

In het eerste deel van deze publicatie (zie *Sportgericht* nummer 5-2019) beschreven we welke rol spiermassa in het esthetisch ideaalbeeld heeft en in hoeverre spiermassa de gezondheid en de sportprestatie beïnvloedt. Daarnaast bespraken we de fysiologische achtergrond van spierhypertrofie, inclusief de rol van satellietcellen en hormonen. In dit tweede deel beschrijven we de huidige wetenschappelijke inzichten in de variabelen van een krachttrainingsprogramma dat gericht is op het verkrijgen van meer spiermassa.

Krachttraining voor meer spiermassa

Deel 2: Kritische beschouwing van trainingsvariabelen

Luuk Hilkens, Hans Wassink & Tjieu Maas

De trainingsvariabelen die we achter-eenvolgens zullen bespreken zijn:

- volume;
- frequentie;
- intensiteit;
- keuze van oefeningen;
- inter-set rustpauze;
- snelheid van herhalingen;
- range of motion.

Volume

De variabele *volume* kan gedefinieerd worden als het totale gewicht dat in één trainingsweek per spiergroep

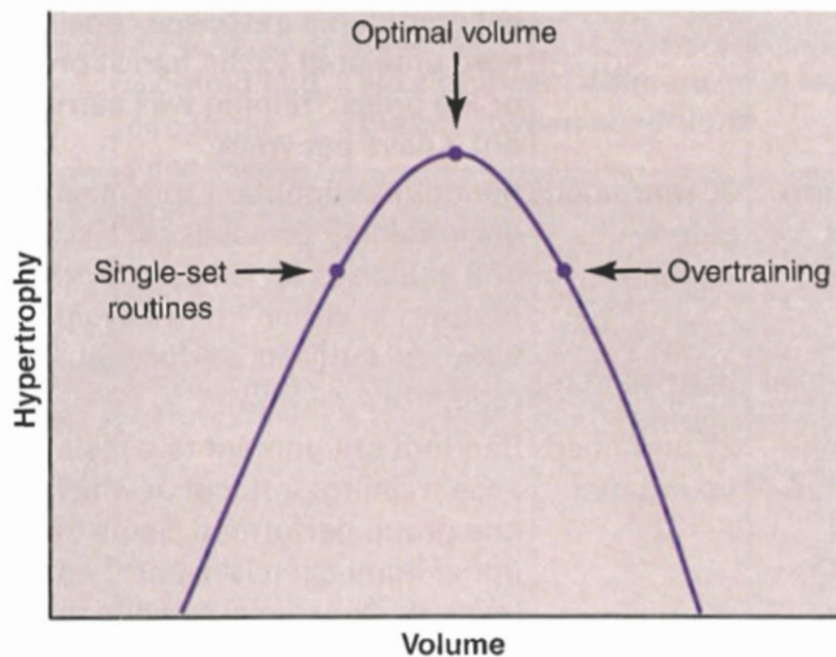
wordt verplaatst. Rekenkundig weergegeven: het aantal sets per spiergroep per week x aantal herhalingen (reps) per set x trainingsgewicht per rep. Hieruit kan worden afgeleid dat het trainingsvolume hetzelfde kan zijn bij zowel een hoge als lage *rep-range* en trainen met zowel een zwaar als een licht trainingsgewicht. In een door Schoenfeld in 2017¹ uitgevoerde meta-analyse zijn aanwijzingen gevonden dat meer dan 10 sets per spiergroep per week tot meer spierhypertrofie leidt, dan minder dan 10 sets per spiergroep per week. Deze meta-analyse had echter een aantal tekortkomingen. Zo zijn de meeste onderzoeken die erin werden meegenomen uitgevoerd met ongetrainde proefpersonen. Wellicht heeft een hoog trainingsvolume meer effect bij ongetrainde dan bij getrainde individuen, of misschien is het effect van een hoog trainingsvolume bij getrainden juist nog veel groter. Verder is 10 sets per week per spiergroep niet een uitgesproken hoog trainingsvolume. Veel interessanter is het om te weten vanaf welk trainingsvolume er geen *extra* spierhypertrofie meer optreedt. Met andere woorden: wat het optimale aantal sets is. Om dat te onderzoeken voerden Schoen-



feld et al. in 2019² een studie uit waarin 45 getrainde personen (met $\pm 4,5$ jaar krachttrainingervaring) werden verdeeld over drie groepen. Elke groep voerde drie keer per week een full body training uit, bestaande uit zeven oefeningen en 8-12 herhalingen per oefening. Het aantal sets per oefening verschilde echter: een groep deed één set per oefening, een groep deed drie sets per oefening en een groep deed vijf sets per oefening. Verassend genoeg bleek de krachttoename na acht weken trainen in alle drie de groepen hetzelfde. Wel vonden de onderzoekers significante verschillen in de mate van spierhypertrofie. De groep die wekelijks $3 \times 5 = 15$ sets per oefening deed, bouwde de meeste spiermassa op. Het is belangrijk hierbij op te merken dat het aantal sets per spiergroep per week hoger lag dan respectievelijk 3, 9 en 15. Het gevolgde trainingsprotocol bevatte namelijk oefeningen waarmee meerdere spiergroepen gelijktijdig werden getraind. Zo werd de m. quadriceps met drie oefeningen getraind, dus lag het totale aantal sets voor deze spiergroep op respectievelijk 9, 27 en 45 per week.

Haun et al.³ hebben het effect van trainingvolume op spierhypertrofie nog verder onderzocht. Zij voerden tijdens een zes weken durend trainingsprogramma het trainingvolume op van aanvankelijk 10 naar uiteindelijk 32 sets per spiergroep per week. De onderzoekers rapporteerden dat de hypertrofie tot ongeveer 20 sets per week steeds verder toenam, maar dat er bij een verdere verhoging van het aantal sets geen extra toename van spiermassa meer plaatsvond.

