

In het eerste deel van dit tweeluik (zie Sportgericht 3/2014) is het verschil tussen de complex methode, complex training en contrast training toegelicht. Bij deze trainingsvormen staat meestal het bewerkstelligen van 'post activation potentiation' (PAP) centraal. Dit tweede artikel gaat in op de extrinsieke en intrinsieke factoren die van invloed zijn op de mate van PAP, de opbouw en het herstel van vermoeidheid en hierdoor ook op de uiteindelijke prestatie. Waar mogelijk zal onderscheid worden gemaakt tussen complex- en contrast training.

Complex training of contrast training?

Deel 2: Praktische richtlijnen

**Bas Van Hooren
& Jeroen Rietvelt**

Foto's: Jeroen Rietvelt

Verskillende studies laten een positief effect van complex- en contrast training op de uiteindelijke prestatie zien.¹⁻¹⁴ Er zijn echter ook studies die geen positief effect hebben gevonden.¹⁵⁻¹⁸ Of een positief effect wordt gevonden hangt af van de combinatie van verschillende (extrinsieke en intrinsieke) factoren.

In deel 1 van dit tweeluik¹⁹ zijn de extrinsieke factoren beschreven als niet trainbaar en gerelateerd aan de trainingsopzet. Intrinsieke factoren daarentegen zijn wel trainbaar en hebben te maken met de atleet. Verschillende studies^{1,3,7,17,20,21} hebben getracht de optimale combinatie van deze factoren te bepalen, maar hierover is nog geen consensus bereikt.

Praktische richtlijnen

Dit artikel zal aan de hand van de bevindingen in de literatuur praktische richtlijnen geven voor het gebruik van complex- en contrast training om de acute prestatie (en daarmee mogelijk ook de adaptatie en prestatie op de langere termijn) te verbeteren. De nadruk

zal hierbij liggen op oefeningen voor het onderlichaam.

Hoewel alle factoren los van elkaar besproken zullen worden is het belangrijk om te benadrukken dat ze niet geheel los van elkaar kunnen worden gezien. Zo kan een verandering in het volume bijvoorbeeld gevolgen hebben voor de benodigde rustperiode tussen de pre-load oefening en de doeloefening. Daarnaast is het mogelijk dat een hogere intensiteit van de pre-load oefening bij atleet A negatieve gevolgen heeft op aansluitende prestatie, terwijl atleet B er juist beter door gaat presteren.

Extrinsieke factoren

Soort oefening

De meest gebruikte pre-load oefening in de literatuur bij zowel complex- als contrast training voor het onderlichaam is de back squat. Deze wordt echter niet in alle studies op dezelfde wijze uitgevoerd. Zo lieten sommige studies^{2,22-25} een half back squat tot 90° knieflexie uitvoeren, terwijl dit bij andere studies^{1,3,5,8,9,11,16,26} een back squat

tot parallel (bovenkant bovenbeen parallel met de grond) was. Verder heeft een recente studie²⁷ aangetoond dat een parallelle back squat (met 60-70° kniehoek) effectiever is in het bewerkstelligen van PAP tijdens een counter movement jump (CMJ) dan een quarter back squat (135° knieflexie).

In de meeste wedstrijdsituaties kan de back squat echter niet worden toegepast om de acute prestatie te verbeteren, omdat het in de warming-up ruimte meestal ontbreekt aan de benodigdheden (halter, squatrek, voldoende halterschijven). Bij ballistische oefeningen wordt vaak minder gewicht gebruikt en is er minder

mige deelnemers meer potentiatie als gevolg van de back squat en andere deelnemers als gevolg van de hang clean.

Er zijn ook onderzoeken die geen verbetering in de CMJ hoogte vonden als gevolg van de hang clean^{32,33} of back squat.³² Na het uitvoeren van de back squats werd er in set drie zelfs een significante achteruitgang in spronghoogte gevonden.³² Deze achteruitgang werd niet gevonden na het uitvoeren van de hang cleans.

Conclusie: zowel een back squat als olympic lifts kunnen mogelijk een acuut positief effect hebben op de aansluitende prestatie. Welke oefen-

concentrische of alleen de excentrische fase werd uitgevoerd. Een back squat met zowel een concentrische als excentrische fase werd in dit onderzoek niet meegenomen. Andere studies vonden geen verschil tussen een dynamisch en een isometrisch back squat protocol.^{24,36}

Isometrische en dynamische contracties lijken te kunnen verschillen in de vermoeidheid die ze opwekken.³⁷ Hierdoor zouden andere PAP-effecten verwacht kunnen worden. Dynamische contracties krijgen doorgaans de voorkeur boven isometrische contracties omdat ze functioneler zijn, even effectief lijken in het bewerkstelligen van PAP en in de trainingspraktijk al veel vaker als oefenvorm gebruikt worden waardoor de trainingsopzet niet aangepast hoeft te worden.

