

Reader Trainingsleer



Auteurs:

Jeroen Rietvelt
Inge van Dam
Fedde van Hees
Tim Blatter
Peter Ceelaert

Deze uitgave is bestemd voor bachelor én master **studenten fysiotherapie** van Hogeschool Utrecht, Faculteit Gezondheidszorg, Instituut voor Bewegingsstudies.

Cursusjaar 2024-2025

© De auteursrechten van deze handleiding berusten bij de Hogeschool Utrecht. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnemen, of op enig andere manier, zonder voorafgaande toestemming van de auteur(s) of redacteur(s).

Inhoud

1. Inleiding	3
2. Wat is trainingsleer	4
3. Trainingseffecten	8
4. Trainingswetmatigheden.....	13
5. Taakanalyse	17
6. Energiesystemen	22
7. Trainen van het cardiovasculaire en repiratoire systeem	26
8. Weerstandstraining.....	32
9. Gevorderde trainingsvormen	40
10. Literatuurlijst	43

1. Inleiding

Dit document is een toevoeging op het boek "Inspanningsfysiologie oefentherapie en training" (Poel, Jongert & Morree 2019, H8-H15) dat in de bacheloropleiding fysiotherapie wordt gebruikt en de boeken "Inspannings- en sportfysiologie" (Wilmore et al., 2009), Essentials of Strength Training & Conditioning (Huff & Triplett, 2016) en Periodization (Bompa & Buzzichelli, 2019) die in de masteropleiding Sportfysiotherapie worden gebruikt.

In dit document zullen de principes en wetmatigheden van de trainingsleer aan bod komen en zullen begrippen die horen bij trainingsleer worden toegelicht. Daarnaast zal beschreven worden hoe een taakanalyse in zijn werk gaat en hoe daarmee tot een trainingsinvulling gekomen kan worden.

Tussendoor zal in *intermezzo's* relevante fysiologische onderwerpen besproken worden. Hierdoor heeft dit document een overstijgend karakter en is het niet alleen bruikbaar binnen de cardiovasculaire lessen.

Voor de bacheloropleiding zal tijdens de lessen geregeld verwezen worden naar deze reader. De student dient alleen die onderwerpen door te nemen die in de bacheloropleiding aan bod komen. Onderwerpen die in de minor inspanningsfysiologie in de praktijk en in de masteropleiding Sportfysiotherapie (FMS) besproken worden, zijn geen verplichte literatuur.

De studenten die de minor inspanning en training bij sport en pathologie volgen, dienen de reader als verplichte literatuur te gebruiken. In de lessen zal geregeld verwezen worden naar deze reader.

In de masteropleiding sportfysiotherapie zal in de hand-outs van de PowerPoints die behoren bij de verschillende lessen verwezen worden naar dit document.

Deze reader trainingsleer dient **NIET** als vervanging of compensatie van de reguliere studieboeken en moet zodoende als aanvullend en samenvattend gezien worden.

*Jeroen Rietvelt,
September 2024*

2. Wat is trainingsleer

Jeroen Rietveld

De essentie van training is prestatieverbetering of het remmen van de prestatieachteruitgang, bijvoorbeeld bij het verouderingsproces. Daarnaast ligt de essentie ook in het op het juiste moment de gewenste (top)prestatie leveren. Trainingsleer is geen op zichzelf staande wetenschapsdiscipline of onderzoeksgebied. Het is onderdeel van de overkoepelende sportwetenschap. Sportwetenschap is een multidisciplinair wetenschapsgebied dat de bewegende/sportende mens bestudeert. Verschillende wetenschapsdisciplines beïnvloeden de trainingsleer (figuur 2.1). Hierdoor is er sprake van een multi- en interdisciplinaire benadering. Naast wetenschappelijke kennis over training is het ook de jarenlange ervaring van trainers, coaches en therapeuten die heeft geleid tot de formulering van een aantal trainingsprincipes. Bijvoorbeeld de drie belangrijkste biologische principes overload, specificiteit en reversibiliteit.



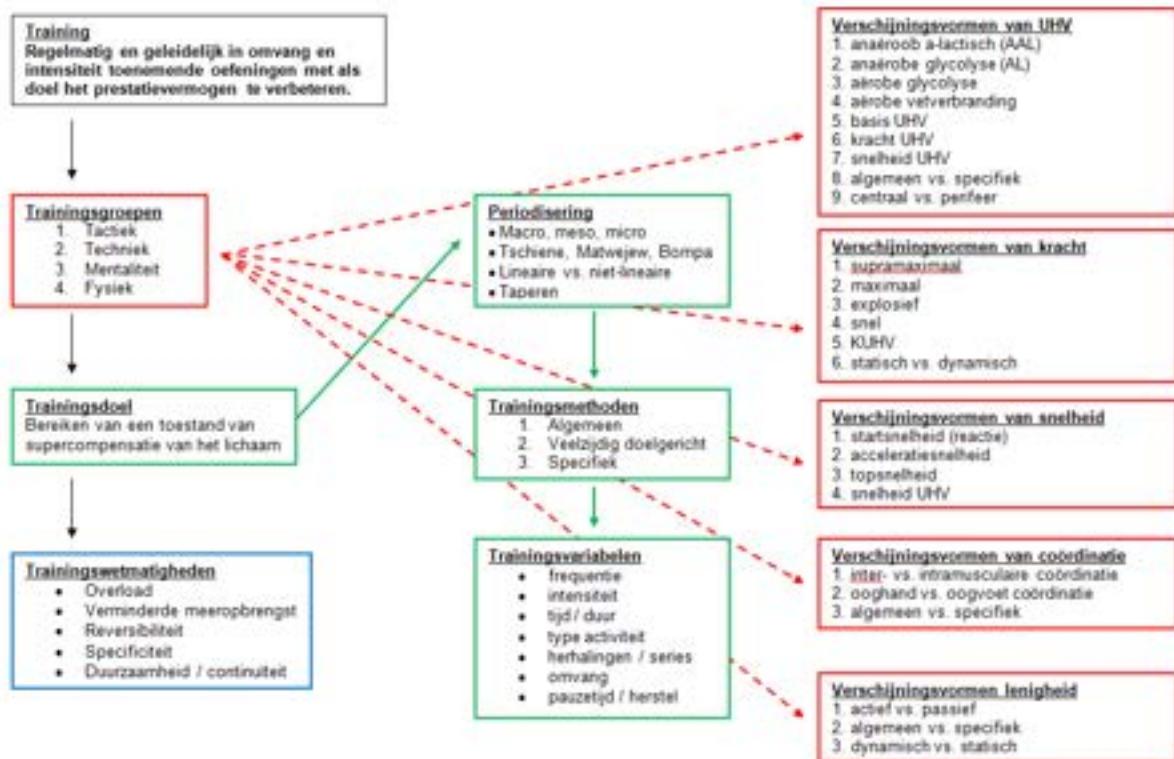
Figuur 2.1: Sportwetenschap

Ondanks dat de wetenschap en de sportpraktijk elkaar lijken aan te vullen, zullen er tegenstellingen tussen de wetenschap en de sportpraktijk aanwezig blijven. Dit spanningsveld uit zich op verschillende terreinen (figuur 2.2).

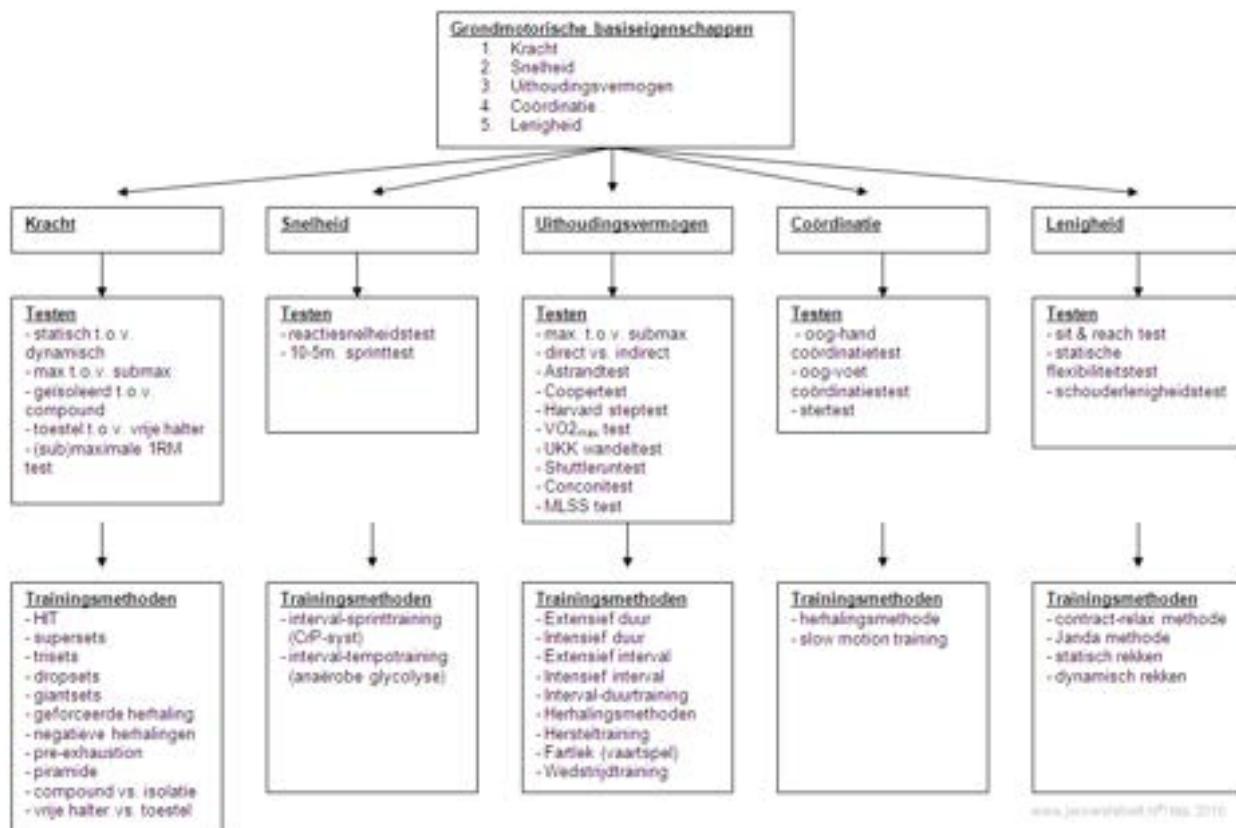
Praktijk	Wetenschap
individuen	groepen
prestaties	kennis
niet twijfelen	weet het niet zeker
geheimhouding	publiceren
bedreigd door wetenschap	miskend door de praktijk
breed spectrum van problemen	specifiek probleem

Fig 2.2: De discrepantie tussen de trainingspraktijk en de wetenschap

Trainingsleer gaat over het vormgeven van trainingsprogramma's voor het trainen van individuen of groepen patiënten of sporters. Training wordt hierbij gezien als het **regelmatig op systematische wijze toedienen van in omvang en intensiteit toenemende prikkels in de vorm van belasting met de bedoeling het prestatievermogen te laten stijgen (Bottenberg 2005)**. Tot op heden is er nog weinig bekend over de vraag welke trainingsprikkels het beste resultaat opleveren en over de mate waarin de prikkels zouden moeten worden toegepast (de **dosis-respons relaties**). De trainingsaanpak is dan ook veelal gebaseerd op praktijkervaring en slechts in beperkte mate op een wetenschappelijke rationele. Hoe de training vormgegeven wordt hangt af van de **hulpvraag** of doelstelling van de sporter/patiënt. Een topprestatie willen leveren of gewoon fit willen blijven eist een andere trainingsinvulling. Echter de **basisprincipes** vanuit de inspanningsfysiologie zijn hetzelfde (Wilmore & Costill 2008). Trainen heeft als **uiteindelijk doel** om je lichaam zodanig te laten functioneren dat **jij de doelen kunt behalen** die je gesteld hebt. Trainen is zodoende **een middel** en geen doel op zich. **Beter presteren is het ultieme doel.** In figuur 2.3 is te zien welke elementen van belang zijn binnen de trainingsleer en hoe deze met elkaar in relatie staan om het gestelde doel te bereiken. Deze elementen zijn van belang bij het uitvoeren van een taakanalyse. In de analyse moet er allereerst gekozen worden op welk gebied men verbetering wil bereiken. Hierin wordt onderscheid gemaakt in de **te trainen groepen**: tactiek; techniek; mentaliteit en conditie. Per groep kan er een doel gesteld worden. Om de training voor het bereiken van het doel vorm te geven zal er een sport- of **taakanalyse** moeten plaatsvinden en zullen er keuzes gemaakt moeten worden in periodisering, trainingsmethoden en trainingsvariabelen. In de sport- of taakanalyse wordt bekeken welke verschijningsvormen van de grondmotorische eigenschappen (**GME**) of ook wel Bio Motor Abilities (BMA) genaamd, relevant zijn voor het bereiken van het gestelde doel. In hoofdstuk 5 is de sport- of taakanalyse verder uitgewerkt. Daarnaast zal in alle stappen van vormgeving van het trainingsplan en uitvoering rekening gehouden moeten worden met de **trainingswetmatigheden** en/of trainingsprincipes om het beste trainingseffect te krijgen. Wat de effecten van training kunnen zijn wordt besproken in hoofdstuk 3 en via welke wetmatigheden dit het beste bereikt kan worden staat beschreven in hoofdstuk 4.



Figuur 2.3: Flowchart trainingsleer



Figuur 2.4: Grondmotorische basiseigenschappen uitgewerkt.

Benaderingswijze trainingsleer

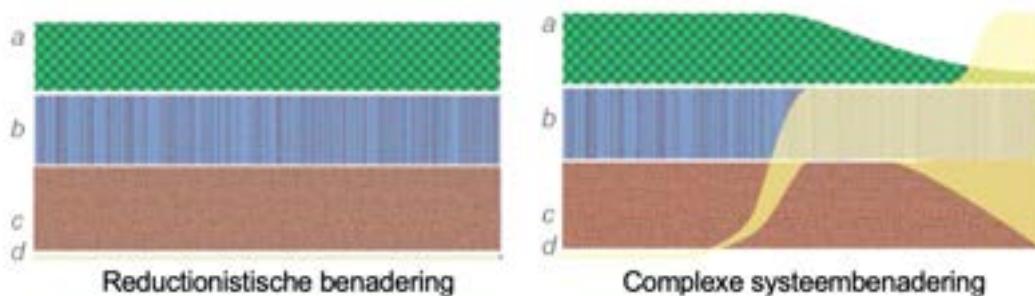
Figuur 2.3 en 2.4 laten een specifieke manier zien zoals je naar trainingsleer kan kijken. Door gebruik te maken van een indeling op basis van grondmotorische

eigenschappen kies je ervoor om de **trainingsleer reductionistisch** te benaderen. Door deze benadering toe te passen ga je er vanuit dat **grote factoren** een grote **invloed** hebben en **kleine factoren** een kleine **invloed** op het trainingsproces.

Een andere manier om ernaar te kijken is de **complexe biologische systeembenadering**. Deze zienswijze gaat ervanuit dat **kleine omstandigheden** soms **grote gevolgen** kunnen hebben en in een andere situatie ook weer een minimale tot geen invloed hebben. Deze manier om naar trainingsleer te kijken is **meer context in individu gebonden**.

Het onderstaande figuur (fig. 2.5) illustreert beide benaderingen. Met "a, b, c en d" worden factoren bedoeld die invloed hebben op het trainingsproces. Bijvoorbeeld kracht, coördinatie, snelheid, etc. In het linker figuur wordt er op een reductionistische manier gekeken. In dit voorbeeld hebben factoren "a, b en c" een grote invloed op het trainingsproces en factor "d" een klein effect. In het rechter figuur wordt uitgegaan van een complexe biologische systeembenadering. Hier is goed te zien dat een kleine factor in de vorm van "d" ergens in het systeem ineens een grote invloed kan krijgen op het trainingsproces. En andersom bijvoorbeeld factor "a" gaandeweg het proces van een grote invloed verdwijnt naar een kleine invloed.

In de praktijk zou dit bijvoorbeeld binnen het **hardlopen** naar voren kunnen komen. Hierbij kan "d" synoniem staan voor de coördinatie (van de romp). Op een **lage snelheid** is deze factor **makkelijk te controleren** waardoor de lijn heel dun is. Echter zal bij het lopen op **topsnelheid** de controle van de romp **lastiger** worden voor de betreffende persoon en verandert deze kleine factor "d" ineens in een factor die van grote invloed is op het proces.



Figuur 2.5 Twee verschillende benaderingen van trainingsleer (naar Bosch, 2016)

Samengevat kan gesteld worden dat de **reductionistische benadering** uitgaat van een **lineaire verklaring van gedragsverandering** waarbij grote invloeden grote effecten hebben en vice versa. De **complexe biologische systeembenadering** gaat echter uit van een **non-lineaire (dynamische) verklaring van gedragsverandering** waarbij er sprake is van **faseovergangen**. Hierbij kunnen zowel grote als kleine factoren een groot effect hebben.

3. Trainingseffecten

Door middel van training worden diverse systemen, zoals het spiermetabolisme, in het lichaam **verstoord** die een bepaalde tijd nodig hebben om te herstellen. Het herstellen zorgt ervoor dat het lichaam dezelfde belasting later beter aankan. De hersteltijd verschilt echter van persoon tot persoon. Daarnaast is de hersteltijd afhankelijk van de verstoring die het systeem te verduren heeft gekregen. **Hoe groter de verstoring, hoe langer de hersteltijd.** De aanpassing van het lichaam aan de prikkel die het systeem verstoord heeft geeft een verbetering van het prestatievermogen. Deze **verbetering treedt op na de herstelfase** en wordt ook wel **supercompensatie** genoemd. Het principe van supercompensatie wat valt onder 'trainingseffecten' zal later in dit hoofdstuk verder uitgewerkt worden. De trainingsmethoden die gebruikt kunnen worden voor het prikkelen van de verschillende energiesystemen zijn weergegeven in figuur 2.3. De methoden verschillen van elkaar in de vorm van bewegen en de trainingsvariabelen zoals genoemd in figuur 2.2. Om in kaart te brengen wat de huidige toestand van de GME is, kunnen bijbehorende testen uitgevoerd worden. Ook deze zijn weergegeven in figuur 2.3.

Homeostase

Het menselijk lichaam wil zich van nature echter verzetten tegen verandering. Bij de verstoring van de balans in een fysiologisch of chemisch regelsysteem (bijvoorbeeld het stofwisselingssysteem of de spieren) door een prikkel probeert het lichaam altijd de balans van dit systeem weer te herstellen. Dit **dynamische evenwicht** wordt ook wel homeostase genoemd. De verschillende regelsystemen, zoals die van het **zuur-base-evenwicht**, lichaamstemperatuur en houding, die het lichaam kent zijn verantwoordelijk voor het binnen bepaalde grenzen houden van de fysische en chemische grootheden. Zo zal het lichaam ervoor zorgen dat de lichaamstemperatuur rond de **37°** zal zijn door warmte vast te houden of juist aan de buitenlucht af te geven. (Burgerhout et al. 2010, § 3.3).