Op basis van de gehele literatuur kan met enige voorzichtigheid geconcludeerd worden dat ongeveer 20 sets per spiergroep per week het optimale volume is (zie figuur 1). Een verdere toename van het aantal sets per spiergroep per week leidt tot een afname van de respons (minder spierhypertrofie).⁴



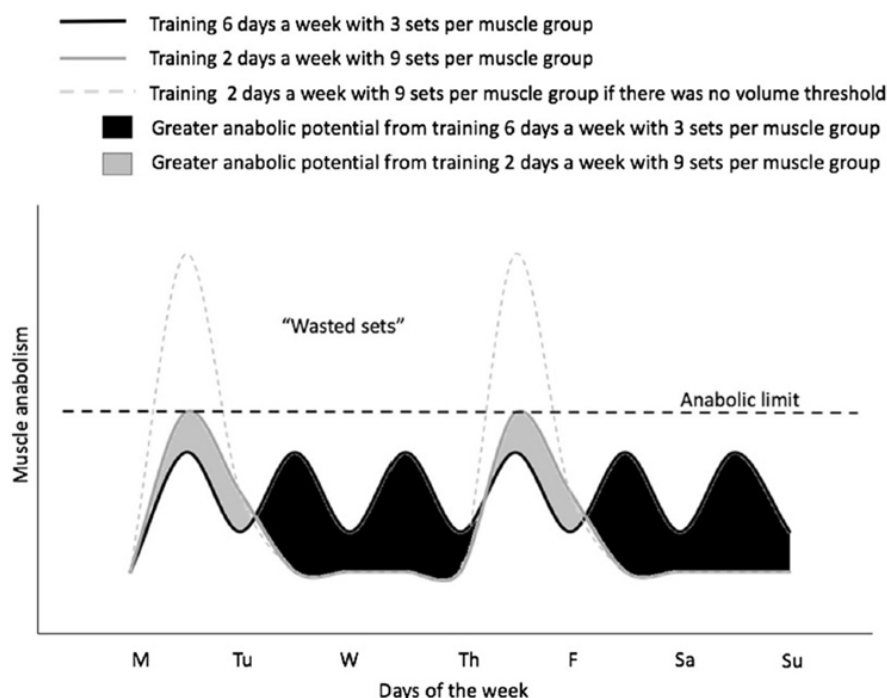
Figuur 1 | De dosis-respons relatie tussen volume (x-as) en spierhypertrofie (y-as) bij krachttraining (overgenomen uit: Schoenfeld³⁸).

Frequentie

Trainingsfrequentie wordt gedefinieerd als het aantal keren per week dat een spiergroep wordt getraind. Het huidige advies⁵ van het American College of Sports Medicine (ACSM) voor beginners en gevorderde sporters is om 2-3 keer per week full body trainingen uit te voeren. Daarnaast adviseert het ACSM gevorderden ook om per training andere spiergroepen te trainen; in jargon wordt dat een splitprogramma, splitschema of split routine genoemd. Belangrijk aandachtspunt in het ACSM advies is om voor een reeds getrainde spiergroep 48-72 uur rust in acht te nemen, met als doel de spier voldoende te laten herstellen. Onderzoek onder competitieve bodybuilders laat zien dat het merendeel (63%) dit advies van het ACSM ruim ter harte neemt en elke spiergroep maar één keer per week traint.⁶ Recent hebben Dankel et al.⁷ vraagtekens gezet bij zowel deze klassieke 'bro split' die bodybuilders veelal hanteren, als de richtlijnen van het ACSM. Zij suggereren op basis van de spiereiwietsynthese respons

(zie deel 1) na een krachttraining dat een spiergroep misschien wel dagelijks getraind moet worden. Deze hypothese steunt op onderzoek van Burd et al.⁸ dat liet zien dat de spiereiwietsynthese tot 24 uur na een krachttrainingssessie verhoogd is en dan weer terugkeert naar basaal niveau. Hetzelfde onderzoek liet zien dat bij vier sets per spiergroep per training de spiereiwietsynthese piekt en dat het doen van meer sets per spiergroep niet leidt tot een grotere toename van de spiereiwietsynthese. Dankel et al.⁷ stellen dus dat bij een laag dagelijks volume en een hoge wekelijkse trainingsfrequentie de spiereiwietsynthese in totaal meer wordt gestimuleerd, dan bij een hoog dagelijks volume en een lage wekelijkse trainingsfrequentie. Meer dan vier sets zijn volgens hen 'verloren' sets (zie figuur 2).

Tegenstanders stellen dat bij een dusdanig hoogfrequente (HF) krachttraining het herstel in het geding komt. Bij getrainde sporters veroorzaakt krachttraining echter nog maar weinig spierschade, een



Figuur 2 | Hypothetische spiereiwietsyntheserespons van verschillende protocollen met hetzelfde aantal sets per week. Een hogere trainingsfrequentie met een lager dagelijks volume resulteert in de meeste tijd in een positieve eiwitbalans (overgenomen uit: Dankel et al.⁷)

fenomeen dat het ‘repeated bout effect’ (RBE) wordt genoemd. Daarnaast zijn veel hersteltijden tussen trainingen gebaseerd op het herstel van glycogeenvoorraden in de spier na duurinspanning. Onderzoek laat zien dat de glycogeenvoorraad door een intensieve krachttraining (16 sets voor de quadriceps) gemiddeld slechts 33% afneemt⁹ en dat deze bij een normale koolhydraatname binnen 24 uur weer is aangevuld.^{10,11} Omdat spierschade en uitputting van de glycogeenvoorraden bij getrainde krachtsporters geen duidelijke fysiologische grondslag vormen om een hersteltijd van 48-72 uur per spiergroep te gebruiken, zijn er de laatste jaren trainingsstudies uitgevoerd waarin is onderzocht of een HF trainingsprogramma inderdaad geschikt is.¹²⁻¹⁷ Vrijwel al deze studies laten geen verschil zien in toename van spierkracht (1RM) en mate van spierhypertrofie (gemeten met DXA of spierechografie) tussen krachttraining met een hoge versus lage frequentie. Een analyse van de individuele studies brengt echter aan