Mate van functionele overeenkomst tussen pre-load en doeloefening

Of een pre-load oefening effectief is in het opwekken van PAP hangt mede af van de oefening waarmee PAP wordt gemeten (de doeloefening). Als de pre-load stimulus biomechanisch niet goed overeenkomt met de doeloefening lijkt er minder of zelfs geen baat te zijn van PAP. Zo zal het uitvoeren van drie setjes bankdrukken niet of nauwelijks een PAP-effect hebben op de sprongprestatie. Zoals besproken in artikel 1 is er in dit geval overigens ook geen sprake van complex- of contrast training, omdat de oefeningen biomechanisch niet overeenkomen.¹⁹

Om het PAP-effect uit te lokken is niet alleen de biomechanische overeenkomst tussen pre-load en doeloefening van belang, maar moet er ook nog genoeg overload worden gecreëerd. De meeste studies gebruiken dan ook een back squat in combinatie met een verticale sprong (CMJ – figuur 2) of squat jump (SJ – figuur 3).^{2,3,5} De CMJ en de SJ zijn betrouwbare, makkelijk af te nemen tests waar veel informatie uit gehaald kan worden.³⁸ Verder leve-



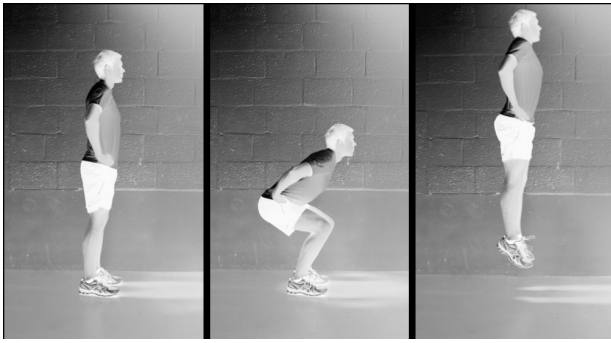
Figuur 1. Power clean. Bij de 'hang' variant wordt er niet vanaf de grond gestart, maar vanuit een positie waarin de halter al los is van de grond.

materiaal nodig om een acute prestatieverbetering te bewerkstelligen. Daarom zijn deze oefeningen wellicht beter geschikt om de acute prestatie in een wedstrijdsituatie te verbeteren. Voorbeelden van ballistische pre-load oefeningen zijn jump squats²⁸, loopscholing in combinatie met een gewichtvest²⁹ en olympic lifts. De olympic lifts lijken hierbij het meest effectief.³⁰ Er zijn echter weinig onderzoeken die olympic lifts gebruikt hebben als pre-load oefening.^{10,31-34} Deze onderzoeken vonden een verbetering in de standing long jump als gevolg van een power snatch³¹, een verbetering in spronghoogte na het uitvoeren van snatchpulls³⁴ en een verbetering in spronghoogte als gevolg van zowel een hang clean als een back squat.¹⁰ In deze laatste studie vertoonden som-

ming effectiever is kan verschillen per individu. In wedstrijdsituaties is de beschikbaarheid van materialen van grote invloed op de keuze van de pre-load oefening. Mocht er gekozen worden voor een back squat, dan lijkt een parallelle back squat effectiever dan een half of quarter back squat.

Type spiercontractie

In een aantal onderzoeken is een isometrische spiercontractie gebruikt om PAP te bewerkstelligen. In de studie van Rixon et al.²⁶ was een isometrische back squat (kniehoek 120-130°) effectiever in het verbeteren van de CMJ spronghoogte dan een dynamische half back squat. Bogdanis et al.²⁵ vonden alleen potentiatie na een isometrische half back squat en niet na een half back squat waarbij alleen de



Figuur 2. Counter Movement Jump (CMJ).



Figuur 3. Squat Jump (SJ).

ren verticale sprongen in de meeste sporten een zekere bijdrage aan de prestatie.^{39,40}

Net zoals de back squat wordt een CMJ of SJ ook al vaak in het reguliere trainingsprogramma gebruikt. Voor het combineren van deze twee oefeningen hoeft dus niet het hele programma omgegooid te worden. Meestal wordt de CMJ of SJ in relatie tot PAP uitgevoerd zonder armen, omdat een pre-load stimulus zoals de back squat de armen niet potentieert.

Per sport kan er gekozen worden voor een andere doeloefening en een daarbij passende pre-load oefening. Zo is het voor de sprintnummers in de atletiek specifiek om een sprint als doeloefening uit te voeren in plaats van een sprong. Als pre-load oefening past een Bulgarian split squat (figuur 4) hier wellicht beter bij dan een normale (tweebenige) back squat.

Rustperiode

Eén van de meest onderzochte factoren is de duur van de rustperiode tussen de pre-load oefening en de doeloefening, ook wel het 'intra-complex rest

interval' genoemd. In de literatuur varieert dit interval tussen 0 en 24 minuten. Over de optimale tijdsduur is nog geen consensus bereikt. De meeste studies houden echter een rustperiode van vier minuten aan.^{2-5,11,22,23,25}

Het gebrek aan consensus wordt mede veroorzaakt door het grote aantal variabelen dat de benodigde rustperiode beïnvloedt. Verder zorgt een grote variatie in individuele respons ervoor dat het moeilijk is om specifieke richtlijnen te geven. Een rustperiode van acht minuten na een complex training kan bijvoorbeeld ideaal zijn voor atleet A, terwijl atleet B zijn optimale prestatie pas na 15 minuten levert. Het individueel bepalen van de optimale rustperiode wordt daarom ook aangeraden^{2,5,11,35}, zelfs bij homogene groepen.¹⁰