Allostase

De laatste jaren wordt binnen de trainingsleer, maar ook binnen de gezondheidszorg echter steeds vaker de term allostase gebruikt in tegenstelling tot homeostase. De definitie van allostase is "**stability through change**". Hierbij is het **uitgangspunt** dat alle **fyisiologische en chemische systemen** zich binnen bepaalde **grenzen** kunnen **aanpassen** aan het functioneren op een **hoger niveau**. Het **set point** van enkele fysiologische systemen wordt (**tijdelijk**) "**verlegd**" naar een **hoger niveau** (Breda 2009). Allostase kan zodoende gezien worden als een dynamisch proces waarbij het **set point van de regelsystemen verschuift** door de tijd heen en hierdoor een **continuerend karakter** heeft. Dit ten opzichte van de meer statische homeostase. Binnen de gezondheidszorg wordt allostase ook gebruikt als het mechanisme wat in werking is als het lichaam tijdelijk moet aanpassen aan de situatie, **bijvoorbeeld inspanning**. (Sterling, 2012).

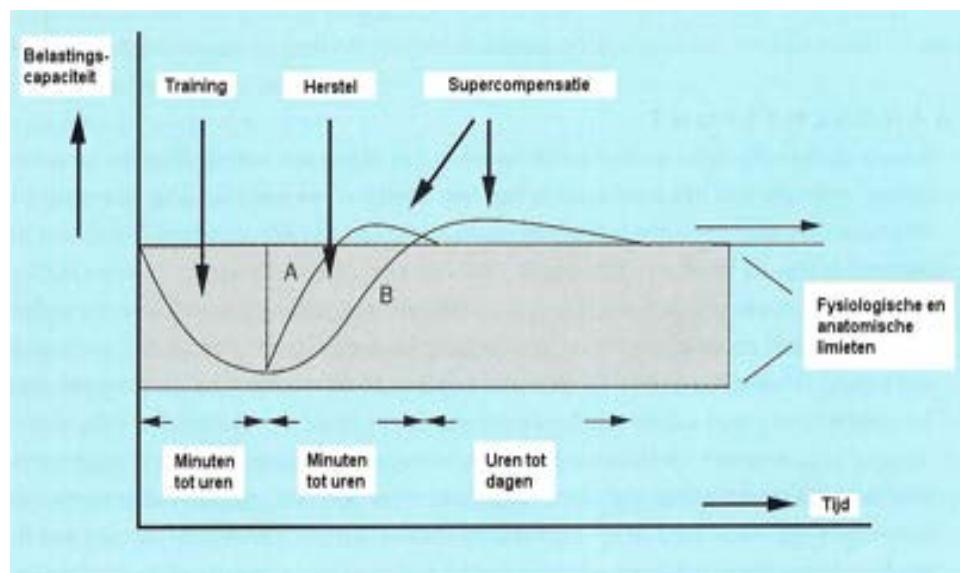
Supercompensatie

Als de training en ook de trainingsperiode goed gedoseerd worden, zowel in kwaliteit als in kwantiteit, zal het systeem steeds geprikkeld worden en het **beginniveau overstijgen**. Het proces van **Allostase vindt plaats**. Allereerst zal er een afname van belastingcapaciteit ontstaan door de prikkel, de lichaamssystemen worden uit balans gebracht. Wanneer er **herstel** optreedt, de balans hersteld wordt, zal de **belastingcapaciteit weer toenemen** en zijn beginniveau overstijgen (zie Figuur 3.1). **Verbetering van het beginniveau na een prikkel en herstel van deze prikkel tot boven het beginniveau noemen we supercompensatie.** Dit ontstaat op het moment dat er **volledig herstel** heeft plaats gevonden. Na een trainingsbelasting komt het prestatievermogen hierdoor tijdelijk op een hoger niveau te liggen. Vindt de **volgende**

trainingsprikkel, in acht name van een ionende pauze (volledig herstel), plaats in de fase van supercompensatie, dan kan er een stapeling van trainingseffecten optreden. Op de langere termijn zal de belastingcapaciteit hierdoor naar een steeds hoger niveau verschuiven. De ionende pauze tijdens de training en het volledige herstel na een training hangt o.a. af van de grootte van de prikkel(s) en van het herstelvermogen van het individu. Het herstelvermogen wordt ook wel in kaart gebracht door de 'heart rate recovery' (HRR) te meten.

HRR kan gedefinieerd worden als de snelheid waarmee de hartslagfrequentie afneemt na het stoppen van een fysieke inspanning (Daanen et al., 2015). Met name de HRR60s (het aantal slagen herstel 60 seconden na het beëindigen van de inspanning) is een veel gebruikte parameter. De literatuur toont aan dat de HRR is sneller bij getrainde gezonde personen in vergelijking met ongetrainde gezonde personen (Daanen et al., 2015). Daarnaast zal de HRR bij een persoon langzamer gaan als de persoon vermoeid is of als de persoon overreached of overtraind is. Om deze reden zie je in de sportpraktijk ook terug dat de HRR wordt gebruikt als maat voor fitheid en/of vermoeidheid. Daalt dat hartslag langzaam na intensieve inspanning, dan is dat vaak een teken van verminderde belastbaarheid. Omdat er nog geen duidelijke normwaarden zijn wordt er aanbevolen om HRR te gebruiken om prikkelparameters te optimaliseren en vermoeidheid te monitoren.

Supercompensatie is zodoende een combinatie van training en herstel dat leidt tot verbetering van het prestatievermogen van het geactiveerde systeem. In en onder Figuur 3.1 zullen de verschillende fasen die worden doorlopen tijdens en na een trainingsprikkel worden weergegeven/besproken.



Figuur 3.1: Principe van supercompensatie (naar: Van Wingerden, 1997 in Paramedische trainingsbegeleiding)

Fase 1: Training (belastingsfase)

In een trainingseenheid (prikkel) wordt het lichaam belast. Je kunt o.a. denken aan een vermindering van de hoeveelheid beschikbare brandstof, spieren en pezen worden belast en er worden afvalstoffen gevormd. Allerlei systemen in het lichaam worden dus belast en daarmee uit balans gebracht. Dit worden ook wel ergotrope functies ofwel katabole processen genoemd die geactiveerd worden door het sympathische systeem.

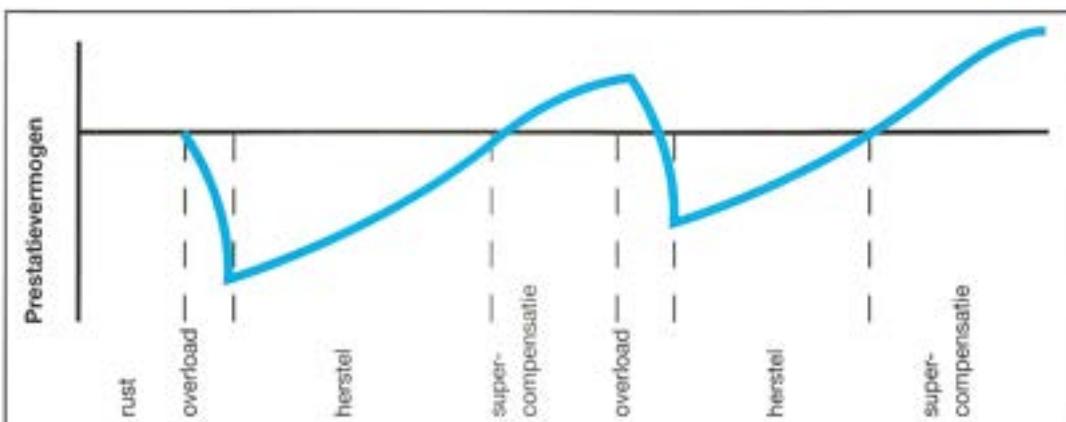
van het zenuwstelsel. Tijdens deze processen worden energierijke reservestoffen afgebroken voor de levering van ATP (Burgerhout et al. 2010, § 8.2.2.).

Fase 2: Herstel (compensatiefase)

Na de trainingseenheid zal het lichaam zich herstellen. Dit gebeurt onder meer door facilitatie van voeding en hormonen. Het herstel kan uren tot dagen duren, naargelang de duur en de intensiteit van de belasting. Tijdens herstel zal het parasympatische systeem van het zenuwstelsel meer actief zijn dan het sympathische systeem. Er vinden dan anabole processen plaats die opbouw van stoffen stimuleren, wat men een trofisch effect noemt. Hiervoor is aanvoer van voedingsstoffen essentieel (Burgerhout et al. 2010, §8.2.2.).

Fase 3: Supercompensatie (overcompensatiefase)

Na de herstelfase treedt de supercompensatie op. Met andere woorden het lichaam bereidt zich voor op nieuwe prikkels met een belastingniveau van hetzelfde karakter. Er treedt als het ware een soort verdedigingsreactie op (Fox et al. 2010). Datgene wat in de trainingseenheid afgebroken werd, zal in deze fase in grotere hoeveelheid aangemaakt worden. Tijdens deze fase (Figuur 3.2, op de top van supercompensatie) moet het ideale moment gekozen worden om de volgende training plaats te laten vinden. Het ideale moment is het moment waarop de belastingcapaciteit het hoogst is. Op het moment dat de therapeut/trainer op het juiste moment een nieuwe prikkel aanbiedt, zal de belastingcapaciteit door de tijd heen toenemen (Figuur 3.2). In Figuur 3.2 is de indeling van de tijd op de x-as afhankelijk van de duur en intensiteit van de verstoring en van de persoon, zie voor richtlijnen pagina 160 van het boek Poel, Jongert & Morree (2019).



Figuur 3.2: Effect van supercompensatie gedurende langere tijd met een juiste afstemming van arbeid en rust. Volgende prikkel wordt aangeboden op het moment van volledig herstel (Verheijen, 2009).

3.1 Toevoeging op trainingseffect supercompensatie.

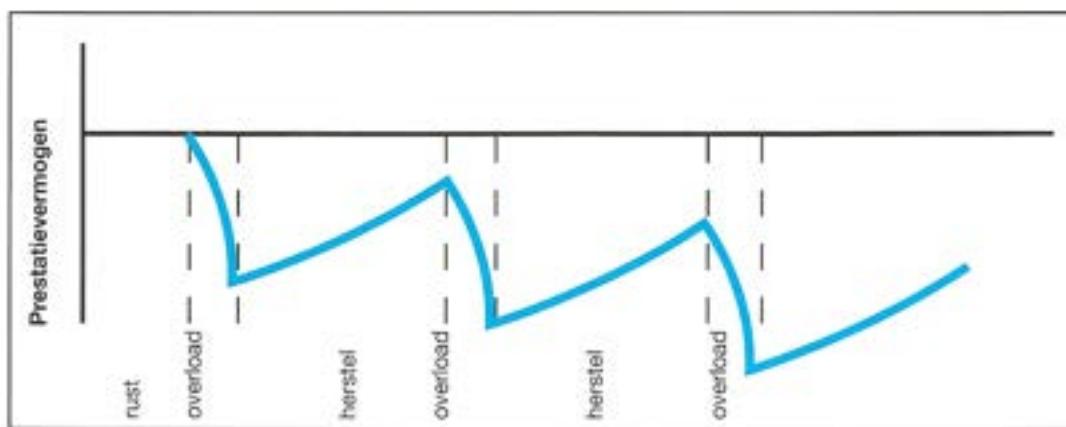
Reversibiliteit

Laat een volgende training te lang op zich wachten, dan treedt het principe van reversibiliteit in werking. Het lichaam neemt weer dezelfde condities aan als voor de training. Zie ook Hoofdstuk 4 Trainingswetmatigheden.

Overreaching en Overtraining

In de literatuur worden twee soorten overtraining beschreven (Wilmore & Costill, 2008). Kortdurende overtraining, of ook wel overreaching, en langdurige overtraining, of ook wel het overtrainingssyndroom genoemd. Een kortdurende overtrainindheid kan functioneel zijn en bewust gepland. Bijvoorbeeld ten gevolge van een zwaar trainingskamp of een drukke periode op een ander vlak. De belastingcapaciteit is dan ver gedaald, maar als er daarna voldoende tijd is voor herstel zal de belastingcapaciteit

weer toenemen en voor een supercompensatie kunnen zorgen. Er is in dit geval zodoende nog wel sprake van een trainingseffect, maar de benodigde herstelperiode tussen de trainingen duurt veel langer dan normaal. Wanneer er niets wordt gedaan om de verhouding tussen belasting en herstel weer goed in balans te brengen, zal de “opeenstapeling van vermoeidheid” verder toenemen en kom je in de fase ‘**langdurige overtraining**’. Zie Figuur 3.3. Deze periode ontstaat nadat **overreaching genegeerd** is. Kenmerkend voor deze periode is onder meer een afname van de belastingcapaciteit, **afname van de gemoedstoestand, slaapstoornissen, vermoeidheid en verhoogde rusthartslag**. Blijf je in deze fase de klachten negeren, dan kom je uiteindelijk in de fase van het **overtrainingssyndroom**. Dit wordt ook wel aangeduid als chronische overtraindheid. Zie voor meer informatie §10.2.2 van Poel, Jongert & Morree (2019)



Figuur 3.3: Effect van overtraining met het niet op juiste wijze in acht nemen van juiste arbeid-rustverhouding. Sporter/patiënt/cliënt raakt overtraind (en geblesseerd) door te vroeg weer overload toe te passen (Verheijen, 2009).

Op het moment dat de arbeidsrustverhouding niet juist wordt gehanteerd, kan er een **negatief effect** optreden. De belastingcapaciteit zal dalen als gevolg van een nieuwe trainingsprikkel die te vroeg (op het moment dat er nog niet voldoende herstel opgetreden is, dus nog in fase 2) aangeboden wordt. Het lichaam wordt dan meer belast dan deze aan kan. Zie Figuur 3.3. Als dit te lang aanhoudt/herhaald wordt is er sprake van overtraining. Hierbij ontstaat er een toestand waarbij de sporter/patiënt zijn **grenzen van trainbaarheid/belastbaarheid overschreden heeft**. De verhouding tussen trainingsbelasting en herstel is te ver doorgeslagen naar de kant van de belasting. Het lichaam bevindt zich dan in verhouding **te veel in een ergotrope toestand en te weinig in een trofische toestand**, waardoor er **meer structuren worden afgebroken** dan worden opgebouwd in het lichaam (Burgerhout et al. 2010, § 8.2.2.). Er zal dan **geen enkele vooruitgang worden geboekt**. Sterker nog, blessures liggen dan op de loer.

Bij sporters/patiënten wordt geregeld verschijnselen van overtraining waargenomen in een periode van zware training, waarin belasting op belasting wordt gestapeld zonder dat er ruimte is voor (voldoende) herstel. Dit leidt tot een “ophoping van vermoeidheid”, hetgeen kortdurende overtraindheid oftewel in vaktermen **functionele overreaching** wordt genoemd. Bij kortdurende overtraindheid is er nog wel sprake van een trainingseffect, maar de benodigde herstelperiode tussen de trainingen duurt veel langer dan normaal. Wanneer er niets wordt gedaan om de verhouding tussen training en herstel weer goed in balans te brengen, zal de “ophoping van vermoeidheid” verder toenemen en kom je in de fase van **niet-functionele overreaching**. Dit is in feite de periode die ontstaat nadat je de functionele overreaching genegeerd hebt. Geregeld waargenomen kenmerken zijn onder meer een afname van het prestatievermogen, slaapstoornissen (m.n. bij het inslapen), vermoeidheid en verhoogde rusthartslag. Echter blijkt er in de praktijk een **verscheidenheid aan variaties en combinaties van dit**

soort symptomen waar te nemen. Blijf je in dit stadium de klachten negeren, dan kom je uiteindelijk in de fase van het overtrainingssyndroom (volledige overtraindheid). Het is gemakkelijk te begrijpen dat, indien er andere factoren aanwezig zijn die kunnen bijdragen aan een verstoring van de balans, de sporter erg vatbaar is om overtraind te raken. Voor een overzicht van de symptomen bij *overreaching/overtraining* zie tabel 3.1.

Noot bij 'overreaching en overtraining':

Echter gebeurt het ook regelmatig dat een sporter/patiënt helemaal niet zo zwaar traint, maar overtraind raakt doordat hij ook op andere manieren belast wordt. Bijvoorbeeld de **combinatie van stressoren op het sociale, emotionele, psychische en cognitieve vlak**. Deze mentale belasting is net zo belangrijk als de fysieke belasting, lichaam en geest zijn niet te scheiden. Mentale factoren als stress kunnen bijdragen aan een verlaging van de belastingcapaciteit van de patiënt. De sporter/patiënt is hierdoor meer vatbaar om overtraind te raken in periodes van zware en/of intensieve training. Factoren als stress zorgen er namelijk ook voor dat er katabole processen in het lichaam plaatsvinden. **En als katabole processen overheersen boven anabole processen zal het lichaam uit balans raken.**

Tabel 3.1: Bron: Sportzorg, 2011

Fase van overbelasting	Symptomen	Duur van herstel
Functionele overreaching	<ul style="list-style-type: none"> • Vermoeidheid • Sportprestaties kosten meer moeite • Onrustig gevoel • Spierpijn 	Dagen tot weken
Niet-Functionele overreaching	<ul style="list-style-type: none"> • Vermoeidheid • Afname prestatievermogen • Slapeloosheid (m.n. inslapen kost moeite) • Onrustig gevoel • Snel geïrriteerd • Verminderd concentratievermogen • Verhoogde rusthartslag • Verminderde eetlust • Spierpijn/-stijfheid. 	Weken tot maanden
Overtrainingssyndroom	<ul style="list-style-type: none"> • Onophoudelijke vermoeidheid • Onvermogen om te presteren • Slapeloosheid of juist veel slapen • Depressieve gevoelens • Sterk afgenaomen eetlust • Ontregelde rusthartslag • Grote concentratieproblemen 	(Vele) maanden

4. Trainingswetmatigheden, principes en variabelen

Tim Blatter & Jeroen Rietveld

Elk mens wordt beter als hij bepaalde vaardigheden herhaalt. Van nature vindt er supercompensatie plaats. Supercompensatie kan echter gestimuleerd worden door in de trainingsinterventie **wetmatigheden** toe te passen. Door de wetmatigheden toe te passen probeer je een **beter, sneller en groter effect** van de trainingsinterventie te krijgen. In de literatuur worden de termen wetmatigheden, principes en variabelen door elkaar gebruikt en zullen verschillende indelingen gehanteerd worden.

4.1 Trainingswetmatigheden

In de literatuur (Bompa, 2015) wordt gesproken over het fundament binnen het ontwikkelen van trainingsprogramma's. Er wordt een vergelijking gemaakt met het bouwen van een huis. Zonder een goed fundament (de trainingswetmatigheden) is het niet mogelijk om een stevig huis te bouwen. Het begint zodoende bij de onderstaande wetmatigheden.