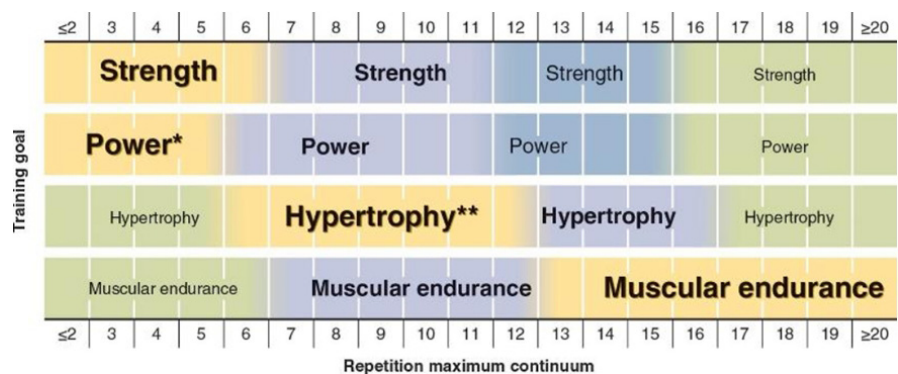
	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
TOTAL (n = 9)	Incline dumbbell press 3 × 10-12 RM Biceps curl 3 × 10-12 RM Parallel back-squat 3 × 10-12 RM Lat pull-down 3 × 10-12 RM Cable triceps 3 × 10-12 RM	Incline bench press 3 × 10-12 RM Dumbbell incline curl 3 × 10-12 RM Leg press 3 × 10-12 RM Machine lat pull-down 3 × 10-12 RM Nosebreaker 3 × 10-12 RM	Bench press 3 × 10-12 RM Dumbbell preacher curl 3 × 10-12 RM Barbell split squat 3 × 10-12 RM Neutral-grip lat pull-down 3 × 10-12 RM Cable overhead triceps extension 3 × 10-12 RM	Incline bench press machine 3 × 10-12 RM Barbell preacher curl 3 × 10-12 RM Hack squat 3 × 10-12 RM Machine close-grip seated row 3 × 10-12 RM Cable triceps press-down 3 × 10-12 RM	Bench press machine 3 × 10-12 RM Dumbbell hammer curl 3 × 10-12 RM Deadlift 3 × 10-12 RM Machine wide-grip seated row 3 × 10-12 RM Cable triceps kickback 3 × 10-12 RM
SPLIT (n = 9)	Incline dumbbell press 3 × 10-12 RM Incline bench press 3 × 10-12 RM Bench press 3 × 10-12 RM Incline bench press machine 3 × 10-12 RM Bench press machine 3 × 10-12 RM	Biceps curl 3 × 10-12 RM Dumbbell incline curl 3 × 10-12 RM Dumbbell preacher curl 3 × 10-12 RM Barbell preacher curl 3 × 10-12 RM Dumbbell hammer curl 3 × 10-12 RM	Parallel back-squat 3 × 10-12 RM Leg press 3 × 10-12 RM Barbell split squat 3 × 10-12 RM Hack squat 3 × 10-12 RM Deadlift 3 × 10-12 RM	Lat pull-down 3 × 10-12 RM Machine lat pull-down 3 × 10-12 RM Neutral-grip lat pull-down 3 × 10-12 RM Machine close-grip seated row 3 × 10-12 RM Machine wide-grip seated row 3 × 10-12 RM	Cable triceps 3 × 10-12 RM Nosebreaker 3 × 10-12 RM Cable overhead triceps extension 3 × 10-12 RM Cable triceps press-down 3 × 10-12 RM Cable triceps kickback 3 × 10-12 RM

Tabel 1 | Voorbeeld van een trainingsprogramma waarbij een spiergroep één keer per week (SPLIT) versus vijf keer per week (TOTAL) wordt getraind (overgenomen uit: Zaroni et al.¹²).

het licht dat HF krachttraining tot minder spierpijn leidt¹⁵ en een trend laat zien naar meer spierhypertrofie.^{12,16} Exemplarisch is de studie van Zaroni et al.¹², waarin twee groepen van negen mannen met gemiddeld 6,4 jaar ervaring met krachttraining 1) een splitprogramma volgden (SPLIT, zie tabel 1) waarbij elke spiergroep één keer per week werd getraind, of 2) een full body programma volgden (TOTAL, zie tabel 1), waarbij elke spiergroep vijf keer per week werd getraind. Na acht weken trainen waren er tussen de groepen geen significante verschillen in krachttoename (1RM) op diverse oefeningen, maar was er in de TOTAL groep wel significant meer hypertrofie opgetreden in meerdere spiergroepen dan in de SPLIT groep. Dat HF krachttraining tot meer spierhypertrofie kan leiden wordt mogelijk verklaard door het lage dagelijks volume, waardoor er minder spierschade ontstaat. Hierdoor kan een spiergroep vaker getraind worden. Een tweede verklaring kan liggen in het hogere wekelijks volume. Wanneer een individu op één dag bijvoorbeeld vier verschillende oefeningen voor de borst doet, dan kan er bij elke volgende oefening minder worden getild dan wanneer die oefening als eerste aan de beurt zou zijn geweest. Als diezelfde vier oefeningen worden verdeeld over vier dagen speelt dit niet. Dan kan er elke keer relatief fris aan de oefening begonnen worden en kan er dus meer gewicht worden getild. Het totale wekelijkse volume komt dan hoger te liggen en volume is (waarschijnlijk) de belangrijkste drijver van spierhypertrofie.