De optimale rustperiode kan echter veranderen door training.⁴¹ Zo kan een sporter leren om meer motor units te rekruteren, wat vervolgens weer leidt tot een hoger PAP-effect.⁴² Ook een verandering van de *myosin light chain* samenstelling kan een rol spelen.⁴² Tot op zekere hoogte blijft het bepalen van de optimale rustperiode dus een spel

van trial-and-error, waarbij de coach de atleet goed moet kunnen inschatten. Bij het bepalen van de rustperiode staat de resynthese van creatinefosfaat in de spiercel centraal. Rustperiodes kunnen globaal worden ingedeeld in drie groepen: kort (<5min), middellang (5-12min) en lang (>12min). Een meta-analyse²⁰ kwam tot de conclusie dat korte (<2min) tot middellange (3-7min) rustperiodes ideaal zijn voor atletische populaties. Hierbij werd echter geen onderscheid gemaakt tussen complex- en contrast training. Een andere meta-analyse⁴³ en een review⁴⁴ suggereerden een optimale rustperiode van acht tot twaalf minuten, maar ook hier werd geen onderscheid gemaakt tussen complex- en contrast training of tussen getrainde en niet getrainde individuen. In weer een andere review³⁵ suggereerden de auteurs dat een rustperiode van minimaal acht minuten gebruikt zou moeten worden bij complex training en dat minimaal vier minuten ideaal lijkt als rustperiode bij contrast training. Deze suggesties lijken voornamelijk gebaseerd op de resultaten van twee studies bij professionele rugbyspelers waar de beste CMJ⁵ en benchthrow⁴⁵ prestatie in een complex training plaatsvond na acht minuten rust. Bij een kortere rustperiode werd de prestatie nog beïnvloed door de vermoeidheid die was opgebouwd tijdens de snel op elkaar volgende complex sets. Bij een langere rustpe-



Figuur 4. Bulgarian split squat.

riode (8-12 minuten, dus voorbij de piek) ging de prestatie als gevolg van de afnemende potentiatie steeds meer terug richting beginniveau. Omdat er bij contrast training voor iedere doeloefening maar één pre-load set wordt uitgevoerd, is er ook een minder lange rustperiode nodig. De ideale tijdsduur lijkt hier rond de vier minuten te liggen.^{7,25} Ook hier geldt weer dat een kortere rustperiode over het algemeen resulteert in een achteruitgang van de prestatie omdat de vermoeidheid nog groter is dan de potentiatie.⁴¹ Een langere rustperiode zorgt er weer voor dat de potentiatie

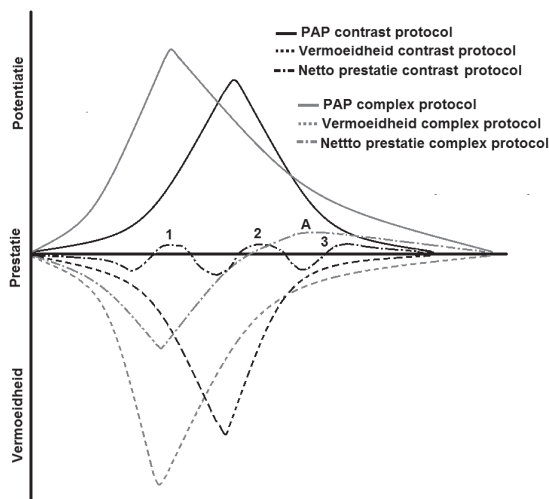
een langer aanhoudend PAP-effect op-treedt is dit protocol wellicht het effectiefst om te hanteren bij een wedstrijd. Het is belangrijk om nog een kanttekening bij de rustperiodes te plaatsen. Om de resultaten zo eenduidig mogelijk te kunnen interpreteren is in bijna alle studies gekozen voor een passieve rustperiode tussen de pre-load oefening en de doeloefening. In de praktijk is het echter minder efficiënt om sporters passief te laten rusten tussen alle oefeningen, omdat de training dan veel te lang zou duren. Als oplossing wordt er in de praktijk daarom geregeld voor gekozen om een actieve

fecten daarom ook worden gevonden wanneer er tussendoor andere oefeningen worden gedaan is een interessante vraag, die door toekomstig onderzoek beantwoord dient te worden.

Vrijwel alle studies hebben onderzocht of er een effectievere explosieve prestatie geleverd kan worden door gebruik te maken van PAP. Vaak ging het hierbij om slechts 1-3 explosieve prestaties, zoals één sprint of drie sprongen. Bij teamsporten zoals voetbal en volleybal worden er echter veel meer explosieve prestaties geleverd, verspreid over een langere periode. Of toepassing van de complexe methode in de warming-up ook bij deze sporten een verbetering van de (herhaalde) explosieve prestatie kan bewerkstelligen is helaas onbekend. Wellicht kan een aantal (explosieve) acties in het begin van de wedstrijd positief beïnvloed worden door PAP, zolang de potentiatie hoger blijft dan de optredende vermoeidheid. Bij teamsporten is het in verband met de individuele verschillen moeilijk plannen wanneer een atleet moet beginnen met de pre-load oefening om zo een verbeterde netto prestatie te hebben aan het begin van de wedstrijd. Bij sporter A kan dit namelijk inhouden dat hij acht minuten voor de wedstrijd nog een pre-load oefening uitvoert, terwijl sporter B dit 20 minuten voor de wedstrijd moet doen. Hier staat tegenover dat het voor teamsporten wellicht minder belangrijk is om deze rustperiode gedetailleerd te plannen. Er kan namelijk minder goed voorspeld worden wanneer een explosieve prestatie geleverd zal moeten worden. Daarnaast vinden er niet één, maar meerdere explosieve prestaties plaats, waardoor het optimaliseren van slechts één explosieve prestatie minder belang heeft.