1. Ontwikkel gewrichtsmobiliteit
2. Ontwikkel bindweefselbelastbaarheid (ligamentaire & tendinogeen)
3. Ontwikkel romp kracht en controle
4. Ontwikkel stabilisatoren
5. Train bewegingen en geen spieren
6. Focus niet op wat nieuw is maar wat noodzakelijk is
7. Periodiseer kracht op de lange termijn

4.2 Trainingsprincipes

Na het in acht nemen van de trainingswetmatigheden, komen de trainingsprincipes naar voren. De onderstaande principes worden onderscheiden.

A Individualiteit

Het is **genetisch bepaald** hoe iemand op een trainingsprikkel reageert. Dit geldt zowel voor korte als wel voor lange termijneffecten van training. Bij het opzetten van een trainingsprogramma moet daarom rekening gehouden worden met de mogelijkheden en trainingsbehoeftes van een individu. Hierbij moet bijvoorbeeld rekening gehouden worden met het **type spiervezels die men heeft**.

B Specificiteit

Het lichaam past zich aan in de **richting van de belasting/prikkel**. Alleen dat systeem wat geprikkeld wordt, verbetert zich. De VO2max zal bijvoorbeeld door veel aërobe training verbeteren. Prestatie verhogende aanpassingen binnen het lichaam zijn dus **altijd specifiek**. Dat wil zeggen dat de grootste veranderingen in het lichaam zullen gaan plaatsvinden in die organen en celstructuren welke de **trainingsprikkel hebben ondergaan**. Er zou gesteld kunnen worden dat de trainingsprikkel niet alleen een orgaan ontwikkelt en vormt maar ook **specialiseert al naar gelang het karakter van de inwerking**. Ofwel de spierkracht zal toenemen na anaërobe explosieve training. Voor een marathonloper is zo'n training niet nuttig, de rode spiervezels die langdurig aeroob actief kunnen zijn worden hier niet gestimuleerd. Een marathonloper zou meer aerobe training moeten doen. Sprinters hebben echter veel meer aan anaërobe explosieve training, bij hen moeten juist de witte spiervezels geprikkeld worden. Het is echter wel zo dat veel duurwerk voor beoefenaars van explosieve onderdelen ook (nadelige) effect kan hebben. **Snelle witte spiervezels kunnen na langdurige aërobe prikkels namelijk van karakter veranderen door meer eigenschappen van rode spiervezels aan te nemen** (Burgerhout et al. 2006, §4.7). Er zijn dan ook verschillende vormen van

specificiteit gerelateerd aan activiteiten in het dagelijks leven (ADL) te onderscheiden, waarvan enkele hieronder weergegeven. Zie voor verdere uitwerking stap 2 van de taakanalyse in hoofdstuk 5 van dit document.

- Specificiteit van activiteiten
- Specificiteit van gebruikte spieren
- Specificiteit van energiesystemen
- Specificiteit van coördinatiepatronen (bewegingspatronen)

C **Duurzaamheid/continuïteit**

Om tot een toename van de belastbaarheid of het prestatievermogen te komen, zal de trainingsprikkels herhaaldelijk aangeboden moeten worden. Door systematisch continu te blijven prikkelen, zal er een trainingseffect tot stand komen. Op het moment dat dit principe niet meer opgaat, zal er sprake zijn van het principe van **reversibiliteit**.

D **Reversibiliteit**

Als je een **tijdje niet traint**, zal het lichaam weer de condities aannemen als voor de trainingen. De snelheid waarmee de belastingcapaciteit van een grond motorische eigenschap (GME) (Figuur 2.2 en 2.3) toe- en afneemt verschilt per GME en hangt o.a. af van diverse factoren als beginniveau, duur van trainingsperiode. **Vooral het uithoudingsvermogen zal sterk en snel afnemen**. Na het stopzetten van de trainingen worden de voorheen bereikte prestatie verhogende aanpassingen (verhoogde belastingcapaciteit) weer teruggebracht naar het beginstadium. Mocht de hoeveelheid lichaamsactiviteit nog verder afnemen dan in het beginstadium, dan zal ook de belastingcapaciteit verder dalen.

E **Progressieve overload**

Overload betekent dat de trainingsprikkels de normale belasting moet **overstijgen** om verhoging van de belastingcapaciteit teweeg te brengen. Om gedurende een periode **overload** te bereiken moet de trainingsprikkels toenemen met de stijgende belastingcapaciteit om adaptatie/aanpassing tot gevolg te hebben. Uiteindelijk zal een toename van de belastingcapaciteit leiden tot een toename van de intensiteit waarmee geprikkeld kan worden.

F **Verminderde meeropbrengst**

In het **begin** van een trainingsperiode zal de **belastingcapaciteit snel toenemen**. Maar na verloop van tijd wordt het steeds moeilijker om vooruitgang te boeken. Dit noemen we **de wet van de verminderde meeropbrengst** (Poel, Jongert & Morree (2019)). Hoe **langer je traint des te moeilijker wordt het om effect te behouden en te verkrijgen** van de training. De GME-snelheid is bijvoorbeeld naarmate het prestatievermogen stijgt steeds moeilijker te verbeteren. Tijdens en na het verloop van een trainingsproces zullen intensiteit, omvang en periodisering moeten veranderen. Als het lichaam zich heeft aangepast aan een bepaalde belasting, zal eenzelfde training namelijk veel minder effect opleveren, **simpelweg omdat het lichaam deze belasting veel gemakkelijker aankan**.

De training zal steeds opnieuw bekeken moeten worden en de trainingsprikkels zullen goed gedoseerd moeten blijven. Binnen de hele periodisering en aanpak van de atleet zal er zorg gedragen moeten worden dat de prestatiecurve positief blijft wat betekent dat er supercompensatie optreedt. Voor de trainingspraktijk is de **wet van de supercompensatie** daarom ontzettend belangrijk. Daarom wat meer aandacht voor dit punt. In welke mate supercompensatie (ook wel overcompensatie genoemd) optreedt, bepaalt het effect van een training. Het proces van de supercompensatie omvat 3 fasen (Figuur 3.1 en 3.2)

G Zwaar/ licht

Heeft het lichaam (zware) arbeid verricht, dan dient er een periode van rust of lichte inspanning te zijn om herstel plaats te laten vinden.

1. Specificiteit
2. Overload
3. Progressie
4. Variatie
5. Herstel
6. Individualiteit
7. Adaptatie
8. Reversibiliteit



Figuur 4.1: Overzicht trainingsprincipes

4.3 Trainingsvariabelen

Om succesvolle trainingsprogramma's te maken, kan je verschillende trainingsvariabelen manipuleren. Deze om je ook wel in de literatuur tegen onder de naam prikkelparameters. Vooral het volume als de intensiteit van de training, evenals de frequentie zijn belangrijke variabelen. Echter zijn er ook andere variabelen waar je rekening mee kan houden bij het opstellen van trainingsschema's binnen de revalidatie.

1. Keuze van oefeningen
2. Volgorde van oefeningen
3. Volume
4. Intensiteit
5. Aantal herhalingen
6. Tempo
7. Aantal sets
8. Rust periode



Figuur 4.2: Overzicht trainingsvariabelen

4.2 Periodisering of cyclisering (Zintl)

Periodiseren is het gestructureerd opstellen van een trainingsschema op dag, week, maand en/of jaarbasis. Doel van periodisering is het kunnen pieken op gewenste momenten binnen een sportjaar of binnen de revalidatie/(oefen)therapie systematisch toewerken naar een hogere belastingcapaciteit. In de periodisering probeert men aan alle wetmatigheden te voldoen.

In de trainingsleer worden verschillende periodiseringssmodellen gebruikt. Eén van de grondleggers is **Matwejew**. Matwejew beweerde al in de jaren zestig dat, als er onvoldoende afwisseling van trainingsbelasting plaatsvindt, de lichaamsfuncties zich niet meer tot een hoger niveau aanpassen. Prestatieverbetering zou na verloop van tijd uitbliven. Met andere woorden: '**everything works, but nothing works forever.**' Matwejew dacht met name in perioden van maanden, **mesocycli**: in april moet er anders worden getraind dan in november. Onder anderen de bewegingswetenschappers **Kreer en Popov** meenden in de jaren zeventig dat **die afwisseling van trainingsbelasting het beste binnen een cyclus van twee weken kon worden ingepland.** Dus hoge en minder hoge trainingsbelasting en algemene en specifieke training binnen een tijdspanne van twee weken. De mix van diverse trainingsbelastingen die nu gepresenteerd wordt als de "**golfmethode**" is niets meer dan een bekende melodie op een ouder thema.

In het model van Matwejew worden de volgende fasen doorlopen: **voorbereidingsfase, specifieke voorbereidingsfase, competitiefase, piekfase, actieve rustfase (Kloosterboer 1996).**

5. Taakanalyse

Jeroen Rietveld

Het analyseren van activiteiten op het vlak van sport en bewegen zijn vaardigheden die naast het afnemen van een anamnese beheerst moeten worden door een fysiotherapeut. Hierbij is het van belang om dit gestructureerd aan te pakken. Voordat een trainingsprogramma opgesteld wordt, doorloop je verschillende **basisstappen** om een gedegen **taakanalyse** te maken. Naast de taakanalyse is het uiteraard ook belangrijk om goed inzicht te hebben in de huidige situatie van de patiënt/sporter. Het verschil tussen het huidige prestatieniveau en de gewenste situatie bepaalt de specifieke trainingsdoelen.

Als het verschil niet veroorzaakt wordt door de **fysieke capaciteit** (bijvoorbeeld mate van maximale spierkracht of anaerobe lactisch vermogen) maar bijvoorbeeld door iemand zijn gedrag (hij/zij kan het wel maar doet het niet (bijvoorbeeld door **angst/motivatie/pijn**) dan zal het trainingsprogramma zich uiteraard ook niet moeten richten op de capaciteit.

Er zijn **verschillende manieren** om een taakanalyse uit te voeren. Daarnaast kan je je ook afvragen wat voor soort taak het is. Gaat het om een handeling uit het dagelijks leven (**ADL-niveau**) of om een **specifieke sport- en bewegen** activiteit? Of wat te denken van specifieke activiteiten binnen het werk zoals bijvoorbeeld bij **geuniformeerde beroepen** (first responders als politie, brandweer, ambulance of binnen defensie). Kortom, **begin met helder te krijgen om wat voor specifieke activiteit of deelbeweging/handeling het gaat**.

Een manier om de vaardigheid van het analyseren van sport- en beweegactiviteiten onder de knie te krijgen is het leren toepassen van het **analysemodel van Van Der Poel & Jongert** (In: Hulzebos & Loo., 2002. Paramedische trainingsbegeleiding hoofdstuk 1: Analyse van sport- en bewegingsactiviteiten)

Basisstappen taakanalyse

De basisstappen om een taakanalyse uit te voeren worden in Figuur 2.2 schematisch in beeld gebracht. Voorafgaand aan de taakanalyse moet er gekozen worden op welk gebied men verbetering wil bereiken. Hierin wordt onderscheid gemaakt in de te trainen groepen: **tactiek; techniek; mentaliteit en conditie**. Hiervoor is kennis van de taak vereist. Per groep kan er een doel gesteld worden. Om de training voor het bereiken van het doel vorm te geven zal er een **sport- of taakanalyse** moeten plaatsvinden. Er zullen **keuzes** gemaakt moeten worden in **periodisering, trainingsmethoden en trainingsvariabelen**. In de sport- of taakanalyse wordt bekeken welke verschijnselvormen van de GME relevant zijn voor het bereiken van het gestelde doel. Tevens zal er bepaald worden **welke energiesystemen van belang** zijn bij het uitvoeren van de taak. Ook zal er in de analyse bepaald worden hoe de verschillende GME en hun energieleverende systeem getest gaan worden. Hieronder worden de stappen van de sport- of taakanalyse besproken.

1. Analyse van activiteit, taak of sport

- a. Om welke activiteit, taak of sport gaat het?
 - Boodschappen doen, traplopen, voetballen, tennissen, fietsen
- b. Zijn er binnen de activiteit, taak of sport verschillende fasen te onderscheiden?
 - Starten, snelheid behouden, verdedigen, aanvallen, rust, etc.
- c. Wat zijn de bewegvormen (ASM) of grondvormen van bewegen binnen de fasen van de activiteit, taak? Ofwel, wat zijn de bouwstenen van de activiteit of taak?
 - Balanceren en vallen, stoeien & vechten, gaan & lopen, springen & landen, rollen, duikelen & draaien, gooien, vangen & mikken, trappen, schieten & mikken, klimmen & klauteren, zwaaien & slingeren, bewegen op- en maken van muziek (gebaseerd op Athletic Skills Model [ASM])
 - Lopen dribbelen rennen wenden, keren, versnellen, vertragen, springen, glijden, zwaaien, werpen, steunen, hangen, etc.
- d. Hoelang duren de afzonderlijke fasen en bewegingen van de activiteit, taak of sport? Geef de duur aan in tijd of afstand.

2. Analyse houding/beweging binnen de trainingsleer

- a. Uit welke specifieke bewegingen bestaat de grondvorm van bewegen?
Uitstrekken, inzakken, roteren, houding handhaven
- b. In welk anatomisch vlak vindt de beweging voornamelijk plaats?
- c. Welke beweging vindt in de afzonderlijke gewrichten plaats?
- d. Door welke kracht worden externe momenten bepaald en wat is het externe moment in de gewrichten?
- e. Welke spieren zorgen voor het interne moment in de gewrichten en middels welk type contractie?

2.1 Analyse houding/beweging binnen de Kinesiologie

Het 7-stappenplan van de houdings- en bewegingsanalyse heeft tot doel de analyse te vereenvoudigen.

- Stap 1: Kies een analysevlak
- Stap 2: Omschrijf de beweging/houding
- Stap 3: Bepaal de ligging van het lichaamszwaartepunt (LZP)
- Stap 4: Bepaal de ligging van het deelzwaartepunt (DZP)
- Stap 5: Bepaal het steunvlak/ophangpunt
- Stap 6: Bepaal het externe moment
- Stap 7: Bepaal het interne moment

*Zie voor toelichting Werkboek Kinesiologie

3. **Analyse van grond motorische basiseigenschappen** (zie Figuur 2.2 Poel, Jongert & Morree, 2019, hoofdstuk 9)

- a. Welke GME is het meest bepalend binnen de (deel)activiteit, taak of sport?
 - Kracht, uithoudingsvermogen, snelheid, lenigheid, coördinatie
- b. Geef een top 5 indeling waarbij 1 de belangrijkste is binnen de activiteit, taak of sport.
 - 1.
 - 2.
 - 3.
 - 4.
 - 5.
- c. Geef een top 5 indeling waarbij 1 de belangrijkste is voor de sporter/patiënt om te optimaliseren
 - 1.
 - 2.
 - 3.
 - 4.
 - 5.

4. **Analyse van de verschijnselvorm(en) van de GME's** (zie Figuur 2.2 Poel, Jongert & Morree, 2019, hoofdstuk 9)

Wat is/zijn binnen elke GME de belangrijkste verschijnselvorm(en)?

- a. Energieleverende systemen
 - ATP/CrP systeem, anaerobe glycolyse, aerobe glycolyse of vetverbranding
 - Capaciteit of vermogen
 -
- b. Verschijnselvormen van kracht
 - Kracht uithoudingsvermogen, snelkracht, explosieve kracht, maximaal kracht of reactieve kracht
 -
- c. Verschijnselvormen van snelheid
 - Reactiesnelheid, acceleratiesnelheid, absolute snelheid, snelheid uithoudingsvermogen
 - Lineaire snelheid, multi-directionele snelheid, Change of Direction Speed (CODS), agility
- d. Verschijnselvormen van lenigheid/mobiliteit
- e. Verschijnselvormen van coördinatie/stabiliteit

5. **Vaststellen van de trainingsdoelstelling(en) n.a.v. stap 1 t/m 5.**

- a. Welke onderdelen binnen de activiteit, taak of sport worden al optimaal uitgevoerd door de sporter/patiënt? (Doe eventueel metingen om dit te achterhalen)
- b. Wat is het niveau van de sporter/patiënt op de onderdelen die nog niet optimaal verlopen en wel van belang zijn voor het bereiken van het doel? (Doe eventueel metingen om dit te achterhalen)
- c. Welke stappen moet de sporter/patiënt maken om van zijn huidige niveau naar het niveau van zijn doel te komen? Gebruik hiervoor informatie uit stap 1 t/m 5.

Basisstappen invulling trainingsprogramma (periodisering)

Als er een trainingsdoel is gesteld wordt de methode om dit doel te bereiken gekozen. De beschikbare methoden zijn weergegeven in figuur 2.3. Vervolgens zullen de prikkelparameters gekozen moeten worden. In de literatuur is geen eenduidigheid over de te hanteren prikkelparameters. In hoofdstuk 8 is een zo'n goed mogelijk overzicht van prikkelparameters weergegeven.

- 6. Kiezen van één of meerdere trainingsmethoden die tot het behalen van het trainingsdoel kunnen leiden (Figuur 2.3).**
- 7. Afstemmen en doseren van prikkelparameters binnen de gekozen trainingsmethode op de trainingstoestand van de sporter. Zie hiervoor Hoofdstuk 9 van dit document.**

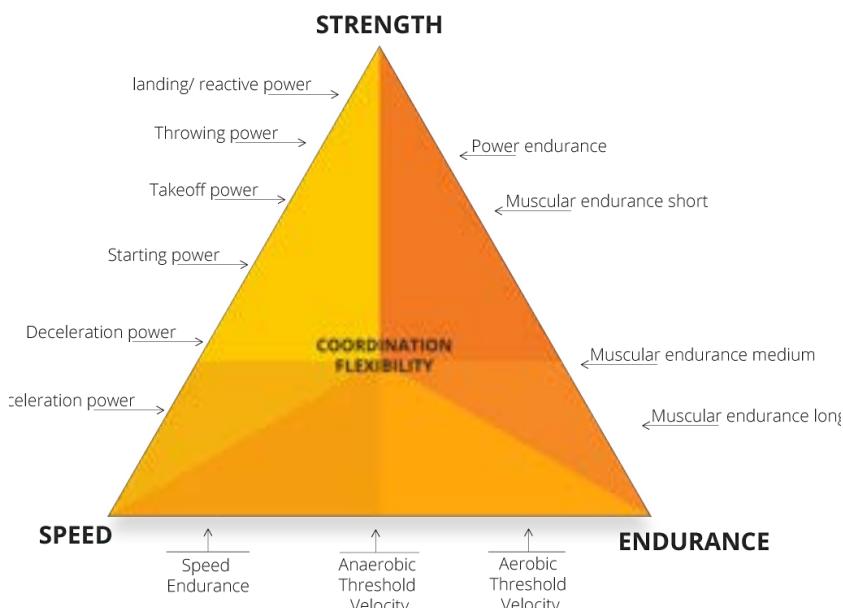
Wees ook vrij om andere literatuur te raadplegen. Wees hierbij wel kritisch.

