

II Achtergrondinformatie trainingsprogramma

Tijdens het onderzoek wordt er gebruik gemaakt van een aëroob trainingsprogramma. In deze bijlage wordt de achtergrondinformatie gegeven die betrekking heeft op het aëroob trainingsprogramma. Achtereenvolgens komen de volgende items aan bod:

- 2.1 aërobe stofwisseling
- 2.2 aëroob vermogen
- 2.3 aëroob versus anaëroob
- 2.4 principes trainingsprogramma
- 2.5 intervaltraining

2.1 Aërobe stofwisseling

Tijdens arbeid die lang kan worden volgehouden ontstaat een evenwicht tussen de verbruikte hoeveelheid ATP, adenosinetrifosfaat, en de nieuwvorming daarvan door de oxydatieprocessen die zich in de mitochondriën, *ovale of bolvormige organellen die van grote betekenis zijn voor de celstofwisseling, omdat hierin de verbrandingsprocessen (oxydaties) plaatsvinden waarbij de energierijke verbinding ATP (adenosinetrifosfaat) wordt gevormd*, afspelen. Als afvalprodukten worden uitsluitend CO₂ (koolstofdioxide) en H₂O (water) gevormd, die gemakkelijk door de spiercellen aan de extracellulaire vloeistof kunnen worden afgegeven en door het bloed worden afgevoerd. Zolang de voorraad brandstoffen, in de vorm van glycogeen en vetzuren toereikend is, hetgeen doorgaans het geval is, kan deze arbeid gedurende lange tijd worden volgehouden. Thans wordt er vanuit gegaan dat iemand die duurarbeid verricht bij voldoende toevoer van O₂ (zuurstof) in een toestand komt van een schijnbaar evenwicht: 'steady state', een toestand waarin een (fysiologisch) systeem, zoals V_{O₂} netto geen verandering ondergaat³⁶.

2.2 Aëroob vermogen

Dat tijdens aërobe arbeid wel een steady state kan worden bereikt en tijdens anaërobe arbeid niet, is voor de praktijk belangrijk. Wanneer gedurende langere tijd een zware prestatie geleverd moet worden, in onze welvaartsmaatschappij is dat overigens vrijwel uitsluitend nog bij sport het geval, zal de maximale hoeveelheid aërobe arbeid die kan worden verricht, bepalend zijn voor het welslagen. Het spreekt daarom voor zichzelf dat zowel de factoren die het vermogen tot het verrichten van aërobe arbeid bepalen, alsmede mogelijkheden om, bijvoorbeeld door training, dit vermogen te verruimen vooral in de sportwereld grondig worden bestudeerd. Het is nog steeds niet duidelijk welk proces de beperkende factor vormt voor ons aëroob functioneren, het is wel duidelijk dat het zuurstofverbruik daar veel mee te maken heeft. Om die reden wordt de grootte van de maximale zuurstofopname per minuut de V_{O₂max} of maximaal aëroob vermogen, algemeen als maat gebruikt voor het maximale prestatievermogen van een individu hetgeen dan weer een belangrijke maat is voor zijn 'conditie'. De maximale zuurstofopname wordt vaak de aërobe capaciteit genoemd waaronder wordt verstaan: *de hoogste zuurstofopname, uitgedrukt in liters per minuut, die een individu kan bereiken bij het verrichten van lichamelijke arbeid tijdens het ademen van gewone lucht op zeeniveau*. Waar men de aërobe capaciteit interpreteert als een maat voor het verrichten van een duurprestatie, dat wil zeggen van arbeid per tijd, is het beter te spreken van aëroob vermogen (vermogen = arbeid per tijd). Meting van het aëroob vermogen wordt veelvuldig gedaan als men iets wil weten over het duurprestatievermogen van een individu. Het is dus een typische individuele meting, waarvan de uitkomst zeer zal afhangen van de kwaliteit van de geteste proefpersoon. Men wil dus geïnformeerd worden over de maximale O₂-consumptie, V_{O₂max} van het individu³⁶.

2.3 Aëroob versus anaëroob

De aërobe energieproductie komt trager op gang dan de anaërobe energieproductie; aan het begin van arbeid zal de energielevering daarom vrijwel uitsluitend langs de anaërobe weg moeten plaatsvinden. Wanneer eenmaal de aërobe energieproductie voldoende op gang is gekomen, heeft deze vorm van energielevering een aantal voordelen boven de anaërobe vorm. In de eerste plaats heeft dit van doen met de totale hoeveelheid beschikbare energie die door middel van aërobe stofwisseling zo'n 500x groter is dan door anaërobe stofwisseling. Hiervoor zijn verschillende redenen