Volume

Er is slechts één studie die heeft gekeken naar het optimale setvolume bij complex- of contrast training.²⁸ Hierbij werd de maximale prestatie in de doel-



Figuur 5. Visualisatie van het verloop in de tijd van
– PAP;
– vermoeidheid;
– netto effect op de prestatie;
bij een complex- versus een contrast protocol.

afneemt, waardoor het netto effect terugkeert naar de beginwaarde. De veranderingen in potentiatie en vermoeidheid en het voortschrijdende netto effect op de prestatie zijn geïllustreerd in figuur 5, zowel voor een complex als een contrast training. Bij een contrast training met drie pre-load sets zijn er op deze manier drie *windows of opportunity* waar het netto effect positief is. Dit wordt in de figuur aangegeven met de cijfers 1, 2 en 3. Bij een complex training is er één langer durende *window of opportunity*. Dit is in de figuur aangegeven door de letter A. Omdat bij een complex training eerst alle sets worden uitgevoerd en pas daarna de doeloefening en omdat er

rustperiode in te bouwen door een oefening uit te voeren die biomechanisch niet overeen komt met de pre-load oefening. Deze oefening behoort dan ook niet tot het complex pair, zoals in artikel 1 is toegelicht. Een voorbeeld hiervan is het eerst uitvoeren van een back squat (pre-load oefening), gevolgd door bijvoorbeeld een bench press of een rompstabiliteitsoefening. Als deze tweede oefening klaar is wordt er een CMJ uitgevoerd (doel-oefening). Het is echter niet uit te sluiten dat deze actieve rust een effect heeft op de PAP en de vermoeidheid. Denk bijvoorbeeld aan centrale vermoeidheid waardoor het PAP-effect teniet gedaan zou kunnen worden. Of dezelfde ef-

oefening bereikt na set één en twee. Na set drie ging de prestatie in de doeloefening weer terug naar beginniveau. Het uitvoeren van meer dan drie setjes lijkt op basis van deze studie dan ook niet zinvol. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat andere factoren dit kunnen beïnvloeden. Zo speelt het aantal herhalingen per set ook mee in het totale volume. Bij mannelijke topsporters lijken 3-10 setjes met één herhaling per set optimaal om PAP te bewerkstelligen.⁴³ Hierbij wordt echter geen onderscheid gemaakt tussen complex- of contrast training. Voor contrast training zijn twee tot drie setjes gesuggereerd als optimaal.³⁵ Een meta-analyse kwam ook tot de conclusie dat meerdere sets bij getrainde sporters effectiever zijn om PAP te bewerkstelligen dan één enkele set.²⁰ Het exacte aantal sets werd echter niet benoemd. Bij complex training worden meestal drie setjes in de pre-load oefening gebruikt.^{5,45} Het ideale setvolume bij een complex training is echter niet onderzocht en blijft dus onbekend. Op basis van de bevindingen in de literatuur lijken drie sets met drie herhalingen per set optimaal als pre-load oefening bij contrast training en wellicht ook bij complex training. Het volume hangt sterk samen met de intensiteit van de set. Bij een hogere intensiteit zal het volume af (moeten) nemen en bij een lagere intensiteit zal het volume toe (kunnen) nemen. Die toename is echter niet onbeperkt, want het doel blijft om een rekrutering op spierniveau tot stand brengen met zo weinig mogelijk vermoeidheid.

Intensiteit

In de meeste studies is bij de back squat (als pre-load oefening) een gewicht van 3-5 RM gebruikt, overeenkomend met 93-87% van het 1RM. Dit leidde echter niet altijd tot een verbetering in de doeloefening.^{7,15,16,46} Een recente review met betrekking tot complex- en contrast training kwam

tot de slotsom, dat in traditionele oefeningen (zoals de back squat) een gewicht van > 87% van het 1RM gebruikt moet worden om een PAP-effect te bewerkstelligen.³⁵ Dit komt redelijk overeen met de suggestie van een andere review⁴³, dat een back squat met 90% van het 1RM ideaal is voor mannelijke topsporters. Andere auteurs²⁰ suggereren echter, eveneens op basis van een meta-analyse, het gebruik van een matig zwaar gewicht (60-84% van het 1RM) voor zowel ongetrainden als topsporters. In deze meta-analyse werd echter geen onderscheid gemaakt tussen traditionele oefeningen en olympic lifts (waarbij wellicht een lichter gewicht gebruikt moet worden). Tenslotte toonde een recente studie⁴⁷ aan dat back squats met een hogere intensiteit zorgen voor een grotere verbetering in spronghoogte als gevolg van een grotere toename in *twitch torque*. Vanuit een andere invalshoek lijkt gebruik van een zwaarder gewicht ook erg gunstig. Een meta-analytische review suggereerde dat een gewicht van 85% van het 1RM gebruikt moet worden om kracht te trainen in atletische populaties.⁴⁹ Het gebruik van >87% 1RM in complex- en contrast training lijkt daarom effectief om zowel kracht te trainen in de pre-load oefening als vermogen in de doeloefening (met behulp van PAP). Deze gedachtegang wordt ondersteund door onderzoeken die verbeteringen in zowel maximale kracht (1RM) als explosiviteit (spronghoogte, sprinttijden) vonden na het toepassen van complex training⁴⁹ en contrast training.¹⁴ Het is echter niet duidelijk of deze bevindingen ook gelden voor beter getrainde populaties. Daarnaast is het onbekend of trainen volgens de complex methode op langere termijn tot betere adaptaties leidt in vergelijking met conventionele training. Uit onderzoek⁴⁸ waarin complex training (kracht en plyometrie gecombineerd in dezelfde training) en zogeheten compound training (kracht op

de ene dag en plyometrie op de andere dag) gedurende vier weken werden vergeleken, bleken beide trainingsmethodes even effectief in het verbeteren van de sprongprestatie.