De volgende prikkelparameters zijn te onderscheiden:

- Intensiteit, frequentie, tijd/duur, type activiteit, Herhalingen/series, omvang en pauzetijd/herstel

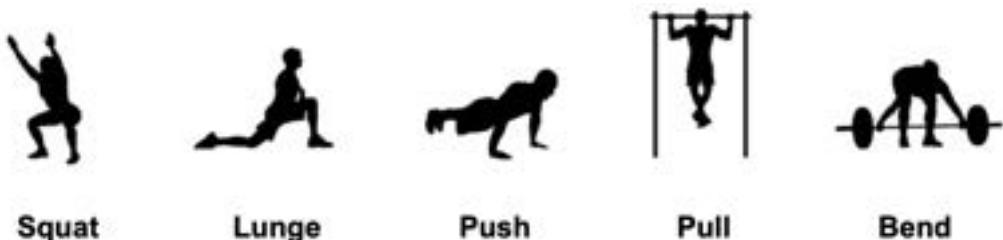
Naast het analysemodel van Van Der Poel en Jongert (2002) zijn er ook andere modellen en theorieën die gehanteerd kunnen worden om sport- en beweegactiviteiten te analyseren. Te denken valt aan het **bio-motor abilities** model van **Bompa** (figuur 5.1), de **Movement Patterns** theorie of het "needs-analysis" model van **Fleck & Kraemer**.

Het bio-motor abilities model is een theoretisch kader dat wordt gebruikt om de ontwikkeling van fysieke eigenschappen te begrijpen en te structureren. Dit model benadrukt het belang van verschillende motorische vaardigheden en fysieke eigenschappen voor sportprestaties. Het model identificeert vijf fundamentele bio-motorische vaardigheden die essentieel zijn voor sportprestaties. Bompa benadrukt dat de combinatie van deze vaardigheden cruciaal is voor succes in de sport. Het model wordt vaak gebruikt om trainingsprogramma's te ontwerpen die gericht zijn op het verbeteren van deze specifieke vaardigheden.



Figuur 5.1 **Bio Motor Abilities** model van **Tudor Bompa**

De movement patterns theorie richt zich op de basisbewegingen die het menselijk lichaam uitvoert. Deze theorie benadrukt dat veel complexe bewegingen kunnen worden teruggebracht tot een aantal fundamentele bewegingspatronen. Dit zijn de basisbewegingen **push** (duwen), **pull** (trekken), **squat** (kniebuigen), **hinge** (scharnieren in de heup) en **lunge** (uitvalspas). Naast deze vijf hoofdpatronen worden ook vaak **rotation** (rotatie), **gait** (gangpatroon) en **carry** (tillen) eraan toegevoegd. Deze patronen vormen de basis voor veel dagelijkse activiteiten en sportbewegingen.



Figuur 5.2 Movement patterns theorie

Tot slot kan ook het “**needs analysis**” model van Fleck & Kraemer gebruikt worden om een taakanalyse te maken of de problematische handeling te analyseren. Dit model is een **systematische benadering** voor het ontwerpen van met name weerstandstrainingprogramma's. Het bestaat uit verschillende stappen om de specifieke behoeften van een atleet of individu te identificeren en een effectief trainingsprogramma te ontwikkelen. De **vier componenten** zijn:

1. **Evaluatie van de Sport:** Analyse van de fysieke en fysiologische eisen van de sport, inclusief de belangrijkste bewegingen en energiesystemen die worden gebruikt.
2. **Evaluatie van de Atleet:** Beoordeling van de huidige fysieke conditie, sterke en zwakke punten, blessures, en trainingsgeschiedenis van de atleet.
3. **Doelstellingen:** Vaststellen van specifieke, meetbare, haalbare, relevante en tijdgebonden doelen (SMART-doelen) voor het trainingsprogramma.
4. **Programma Ontwerp:** Selectie van oefeningen, intensiteit, volume, frequentie, en rustperiodes die aansluiten bij de behoeften en doelen van de atleet

6. Energiesystemen

Inge van Dam, Tim Blatter en Jeroen Rietveld

Energie komt vrij bij de afbraak van ATP in ADP en fosfaat (Poel, Jongert & Morree (2019), §1.2; Burgerhout et al. 2010, §12.4). De ATP/ADP cyclus is een continu proces, waarbij ATP wordt verbruikt en teruggevormd. Er is maar een kleine ATP-voorraad, waar direct energie uit vrijgemaakt kan worden. Om de voorraad ATP niet uit te putten maar iedere keer weer aan te vullen vindt er continu resynthese van ATP plaats (fig. 6.1). Dit wordt tegelijk door zowel aerobe (met O₂) als ook anaerobe (met onvoldoende O₂) processen geleverd. De duur en intensiteit van de inspanning bepaalt via welk proces de meeste ATP gemaakt zal worden. Hieronder worden de verschillende processen besproken. Tevens is uitgebreidere informatie te vinden in hoofdstuk 1 van Poel, Jongert & Morree (2019) en in paragraaf 12.4 van Burgerhout et al. (2010).

Splitsing van creatinefosfaat (CP)

De energie is direct voorradig. Er is veel energie per seconde beschikbaar (veel vermogen). Bij maximale inspanning is het creatine-fosfaatsysteem voor ongeveer 10 sec-15sec actief (geringe capaciteit). Ongeveer 1 min na de inspanning is de voorraad voor 90% weer aangevuld (Poel, Jongert & Morree (2019), §1.2).

Anaerobe afbraak van koolhydraten

Glucose of glycogeen wordt in de spiercellen tijdens de glycolyse omgezet in pyruvaat. Dit is een proces waarbij geen O₂ nodig is. Vervolgens kan pyruvaat omgezet worden in lactaat als er geen O₂ beschikbaar is. Dit systeem is voornamelijk actief bij inspanning met hoge intensiteit (veel vermogen) over een wat langere tijd (beperkte capaciteit, ca. 20sec- 2min a 3min). Netto wordt er echter maar 2 ATP per glucosemolecuul vrijgemaakt. Dit is dus een vrij inefficiënt proces voor energievrijmaking. 45 min Na de inspanning is de voorraad voor 90% aangevuld. Bij dit proces wordt lactaat gevormd.

Tekst

Aerobe afbraak van koolhydraten

Glucose of glycogeen kan ook aeroob afgebroken worden voor de synthese van ATP. Allereerst wordt glucose en/of glycogeen afgebroken tot pyruvaat in de glycolyse. Vervolgens wordt pyruvaat in de citroenzuurcyclus en via de elektronentransportketen, of ook wel ademhalingsketen, omgezet in ATP, CO₂ en H₂O. Voor het elektronentransport is O₂ nodig. Het aandeel aerobe afbraak van koolhydraten neemt in eerste instantie toe, echter bij langdurige inspanning neemt het aandeel weer af en wordt het aandeel van vetzuurverbranding groter. (Poel, Jongert & Morree (2019), figuur 2.15 en tabel 2.3). Er is een matige hoeveelheid energie per seconde aanwezig (weinig vermogen) doordat meerdere biochemische processen doorlopen worden. Echter is er sprake van een grote capaciteit. Dit proces is efficiënter dan de anaerobe glycolyse. Per glucosemolecuul kan 38 ATP vrijgemaakt worden. De energie is na maximaal 2 min `a 3 min beschikbaar en het systeem herstelt binnen 90sec voor 90% na beëindigen van de inspanning.

Dit is 32 atp zie uitleg

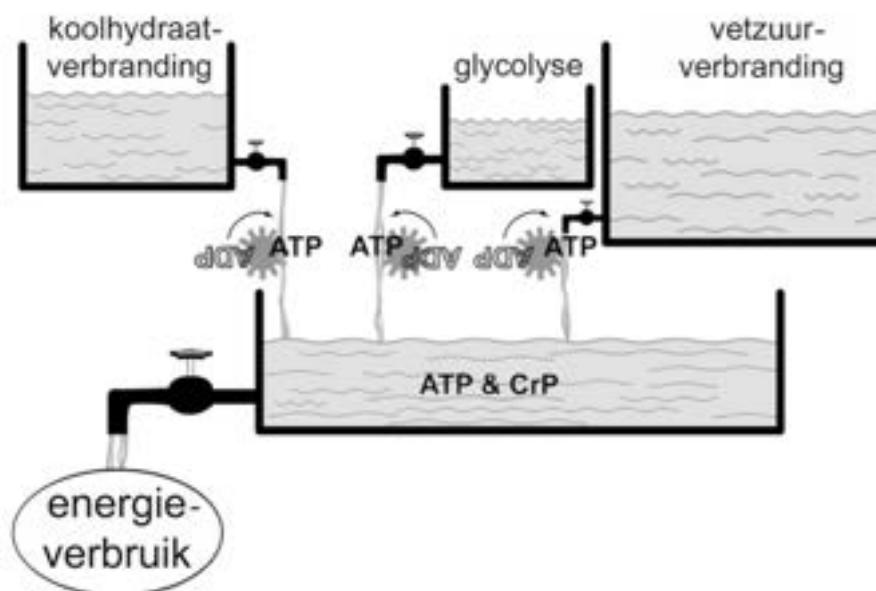
De vetverbranding of ook wel het vetmetabolisme kan alleen plaatsvinden wanneer O₂ beschikbaar is. Vetafbraak vindt allereerst plaats middels de β-oxidatie. Hierbij komt acetyl-CoA vrij wat net als koolhydraten via de citroenzuurcyclus en het elektronentransport afgebroken wordt. In rust overheerst de vetzuurverbranding en bij toenemende inspanningsbelasting neemt het aandeel koolhydraatverbranding toe. Wanneer men over langere tijd (zeer grote capaciteit) matig (weinig vermogen) inspant zal het aandeel vetverbranding weer toenemen en de koolhydraatverbranding afnemen (Burgerhout et al. 2010, §15.2.1.). Zie voor meer informatie ook §4.7.1.1., pagina 74 en §12.5.3. (Burgerhout et al. 2010) en hoofdstuk 1.6 van Poel, Jongert & Morree (2019)

Splitsing van eiwitten

Deze energiebron wordt alleen gebruikt bij extreem lange duurarbeid en als alle andere energiebronnen zijn uitgeput. Een reden is o.a. de afwezigheid van voldoende voedingsstoffen tijdens de prestatie.

Vermogen en Capaciteit

Begin met het lezen van paragraaf 1.1 van de Poel, Jongert & Morree (2019). Elk energiesysteem heeft een bepaalde capaciteit en kan een bepaald vermogen leveren. Het is in de sportpraktijk gebruikelijk om bij training van energiesystemen de termen vermogen en capaciteit te gebruiken. Capaciteit wordt gedefinieerd als de voorraad energierijke substraten, vermogen als de energie die per tijdseenheid uit de energierijke substraten kan worden vrijgemaakt (Bosch & Klomp, 2016). Een andere veelgebruikte definitie van capaciteit is de tijdsduur dat een vermogen kan worden volgehouden (Van Bon, 1998). De capaciteit van een systeem is zodoende afhankelijk van de voorraad energierijke substraat die beschikbaar is voor het maken van ATP (resynthese). Hoe groter de capaciteit, hoe langer de arbeid uitgevoerd kan worden voordat uitputting plaatsvindt. Een andere uitleg over vermogen geeft aan dat het vermogen wordt bepaald door de snelheid waarmee de energie (ATP) wordt vrijgemaakt uit de voorraad energierijke substraten (Verheijen, 2009).



Figuur 6.1. Resynthese van ATP met de representatie van capaciteit en vermogen van een systeem (bron: Bosch & Klomp, 2016)

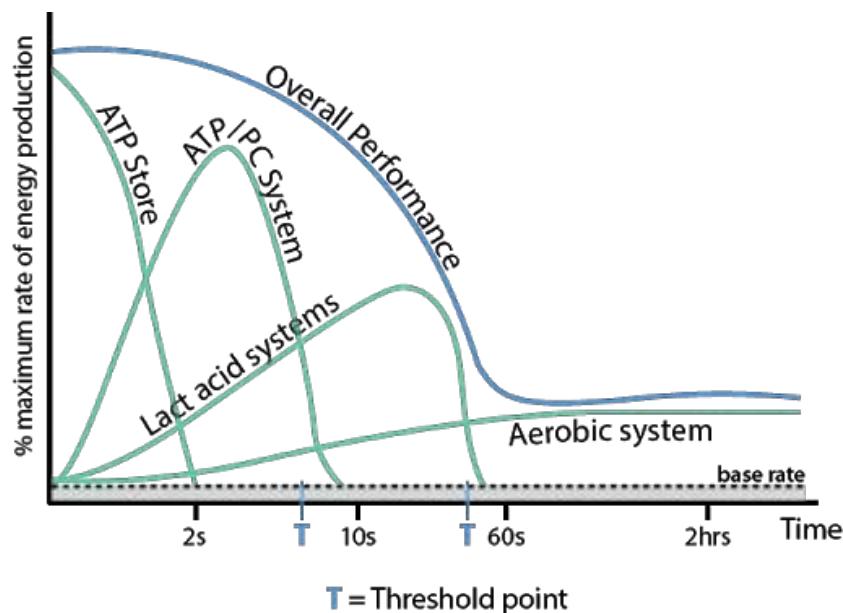
Capaciteit en vermogen kunnen worden geïllustreerd door vaten gevuld met substraat en een uitstroombuis waar een kraantje op zit, zie figuur 6.1. Het substraat levert na afbraak ATP wat energie oplevert. Hoe groter het vat, hoe groter de capaciteit van het systeem. Er is een grote hoeveelheid substraat beschikbaar. Hoe groter de diameter van de uitstroombuis, hoe meer substraat per tijdseenheid uit het vat kan stromen. Er is een grote hoeveelheid substraat per tijdseenheid beschikbaar voor het maken van ATP. De kraantjes worden allen opengedraaid aan de start van een activiteit. Die van CP (in figuur 6.1 aangegeven als PCr en in figuur 6.2 aangegeven als PC) zal echter sneller volledig openstaan dan die van de (anaerobe) glycolyse. En die van de koolhydraatverbranding (aerobe glycolyse) staat sneller volledig open dan die van de vetverbranding. Dit is terug te zien in figuur 6.2. De tijd die een systeem nodig heeft om op zijn maximale vermogen te komen verschilt. Dit zie je terug in explosiviteit van een activiteit.

In figuur 6.2 is vermogen aangegeven als '*% of maximum rate of energy production*'. Vermogen is ook wel de hoogte van de piek van de grafiek. Zo is te zien dat met de beschikbare ATP aan de start van een activiteit direct een hoog vermogen geleverd

kan worden. Het oppervlak onder de grafiek geeft de capaciteit van het systeem weer. In figuur 6.1 was dit de grootte van het vat. De capaciteit van de direct beschikbare ATP is laag, hierdoor zal het vermogen gedurende de activiteit snel afnemen. Het Creatinefosfaat systeem heeft enkele seconden de tijd nodig om op maximaal vermogen te komen (het duurt even voordat de kraan helemaal open staat). Het vermogen dat geleverd kan worden is iets minder dan de direct beschikbare ATP. De capaciteit is iets groter, rond 10s activiteit zal het vermogen ver gedaald zijn. De oppervlakte onder de grafiek van het aerobe systeem lijkt niet groot te zijn vanwege zijn lage vermogen. Er moet echter rekening mee gehouden worden dat het aerobe systeem meerdere uren energie kan leveren uit beschikbare substraat (vet). De x-as zou dus vele malen langer moeten zijn dan hij nu is. Het energetische deel van de totale prestatie wordt bepaald door de som van de vermogens en capaciteiten van alle energiesystemen.

Hoe hoger het vermogen van een systeem is, hoe sneller je het substraat opgebruikt. En des te hoe groter de capaciteit moet zijn wil je het systeem langere tijd gebruiken. Als je een prestatie wilt verbeteren vergroot je eerst de capaciteit van een systeem zodat je daarna meerdere herhalingen met een groot vermogen kunt uitvoeren zonder dat het substraat direct op is en de prestatie vermindert.

In rust worden de substraten van de leeggemaakte vaten weer aangevuld. Als de activiteit niet te intensief is, minimaal aeroob, dan kan dat ook tijdens de activiteit. Denk hierbij aan het eten en drinken van koolhydraten of suikers tijdens een laag intensieve activiteit.



Figuur 6.2: Vermogen en capaciteit van energiesystemen (bron: WJEC).

Door nu de verschillende energiesystemen te koppelen aan de termen capaciteit en vermogen, ontstaan variabelen die door training beïnvloed kunnen worden. Deze parameters zijn:

1. **Aalactisch anaeroob vermogen:** de energie die per tijdseenheid uit de creatine-fosfokinase-reactie wordt gehaald.
2. **Aalactisch anaeroobe capaciteit:** de voorraad creatine fosfaat in de spiercel.
3. **Lactisch anaeroob vermogen:** zo snel mogelijk, zo veel mogelijk lactaat te produceren. Het gaat om de snelheid waarmee de snelle glycolyse energie levert.
4. **Lactisch anaeroobe capaciteit:** de voorraad glycogeen in de spieren en de lever.

5. **Aeroob vermogen:** de energie die per tijdseenheid wordt geleverd door het aerobe energiesysteem.
6. **Aerobe capaciteit:** de voorraad glycogeen en vetten.

Explosiviteit

Hoe sneller je een hoogvermogen bereikt, des te explosiever je bent. Het systeem is in staat om in korte tijd zijn maximale vermogen te bereiken. Ofwel, het lichaam is in staat om via de energiesystemen in zo min mogelijk tijd zoveel mogelijk energie vrij te maken. Figuurlijk gezien kan de kraan snel volledig opengezet worden als je kijkt naar figuur 6.1. Dit is te vergelijken met de hellingshoeken van de grafieken in figuur 6.2 aan de start van de activiteit.

Als indicatie van overschakeling naar een ander dominant energiesysteem omdat het huidige systeem niet meer voldoende ATP kan leveren, wordt ook wel **kwaliteitsverlies van bewegen geanalyseerd**. Na een (tijdelijke) afname van de kwaliteit van bewegen, welke in de praktijk ook wel als 'dip' in de prestatie wordt ervaren, wordt daarna vaak overschakelt op de **'tweede adem'**. Dit gaat vaak in combinatie met het overschakelen naar een lagere bewegingsintensiteit **behorend bij een ander energiesysteem**.

