarnaast is hij auteur van meerdere boeken, waaronder 'Hardlopen: inspanningsfysiologie en biomechanica praktisch toegepast' (2001, met Ronald Klomp) en 'Krachttraining en coördinatie: een integratieve benadering' (2012).

(Advertentie)



**Step-Over**  
**2**  
verstelbare horde

**Nieuw**  
met uniek schuifstelsysteem

Toepasbaar bij:

- Loopscholing
- Vergroting sprongkracht
- Vergroting startkracht
- Vergroting sprintkracht

Voor bestellingen:  
**Herstelsnel.nl**  
**070 3644646** of **herstelsnel@herstelsnel.nl**

Info, video en tips voor gebruik:  
**www.herstelsnel.nl**

 **HERSTELSNEl.NL**  
ATHLETIC SPEED EQUIPMENT