Er is helaas te weinig onderzoek gedaan naar olympic lifts om iets te kunnen zeggen over de optimale intensiteit.

Spiervezeltypes

Individen met veel type II spiervezels lijken meer baat te hebben bij complex- en contrast training dan individuen met meer type I spiervezels, omdat type II spiervezels gevoeliger zijn voor PAP.⁵⁰ Type II vezels raken echter ook sneller vermoeid. Hamada et al.⁵⁰ vergeleken daarom twee groepen sporters met respectievelijk veel type I en type II vezels met elkaar. Ze stelden vast, dat de twitch force bij de type II groep na 16 maximale contracties onder het niveau van de type I groep kwam te liggen. Het lijkt er dus op, dat sporters met veel type II spiervezels voor een positief netto effect niet te veel herhalingen moeten maken. Een contrast protocol is voor hen wellicht ook meer geschikt, omdat er na iedere pre-load oefening gebruikt gemaakt kan worden van het PAP-effect, zonder de opbouw van een te grote vermoeidheid. Op basis van deze bevindingen zou verwacht kunnen worden dat duursporters (die over het algemeen meer type I spiervezels hebben) een kleiner PAP effect vertonen dan niet duursporters. Hamada et al.⁵¹ vonden bij getrainde duursporters echter meer PAP dan bij ongetrainde individuen. Mogelijke verklaringen hiervoor zijn een toename van het aantal 'snelle' myosine light chains van de type I spiervezels en een verbeterde weerstand tegen vermoeidheid.^{50,51} Hoewel PAP vooral een positief effect lijkt te hebben op kortdurende (explosieve) bewegingen zijn er ook positieve effecten gevonden op de (middellange) duurprestatie. Een

recent onderzoek vond bij getrainde wielrenners een verbetering van 6,1% in de 20-km tijd na het uitvoeren van de leg press in een complex protocol.¹³ Deze verbetering in tijd was waarschijnlijk het gevolg van een verbeterde vermogensleverantie in het begin van de test. Ook bij een (middellange) duurprestatie kan het toepassen van complex- en contrast trainingsvormen in de warming-up daarom wellicht een prestatieverbetering opleveren.

Intrinsieke factoren

Trainingsstatus

De trainingsstatus kan effecten hebben op het (meer of minder) optreden van vermoeidheid, het (sneller of langzamer) afnemen van vermoeidheid en het (meer of minder) optreden van potentiatie. Zoals al eerder besproken is het mogelijk dat getrainde individuen meer PAP kunnen bewerkstelligen.⁴² Sommige studies^{2,3,5,12,22,23,41} tonen bijvoorbeeld een hogere mate van potentiatie aan bij sterkere individuen. Er is echter nog geen algemeen geaccepteerde richtlijn voor relatieve kracht (RM/lichaamsgewicht of RM/lichaamsgewicht^{0,67}) of absolute kracht waaraan voldaan moet worden voordat complex- of contrast training effectief toegepast kan worden. Ook is er in andere studies^{21,24,36} geen verband tussen kracht en mate van potentiatie gevonden.

Omdat ze minder snel vermoeid raken en sneller herstellen dan niet actieve individuen^{4,51} kunnen getrainden al sneller na de pre-load oefening beginnen met de doeloefening.⁵²

Geslacht

In een aantal studies is gekeken naar de invloed van het geslacht op de mate van PAP. Hoewel een meta-analyse²⁰ geen effect aantoonde blijkt uit andere studies²⁶ dat het geslacht wel van invloed kan zijn. Dit hangt mogelijk samen met een verschil in spierve-

zeltype en/of krachtniveau. Mannen hebben in de meeste studies namelijk een hoger absoluut en relatief krachtniveau dan vrouwen en dit lijkt, zoals eerder toegelicht, ook van invloed op de mate van PAP. Daarnaast hebben mannen vaak ook relatief meer type II spiervezels.²⁶

Om antwoord te geven op de vraag of het geslacht direct van invloed is op de mate van PAP kan gekeken worden naar een studie van Rixon et al.²⁶ Hier hadden de getrainde vrouwen een iets hogere (absolute) 1RM back squat in vergelijking met de ongetrainde mannen. De mannen sprongen in de doeloefening echter nog steeds hoger dan de vrouwen na het uitvoeren van de pre-load oefening. Eén van de mogelijke verklaringen die hiervoor werd gegeven is de grotere aanwezigheid van type II spiervezels bij mannen.²⁶ Een andere studie vond echter geen verschil in de prestatie op de doeloefening tussen mannen en vrouwen met een vergelijkbare relatieve kracht.⁷ Of en op welke manier het geslacht de mate van PAP direct beïnvloedt blijft onduidelijk. De bevindingen in de literatuur lijken er op te wijzen dat mannen beter reageren op het combineren van oefeningen door middel van de complex methode, waarschijnlijk door een relatief groter aandeel type II spiervezels.

Complex of contrast?

Een belangrijke vraag die nog onbeantwoord is gebleven, is welk trainingsprotocol (complex- of contrast training) effectiever is in het (acuut) bewerkstelligen van PAP in de doeloefening als alle factoren 'geoptimaliseerd' zijn. Tot op heden hebben slechts twee studies deze vraag onderzocht door complex- en contrast training rechtstreeks met elkaar te vergelijken.