Energysystem continuüm

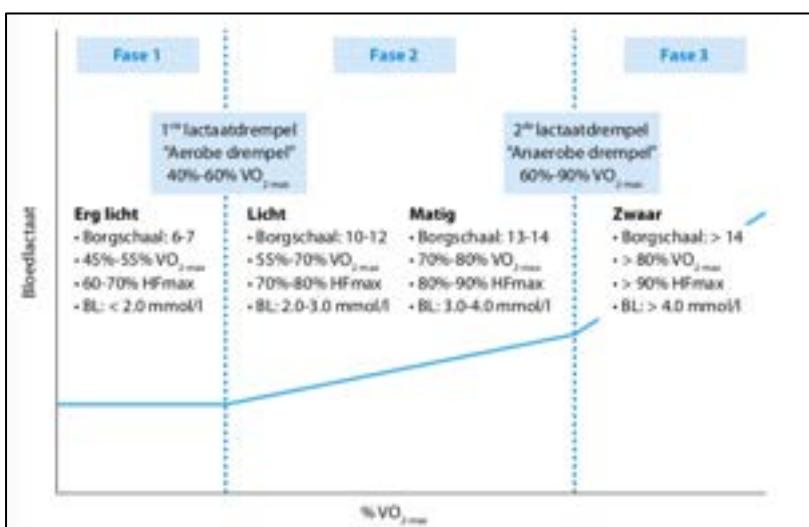
In werkelijkheid werken de energiesystemen **nooit geïsoleerd** en werken ze allemaal met verschillende percentages op verschillende tijdstippen. Bijv. bij het joggen zal het lichaam nog steeds een zeer **klein deel van het ATP-PC-systeem gebruiken** en bij het sprinten zal ook het **aerobe-systeem worden gebruikt, zij het in zeer kleine hoeveelheden**. Zoals gezegd zal het procentuele gebruik van elk van de energiesystemen voortdurend veranderen, vooral bij spelsporten waar de intensiteit en duur van de oefening die wordt uitgevoerd voortdurend veranderen. Deze continue verandering wordt ook wel het "**energysystem continuüm**" of "**energysystem distribution**" genoemd in de literatuur. Kort samengevat houdt dit in:

- Alle energiesystemen werken in verschillende verhoudingen samen om ATP aan te vullen
- De factoren die de verhoudingen van de gebruikte energiesystemen bepalen, zijn de intensiteit en duur van de training en het fitnessniveau van het individu.
- Er zijn punten (drempels) waarop het overheersende energiesysteem dat wordt gebruikt niet voldoende ATP kan leveren om de huidige intensiteit van de training te behouden. Bijvoorbeeld het punt waar het ATP-PC systeem ontoereikend wordt en de voorraden uitgeput raken en het anaërobe glycolysesysteem het overheersende systeem zal gaan worden om ATP te leveren.
- Een ander punt dat vaak genoemd wordt, is de **anaërobe drempel**. Dit is het punt waarop het **aerobe energiesysteem de energieproductie (ATP-aanvulling) bij een gevraagde intensiteit niet kan leveren en het anaërobe glycolyse energiesysteem het overheersende systeem wordt**.

7. Trainen van het cardiovasculaire en respiratoire systeem

Inge van Dam & Peter Ceelaert en Jeroen Rietveld

In de trainingsleer worden geregeld verschillende trainingszones onderscheiden. Smit (2011) en Smit & van der Vleuten (2011) hebben uiteengezet hoe in het verleden deze zones zijn bepaald. Maar ook Andrew Coggan en Stephen Seiler hebben veel onderzoek gedaan naar trainingszones en de verdeling van het gebruik van de verschillende energiesystemen tijdens inspanning (training intensity distribution). De meeste indelingen zijn terug te voeren op het 3 fase model van Skinner & McLellan (1980). In dit model onderscheiden ze twee ventilatoire drempels (VT1 en VT2).



Hier staat lactaat drempel, en in test vt1 maar dit verschilt van elkaar

Figuur 7.1: Drie fase model.

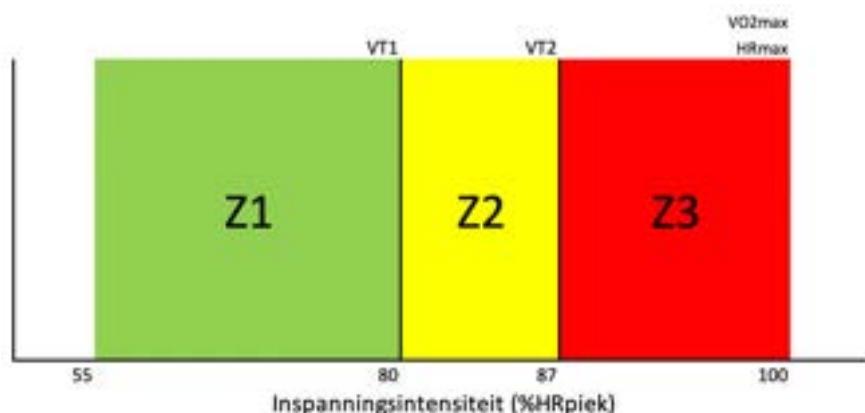
Trainingszones kunnen gebaseerd zijn op verschillende variabelen, zoals de maximale hartslag of de maximale zuurstofopname ($\text{VO}_{2\text{max}}$). Hierbij zijn de zones gebaseerd op een vast percentage. Trainingszones kunnen ook gebaseerd zijn op een drempelwaarde zoals de lactaatdrempel, anaerobe drempel of de maximale lactaat steady state (MLSS). Andere variabelen die ook gebruikt kunnen worden om trainingszones te bepalen zijn vermogen (wattage) of loopsnelheid.

De drie zones in het drie fase model zijn bepaald door de fysiologische variabelen van de 1^e en de 2^e ventilatoire drempel (equivalenten voor O₂ en VO₂). Dit model is verder doorontwikkeld tot een 5 zone model (Seiler, ..). Aan elke zone wordt vaak een beoogd effect toegedicht, zoals: toename van de aerobe capaciteit in die zone, toename van anaeroob vermogen in die andere zone, etc. etc. Dit met het idee dat de training zo gestuurd kan worden en dat er steeds met die intensiteit getraind wordt die uiteindelijk het grootste effect voor de prestatie oplevert.

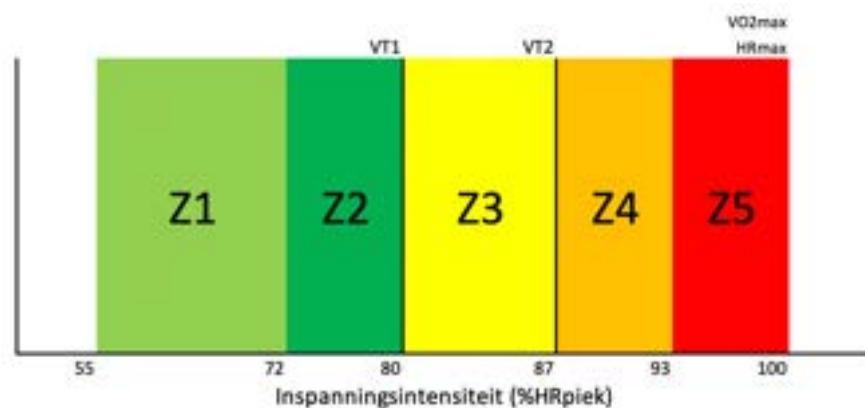
Van alle variabelen die gebruikt kunnen worden om trainingszones te definiëren, is de hartslagfrequentie in de praktijk vaak de meest praktische. Hierbij wordt uitgegaan van de maximale hartslagfrequentie (HRmax) en is niet afhankelijk van de getraindheid of het inspanningsniveau. Het bepalen van de HRmax kan grofweg op 3 manieren gedaan worden:

1. $220 - \text{jouw leeftijd}$. Bijvoorbeeld iemand van 31 ($220-31=189$).
2. $208 \text{ min je leeftijd} \times 0.7$. Bijvoorbeeld iemand van 31 ($208-31 \times 0.7=186,3$)
3. Een uitgebreide maximale inspanningstest bij een arts, sportarts of andere deskundige laten uitvoeren.

Met behulp van de **2 drempels** of de maximale hartslagfrequentie zijn er **3 zones** te bepalen. De eerste zone ligt onder de eerste drempel of onder de **80% HRmax**, de tweede zone ligt **tussen de eerste en tweede drempel in** of tussen de **80 en 87%** van de HRmax, de **laatste zone ligt boven de tweede drempel**. Het maakt dus niet uit of je werkt met 3, 5 of 7 zones, alles komt neer op de **3 basis zones**. In de praktijk zijn het 3 zone model (figuur 7.2) en het 5 zone model (figuur 7.3) de meest gebruikte modellen. Wanneer je de zones indeelt op basis van de drempels weet je exacter welk energiesysteem je getraind heb. De zones indelen op basis van een percentage van de maximale hartslagfrequentie heeft ook tekortkomingen. Zo weet je niet exact welk energiesysteem jij getraind heb. De percentages zijn een gemiddelde van de mensen die getest zijn.



Figuur 7.2: Drie zone model (gemodificeerd n.a.v. Tonnessen, 2009)



Figuur 7.3: Vijf zone model (gemodificeerd n.a.v. Seiler, 2009)

Wil je meer horen over trainingszones, scan dan deze QR-code en kijk en luister naar het verhaal van Stephen Seiler.



Het trainen van het cardiovasculaire en respiratoire uithoudingsvermogen omvat het aanpassen van de intensiteit, duur en frequentie van trainingssessies. Het relatieve effect van korte, hoog-intensieve training ten opzichte van langere, langzamere duurtraining is al tientallen jaren bestudeerd en bediscussieerd door atleten, coaches en wetenschappers. Momenteel is de populariteit verschoven naar hoog-intensieve intervaltraining. Veel fitnessdeskundigen, evenals sommige wetenschappers, betogen nu dat kort, hoog-intensief intervalwerk de enige vorm van training is die nodig is voor optimalisatie van prestaties. Onderzoek naar het effect van interval- en continue training met ongetrainde tot matig getrainde proefpersonen ondersteunt de huidige intervalhypete niet, maar het bewijs suggereert wel dat korte intensieve trainingsperiodes en langere aaneengesloten oefensessies beide deel moeten uitmaken van effectieve duurtraining.

In de hieronder uitgewerkte trainingszones is gebruik gemaakt van de methode volgens Takken (2007). In het gebied tussen de rusthartslag (Hf_{rust}) en de maximale hartslag (Hf_{max}) zijn deze zones in te delen. De drie hoofdzones zijn herstel, duur en interval. Vervolgens is de duurzone op te delen in drie subzones (duur 1, 2 en 3). In de duurzone zal het verbeteren van het duurvermogen centraal staan middels het laten toenemen van de maximale zuurstofopname (VO_{2max}) door te trainen op een %HF tussen de 65 en 90% (Tabel 7.1). Hier zullen met name effecten en aanpassingen optreden op bloedcirculatie- en spierniveau.

Trainingszone	Effect	Duur	% HR_{max}	% $HR_{reserve}$	%anaërobe drempel
Hersteltraining	Herstellen van zware wedstrijd of training	30-60'	< 65%	< 60%	<68%
Duur 1	Stimuleren gebruik vetzuren in energievoorziening	2-8 uur	65-75%	60-70%	69-83%
Duur 2	Stimuleren gebruik koolhydraten in energievoorziening	2-8 uur	75-85%	70-80%	84-94%
Duur 3	Verhogen anaërobe drempel	8-40'	85-90%	80-85%	95-105%
Extensief interval	Toename buffercapaciteit	8-30'	90-95%	85-90%	>106%
Intensief interval	Toename anaëroob vermogen	1-6'	>95%	>90%	-
Sprint interval	Toename vermogen/capaciteit ATP/CrP-systeem	10-15"	maximaal	maximaal	-

Tabel 7.1: Trainingszones en trainingseffecten (Takken, 2007)

In tabel 7.1 is weergegeven welke trainingszones er bestaan met de daarbij behorende trainingseffecten, duur en intensiteit. De trainingsintensiteit kan per individu worden bepaald ten opzichte van drie waarden. Methode 1 is t.o.v. de maximale hartslag (% HF_{max}). Er wordt een percentage van de maximale hartslag berekend waarop getraind wordt. Methode 2 is t.o.v. de hartslagreserve (% $HR_{reserve}$). Hierbij wordt een percentage genomen van de hartslagrange tussen HF_{max} en HF_{rust} .

Voor deze methode kan de **formule van Karvonen** gebruikt worden (zie het kader hierna; de Poel, Jongert & Morree (2019), paragraaf 3.2.2.). Door gebruik te maken van deze formule wordt rekening gehouden met de rusthartslag (Hf_{rust}). De Hf_{rust} wordt gezien als een maat voor de getraindheid van het individu. Door een toegenomen slagvolume door training zal de hartfrequentie in rust lager zijn. Zie ook paragraaf 3.2.3. van de Poel, Jongert & Morree (2019)

Formule van Karvonen:

$$\text{Trainingshartslag} = \text{trainingsintensiteit} \times (Hf_{max} - Hf_{rust}) + Hf_{rust}$$

Hf_{rust} is te bepalen wanneer men in rust is. Dit kan het beste 's ochtends net na het ontwaken, voor het opstaan.

Hf_{max} is eigenlijk alleen te bepalen met een **maximale inspanningstest**. Veelal wordt de formule, $Hf_{max}=220$ -leeftijd gebruikt, maar dit is een hele ruwe schatting. Deze formule is op gemiddelden gebaseerd waarbij er een grote standaarddeviatie aanwezig is (de Poel, Jongert & Morree (2019), Robergs & Landwehr, 2002). Hierdoor is het lastig om een schatting per individu te maken.

Bij methode drie wordt de **anaerobe drempel als referentie voor trainingsintensiteit genomen**. De intensiteit wordt berekend door een percentage van de drempel te berekenen (%anaerobe drempel). Voor het bepalen van de anaerobe drempel moet er een maximale inspanningstest uitgevoerd worden. Dit is de methode die het best aansluit bij de eigenschappen van het individu en die het beste de trainingsintensiteit inschat voor het individu. Mochten er gegevens van een maximale inspanningstest van het individu voor handen zijn, dan wordt met nadruk aanbevolen deze gegevens te gebruiken. Methoden voor het bepalen van de anaerobe drempel vanuit een maximale inspanningstest zijn te vinden in het artikel van Binder et al. (2008). Voor meer informatie over de anaerobe drempel, zie intermezzo 1. De trainingsintensiteit is 1 van de prikkelparameters die vorm geeft aan een training en daarmee het effect van de training bepaalt. Zie voor prikkelparameters Hoofdstuk 8.

Op internet zijn verschillende sites voor handen om trainingszones te bepalen. Voor een voorbeeld zie de sites via de volgende link:
<http://doefiets.nl/training/basisprincipes/hartslagzones-karvonen>

Intermezzo 1: 'verzuring', lactaatdrempel, omslagpunt, anaerobe drempel.

Iedereen kent dit uit ervaring: langdurige aerobe **intensieve** inspanningen kunnen we niet eindeloos blijven doen. Kleine veranderingen in ons gedrag kunnen betekenen dat we een inspanning ineens niet goed meer vol kunnen houden omdat de intensiteit toeneemt. Voorbeelden kunnen zijn: even het looptempo van een tegenstander volgen, het laatste sprintje tijdens een marathon te vroeg inzetten als het einde nadert, de aanval tijdens een wielerwedstrijd enzovoorts. De gedachte hierachter is mogelijk dat het anaerobe energiesysteem in toenemende mate actief wordt om aan die energiebehoefte te kunnen voldoen. Het is echter zo dat de mate van getraindheid hierbij een rol speelt. Bij ongetrainden ligt de intensiteit, waarop **je langere tijd inspanning kunt leveren, op 40-60 % van de maximale zuurstofopname**, bij getrainden soms wel op **90-95%** (Takken 2007). Verhoog je die intensiteit, ofwel ga je **over deze drempel** heen, dan betekent dat dus vaak dat je de activiteit **al snel moet staken**.

Al jaren wordt gezocht naar waar de **grens ligt waarop iemand moet trainen** om zo lang mogelijk een bepaalde activiteit **vol te kunnen houden**, veelal bekend als de anaerobe **drempel of lactaatdrempel (LD)**. Nu leren jullie dat het oude theoretische construct van

de "verzuring" (Burgerhout 2007a, Burgerhout 2007b), het overschakelen van het aerobe op het anaerobe systeem, discutabel is.

Allereerst wordt er geen melkzuur in het lichaam geproduceerd. Melkzuur zou bestaan uit lactaat en H⁺ ionen. Deze twee producten worden in het lichaam wel geproduceerd tijdens inspanning, maar ze komen niet met elkaar in contact om melkzuur te vormen. Daarnaast lijken PH-daling, lactaatproductie en vermoeidheid niet aan elkaar gekoppeld te zijn (Philp, Macdonald & Watt 2005). Bij een daling van de PH lijkt de spier eerder beschermt te worden tegen vermoeidheid (Pedersen et al. 2004 in Burgerhout et al. 2007b). Daarnaast lijkt het prestatievermogen niet achteruit te gaan bij een toename van de lactaatproductie, maar zelfs iets vooruit (Crains et al. 2006 in Burgerhout et al. 2007a). Lactaat is namelijk niet zozeer een afvalproduct van de stofwisseling, maar ook een nuttige brandstof voor de hersenen en het hart. Indien de hersenen en het hart kunnen functioneren met lactaat als brandstof hoeven zij geen glucose te gebruiken wat dan beschikbaar blijft voor de spieren (Burgerhout 2007a).

Het is goed om te weten dat melkzuur of lactaat niet de stof lijkt te zijn die het prestatievermogen doet dalen, echter wat is het dan wel...? We wisten het (nog) niet.

In principe is lactaat toch wat direct gevormd kan worden aan de hersenen en het hart en kan glucose leveren
In buffermechanisme

In de trainingsleer is de lactaatdrempel (LD) echter een wijdverspreid fenomeen om een trainingsintensiteit te bepalen. Onder de lactaatdrempel (ook wel anaerobe drempel genoemd) wordt meestal verstaan: de belastingintensiteit waarbij de aerobe capaciteit tekort gaat schieten om de spieren van voldoende energie (ATP) te voorzien. Wordt deze drempel overschreden, dan wordt de anaerobe verbranding aangezwengeld, hetgeen zich uit in stijging van de lactaatspiegel en (volgens de 'oude' opvatting) verzuring. Aan de lactaatdrempel wordt dan ook vaak gerefereerd als 'het punt waarbij verzuring begint op te treden'.

In werkelijkheid vindt altijd anaerobe verbranding plaats, ook bij een persoon die in rust verkeert. In rust en bij lichte belasting is de productie van lactaat even groot als de afbraak. Lactaat in het bloed is hierbij lager dan 2mmol. Bij toenemende belasting zal zowel lactaatproductie als wel lactataafbraak stijgen, waarbij de afbraak iets achterblijft bij de productie. Dit resulteert in een geleidelijke stijging van de lactaatspiegel. Lactaat in het bloed zal hierbij stijgen tot waarden die kunnen oplopen tot boven 6x de rustwaarde. Rond de 2,0 mmol wordt een knik in de curve verwacht waarbij de curve sterker gaat stijgen en rond de 4,0 mmol wordt een knik in de curve verwacht waarbij de lactaat nog sterker gaat stijgen. Dit worden respectievelijk de aerobe en anaerobe drempel genoemd, ook wel bekend als AT1 en 2, VT1en 2 of LT1 en 2. De periode tussen de twee curves wordt ook wel de bufferfase genoemd waarin CO₂ wordt weggevangen door bicarbonaat. (Smit, 2011) Van een duidelijk omslagpunt, een knik in de curve, is niet altijd sprake. De afkappunten die in de literatuur worden gehanteerd zijn niet altijd in elke inspanningstest te herkennen.