Intensiteit (load)

Met *intensiteit* wordt het percentage van het 1RM bedoeld waarmee een oefening wordt uitgevoerd. Intensiteit wordt ook vaak gecategoriseerd in zogenaamde zones die corresponderen met een bepaald aantal herhalingen ('rep-range'). Rep-ranges van 1-5, 6-12 en 15+ worden respectievelijk geclassificeerd als 'heavy', 'medium' en 'light'.



Figuur 3 | Verschillende rep-ranges per trainingsdoel, aanbevolen door de NSCA. Merk op dat het een continuüm betreft (overgenomen uit: Haff & Triplett¹⁸).

Het ACSM5 adviseert voor spierhypertrofie een intensiteit van 70-85% van het 1RM, wat ongeveer overeenkomt met een rep-range van 6-12. Ook de National Strength & Conditioning Association (NSCA)¹⁸ adviseert een rep-range van 6-12 met 67-85% van het 1RM (zie figuur 3).

Jarenlang heerste de gedachte dat er bij minder dan zes en meer dan twaalf herhalingen totaal geen spierhypertrofie zou optreden. Onderzoek in de afgelopen tien jaar laat echter zien dat trainen in zowel een lage (1-5), matige (6-12) als hoge rep-range (15+), gecorrigeerd voor totaal trainingvolume, dezelfde mate van spierhypertrofie veroorzaakt. Een studie uit 2008¹⁹ liet zien dat de spiereiwitsynthese al maximaal gestimuleerd werd bij 60% van het 1RM. Op basis hiervan ontwierpen Burd et al.²⁰ een studie waarbij proefpersonen vier sets op een leg extension maakten. De proefpersonen moesten de oefening herhalen tot spierfalen op respectievelijk 90% en 30% van hun 1RM. Beide condities bleken tot eenzelfde anabole respons (eiwitsynthese, anabole signaleringsmoleculen) te leiden. Over een periode van 24 uur leidde de conditie met herhalingen op 30% van het 1RM tot een sterkere stimulatie van de eiwitsynthese.

In een vervolgstudie²¹ keken dezelfde onderzoekers wat er gebeurde bij een 10-weeks trainingsprogramma (3x

per week) met dezelfde opzet: het ene been deed drie series leg extension tot falen met 30% van het 1RM, het andere been deed hetzelfde met 80% van het 1RM. Uit MRI-metingen bleek dat het trainen met het lichte gewicht dezelfde mate van spierhypertrofie veroorzaakte als het trainen met het zware gewicht.

Een nadeel van deze twee studies^{20,21} (en veel andere vervolgstudies) is dat ze werden uitgevoerd met ongetrainde proefpersonen. Om dit methodologische manco te lijf te gaan, voerden Schoenfeld et al.²² in 2015 een studie uit waaraan mannelijke krachtsporters met 1,5 tot 9 jaar krachttrainingervaring deelnamen. In deze studie trainde de ene groep met 25-35 herhalingen (30-50% 1RM) en een tweede groep met 8-12 herhalingen (70-80% 1RM). De mate van spierhypertrofie werd gemeten met echografie. Na acht weken drie keer per week trainen vonden de onderzoekers geen verschil tussen de twee groepen in dikte van de m. biceps, m. triceps en m. rectus femoris. Als bevestiging van deze onderzoeksresultaten werd in een recente meta-analyse²³ geconcludeerd dat trainen met zware en lichte gewichten tot dezelfde mate van spierhypertrofie leidt. Theoretisch is dit juist, maar vanuit praktisch oogpunt zitten hier wel wat haken en ogen aan. Trainen met heel zware gewichten

kost bijvoorbeeld meer tijd, want er moet veel gerust worden tussen de sets. Daarnaast is trainen met zware gewichten belastend voor gewrichten. Trainen met lichte gewichten en veel herhalingen wordt juist weer als onplezieriger ervaren, o.a. in verband met de hoge metabole stress die dergelijke trainingsprogramma's veroorzaken.²⁴ Praktisch gezien zal het merendeel van de trainingen dus in de 'medium' rep-range (6-12) worden uitgevoerd, afgewisseld met trainingsblokken waarin zware en lichte gewichten worden gebruikt. Voor doelgroepen die minder goed met middelzware of zware gewichten kunnen trainen, zoals zieken, geblesseerden of ouderen, is het trainen met lichte gewichten echter een prima alternatief om toch substantieel spiermassa op te bouwen, of verlies van spiermassa te voorkomen.