Aan de eerste studie door Duthie et al.²³ werd deelgenomen door hockeyers en voetbalsters van (inter)nationaal niveau. Een complex protocol,

een contrast protocol en een traditioneel protocol werden met elkaar vergeleken. In geen van de gevallen werd er een positieve effect op de (acute) sprongprestatie vastgesteld. Complex training resulteerde na de eerste set in een significante achteruitgang van de vermogensleverantie. Dit kan te maken hebben met een te korte rustperiode na het grotere volume. Als de deelnemers werden opgedeeld in een sterkere en zwakkere groep werd er bij contrast training wel een positief effect gevonden. De conclusie was dan ook dat contrast training wellicht kan leiden tot grotere verbeteringen in vermogensleverantie in vergelijking met conventionele training, maar alleen bij sterkere sporters.

In de tweede studie, uitgevoerd door Talpey et al.²⁴, werden de acute effecten van een 1) conventioneel, 2) dynamisch complex, 3) statisch complex, 4) statisch contrast en 5) dynamisch contrast protocol op de vermogensleverantie van het onderlichaam onderzocht bij mannelijke recreatiesporters. Geen van de (onconventionele) protocollen 2 t/m 5 was effectiever in het bewerkstelligen van maximale vermogensleverantie dan het conventionele protocol (1). In tegenstelling tot de bevindingen van Duthie et al.²³ vertoonde het dynamische contrast protocol een significant lagere gemiddelde vermogensleverantie in vergelijking met het conventionele protocol. Ook in deze studie kan het uitblijven van positieve effecten van het complex- en contrast protocol te maken hebben met de trainingsstatus van de deelnemers. Verder gebruikten beide studies een half back squat en deze oefening is minder effectief bevonden in het bewerkstelligen van potentiatie in een verticale sprong dan een parallel squat.²⁷

Door de discrepanties tussen deze studies is het nog steeds niet duidelijk of een complex- of contrast protocol effectiever is in het bewerkstelligen

Praktische aanbevelingen

Bij het implementeren van de complex methode binnen revalidatieprogramma's en trainingsschema's is het verstandig om na te denken over zowel de extrinsieke factoren (soort oefening, type spiercontractie, mate van functionele overeenkomst tussen de pre-load oefening en de doeloefening, rustperiode, volume, intensiteit en spiervezeltype) als de intrinsieke factoren (trainingsstatus en geslacht):

- Vooralsnog lijkt de parallelle back squat een goede pre-load oefening, omdat deze meer potentiatie oplevert dan een quarter of een half back squat.
- Hoewel hij niet aangetoond effectiever is dan de isometrische variant heeft een dynamische squat de voorkeur, omdat die zowel gemakkelijker uit te voeren als functioneler is.
- Naast de back squat lijken ballistische oefeningen zoals olympic lifts ook geschikt als pre-load, zeker in situaties waarin er geen back squat uitgevoerd kan worden.
- De pre-load oefening moet zoveel mogelijk overeen komen met de sport/doeloefening, waarbij er ook nog genoeg overload moet worden gecreëerd. Voor sporten met sprongvormen (bijvoorbeeld volleybal en basketbal) kan dit een parallel back squat zijn, maar voor een sport als kogelstoten bijvoorbeeld bankdrukken.
- Door het grotere volume bij complex training is er tot aan het uitvoeren van de doelbeweging een langere rustperiode nodig dan bij contrast training. Bij complex training ligt de optimale rustperiode rond de acht minuten, terwijl dit bij contrast training zo'n vier minuten is.
- Bij complex training is er als gevolg van het grotere volume één langere periode waarin de doeloefening ondersteund door het PAP effect kan worden uitgevoerd. Bij contrast training is dit een korte periode na iedere set.
- In de warming-up voor een wedstrijd kan complex training wellicht beter toegepast worden dan contrast training.
- Of een warming-up met de complex methode ook bij teamsporten een positief effect heeft moet nog onderzocht worden.
- Bij zowel complex als contrast training lijken drie setjes met drie tot vijf herhalingen (87-93% 1RM) optimaal tijdens traditionele oefeningen zoals een back squat.
- Vooral bij goed getrainde mannen met een hoog krachtniveau (als gevolg van flink wat trainingsjaren) en relatief veel type II spiervezels lijkt de complex methode effectief. Dit is waarschijnlijk een gevolg van het minder optreden en sneller afnemen van vermoeidheid en het bewerkstelligen van meer PAP in vergelijking met ongetrainden en/of vrouwen.

Na optimalisatie van de intrinsieke en extrinsieke factoren zijn er twee toepassingen van de complexmethode:

- Trainen met een hogere trainingsprikkel (door PAP) en daarmee een betere trainingsadaptatie op de lange termijn.
- Als warming-up voor een wedstrijd, om zo een acute prestatieverbetering te bewerkstelligen.

Er zijn veel variabelen van invloed op de effectiviteit van de complexe methode. Helaas is er op veel punten nog onvoldoende onderzoek gedaan om definitieve richtlijnen te kunnen geven. Er blijft daarom een belangrijke rol weggelegd voor de coach, die met de praktische richtlijnen uit dit artikel, zijn ervaring en zijn kennis van de individuele sporter moet uitzoeken waar die sporter het beste op reageert.

van PAP in de doeloefening. Om deze vraag te beantwoorden is een studie bij Nederlandse topsporters gaande, waarin is geprobeerd om alle extrinsieke en intrinsieke factoren 'optimaal' te maken (volgens de richtlijnen in dit artikel). De resultaten van deze studie zullen in een toekomstig artikel worden besproken.