Voor bepalingen van het omslagpunt die gebaseerd zijn op het effect van de pH-daling op de ademhaling (ventilatoire drempel), gelden overeenkomstige bezwaren. Ook de pH-daling verloopt geleidelijk. Een ander bezwaar is dat de ademhaling niet alleen door de pH wordt beïnvloed. Het verloop van verschillende parameters tijdens een maximale inspanningstest samen geeft vaak een goede indicatie van het moment waarop het lichaam overschakelt van meer aerobe verbranding naar meer anaerobe verbranding. Methoden die hiervoor gehanteerd kunnen worden zijn te vinden in het artikel van Binder et al. (2008).

Einde intermezzo

De begrippen ‘conditie’, ‘uithoudingsvermogen’, ‘fitheid’, ‘inspanningsvermogen’ worden veelal door elkaar gebruikt. Zowel in de praktijk, de literatuur als in de lesstof hier op de opleiding. In de trainingsleer wordt dit allen samengevat onder de term ‘belastingcapaciteit’, met aanvullend het orgaan(stelsel) waar het om gaat, dus bijvoorbeeld de belastingcapaciteit van het hart-long-spiersysteem. Vooral de term ‘uithoudingsvermogen’ kan veel verwarring scheppen. Uithoudingsvermogen (UHV) geeft namelijk alleen aan hoe lang iets volgehouden kan worden. Zo kan je een aeroob UHV hebben, een anaeroob UHV, maar ook kracht UHV. Het wordt dus aangeraden om deze term niet los te gebruiken, maar altijd eraan toe te voegen over welk UHV het gaat. Kracht UHV heeft dus niet direct iets te maken met UHV van hart en long en andersom.

Om de belastingcapaciteit van het aerobe systeem van hart, vaat en longen te laten toenemen kan er zowel gefocust worden op het trainen van het vermogen als wel op de capaciteit. Het vermogen wordt o.a. bepaalt door de hoogte van de anaerobe drempel en de capaciteit wordt o.a. bepaald door de hoogte van de VO₂max. De VO₂max kan toenemen met ongeveer 25%. Referentiewaarden voor de VO₂max zijn o.a. te vinden in Koch et al. (2009). Vanuit literatuur en ervaring in de inspanningsfisiologie wordt impliciet aangenomen dat een toename van 3,5 ml/min/kg wordt gezien als een klinisch relevante toename. Dit is gelijk aan 1 MET. Bij een toename van de VO₂ van 1 MET kan een individu activiteiten van een hoger inspanningsniveau uitvoeren. (Thompson et al., 2010; de Poel, Jongert & Morree (2019); Takken, T. (2007); Wittink, 2008) De anaerobe drempel kan verhoogd worden van 50-60%VO₂max naar 80-95%VO₂max. Geraadpleegde bronnen zijn: de Poel, Jongert & Morree (2019); Baechle and Earle (2008); Goolberg (2005); Sip (2010); Rutten (2002).

Om de belastingcapaciteit te laten toenemen zal een individu een bepaalde belasting moeten ondergaan. De belasting moet aan bepaalde prikkelparameters voldoen om het gewenste effect te krijgen. Een combinatie van omvang, intensiteit en pauze geeft een training een algemeen/specifiek resultaat op de belastingcapaciteit. De prikkelparameters zijn een richtlijn voor het aanspreken van energiesystemen. De prikkelparameters zelf zijn nog geen training, maar door een wel overwogen combinatie van prikkelparameters uit te werken voor het individu krijgt de training vorm. Net zoals je met dezelfde ingrediënten toch verschillende gerechten kunt maken. In veel gevallen is de richtlijn voor prikkelparameters gebaseerd op gezonde personen. Er kunnen individuele verschillen zijn, o.a. door ziekte of beperkingen, die vragen om aanpassing van prikkelparameters voor het beste effect en herstel van de prikkel voor het individu. De therapeut zal daarom altijd kritisch moeten blijven ten aanzien van de prikkelparameters en deze blijven spiegelen aan de energetische aspecten die ten grondslag liggen aan de prikkelparameters.

Tot slot: prikkelparameters variëren sterk per geraadpleegde bron. En ook wetenschap en praktijk zijn het niet altijd met elkaar eens. De prikkelparameters zoals in tabel 7.1 zijn genoemd, worden aangehouden binnen de lessen. Evenals de door Stephen Seiler aangegeven richtlijnen voor het trainen van het cardiovasculaire en respiratoire systeem.

8. Weerstandstraining

Fedde van Hees & Jeroen Rietveld

8.1 Doel van weerstandstraining

Weerstandstraining is een interventie die binnen het domein fysiotherapie (oefentherapie) gebruikt kan worden om mensen te helpen bij hun (hulp)vraag bij bewegen. Een voorbeeld waarbij weerstandstraining als interventie toegepast kan worden is en meneer van 65 jaar die een tijd inactief is geweest vanwege een herstelperiode na een fractuur van het onderbeen. Hij heeft als doel dat hij graag weer uit zijn stoel op wil staan. Dit lukt hem echter niet vanwege onvoldoende kracht in de bovenbeenmusculatuur, namelijk de m. quadriceps. De belangrijkste doelen van weerstandstraining is een toename van spierkracht, een toename van explosiviteit en/of weerbaarheid tegen spiervermoeidheid te creëren. Binnen deze hoofddoelen zijn weer subdoelen te formuleren, zoals een focus te leggen op hypertrofie of plyometrie.

Een juiste analyse van de (doel)beweging is essentieel voor het juist toepassen van weerstandstraining. Verdere uitdieping over een taakanalyse is te vinden onder hoofdstuk 5.

8.2 Adaptaties bij weerstandstraining

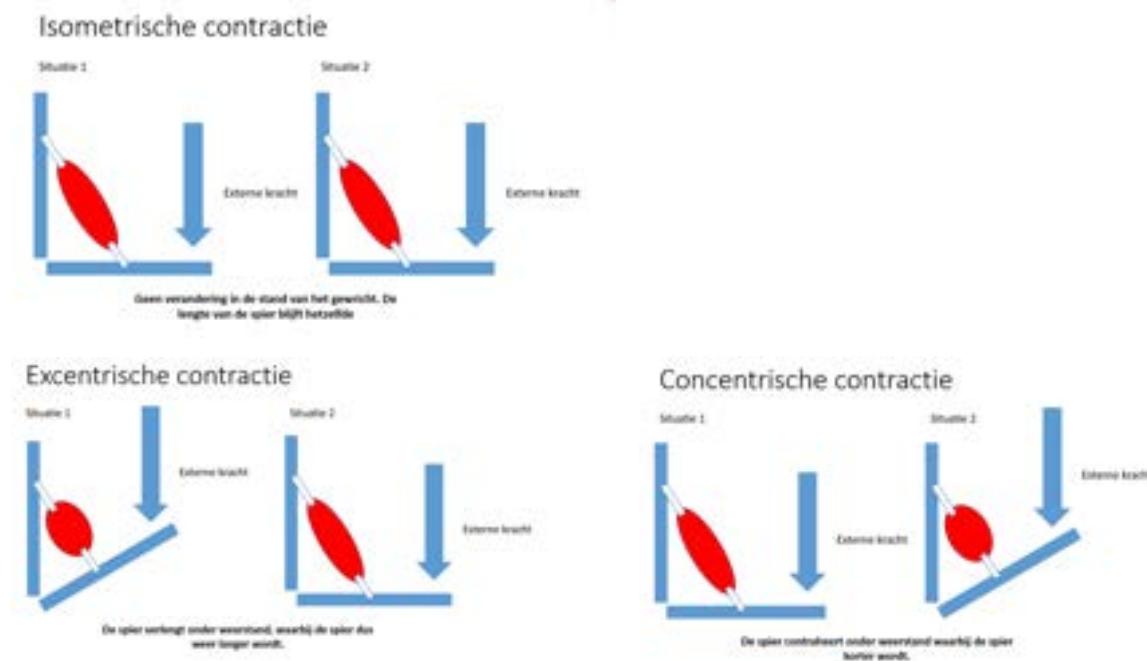
Wanneer je weerstandstraining toepast bij een patiënt, zullen in eerste instantie neurale adaptaties plaatsvinden. Een toename van het vuren van alpha motoneuronen is hier onder andere een belangrijk proces. Daarnaast speelt synchronisatie van de alpha motoneuronen activatie en remming van inhibitorende systemen, zoals die van de golgi-peeslichamen, een rol in de neurale adaptaties bij weerstandstraining (Wilmore et al. 2008; Baechle and Earle 2015). Daarnaast heeft de type prikkel die je geeft aan je patiënt(e) ook invloed op welke alpha motoneuronen je prikkelt. Wanneer je een relatief lage prikkel geeft, activeert je de motoneuronen die weinig spiervezels (<10) innerveren. Dit zijn met name type I spiervezels, ook wel *slow-twitch* spiervezels genoemd. Echter, indien je een hoge prikkel geeft, activeert je de motoneuronen die met name veel spiervezels innerveren (>100 vezels). Dit zijn met name type IIA en type IIX spiervezels, ook wel de *fast-twitch* spiervezels genoemd. (Baechle and Earle 2015). De activatie van deze neuronen gaat volgens het zogenoemde ‘size principle’. Hoe meer kracht er van een spier wordt gevraagd, hoe meer motoneuronen nodig zullen zijn (dus geactiveerd worden).

Naast neurale adaptaties, vinden er ook fysiologische adaptaties plaats. De meest bekende fysiologische adaptatie bij weerstandstraining is een toename van omvang van een spier, wat we hypertrofie noemen. Hierbij treedt een daadwerkelijke toename op van spiervezels, ook wel hyperplasie genoemd én de omvang van de spiervezel neemt toe (hypertrofie van de vezel). Hypertrofie gebeurt echter pas na een periode van meerdere (juiste) prikkels van dezelfde spierweefsel(s), waarbij de spier ook daadwerkelijk wordt ‘overbelast’ én ook een adequate rustperiode krijgt. Hierdoor treedt uiteindelijk een supercompensatie op. Dit principe is verder toegelicht onder hoofdstuk 3 ‘trainingseffecten’.

8.3 Type contracties

Wanneer we naar spieren kijken, kunnen ze op verschillende manieren contraheren (=samenspannen), namelijk **isometrisch**, **concentrisch** en **excentrisch**. Bij een isometrische contractie levert de spierkracht, maar verandert niet van lengte. Een concentrische contractie betekent dat de spier samenspant waarbij de spier qua lengte korter wordt. Het tegenovergestelde gebeurt bij een excentrische contractie

waar de spier tegen weerstand verlengt. Voor een schematische weergave kun je naar de onderstaande figuren kijken.



Figuur 8.1: Vormen van spiercontractie

8.5 Type bewegingen (open- en gesloten keten)

Binnen de krachttrainingen kan er bewogen worden in een open of een gesloten keten. Een (kinetische) keten is een samenhangend geheel van twee of meer gewrichten die in sequentie een beweging kunnen veroorzaken. Er is een onderscheid te maken tussen bewegingen die in een open keten en in een gesloten keten plaats vinden.

Bewegen in een gesloten keten wordt gekenmerkt door fixatie van het distale deel van de bewegingsketen. Hierbij vindt er fixatie plaats op een ondersteunend oppervlak en de weerstand kan zowel proximaal als distaal worden gegeven. Voorbeelden hiervan zijn o.a. de push up en de squat. Bewegen in een gesloten keten wordt ook wel distalistisch bewegen genoemd.

In de open keten is het distale segment vrij op te bewegen (voeten zijn in staat te bewegen) en de weerstand wordt doorgaans aan dat segment gegeven.

Voorbeelden hiervan zijn o.a. de leg press, legextension, standing shoulder press, bankdrukken en lat pull down. Bewegen in een open keten wordt ook wel proximalistisch bewegen genoemd.

Het is goed mogelijk dat beide bewegingsvormen in dezelfde beweging voor komen. Zo is hardlopen is voorbeeld van een beweging waarbij zowel in een open keten (zwaai fase) als in een gesloten keten (contactfase) plaats vindt.

8.6 Prikkelparameters

Als je iemand gaat trainen, wil je iemand een prikkel toedienen waar iemand doelgericht naar zijn of haar hulpvraag kan werken. Een patiënt drie setjes van 15 herhalingen een oefening te laten uitvoeren, is simpelweg niet voldoende. Hiervoor kun je de acroniem 'FITT' gebruiken.

8.6.1 Frequentie

De trainingsfrequentie vertelt je iets over hoe vaak iemand moet trainen om vooruitgang te boeken? Over het algemeen wordt er bij frequentie gekeken naar het aantal trainingsmomenten in één week tijd.

8.6.2 Intensiteit

Met intensiteit wordt bedoeld hoe zwaar iemand traint. Er zijn verschillende manieren beschreven hoe de intensiteit kan worden bepaald, welke hieronder worden besproken. Voor elke vorm bestaan voor- en tegenargumenten. Het is echter belangrijk om te kijken welke vorm het beste bij jouw patiënt past met de bijbehorende hulpvraag.

1 repetitie maximum

De intensiteit kan o.a. bepaald worden door te rekenen met een percentage van de 1 repetitie maximum (1RM). Hierbij wordt de oefening uitgevoerd met een percentage van het gewicht waarvan iemand de oefening één keer zou kunnen uitvoeren. Om de 1RM te bepalen zal iemand een oefening met een bepaald gewicht een bepaald aantal keer moeten uitvoeren. Dit heeft te maken met de relatie die bestaat tussen de intensiteit en het aantal herhalingen dat correct uitgevoerd kan worden. Deze relatie is omgekeerd lineaire. Oftewel een zwaardere weerstand zal leiden tot een minder aantal correcte herhalingen. Met verschillende conversietabellen kun je kijken wat de geschatte 1RM is. Hieronder in tabel 1 met verschillende conversies a.h.v. wetenschappelijke studies.

Herhalingen		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	
%	1RM	Brzycki*	100	95	90	88	86	83	80	78	76	75	72	70	-
		Baechle**	100	95	93	90	87	85	83	80	77	75	-	67	65
		Dos Remedios***	100	92	90	87	85	82	-	75	-	70	-	65	60

*Brzycki, Matt (1998). A Practical Approach To Strength Training. McGraw-Hill.

**Baechle TR, Earle RW, Wathen D (2000). Essentials of Strength Training and Conditioning, 2: 395-425.

***dos Remedios R (2007) Men's Health Power Training, Rodale Inc. 23.

Tabel 8.1. Geschatte percentage van de 1RM gekoppeld aan het aantal uitgevoerde herhalingen

Het schatten van het 1 herhalingsmaximum (e1RM) kan d.m.v. het uitvoeren van een submaximale kracht test. Bij voorkeur dient een gewicht gekozen te worden waarmee maximaal 4 tot 10 herhalingen uitgevoerd kunnen worden. Literatuur laat zien dat 4-6 herhalingen een betere voorspeller is dan de 7-10 herhalingen (Dohoney, 2002). Echter kan de keuze om meer richting de 10 herhalingen te gaan logischer zijn vanuit veiligheidsoogpunt. Na het uitvoeren van de submaximale krachttest kan de e1RM bepaald worden door gebruik te maken van onderstaande formules:

- **Epley formule:** $1RM = \text{herhalingsgewicht} * (1 + 0.0333 * \text{herhalingsgewicht})$
- **Brzycki formule:** $1RM = \text{herhalingsgewicht} / (1.0278 - 0.0278 * \text{herhalingen})$

Literatuur toont aan dat de Epley formule bij een 3RM en 5RM test de e1RM significant overschat met ongeveer 4kg (DiStasio, 2014). De Brzycki formule lijkt om die reden meer betrouwbaar en veiliger te zijn.

Reps in reserve (RIR)

De intensiteit kan ook bepaald worden door te werken met de repetitie in reserve (RIR) techniek. Dit is een vorm van autoregulatie. Bij deze methode wordt aan de patiënt gevraagd na een set herhalingen hoeveel herhalingen hij of zij nog zou kunnen uitvoeren, dus hoeveel er nog in de 'reserve' zitten. Als voorbeeld kan de instructie worden gegeven dat iemand de oefening moet uitvoeren totdat er nog twee

herhalingen in de reserve zitten qua intensiteit. Deze methode blijkt betrouwbaarder te zijn dan de intensiteit uit te vragen middels een Borg/RPE schaal (Helms, 2016).

8.6.3 Tijd

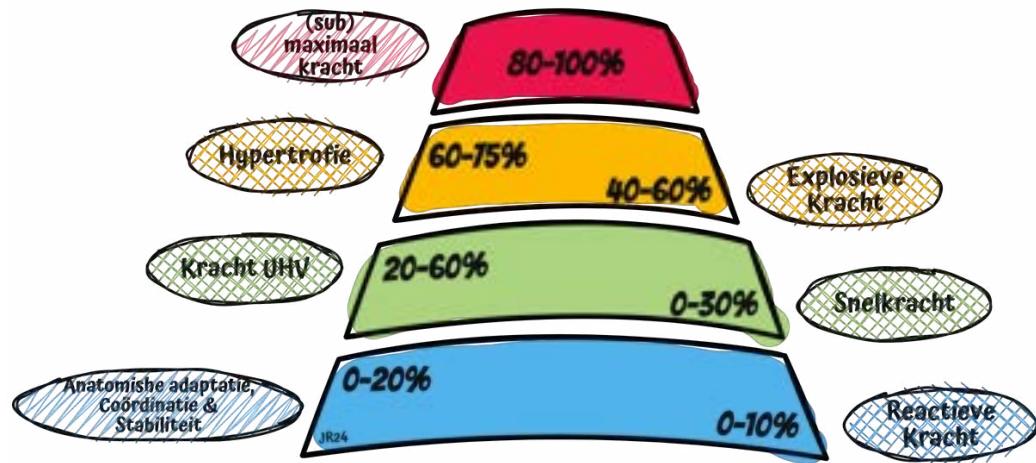
Bij de factor tijd stellen we vast hoelang de oefening moet duren. Hierbij moeten we onder andere gaan kijken welk doel we voor ogen hebben. Een veel gebruikte manier is te bepalen hoeveel sets en herhalingen iemand de oefening gaat uitvoeren in combinatie met een rusttijd tussen de verschillende sets. In de literatuur zijn veel verschillende getallen qua herhalingen en sets beschreven. Een samenvatting van de meest toonaangevende instanties en experts zijn samengevat in onderstaande richtlijnen.

Parameter	AA, Coördinatie & stabiliteit	Kracht uithoudingsvermogen	Hypertrofie	(sub) Maximale kracht	Explosieve kracht (strength-speed)	Snelkracht (speed-strength)	Pyrometrie
Weerstand (PBT)	0-20%	20-60%	60-75%	80-100%	50-80%	<30%	0-30%
Snelheid (VBT)	n.v.t.	0.75-1.0ms	0.5-0.75ms	<0.5ms	0.75-1.0ms	1.0-1.3ms	>1.3ms
Herhalingen per set	8-20	15-25	8-12	1-5	2-6	5-15	4-8 (≤120/wk)
Set duur (Time under Tension)	t15-40sec	t30-120sec	t20-60sec	<20sec	t5-15sec	t10-30sec	<20sec
Sets per oefening	2-4 (circuitvorm)	2-4	1-3 (beginner)	3-4 (beginner)	1-6	1-8	2-4
Rust tussen sets	20-90sec 1-3min (circuit)	30-90sec	1-3min	2-3min	3-5min	3-6min	1-3min
Type rust	(niet) volledig	niet volledig	niet volledig	volledig	volledig	volledig	volledig
Supercompensatie	12-24 uur	12-24 uur	24-28 uur	48-96 uur	48-96 uur	48-72 uur	48-72 uur

Tabel 8.2: Overzicht van de prikkelparameters per trainingsdoelstelling (Poel, 2009; Cormie, 2007; ACSM, 2019; Bompa, 2022; EXOS, 2022))

Binnen de bachelor- en masteropleiding (sport)fysiotherapie van de Hogeschool Utrecht wordt veelvuldig gebruik gemaakt van de “piramide van kracht”.