Intensiteit (effort)

Naar de variabele intensiteit kan ook worden gekeken als de hoeveelheid moeite (effort) die gedaan moet worden om het gestelde aantal herhalingen van een set te voltooien. Anders gezegd: in hoeverre moet er tot spierfalen (er kan geen enkele herhaling meer worden gemaakt zonder hulp) worden getraind? Een recente meta-analyse van Schoenfeld & Grgic²⁵ concludeert dat het bij trainen met middelzware gewichten (6-12 herhalingen) niet nodig is om elke keer tot spierfalen te gaan en dat dit zelfs contraproductief kan werken. Zeker wanneer er met een hogere trainingsfrequentie wordt getraind, is het niet handig om vaak tot spierfalen te gaan, omdat dit het herstel vertraagt.²⁶ Daarentegen is bij trainen in een hoge rep-range spierfalen wel een vereiste om spierhypertrofie te veroorzaken, omdat dan pas ook de type II spiervezels worden geactiveerd.²⁷ Een geperiodiseerde aanpak van 'effort', waarbij er in meer of minder sets tot spierfalen gegaan kan worden, lijkt dan ook het meest geschikt om hypertrofie te verkrijgen. Gemiddeld lijkt 2-3 her-

halingen 'in de tank' houden (ook wel RIR genoemd: repetitions in reserve) het beste advies. Als een RIR van '0' (nul) wordt voorgeschreven betekent dit dat men tot spierfalen moet gaan en bij een RIR van '2' dient men een serie twee herhalingen voor spierfalen af te breken.

Keuze oefeningen

Uit het bovenstaande blijkt dat volume, trainingsfrequentie en intensiteit belangrijke trainingsvariabelen zijn. Startpunt voor het samenstellen van een programma is echter de keuze voor bepaalde oefeningen. Daarbij wordt vaak gekozen uit basis- en isolatie-oefeningen en oefeningen op toestellen of met vrije gewichten. Bij het uitvoeren van basis- of isolatie-oefeningen lijkt de balans door te slaan in het voordeel van basisoefeningen. In 2013 verdeelden Gentil et al.²⁸ 29 ongetrainde mannen over twee ongeveer gelijke groepen. De ene groep voerde een tien weken durend trainingsprogramma uit dat alleen bestond uit

basisoefeningen, zoals bankdrukken en lat pull down. De andere groep trainde eveneens tien weken en deed dezelfde basisoefeningen, maar daarnaast ook isolatie-oefeningen voor de m. biceps en m. triceps. Voor en na de trainingsperiode werden de maximale kracht en de spierdikte (gemeten met echografie) van de m. biceps bepaald. Deze bleken na tien weken trainen beide significant te zijn toegenomen, zonder significante verschillen tussen de groepen. Het uitvoeren van isolatie-oefeningen na een basisoefening leidt dus niet tot extra spierhypertrofie. In een ander onderzoek van Gentil

et al.²⁹ werd bij ongetrainden bevestigd dat het effect van basis- en isolatie-oefeningen op de mate van spierhypertrofie van de m. biceps hetzelfde is. Nadeel van deze bevindingen is (opnieuw) dat ze gebaseerd zijn op onderzoek bij ongetrainde personen. Misschien hebben getrainde personen wel specifiekere training van de spieren en dus isolatie-oefeningen nodig om spierhypertrofie te verkrijgen. Ook dat hebben Gentil et al.³⁰ beschreven in een review uit 2016, waarin ze concludeerden dat isolatie-oefeningen uitvoeren niet tot meer spierhypertrofie leidt, dan het doen van alleen basisoefeningen. Veel trainers zijn er daarom ook terecht voorstander van om in een trainingsprogramma eerst basisoefeningen te implementeren en later wellicht isolatie-oefeningen toe te voegen.



Daarnaast zijn veel trainers en sporters voorstanders van het trainen met vrije gewichten. Argumenten die hiervoor worden aangevoerd zijn:

- dat er meer spieren worden geactiveerd, dan bij het trainen met machines;
- dat de aanmaak van anabole hormonen meer toeneemt, dan bij het trainen met machines;
- dat trainen met vrije gewichten functioneler is.

Het effect van trainen met vrije gewichten versus machines op de mate van spierhypertrofie is echter onduidelijk. In een studie uit 2018³¹ van

Rossi et al., waarbij het effect van leg press en squat op vetvrije massa met elkaar zijn vergeleken, werden geen verschillen gevonden. Verder zijn er geen vergelijkende studies gedaan. Er zijn dus geen zwaarwegende redenen om machines niet op te nemen in een trainingsprogramma dat gericht is op spierhypertrofie. Daarnaast hebben machines belangrijke voordelen. Ze vragen minder van de coördinatie van de gebruiker, zodat die een zwaardere trainingsbelasting kan gebruiken. Daarnaast wordt de *prime mover* op een machine directer belast, dan bij trainen met een vrij gewicht. Bij het doen van een deadlift moet de handknijpkracht bijvoorbeeld voldoende lang worden volgehouden om zoveel herhalingen te kunnen maken dat been- en bilspieren voldoende belast worden. Bij trainen op een leg press speelt dit probleem niet.

Rust tussen sets

De huidige richtlijnen¹⁸ bevelen langere rustintervallen (~3 minuten) tussen sets aan als spierkracht opbouwen het doel is en kortere rustintervallen tussen sets (~1 minuut) voor het maximaliseren van spiermassa. De richtlijn om korter te rusten tussen sets voor spierhypertrofie wordt vooral onderbouwd door het gegeven dat korter rusten zorgt voor grote metabole stress en een grote acute toename van anabole hormonen (o.a. testosteron) in het bloed. Het is echter bekend dat mechanische stress een grotere invloed heeft op de mate van spierhypertrofie, dan metabole stress. Ook is bekend dat de stijging van anabole hormoonspiegels na een krachttraining een zeer kleine rol speelt in de mate van spierhypertrofie. Wanneer de rustperiode tussen de sets wordt verlengd, heeft het lichaam ook meer tijd voor het aanvullen van het ATP-CP systeem en het bufferen van H⁺ als gevolg van energieleverantie door de anaerobe glycolyse.³² Op deze manier kan bij een volgende set meer gewicht getild worden, resulterend in een groter trainingsvolume. Uit een