Conclusie

Het merendeel van het onderzoek naar PAP-effecten geeft aan dat er vooral

bij explosieve sporten en bewegingen (werpen, stoten, springen, sprinten) een acute prestatieverbetering verwacht mag worden. Er is echter ook een onderzoek dat positieve effecten bij een (middellange) duurprestatie laat zien. De complex methode kan daarom toegepast worden om de acute prestatie te verbeteren bij sporten als o.a. fietsen (BMX, baanwielrennen sprint en middellange duur), zwemmen (vooral sprintonderdelen), volleybal, basketbal en atletiek (vooral

de werp-, stoot- en sprintonderdelen, maar wellicht ook de middellange duuronderdelen).

Naast positieve acute effecten heeft één studie ook de meerwaarde van de complex methode op de middellange termijn (vier weken) aangetoond. Complex training en compound training zorgden namelijk voor een vergelijkbare verbetering in de sprongprestatie, waarbij complex training ten opzichte van compound training het voordeel heeft dat de oefenstof

niet over verschillende dagen verspreid hoeft te worden.

Hoewel de acute effecten van complex- en contrast training uitgebreid onderzocht en bewezen zijn, is meer onderzoek nodig om de meerwaarde op langere termijn in vergelijking met conventionele trainingsvormen aan te tonen. Met andere woorden: zorgt het trainen met PAP voor betere adaptaties dan conventionele training? Dat is voorlopig nog de vraag.

Referenties

1. Gilbert G & Lees A (2005). Changes in the force development characteristics of muscle following repeated maximum force and power exercise. *Ergonomics*, 48 (11-14), 1576–1584.
2. Young WB, Jenner A & Griffiths K (1998). Acute enhancement of power performance from heavy load squats. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 12 (2), 82–84.
3. Kilduff LP et al. (2007). Postactivation potentiation in professional rugby players: Optimal recovery. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21 (4), 1134–1138.
4. Chiu LZF et al. (2003). Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17 (4), 671–677.
5. Kilduff LP et al. (2008). Influence of recovery time on post-activation potentiation in professional rugby players. *Journal of Sports Sciences*, 26 (8), 795–802.
6. Weber KR et al. (2008). Acute effects of heavy-load squats on consecutive squat jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22 (3), 726–730.
7. Comyns TM & Harrison AJ (2006). The optimal complex training rest interval for athletes from anaerobic sports. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20 (3), 471–476.
8. Lowery RP et al. (2012). The effects of potentiating stimuli intensity under varying rest periods on vertical jump performance and power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26 (12), 3320–3325.
9. Esformes JI, Cameron N & Bampouras TM (2010). Postactivation potentiation following different modes of exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24 (7), 1911–1916.
10. McCann MR & Flanagan SP (2010). The effects of exercise selection and rest interval on postactivation potentiation of vertical jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24 (5), 1285–1291.
11. Naclerio F et al. (2014). Effectiveness of different postactivation potentiation protocols with and without whole body vibration on jumping performance in college athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28 (1), 232–239.
12. Seitz LB, Villarreal ES de & Haff GG (2014). The temporal profile of postactivation potentiation is related to strength level. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28 (3), 706–715.
13. Silva RAS et al. (2014). Acute prior heavy strength exercise bouts improve the 20-km cycling time trial performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28 (9), 2513–2520.
14. Walker S, Ahtiainen JP & Häkkinen K (2010). Acute neuromuscular and hormonal responses during contrast loading: effect of 11 weeks of contrast training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20 (2), 226–234.
15. Jensen RL & Ebben WP (2003). Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17 (2), 345–349.
16. Jones P & Lees A (2003). A biomechanical analysis of the acute effects of complex training using lower limb exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17 (4), 694–700.
17. Khamoui AV et al. (2009). Effect of potentiating exercise volume on vertical jump parameters in recreationally trained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23 (5), 1465–1469.
18. Scott SL & Docherty D (2004). Acute effects of heavy preloading on vertical and horizontal jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18 (2), 201–205.
19. Rietvelt J & Van Hooren B (2014). Complex training of contrast training? Twee varianten van de complex methode om post activatie potentiatie uit te lokken. *Sportgericht*, 68 (3), 36–41.
20. Wilson JM et al. (2013). Meta-analysis of postactivation potentiation and power: Effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27 (3), 854–859.
21. McBride JM, Nimphius S & Erickson T (2005). The acute effects of heavy-load squats and loaded countermovement jumps on sprint performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19 (4), 893–897.
22. Gourgoulis V et al. (2003). Effect of a sub-maximal half-squats warm-up program on vertical jumping ability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17 (2), 342–344.
23. Duthie GM, Young WB & Aitken DA (2002). The acute effects of heavy loads on jump squat performance: An evaluation of the complex and contrast methods of power development. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 16 (4), 530–538.
24. Talpey SW, Young WB & Saunders N (2014). The acute effects of conventional, complex, and contrast protocols on lower-body power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28 (2), 361–366.
25. Bogdanis GC et al. (2014). Effects of muscle action type with equal impulse of conditioning activity on postactivation potentiation. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 28 (9), 2521–2528.
26. Rixon KP, Lamont HS & Bembem MG (2007). Influence of type of muscle contraction, gender, and lifting experience on postactivation potentiation performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21 (2), 500–505.
27. Esformes JI & Bampouras TM (2013). Effect of back squat depth on lower-body postactivation potentiation. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27 (11), 2997–3000.
28. Smilios I et al. (2005). Short-term effects of selected exercise and load in contrast training on vertical jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19 (1), 135–139.
29. Thompson AG et al. (2007). Acute effects of different warm-up protocols with and without a weighted vest on jumping performance in athletic women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21 (1), 52–56.
30. McMaster DT et al. (2014). A brief review of strength and ballistic assessment methodologies in sport. *Sports Medicine*, 44 (5), 603–623.
31. Radcliffe JC & Radcliffe JL (1996). Effects of different warm-up protocols on peak power output during a single response jump task. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28 (5), 189.
32. Andrews TR et al. (2011). Effect of hang cleans or squats paired with countermovement vertical jumps on vertical displacement. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25 (9), 2448–2452.
33. Dinsdale A & Bissas A (2010). Completing a prior set of hang cleans does not improve the performance in the vertical jump irrespective of the length of the recovery period. In: *6th Annual United Kingdom Strength and Conditioning Association Conference* (Milton Keynes).
34. Chiu LZF & Salem GJ (2012). Potentiation of vertical jump performance during a snatch pull exercise session. *Journal of Applied Biomechanics*, 28 (6), 627–635.
35. Jones P, Bampouras TM & Comfort P (2013). A review of complex and contrast training: Implications for current practice. Part 1. *Professional Strength and Conditioning*, 29, 11–20.
36. Boyd DA, Donald N & Balshaw TG (2014). A comparison of acute countermovement jump responses following functional isometric and dynamic half squats. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28 (12), 3363–3374.
37. Tillin NA & Bishop D (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Medicine*, 39 (2), 147–166.
38. Cormie P, McBride JM & McCaulley GO (2009). Power-time, force-time, and velocity-time curve analysis of the countermovement jump: Impact of training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23 (1), 177–186.
39. Harman EA et al. (1990). The effects of arms and countermovement on vertical jump-