In figuur 8.2 is deze piramide weergegeven waarin de verschijningsvormen van kracht gepresenteerd zijn naar een percentage van het maximale gewicht dat 1 herhaling getolereerd wordt. Binnen de opbouw van weerstandstraining, ook wel periodiseren genoemd, begint men over het algemeen linksonder in de piramide met trainen en gaat via de top naar de rechterzijde. Tabel 8.2 toont een overzicht van de verschillende prikkelparameters bijbehorend bij doelstellingen die met weerstandstraining getraind kunnen worden.



Figuur 8.2: Piramide van kracht

8.6.4 Type training

Als laatste onderdeel binnen het “FITT”-principe draait het om het type training die je uitvoert. Hierbij kan je bijvoorbeeld denken aan weerstandstraining of cardiotraining. Echter zijn er nog veel meer andere type trainingen waar je aan kan denken zoals sprinttraining, techniektraining (skill), behendigheidstraining (agility), etc.

Overall kun je de prikkelparameters middels de volgende drie variabelen vaststellen. De duur van de prikkel, het tempo van de oefening en het gewicht waarmee de oefening wordt uitgevoerd.

Binnen het thema ‘weerstandstraining’ bestaat veel discussie over het bepalen van de juiste prikkelparameters. Meerdere manieren zijn beschreven om de prikkelparameters de bepalen. De *percentage based training (PBT)* en *velocity based training (VBT)* zijn beide toepasbaar in de praktijk. PBT gaat uit van een percentage van het maximale gewicht dat iemand met één herhaling kan verplaatsen. Dit wordt ook wel de 1-repetitie maximum (1-RM) genoemd. Hoewel het bepalen van de ware 1-RM in de praktijk weinig toegepast wordt vanwege veiligheidsoogpunten en mogelijke dag tot dag fluctuaties waarbij er ook met name een verschil lijkt te zijn tussen ervaren en niet-ervaren sporters.

8.7 Open en gesloten keten

Binnen weerstandstraining kan er bewogen worden in een open of een gesloten keten. Een (kinetische) keten is een samenhangend geheel van twee of meer gewrichten die in sequentie een beweging kunnen veroorzaken. Er is een onderscheid te maken tussen bewegingen die in een open keten en in een gesloten keten plaats vinden.

Bewegen in een gesloten keten wordt gekenmerkt door fixatie van het distale deel van de bewegingsketen. Hierbij vindt er fixatie plaats op een ondersteunend oppervlak en de weerstand kan zowel proximaal als distaal worden gegeven. Voorbeelden hiervan zijn o.a. de push up en de squat. Bewegen in een gesloten keten wordt ook wel distalistisch bewegen genoemd.

In de open keten is het distale segment vrij op te bewegen (voeten zijn in staat te bewegen) en de weerstand wordt doorgaans aan dat segment gegeven. Voorbeelden hiervan zijn o.a. de leg press, legextension, standing shoulder press, bankdrukken en

lat pull down. Bewegen in een open keten wordt ook wel proximalistisch bewegen genoemd.

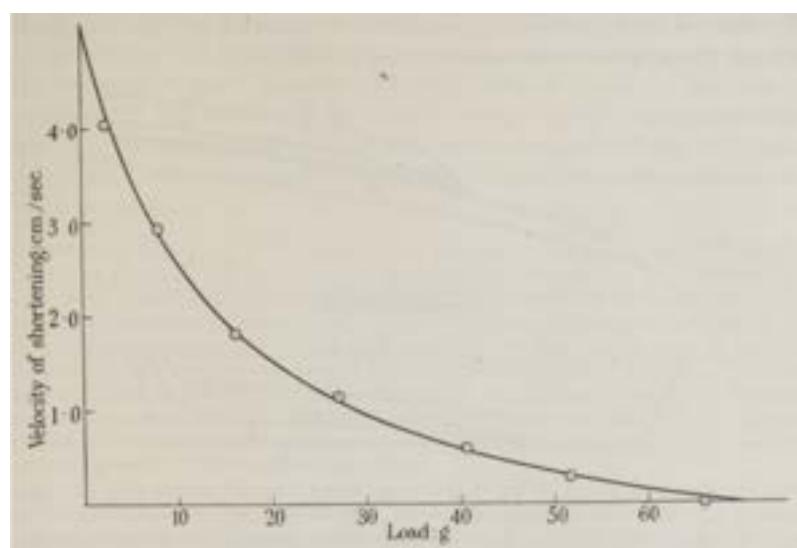
Het is goed mogelijk dat beide bewegingsvormen in dezelfde beweging voor komen. Zo is hardlopen is voorbeeld van een beweging waarbij zowel in een open keten (zwaai fase) als in een gesloten keten (contactfase) plaats vindt.

8.8 Velocity Based Training

Binnen het trainen van spiervermogen wordt de intensiteit al jarenlang bepaald aan de hand van percentages van het 1 herhalings- maximum (1RM). Vervolgens wordt de intensiteit van de weerstandstraining bepaald aan de hand van dit percentage. Ook wel het percentage gebaseerd trainen (PBT) genoemd. Er zijn tegenwoordig echter ook andere bruikbare methoden om de belasting bij de training van het spiervermogen te doseren, zoals Velocity Based Training (VBT). Om hier gebruik van te kunnen maken, dien je wel gebruik te maken van bewegingssensoren.

VBT is een manier om de optimale weerstand (= gewicht van de halter) bij een krachtoefening te bepalen, rekening houdend met de dag-tot-dag veranderingen in het prestatievermogen. Deze veranderingen zijn altijd aanwezig bij patiënten en sporters. Niet het %1RM bepaalt de intensiteit, maar de snelheid van de halterstang tijdens het uitvoeren van de oefening. Is die snelheid hoger dan de bedoeling is, dan voeg je extra massa aan de halter toe. Is de snelheid juist lager dan bedoeld, dan maak je de halter iets lichter.

De VBT-methode is gebaseerd op de kracht-snelheid (F-v) relatie van een spier (Hill, 1938). Deze relatie is misschien wel het fundament van de trainingsleer op het vlak van de spierfysiologie. Er is sprake van een omgekeerde relatie tussen de kracht en de contractiesnelheid van de spier. Op het moment dat de voor een beweging vereiste spierkracht groter is (omdat de uitwendige weerstand groter is), zal de contractiesnelheid afnemen. En omgekeerd: als de weerstand kleiner is, hoeft de spier minder kracht te leveren en kan hij sneller contraheren.



Figuur 8.3: Originele figuur uit het artikel van A.V. Hill (1938).

8.8.1 Trainingszones

Het VBT-concept is te vergelijken met het principe van duurtraining gebaseerd op de hartslagfrequentie: als je binnen een specifieke zone blijft, train je de fysiologische systemen die gekoppeld zijn aan die betreffende zone. Afhankelijk van de krachteigenschap die ontwikkeld moet worden, wordt de juiste weerstand gekozen. Het maakt dan op een betreffende dag niet uit om welk %1RM het exact gaat, zolang de voorgeschreven snelheid maar bereikt wordt. De weerstand ‘volgt’ dus de snelheid.

Eigenschap	Gemiddelde snelheid
Absolute kracht	< 0.5 m/s
Acceleratie kracht	0.5 – 0.75 m/s
Kracht-snelheid	0.75 – 1.0 m/s
Snelheid-kracht	1.0 – 1.3 m/s
Startsnelheid	> 1.3 m/s

Tabel 8.3: VBT-zones met bijbehorende gemiddelde snelheden, gebaseerd op de squat en Olympische lifts (Rietveld, 2017).

Startsnelheid (starting-strength) is de mogelijkheid om weerstand vanuit stilstand snel te overwinnen. Dit betekent dat de snelheid in deze zone hoog is, met daarbij een hele lage weerstand.

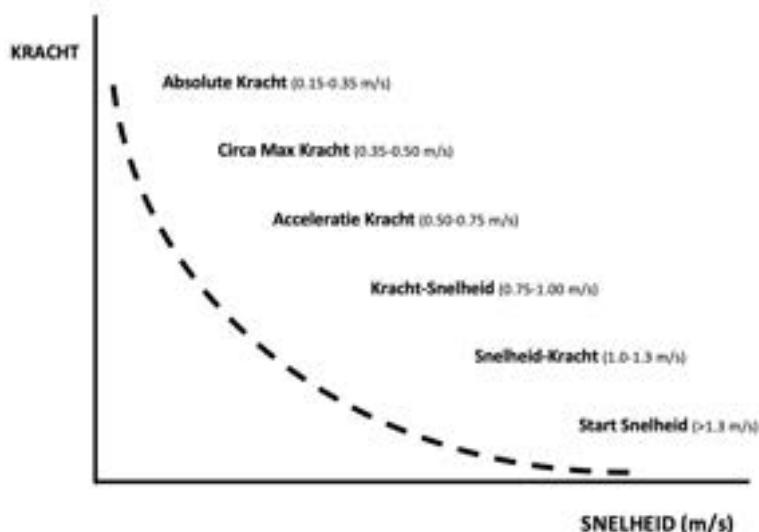
Bij snelheid-kracht (speed-strength) komt het geleverde spiervermogen ($P = F \cdot v$) vooral uit de snelheidscomponent. Snelheid heeft prioriteit, kracht is hierbij secundair. Praktisch betekent dit: lichtere gewichten, die op hoge snelheid worden verplaatst.

Als de kracht dominant is over de snelheid om te komen tot een bepaald spiervermogen, wordt er gesproken over kracht-snelheid (strength-speed). In deze zone worden matig zware gewichten tegen een zo hoog mogelijke snelheid verplaatst. In dit gebied is de weefselbelasting zeer hoog. Met name bij sportrevalidatie dient hier terdege rekening mee te worden gehouden.

Een zwaar gewicht zo snel mogelijk verplaatsen beschrijft de acceleratie- strength zone. In de praktijk kun je bijvoorbeeld denken aan het spiervermogen dat geleverd wordt in een rugby scrum.

Tot slot beschrijft de absolute kracht zone eigenlijk precies wat de naam al zegt: de mogelijkheid om maximale kracht te leveren en daardoor het 1RM te vergroten. Snelheden lager dan 0,5 m/s zijn hierbij van toepassing.

Als de theorie rondom de F-v relatie geïntegreerd wordt met de verschillende VBT-zones, ontstaat er een duidelijk hanteerbaar model van waaruit gewerkt kan worden (zie figuur 8.4). Hierin valt op dat elk punt in de F-v relatie overeenkomt met een specifieke trainingsdoelstelling. In de literatuur over VBT is er hier en daar sprake van kleine verschillen in snelheidszones. Dit speelt vooral tussen oefeningen voor de bovenste en de onderste extremiteiten. Desondanks vormen de zones een prima houvast voor therapeuten, patiënten, coaches en sporters.



Figuur 8.4: De kracht-snelheids curve. De gedefinieerde zones zijn niet snelheidsspecifiek maar bewegingsspecifiek (Rietveld, 2017).

8.8.2 Conclusie

Heb jij de mogelijkheden om middels sensoren de snelheid te meten van bijvoorbeeld een halterstang dan zou je kunnen overwegen om percentage gebaseerd trainen (PBT) los te laten en over te gaan op velocity based trainen (VBT). Als je dit gaat toepassen, dan zou je de onderstaande prikkelparameters kunnen gebruiken. Let op, de tabel is oplopend van lage intensiteit naar hoge intensiteit.

Percentage van 1RM (%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Parameter	Startsnelheid	Snelheid-Kracht	Kracht-Snelheid	Acceleratie Kracht	Absolute Kracht					
Weerstand (PBT)	10-20%	30-40%	50-60%	70-80%	80-100%					
Snelheid (VBT)	$> 1.3 \text{ ms}$	$1.3\text{--}1.1 \text{ ms}$	$1.0\text{--}0.75 \text{ ms}$	$0.75\text{--}0.5 \text{ ms}$	$< 0.5 \text{ ms}$					
Herhalingen per set	variabel (kwaliteit!)	8-15	2-5	2-5	1-4					
Sets per oefening	2-4	3-5	3-6	3-6	3-5					
Rust tussen sets	$\pm 2\text{--}3 \text{ min}$	$\pm 2\text{--}3 \text{ min}$	$\pm 2\text{--}5 \text{ min}$	$\pm 2\text{--}5 \text{ min}$	$\pm 2\text{--}3 \text{ min}$					
Supercompensatie	12 - 24 uur	24 - 48 uur	48 - 96 uur	48 - 96 uur	48 - 96 uur					
Type oefeningen	Plyometrie, werpovernen, sprintvormen, etc.	Olympische lifts, plyometrie met weerstand	Olympische lifts en squats	Squat, Deadlift, Bench Press, overige push-pull	Squat, Deadlift, Bench Press, overige push-pull					

Tabel 8.3: Prikkelparameters bij gebruik van Velocity Based Training.

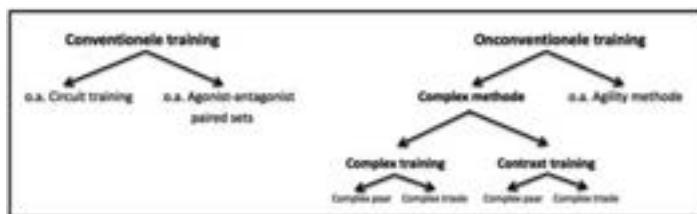
9. Gevorderde trainingsvormen

Jeroen Rietveld

Complex- en contrasttraining

Vermogensleverantie door de armen en benen is in tal van sporten een belangrijk element en dus wordt er in veel trainingsprogramma's op getraind en wordt er veel over gepubliceerd. Bij conventionele trainingsmethoden is het uitgangspunt dat explosieve oefeningen als sprintvormen, squat jumps (SJ) en counter movement jumps (CMJ) beter niet uitgevoerd kunnen worden na een oefening met matig tot zware weerstand, zoals een back squat, clean of snatch.

Er bestaan echter onconventionele tegenhangers, zoals de complex methode, waarin oefenvormen met matige of zware weerstand en explosieve oefenvormen juist doelbewust binnen dezelfde trainingssessie worden gecombineerd. Het combineren van twee biomechanisch verwante oefeningen wordt daarbij gedefinieerd als een 'complex pair' en een combinatie van drie verwante bewegingspatronen als een 'complex triad' (Rietveld et al., 2014).



Figuur 9.1: Overzicht complex- en contrasttraining

Binnen de complex methode kan onderscheid worden gemaakt tussen complex training en contrast training. Contrasttraining wordt gedefinieerd als een trainingsvorm waarbij een oefening met zware weerstand om-en-om wordt afgewisseld met een lichtere, explosief uitgevoerde oefening, het zogenoemde set-by-set principe. Bij de complex training worden daarentegen eerst alle zware weerstandsets uitgevoerd, gevolgd door alle explosievere sets (Duthie et al, 2002).

De oefeningen met zware weerstand worden ook wel de pre-load stimuli genoemd. Er kan sprake zijn van zware weerstand en daardoor lage uitvoeringssnelheid (bijvoorbeeld 5RM back squat) of van een activiteit met matig zware weerstand en een wat hogere uitvoeringssnelheid (bijvoorbeeld power clean).

Om meer inzicht te geven in de onderzoeksresultaten en ideeën omtrent complex training en contrast training dient het begrip post activation potentiation (PAP) bekend te zijn. Zowel de complex training als de contrast training zijn namelijk gebaseerd op de theorieën over PAP. Als er sprake is van een PAP-effect is het prestatievermogen van de spier (peak power, peak force, rate of force development, peak velocity) acuut verbeterd als gevolg van een voorgaande contractiele actie. De spier is als het ware geactiveerd. In de literatuur (Kloppenburg et al, 2012) worden drie meest voor de hand liggende fysiologische mechanismen die leiden tot een PAP-effect besproken. Dit is de Myosine Light Chain (MLC) theorie, de toegenomen rekrutering van grotere motorunits als gevolg van een toename van de Hofman-reflex en een afname in de pinnatieshoek van de spierzenuwen.

Agilitytraining

Letterlijk betekent agility wendbaarheid. De klassieke definitie beschrijft agility als de mogelijkheid om van snel van richting te veranderen (Bloomfield, Ackland, & Elliott, 1994; Clarke, 1959; Mathews, 1973) maar ook de mogelijkheid om snel en accuraat van richting te veranderen (Barrow & McGee, 1971; Johnson & Nelson, 1969). In recentere publicaties wordt gesproken over richtingsveranderingen van het gehele lichaam evenals snelle bewegins- en richtingsveranderingen van de ledematen (Baechle, 1994; Draper & Lancaster, 1985).

Alle vaardigheden van een sporter die nodig zijn om op snelle en explosieve wijze bewegingsrichtingen te veranderen (w.o. accelereren en decellereren) met behoud van maximale snelheid, balans (stabiliteit) en vermogen. Het betreft hier vooral non-lineaire bewegingen. Spelsporten worden gekenmerkt door een hoog agility gehalte. Een vaak gehanteerde definitie voor agilitytraining is de volgende: "een specifieke coördinatietraining onder vermoede omstandigheden, dus voordat de techniektraining wordt uitgevoerd, waarbij de sporter (a)lactisch wordt uitgeput" (Goolberg, 2005). Bij goed getrainde sporters is het ook mogelijk om de agilitytraining na de techniektraining te laten plaats vinden.

Variabele methode

Trainingsvorm waarin de weerstand zwaarder of lichter is t.o.v. de taak/activiteit uit de hulpvraag. De variabiliteit kan gezocht worden in het toegepaste materiaal of het lichaam van de sporter. De variabele methode kan zodoende ook geïntegreerd worden in een complextraining of binnen een plyometrietraining.

Een spier vanuit voorrek krachtig laten aanspannen kan resulteren in een groter vermogen. Afhankelijk van de snelheid waarmee de voorrek plaats vindt wordt er gesproken over een pre-stretch (langzaam) of plyometrie (snel). Het voordeel van plyometrietraining is het gebruik van de stretch shortening cycle (SSC). Dit is een excentrische-concentrische koppeling waarbij het spier-peescomplex snel, kortdurend en krachtig gerekt wordt en daarna direct verkort. De toename in het geleverde vermogen t.o.v. een niet plyometrische contractie is te verklaren middels twee principes.

1. Mechanisch

Een snelle rek zorgt voor een toename van de elastische energie die vrijkomt op het moment dat de excentrische fase over gaat in een concentrische fase. Voorwaarde is wel dat de tijd tussen deze twee fases kort is. De grootste bijdrage wordt geleverd door de serieel elastische componenten uit het spiermodel van Hill.