studie uit 2016³³ bleek dat langer rusten (3 minuten versus 1 minuut) tot meer hypertrofie van de grote spiergroepen leidde. Voor de kleine spiergroepen (biceps en triceps) vonden de onderzoekers geen effect van langer rusten. In een recent overzichtsartikel (gebaseerd op zes studies) concluderen dezelfde auteurs dat langere rustperioden tussen sets (> 1 minuut) tot meer spierhypertrofie leiden dan korte rustperioden (< 1 minuut).³⁴ Het lijkt echter het meest zinvol om de rustperiode tussen sets op basis van praktische argumenten te bepalen. Zo is het aan te bevelen om een langere rustperiode te plannen tussen sets van basisoefeningen (bijvoorbeeld deadlifts). Gezien de grote hoeveelheid spiermassa die wordt gerekruteerd bij basisoefeningen treedt er veel vermoeidheid op tijdens een set. Een te korte rustperiode tussen sets heeft een onvolledig herstel tot gevolg en dit is nadelig voor de uitvoering van volgende sets en daaruit voortvloeiend het trainingsvolume. Kort rusten tussen sets is aan te bevelen bij isolatie-oefeningen (bijvoorbeeld biceps-curls). Bij isolatie-oefeningen wordt immers doorgaans in een matige en hoge rep-range getraind, waardoor lang rusten tussen sets onnodig is. Tenslotte is het continu langer rusten tussen sets ook niet bepaald praktisch in verband met de duur van een training.

ROM

Bij op spierhypertrofie georiënteerde sporters en trainers heerst vaak de gedachte dat de spier tijdens een herhaling constant onder spanning moet staan. Om dit te bereiken wordt de range of motion (ROM) tijdens een herhaling beperkt: zogenaamde 'partial' (gedeeltelijke) herhalingen, of 'partials'. Anderen stellen echter dat de spier voor maximale hypertrofie over de volledige ROM (full ROM, fROM) moet worden getraind. De literatuur laat niet overduidelijk zien of fROM dan wel partials spierhypertrofie het meeste stimuleren. Dit lijkt echter

vooral een methodologische oorzaak te hebben. In studies waarin het effect van beide varianten op spierhypertrofie wordt onderzocht, meet men de mate van spierhypertrofie vaak met echografie in het midden van de spierbuik. Dit is nu juist het deel van de spier waar fROM en partials hetzelfde effect hebben. Wordt echter de mate van spierhypertrofie gemeten door de vetvrije massa voor en na een trainingsperiode te bepalen, of een fMRI te maken van verschillende delen van de getrainde spier (proximaal, mediaal en distaal), dan lijkt fROM een superieur effect te hebben op de mate van spierhypertrofie in vergelijking met partials.³⁵ Toch kunnen partials een plaats hebben binnen een trainingsprogramma. Zo kunnen ze er op het einde van een set voor zorgen dat een gewenst trainingsvolume wordt gehaald. Partialen moeten echter spaarzaam ingezet worden. Trainen met fROM behoudt namelijk het aantal sarcomeren in serie, waardoor mobiliteit behouden blijft.³⁶

Snelheid van herhalingen

Traditioneel worden er nog wel eens 3-cijferige 'speed codes' aan een herhaling verbonden, bijvoorbeeld 1-0-3. De cijfers staan voor het aantal seconden dat de verschillende fases van een herhaling zouden moeten duren. In dit voorbeeld duurt de concentrische fase 1 seconde, de isometrische overgangsfase 0 seconden en de excentrische fase 3 seconden. Een meta-analyse naar het effect van herhalingssnelheid op de mate van spierhypertrofie concludeerde, ondanks het beperkte aantal studies van voldoende kwaliteit, dat een herhalingssnelheid van 0,5 tot 8 seconden het meest geschikt is om spierhypertrofie te veroorzaken.³⁷ Een zeer lage herhalingssnelheid (> 10 seconden) is hiervoor minder effectief. Een gewicht met een zo explosief mogelijke intentie tillen activeert dan ook de motorunits met de voor hypertrofie meest gevoelige type II spiervezels. Bij gebruik van een bewust lage herhalingssnelheid is het niet mogelijk

om met zware gewichten te trainen, wat leidt tot een lagere mechanische belasting. Dus zowel vanuit een fysiologisch als praktisch standpunt is de concentrische fase zo snel mogelijk en de excentrische fase gecontroleerd uitvoeren het meest effectief om spiermassa op te bouwen.

Kritische noot

Hoewel de wetenschap steeds meer handvatten biedt voor het samenstellen van een op spierhypertrofie gericht trainingsprogramma, is het belangrijk te beseffen dat het beschreven onderzoek ook zijn beperkingen kent. Zo zijn de meeste studies van korte duur (vaak 8 tot 12 weken) en is van een aantal de kwaliteit matig. Ook wordt in onderzoek naar trainingsvariabelen doorgaans het gemiddelde effect van een trainingsprogramma bij een selecte groep proefpersonen (vaak ongetrainde jonge mannen) gemeten en is er weinig inzicht in het individuele effect van een trainingsprogramma. In de praktijk is dit individuele effect

natuurlijk waar het om gaat. De kennis en ervaring van een trainer/coach met betrekking tot de individuele sporter is dan ook van onschatbare waarde. Ook leggen onderzoekers proefpersonen vaak een nieuw programma op, bijvoorbeeld met een hoge frequentie, terwijl veel proefpersonen in hun dagelijks leven een lage of middelmatige trainingsfrequentie hebben. Het is dan de vraag of een toename in spiermassa komt door de hoge trainingsfrequentie op zichzelf, of door de noviteit van de training (variatie = nieuwe aanpassing).