ing. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22 (6), 825–833.

40. Markovic G et al. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18 (3), 551–555.

41. Mola JN, Bruce-Low SS & Burnet SJ (2014). Optimal recovery time for postactivation potentiation in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28 (6), 1529–1537.

42. Sale DG (2002). Postactivation potentiation: Role in human performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 30 (3), 138–143.

43. DeRenne C (2010). Effects of postactivation potentiation warm-up in male and female sport performances: A brief review. *Strength and Conditioning Journal*, 32 (6), 58–64.

44. Gouvêa AL et al. (2013). The effects of rest intervals on jumping performance: A meta-analysis on post-activation potentiation studies. *Journal of Sports Sciences*, 31 (5), 459–467.

45. Bevan HR et al. (2009). Complex training in professional rugby players: Influence of recovery time on upper-body power output. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23 (21), 1780–1785.

46. Ebben WP, Jensen RL & Blackard DO

(2000). Electromyographic and kinetic analysis of complex training variables. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 14 (4), 451–456.

47. Fukutani A et al. (2014). Influence of the intensity of squat exercises on the subsequent jump performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 28 (8), 2236–2243.

48. Mihalik JJ, Libby JJ & Battaglini CL (2008). Comparing short-term complex and compound training programs on vertical jump height and power output. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22 (1), 47–53.

49. Peterson MD, Rhea MR & Alvar BA (2005). Applications of the dose-response for muscular strength development: A review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19 (4), 950–958.

50. Hamada T et al. (2003). Interaction of fibre type, potentiation and fatigue in human knee extensor muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 178 (2), 165–173.

51. Hamada T, Sale DG & MacDougall JD (2000). Postactivation potentiation in endurance-trained male athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32 (2), 403–411.

52. Jo E et al. (2010). Influence of recovery

duration after a potentiating stimulus on muscular power in recreationally trained individuals. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24 (2), 343–347.

Over de auteur

Bas Van Hooren is sinds juni afgestu-
deerd aan de Fontys Sporthogeschool
met als afstudeerrichting Sports &
Wellness. Hij heeft zich daarbij ver-
diept in verschillende aspecten van
fysieke training.

E-mail: basvanhooren@hotmail.com.

Jeroen Rietvelt is bewegingsweten-
schapper en werkt als fysiek trainer bij
NOC*NSF en als docent binnen de
masteropleiding fysiotherapie, speciali-
satie sportfysiotherapie van de Hoge-
school Utrecht (UAS). Tevens is hij
mede-eigenaar van sportadviesbureau
iMOVE en als inspanningsfysioloog en
krachttrainer betrokken bij de Team
New Balance schaatsploeg.
E-mail: info@imove.nu.

(Advertentie)

Cursus Sportpsychologie

Speciaal voor trainers, coaches en andere begeleiders in de (top)sport

Start 13 januari 2015 - Leiden

6 bijeenkomsten van 3 uur:

- Doelen stellen
- Spanning en Ontspanning
- Mentale Verbeelding
- Aandacht en concentratie
- Zelfspraak

Onder leiding van
Lex Duvekot SPORTPSYCHOLOOG VSPN ®



Meer informatie en aanmelden:
www.msopleidingen.nl

Lezersactie Sportgericht: Nu speciaal voor lezers van Sportgericht bij inschrijving 1 gratis exemplaar van het boek *Sportgek: mentale training voor sporters* (vermeld bij je inschrijving je abonneenummer van Sportgericht)