2. Neurofysiologisch

De voorrek stimuleert de spierspoeltjes die vervolgens een input leveren aan het ruggenmerg middels de la vezels. Alpha motoneuronen innerveren vervolgens de extrafusaal gelegen spiervezels die reflexmatig een spiercontractie leveren.

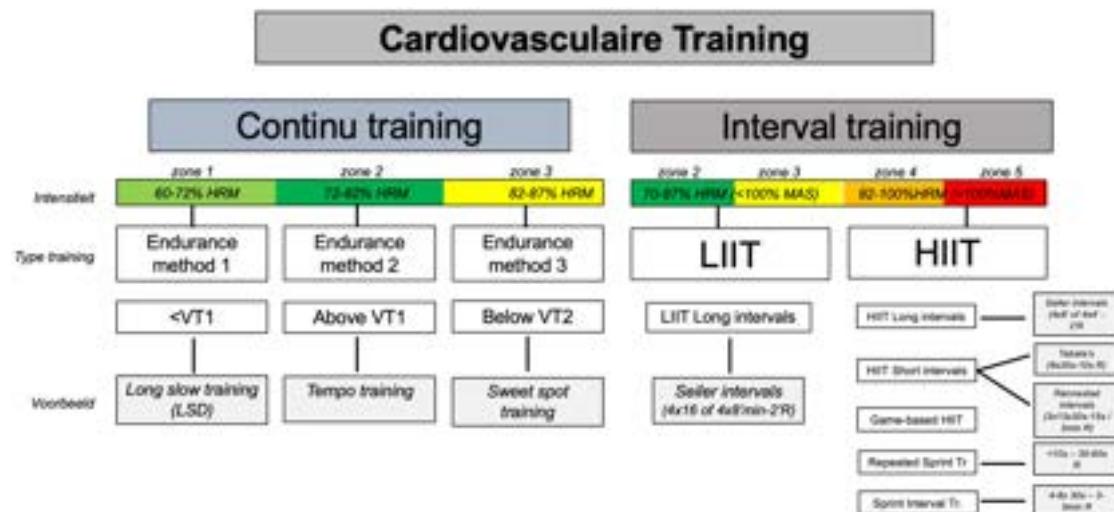
High Intensity (Interval) Training (HIIT)

Als tegenhanger van de continue methode (duurmethode) bestaat de interval methode. Dit is een trainingsvorm waarbij vaak korte intervallen van minder dan 5 minuten met hoge intensiteit worden afgewisseld met lage intensieve momenten. Een intensiteit op of boven het maximale zuurstofopnamevermogen. Dit met als doel het prestatievermogen te vergroten. Met deze trainingsvorm kan in korte tijd de $\text{VO}_{2\text{piek}}$ en lactaatdrempe worden verhoogd bij gezonde sporters (Clark et al. 2014). Tevens zijn er studies gedaan bij hartpatiënten waarbij een verbetering wordt gezien in $\text{VO}_{2\text{piek}}$, diastolische functie van het hart, endotheelfunctie en kwaliteit van leven (Haykowsky et al 2013; Weston et al 2014; Wisloff, 2007). Bij longpatiënten wordt gezien dat HIIT-training beter wordt volgehouden dan continue training (Puhan et al 2006).

In de literatuur worden verschillende indelingen gehanteerd als het gaat over intervaltraining. De indeling waarin deze reader voor gekozen wordt, is gebaseerd op het werk van Laursen & Buchheit (2019). Intervaltraining wordt verdeeld in laag intensieve en hoog intensieve intensiteit t.o.v. de $\text{VO}_{2\text{max}}$. Ook wel aangeduid als LIIT of HIIT. Vervolgens worden de HIT training verder verdeeld in de volgende vormen:

- *HIIT-short (<1min)*
- *HIIT-long (>1min)*
- *Game-based*
- *Repeated Sprint Training (SRT)*
- *Sprint interval Training (SIT)*

Samengevat kan onderstaand overzicht helpen om door de bomen het bos te blijven zien als het gaat om het trainen van het cardiovasculaire uithoudingsvermogen.



Figuur 9.2: Overzicht cardiovasculaire trainingsvormen met verschillende voorbeelden.

Is interval training de verdeling tussen litt en hiit niet alleen maar het moeilijker maken van en komt het voort uit de marginale winsten voor top atleten? wat is de praktische waarde voor reguliere sporter(tijd winsten)

Doet litt en hiit niet veel meer beroep op de trainingswetmatig heden en de trainingsfundamenten?

10. Literatuurlijst

- Allen, H. & Coggan, E., (2010). *Training and Racing with a Power Meter* (2nd rev edn.). Boulder USA: VeloPress.
- Beachle, T.R. (1994). *Essentials of Strength Training and Conditioning*, NSCA. Human Kinematics, Champaign, IL.
- Baechle, T.R. and Earle R.W. (2008). *Essentials of Strength training and conditioning*. Illinios USA: Human Kinetics.
- Baker, D., (2003). Acute Effect of Alternating Heavy and Light Resistances on Power Output During Upper-Body Complex Power Training. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 17 (3), xxx-xxx.
- Barrow. H.M. & McGee, R., (1971) *A practical approach to measurement in physical education*. (2nd edn.). Philadelphia: Lea & Febiger
- Binder, R.K., M. Wonisch, U.Corra, A. Cohen-Solal, L. Vanhees, H. Saner and Jean-Paul Schmid (2008) Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 15, 726-733.
- Bloomfield, J., Ackland, T. and Elliott, B. (1994) *Applied Anatomy and Biomechanics in Sport*, Melbourne, Blackwell Scientific Publications
- Bompa TO & Buzzichelli C (2015). Periodization Training for Sports. Human Kinematics, Champaign, IL.
- Bottenberg, H.A. (2005), *Woordenboek terminologie trainingsleer van A tot Z*, (4e edn) Nederlands, Haarlem: De Vrieseborch
- Breda, E.v. (2009) "Slimmer trainen, wetenschap en praktijk", *Sportgericht*, 6, 22-26.
- Brown, L. (2007). *Strengthtraining* NSCA: Human Kinematics, Champaign, IL.
- Brzycki, M. (1993). *Strength Testing – Predicting a One-Rep Max from Reps-to-Fatigue*. The Journal of Physical Education, Recreation & Dance, 64 (1), 88-90.
- Burgerhout, W.G. (2007a), "Afscheid van Melkzuur (1)", *Sportgericht*, 61, 76-80.
- Burgerhout, W.G. (2007b), "Afscheid van Melkzuur (2)", *Sportgericht*, 61, 2-5.
- Burgerhout, W.G., dr., Mook, G.A., dr., Morree, J.J.d., drs. & Zijlstra, W.G., dr. (eds) 2010, *Fysiologie* (6e druk), Nederland, Maarssen: Elsevier gezondheidszorg
- Burgerhout WG. De maximale zuurstofopname (VO₂max). Feiten en Fabels (deel 1). Sportgericht 2009: 63: 6-10

- Clark, B., Costa, V. P., O'Brien, B. J., Guglielmo, L. G., & Paton, C. D. (2014). Effects of a Seven Day Overload-Period of High-Intensity Training on Performance and Physiology of Competitive Cyclists. *PLoS one*, 9(12), e115308.
- Clarke, H. E. (1959). *Application of measurement to health and physical education*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- DiStasio, T.J. (2014). *Validation of the Brzycki and Epley Equations for the 1 Repetition Maximum Back Squat Test in Division I College Football Players*. Southern Illinois University Carbondale Research paper.
- Dohoney, P., Chromiak, J.A., Lemire, D., Abadie, B.R. & Kovacs, C. (2002). *Prediction of one repetition maximum (1-RM) strength from a 4-6 RM and a 7-10 RM submaximal strength test in healthy young adult males*. Journal of Exercise Physiology Online, 5 (3), 54-59.
- Draper, J. A., & Lancaster, M. G. (1985). The 505 test: A test for agility in the horizontal plane. *Australian Journal for Science and Medicine in Sport*, 17(1), 15-18.
- Duthie GM, Young WB & Aitken D (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 and Conditioning Research*, 16 (4), 530-538.
- Epley, B. (1985). Poundage chart. In: Boyd Epley Workout. Lincoln, NE: Body Enterprises, p. 86.
- Fox, S.I. (2010) *Human physiology* (12edn) US, Columbus: McGraw-Hill Higher Education
- Fleck, S. & Kraemer, W. (2014). Designing Resistance Training Programs, 4th Ed. Human Kinetics.
- Gestel, J.L.M. en Hoeksema-Bakker, C.M.C. (1997). *Paramedische trainingsbegeleiding; trainingsleer en inspanningsfysiologie voor de paramedicus: Training van spierkracht en spierfunctie*. Nederland, Houten/Zaventem: Bohn Stafleu Van Loghum.
- Goolberg, T. van de (2005) *De Rehaboom. een methodische aanpak in de sportrevalidatie*, 1^e druk, Nederland, Amsterdam: Reed business.
- Haykowsky, M. J., Timmons, M. P., Kruger, C., McNeely, M., Taylor, D. A., & Clark, A. M. (2013). Meta-analysis of aerobic interval training on exercise capacity and systolic function in patients with heart failure and reduced ejection fractions. *The American journal of cardiology*, 111(10), 1466-1469.
- Hein, E., Zeggelaar, A., Wolters, R. (2003). *Een introductie in de krachttrainingsleer*. Vakblad voor krachtsporters, krachttrainers en fitnessprofessionals. 1, 6-9.
- Helms, E.R, et al., (2016). *Application of the Repetitions in Reserve- Based Rating of Perceived Exertion Scale for Resistance Training*. Strength & Conditioning Journal, 38(4), 42-49.

- Hill, A.V. (1938). The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. Proceedings of the Royal Society of London, B126, 136-195.
- Hulzebos, E. & Loo, H. van der (2002). Paramedische trainingsbegeleiding: trainingsleer in inspanningsfysiologie voor de paramedicus. Bohn Stafleu van Loghum.
- Johnson, B. L., & Nelson, J. K. (1969). *Practical measurements for evaluation in physical education*. Minneapolis, MN: Burgess.
- Kloosterboer, T. (1996). Elementaire trainingsleer en trainingsmethoden, (3e edn), Nederland, Haarlem: De Vrieseborch.
- Kloppenburg, S., Rehorst & Beurskens, R. (2012). Complex training: definitie en theoretische rationale. *Sportgericht*, 1, 11-16.
- Koch, B., Schäper, C., Ittermann, T., Spielhagen, T., Dörr, M., Völzke, H., ... & Gläser, S. (2009). Reference values for cardiopulmonary exercise testing in healthy volunteers: the SHIP study. *European Respiratory Journal*, 33(2), 389-397.
- Laursen, P. & Buchheit, M. (2019). Science and Application of High-Intensity Interval Training. Champaign USA: Human kinetics.
- Mathews, D. K. (1973). *Measurements in physical education*. Philadelphia, PA: W. B. Saunders.
- McLellan, T.M. & Skinner, J.S. (1981). The use of the aerobic threshold as a basis for training. *Can J Appl Sport Sci*, 6(4):197-201.
- Poel, G. M.W.A. van der & Morree, J.J.d., (2019), Inspanningsfysiologie, Oefentherapie en training, (3e herziene druke edn), Nederland, Houten: Bohn Stafleu van Loghum.
- Philp, A., Macdonald, A.L. & Watt, P.W. (2005), "Lactate--a signal coordinating cell and systemic function", *The Journal of experimental biology*, 208 (24), 4561-4575.
- Puhan, M. A., Büsching, G., Schünemann, H. J., Zaugg, C., & Frey, M. (2006). Interval versus continuous high-intensity exercise in chronic obstructive pulmonary disease: a randomized trial. *Annals of internal medicine*, 145(11), 816-825.
- Richens, B., & Cleather, D. J. (2014). The relation between the number of repetitions performed at given intensities is different in endurance and strength trained athletes. *Biology of Sport*, 31(2), 157.
- Rietveld, J. (2017). Velocity Based Training. Deel 1: Meerwaarde ten opzichte van Percentage Based Training. *Sportgericht*, 71 (6), 22-27.
- Rietveld, J. (2019). Velocity Based Training. Deel 2: Praktische toepassing binnen de sport. *Sportgericht*, 73 (3), 12-17.

- Rietveld, J. & Hooren, B., van (2014). Complex training of contrast training: twee varianten van de complexmethode om poast activatie uit te lokken. *Sportgericht* 68 (3), 36-41
- Robergs, R.A. & Landwehr, R. (2002). THE SURPRISING HISTORY OF THE “HRmax=220-age” EQUATION. *Journal of Exercise Physiologyonline*. 5 (2), 1-10.
- Rønnestad, B.R. et al. (2015). Short intervals induce superior training adaptations compared with long intervals in cyclists – An effort-matched approach. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25:143-151
- Rønnestad, B.R. et al. (2020) Superior performance improvements in elite cyclists following short intervals vs. effort-matched long intervals training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, Jan 24 (Epub ahead of print).
- Seiler, S. & Tønnessen, E. (2011). Intervals, Thresholds, and Long Slow Distance: the Role of Intensity and Duration in Endurance Training. *Sportscience* 13, 32-53,
- Seiler, S. (2010). What is Best Practice for Training Intensity and Duration Distribution in Endurance Athletes? *Int J Sports Physiol Perform* 5(3):276-291.
- Sing, F.M., et al., (2019). ACSM guidelines for strength training.
- Sip, W. (2010). Kracht- en stabiliteitstraining. Nederland, Zeist: Uitgeverij Kerckebosch
- Skinner, J.S. & McLellan, T.H. (1980). The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Res Q Exerc Sport*, 51:234–248.
- Smit, A. (2011), Het kwantificeren en sturen van de trainingbelasting: De herkomst van trainingszones (deel 1), *Sportgericht*. 4, 2-7.
- Smit, A. en L. van der Vleuten. (2011), Het kwantificeren en sturen van de trainingbelasting ‘Optimale’ verdeling van intensiteit bij duursporttraining (deel 2), *Sportgericht*, 6, 7-11.
- Sterling, P. (2012). Allostasis: a model of predictive regulation. *Physiology & behavior*, 106(1), 5-15.
- Takken, T. (2007), Inspanningstests, 2e edn, Nederland, Maarssen: Elsevier gezondheidszorg.
- Takken, T., Hulzebos, E., (2011) Basisprincipes van de inspanningsfysiologie, *Nederlands Tijdschrift voor Fysiotherapie*, 11-18
- Tanaka, H, Monahan, K.D., Seals, D.R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *J. Am. Coll. Cardiol.* 37 (1): 153–56
- Thompson, W.R., N.F. Gordon, L.S. Pescatello (2010) ACSM’s Guidelines for Exercise Testing and Prescription. American College of Sports Medicine. Wolter Kluwer, eighth edition

- Van Wingerden in Gestel, J.L.M. en Hoeksema-Bakker, C.M.C. (1997) *Paramedische trainingsbegeleiding; trainingsleer en inspanningsfysiologie voor de paramedicus Nederland*, Houten/Zaventem: Bohn Stafleu Van Loghum.
- Verheijen, R. (2009) *Het coachen van voetballen - het periodiseren van voetballen*. Nederland: Drukkerij Giethoorn Ten Brink.
- Verkhoshansky, Y. and Tetyan, V. (1973) Speed-strength preparation of future champions. *Legkaya Athletika* 2, 12-13.
- Weston, K. S., Wisløff, U., & Coombes, J. S. (2014). High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 48(16), 1227-1234.
- Wilmore, J.H. & Costill, D.L. (2008), *Physiology of Sport and Exercise*, (4e edn), Champaign USA: Human kinetics
- Wilson, JM, Duncan, NM, Marin, PJ, Brown, LE, Loenneke, JP, Wilson, SMC, Jo, E, Lowery, RP, and Ugrinowitsch, C. (2013) Meta- analysis of postactivation potentiation and power: Effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *Journal of Strength & Conditioning Research* 27(3): 854–859.
- Wisløff, U., Støylen, A., Loennechen, J. P., Bruvold, M., Rognmo, Ø., Haram, P. M., ... & Skjærpe, T. (2007). Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients a randomized study. *Circulation*, 115(24), 3086-3094.
- Wittink, H. (2008). Exercise is medicine. *Openbare les Lecotraat leefstijl en gezondheid*. Nederland, Utrecht: Hogeschool Utrecht
- Zintl, F. (1995). *Basisprincipes, methoden en trainingsbegeleiding*. Nederland, Haarlem: De Vrieseborch

Aanbevolen literatuur voor verdieping

Boeken

- Bosch, F. (2019). Anatomie van de wendbaarheid. 2010 Uitgevers.
- Bosch, F. (2016). Krachtraining en coördinatie. 2010 Uitgevers
- Buchheit, M. & Laursen, M. (2019). *Science and Application of High-Intensity Interval Training*. Human Kinetics.
- Hulzebos, E. & Loo, van der H. (2002). *Training van het cardiorespiratoire uithoudingsvermogen*, (1^e druk). Nederland, Houten: Bohn Stafleu van Loghum.
- Takken, T. (2006). *Wielrennen en wetenschap*. Elsevier Gezondheidszorg, Maarsen.
- Takken, T. (2007). *Inspanningstests*. Springer Media B.V.

Turner, A. & Comfort, P. (2017). Advanced Strength and Conditioning: an Evidence-based approach. Routledge Londen.

Internet

www.sportsci.org

Bruikbare informatie voor (aankomende) sportwetenschappers.

www.inspanningsfysiologie.pagina.nl

Startpagina met een duidelijk overzicht en vele links naar inspanningsfysiologische onderwerpen.

www.brainmac.demon.co.uk

Veel beschrijvingen van inspanningstests met Excel-bestanden voor de verwerking en analyse van de resultaten.

www.strongkid.com

Veel praktische informatie omtrent anaërobe training en krachttraining bij kinderen.

www.topendsports.com

Praktische site over fitness- en inspanningstests met bijbehorende links naar sites met aanvullende informatie.

www.trainingpeaks.com-

<http://home.trainingpeaks.com/articles/cycling/power-training-levels,-by-andrew-coggan.aspx>

Trainingszones volgens Andrew Coggan

www.exrx.net

Exercise Prescription is een gratis site gericht op het opstellen van trainingsschema's w.o. boeken, video's en afbeeldingen.

<http://freewebs.com/velodynamics2/traininglevels.pdf>

<http://doefiets.nl/training/basisprincipes/hartslagzones-karvonen>

Bepaling van trainingszones volgens de methode van karvonen.

<http://www.sportzorg.nl/sporttakken/abc/wielrennen/overtraining-bij-wielrenners/wat-is-overtraining.html>

Sportzorg 2011 – overtrainingstabel

http://www.google.co.uk/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CC0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.stud.tue.nl%2F~theta%2Fwedstrijd%2Farchief%2Ftrainingsleer26-10.doc&ei=PM4cUpyyCebI0QWf3IGwAQ&usg=AFQjCNHHAElwdPw_WzWkdZgr5HUaf5fkcg

Rutten, T. (2002) *Trainingsleer*.