De trainingsvariabelen die het meeste invloed hebben (volume, frequentie en intensiteit) zijn ook het beste onderzocht en bieden dus wel een duidelijke richting in het samenstellen van een op hypertrofie gericht trainingsprogramma.

Praktische aanbevelingen

Voor het overgrote deel van de bevolking dient krachttraining ingezet te worden voor het verbeteren van de

gezondheid. Het programma dient simpel, effectief en efficiënt te zijn om maximale gezondheidswinst te boeken in zo weinig mogelijk tijd. Full body trainingen met oefeningen waarbij meerdere gewrichten actief zijn, zoals leg press, chest press, shoulder press, pull down, horizontal row, uitgevoerd als supersets, zijn simpel en tijd-efficiënt.

Afhankelijk van het doel en de behoefte van een prestatiesporter moet er een afweging worden gemaakt in het gebruik van een full body programma of een splitprogramma, de soort oefeningen, de intensiteit en de rep-range. Uitgangspunt is dat krachttraining ondersteunend moet zijn voor de specifieke sport die wordt beoefend en dat de oefeningen, intensiteit en bewegingssnelheid voor zoveel mogelijk 'transfer' moeten zorgen naar de uiteindelijke doelbeweging/sportbeoefening. De fundamentele bewegingen 'squat', 'lunge', 'hinge', 'pull', 'push' en 'rotate' zijn hierbij een prima uitgangspunt.

Variabele	Advies
Volume	Er bestaat een dosis-respons relatie tussen volume en spierhypertrofie, zonder duidelijke bovengrens. 10-20 sets per week per spiergroep lijkt optimaal, afhankelijk van trainingsstatus en herstelmogelijkheden. Een groter volume is wellicht mogelijk voor korte perioden.
Frequentie	Wanneer het wekelijks volume gelijk is, lijkt het niet uit te maken hoe vaak een spiergroep per week wordt getraind. Literatuur neigt naar een optimale frequentie van twee keer per week.
Intensiteit (load)	Elke belasting over de gehele rep-range (1-30 herhalingen, 100%-30%) bouwt spiermassa op. Trainen met zware gewichten kost meer tijd en kan belastend zijn voor gewrichten; trainen met lichte gewichten wordt als intensief ervaren. Middelzware gewichten hebben uit praktische overwegingen de voorkeur. Trainen met een combinatie van rep-ranges is aan te bevelen.
Intensiteit (effort)	De meeste sets zullen uitgevoerd moeten worden tot nabij spierfalen, maar in elke set tot volledig spierfalen gaan is niet nodig en kan zelfs contraproductief werken. Getrainde sporters zullen wellicht vaker tot spierfalen moeten trainen. Bij trainen met een hoge rep-range is het noodzakelijk tot spierfalen te gaan.
Keuze oefeningen	Zowel basisoefeningen als isolatieoefeningen bouwen spiermassa op. Advies is om de prioriteit te laten liggen bij basisoefeningen. Isolatieoefeningen zijn geschikt voor spiergroepen die achterblijven, of die lastig te trainen zijn met basisoefeningen.
Rust tussen sets	2-3 minuten rust lijkt optimaal te zijn voor spierhypertrofie. Praktisch gezien lijkt het prima om langer te rusten bij basisoefeningen (3 minuten) en korter bij isolatieoefeningen (90 seconden).
Herhalingssnelheid	De maximale duur van een herhaling lijkt te liggen op 8 seconden. Een lagere herhalingssnelheid geeft minder spierhypertrofie. Praktisch gezien is de aanbeveling dan ook om de concentrische fase zo snel mogelijk uit te voeren en de excentrische fase gecontroleerd. Concentreren op de uitvoering ('mind-muscle-connection') geeft mogelijk additioneel voordeel.

Tabel 2 | Evidence-based trainingsrichtlijnen voor personen die trainen om hun spiermassa te maximaliseren.

De esthetische sporter doet er bij het opbouwen van een gespierde fysiek goed aan om een geperiodiseerde aanpak te kiezen, waarbij de lange termijn leidend is. Naarmate men meer trainingservaring heeft, wordt aangeraden om gestructureerd te variëren met alle trainingsvariabelen, waarbij volume, frequentie en intensiteit de belangrijkste zijn.

In alle gevallen is het de kunst van een fysiek trainer om voor elk individu met zijn of haar specifieke trainingsdoel een optimaal programma op te stellen en om op gepaste wijze te va-

riëren met de verschillende trainingsvariabelen. Hopelijk kan dit artikel bijdragen aan het maken van onderbouwde keuzes. Zie tabel 2 voor een

samenvatting van de meest recente wetenschappelijke inzichten voor het maximaliseren van spierhypertrofie.

Over de auteurs

Luuk Hilkens is bewegingswetenschapper en certified strength & conditioning specialist en werkt als docent en onderzoeker bij het expertiseteam Sports & Exercise Nutrition van HAN Sport & Bewegen.

Hans Wassink is voorlichter Breedtesport bij de Dopingautoriteit, campagne-leider van Eigen Kracht, co-auteur van de boeken *Op Eigen Kracht en Doping: de nuchtere feiten*. Hij is tevens webmaster van www.eigenkracht.nl.

Tjieu Maas is bewegingswetenschapper en diëtist en werkt als hoofddocent bij HAN Sport & Bewegen. Daarnaast is hij co-auteur van *Op Eigen Kracht* en redacteur van www.eigenkracht.nl.

1. Schoenfeld BJ, Ogborn D & Krieger JW (2017). Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 35 (11) 1073-1082.
2. Schoenfeld BJ et al. (2019). Resistance training volume enhances muscle hypertrophy but not strength in trained men. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 51 (1) 94-103.
3. Haun CT et al. (2018). Effects of graded whey supplementation during extreme-volume resistance training. *Frontiers in Nutrition*, 5, 84.
4. Amirthalangam T et al. (2017). Effects of a modified German volume training program on muscular hypertrophy and strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31 (11), 3109-3119.
5. ACSM (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41 (3), 687-708.
6. Hackett DA, Johnson NA & Chow CM (2013). Training practices and ergogenic aids used by male bodybuilders. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27 (6) 1609-1617.
7. Dankel SJ et al. (2017). Frequency: the overlooked resistance training variable for inducing muscle hypertrophy? *Sports Medicine*, 47 (5), 799-805.
8. Burd NA et al. (2011). Enhanced amino acid sensitivity of myofibrillar protein synthesis persists for up to 24 h after resistance exercise in young men. *Journal of Nutrition*, 141 (4), 568-573.
9. Koopman R et al. (2006). Intramyocellular lipid and glycogen content are reduced following resistance exercise in untrained healthy males. *European Journal of Applied Physiology*, 96 (5), 525-534.
10. Thomas DT, Erdman KA & Burke LM (2016). American College of Sports Medicine joint position statement. Nutrition and athletic performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48 (3), 543-568.
11. Murray B & Rosenbloom C (2018). Fundamentals of glycogen metabolism for coaches and athletes. *Nutrition Reviews*, 76 (4), 243-259.
12. Zaroni RS et al. (2019). High resistance-training frequency enhances muscle thickness in resistance-trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33 (Suppl 1), S140-S151.
13. Schoenfeld BJ et al. (2015). Influence of resistance training frequency on muscular adaptations in well-trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29 (7), 1821-1829.
14. Saric J et al. (2019). Resistance training frequencies of 3 and 6 times per week produce similar muscular adaptations in resistance-trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33 (Suppl 1), S122-S129.
15. Gomes GK et al. (2019). High-frequency resistance training is not more effective than low-frequency resistance training in increasing muscle mass and strength in well-trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33 (Suppl 1), S130-S139.
16. Colquhoun RJ et al. (2018). Training volume, not frequency, indicative of maximal strength adaptations to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32 (5), 1207-1213.
17. Thomas MH & Burns SP (2016). Increasing lean mass and strength: a comparison of high frequency strength training to lower frequency strength training. *International Journal of Exercise Science*, 9 (2), 159-167.
18. Haff GG & Triplett NT (2015). *Essentials of strength training and conditioning* (4th edition). Human Kinetics.
19. Kumar V et al. (2009). Age-related differences in the dose-response relationship of muscle protein synthesis to resistance exercise in young and old men. *Journal of Physiology*, 587 (1), 211-217.
20. Burd NA et al. (2010). Low-load high volume resistance exercise stimulates muscle protein synthesis more than high-load low volume resistance exercise in young men. *PLoS One*, 5 (8), e12033.
21. Mitchell CJ et al. (2012). Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. *Journal of Applied Physiology*, 113 (1), 71-77.
22. Schoenfeld BJ et al. (2015). Effects of low- vs. high-load resistance training on muscle strength and hypertrophy in well-trained men. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29 (10), 2954-2963.
23. Schoenfeld BJ et al. (2017). Strength and hypertrophy adaptations between low- vs. high-load resistance training: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31 (12), 3508-3523.
24. Ribeiro AS et al. (2019). Acute effects of different training loads on affective responses in resistance-trained men. *International Journal of Sports Medicine*, 40 (13), 850-855.
25. Schoenfeld BJ & Grgic J (2019). Does training to failure maximize muscle hypertrophy? *Strength & Conditioning Journal*, 41 (5), 108-113.
26. Moran-Navarro R et al. (2017). Time course of recovery following resistance training leading or not to failure. *European Journal of Applied Physiology*, 117 (12), 2387-2399.
27. Schoenfeld BJ et al. (2014). Muscle activation during low- versus high-load resistance training in well-trained men. *European Journal of Applied Physiology*, 114 (12), 2491-2497.
28. Gentil P et al. (2013). Effect of adding single-joint exercises to a multi-joint exercise resistance-training program on strength and hypertrophy in untrained subjects. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 38 (3), 341-344.
29. Gentil P, Soares S & Bottaro M (2015). Single vs. multi-joint resistance exercises: effects on muscle strength and hypertrophy. *Asian Journal of Sports Medicine*, 6 (2), e24057.
30. Gentil P, Fisher J & Steele J (2017). A review of the acute effects and long-term adaptations of single- and multi-joint exercises during resistance training. *Sports Medicine*, 47 (5), 843-855.
31. Rossi FE et al. (2018). Strength, body composition, and functional outcomes in the squat versus leg press exercises. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58 (3), 263-270.
32. Ratamess NA et al. (2007). The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 100 (1), 1-17.
33. Schoenfeld BJ et al. (2016). Longer intersets rest periods enhance muscle strength and hypertrophy in resistance-trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30 (7), 1805-1812.
34. Grgic J et al. (2017). The effects of short versus long inter-set rest intervals in resistance training on measures of muscle hypertrophy: a systematic review. *European Journal of Sport Science*, 17 (8), 983-993.
35. Newmire D & Willoughby D (2018). Partial compared with full range of motion resistance training for muscle hypertrophy: a brief review and an identification of potential mechanisms. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32 (9), 2652-2664.
36. Blazevich AJ et al. (2007). Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adaptation in human quadriceps muscles. *Journal of Applied Physiology*, 103 (5), 1565-1575.
37. Schoenfeld BJ, Ogborn DI & Krieger JW (2015). Effect of repetition duration during resistance training on muscle hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 45 (4), 577-585.
38. Schoenfeld B (2016). *Science and development of muscle hypertrophy*. Human Kinetics.