te noemen. De vetzuren zijn bijvoorbeeld voor de anaërobe energievoorziening in het geheel niet beschikbaar, omdat de energievrijmaking daaruit uitsluitend via de Krebs-cyclus en de oxydatieve fosforylering in de mitochondriën plaatsvindt. Onder anaërobe omstandigheden staat dit proces in principe stil of functioneert het in ieder geval zeer onvoldoende. Ook de energie uit de glucose en glycogeen is beperkt leverbaar, dat wil zeggen tot aan de vorming van pyrodruivezuur. De daarbij vrijkomende energie is slechts een fractie van de hoeveelheid die vrijkomt bij volledige verbranding van glucose. Indien ook de aanwezige energierijke fosfaten worden meegerekend, bedraagt de totale hoeveelheid voor de totale anaërobe stofwisseling beschikbare energie ca. 380 kJ (90 kcal), terwijl aëroob ruim 205.000 kJ (49.000 kcal) voorhanden zijn. De hoeveelheid substraat voor aërobe arbeid hoeft dus niet als een beperkende factor te worden gezien. Voor anaërobe arbeid geldt dit soms wel, en daar is een reden voor, zowel door de beperkte voorraad als door het feit dat anaërobe arbeid snel een gevoel van uitputting veroorzaakt. Er zijn nog ander redenen aan te voeren waarom iemand tijdens anaërobe arbeid niet in een steady state kan komen. Het door reductie van pyrodruivezuur gevormde melkzuur kan pas weer worden afgesplitst indien zuurstof in voldoende mate aanwezig is. Zolang dit niet het geval is, zal het melkzuur zich ophopen in de cel en vervolgens diffunderen naar interstitium en bloed. De verzuring, acidose, die het gevolg is van de aanwezigheid van melkzuur, heeft een remmend effect op tal van enzymsystemen. Bij voortdurend zuurstoftekort cumuleert het melkzuur en zal de concentratie van melkzuur in het bloed meer stijgen. Deze cumulatie van afvalproducten treedt niet op tijdens de aërobe energielevering; pyrodruivezuur en vetzuren worden dan volledig oxydatief afgesplitst in CO_2 en H_2O die via de longen, huid en nieren gemakkelijk kunnen worden afgevoerd³⁶.

2.4 Principes trainingsprogramma

Als er gekeken wordt naar de factoren die een rol spelen in alle soorten trainingsprogramma's, zijn er vier algemene factoren die een grote rol spelen, namelijk:

- ✓ de grondbeginselen van training
- ✓ de verschillende trainingsfasen
- ✓ inleidende belasting of warming-up
- ✓ cooling-down

Tijdens de onderstaande tekst zullen de bovenstaande factoren één voor één behandeld worden, met uitzondering van de factor verschillende trainingsfasen. Deze factor is namelijk niet van belang tijdens het onderzoek en zal in onderstaande tekst dan ook niet verder worden besproken.

2.4.1 De grondbeginselen van training

De grondgedachte achter elke training is:

1. inzicht verkrijgen in het energiesysteem dat ten aanzien van een bepaalde te verrichten activiteit het meeste wordt geactiveerd
2. op basis van het principe van overbelasting een trainingsprogramma opstellen waarmee dit bepaalde energiesysteem meer dan met enig ander programma wordt verbeterd.

Specificiteit van training

Deze term komt overeen met de eerste, bovenstaande, grondgedachte achter training. Alle trainingsprogramma's moeten specifiek gericht zijn op het ontwikkelen van het energiesysteem of de energiesystemen die bij het verrichten van de activiteit in kwestie, in het trainingsprogramma fietsen, in het grootste deel van de behoefte aan energie voorzien. Het grondprincipe van specificiteit is trouwens evenzeer van toepassing op algemene trainingsprogramma's. Bij de algemene trainingsprogramma's is men echter meestal geïnteresseerd in het vergroten van iemands fitheid dan in het vergroten van het prestatievermogen van de betreffende persoon. Wanneer het verbeteren van iemands uithoudingsvermogen in meer de algemene zin des woords op de voorgrond staat, kunnen alle energiesystemen; de beide anaërobe systemen (fosfaatsysteem en melkzuursysteem) en het aërobe systeem in een trainingsprogramma worden opgenomen. Hierbij moet het accent gelegd worden op het systeem dat het meeste bijdraagt tot iemands behoefte betreffende zijn fitheid. Zo zijn mensen herstellende van een hartinfarct of andere soortgelijke cardiorespiratoire aandoening het meest gebaat bij belastingsvormen waarbij het zuurstofsysteem een belangrijke rol speelt.

Overbelasting, frequentie en duur van training

De tweede grondgedachte met betrekking tot training heeft te maken met het principe van opklimmende belasting. Dit principe houdt met betrekking tot krachttraining in dat de belasting vrijwel maximaal is en dat deze geleidelijk aan wordt verhoogd naarmate de spierkracht en het spierkrachtuithoudingsvermogen als gevolg van de krachttraining groter worden. Bij krachttraining wordt dit afgemeten aan het herhalingsmaximum. Wanneer de training bestaat uit hardlopen, fietsen of zwemmen moet de belasting op een andere wijze dan bij krachttraining worden aangepast; onder dergelijke omstandigheden gebeurt dat door de *intensiteit*, de *frequentie* en/of de *duur van de belasting* te veranderen.

Vaststellen trainingsintensiteit

De intensiteit van de belasting is waarschijnlijk wel de meest belangrijke van de bovengenoemde drie trainingsvariabelen waarop het principe van overbelasting kan worden toegepast. Zo bestaat er een direct verband tussen de intensiteit van de training en de toename in het maximale aërobe uithoudingsvermogen (V_{O2max})^{9,10}. Op welke wijze kan de intensiteit van de training worden bepaald? De eenvoudigste methode is de methode waarbij gebruik gemaakt wordt van de *slagfrequentie van het hart*. Men heeft vastgesteld dat de mate waarin de slagfrequentie van het hart toeneemt als gevolg van een bepaalde opgelegde belasting, gebruikt kan worden als maat voor de overbelasting van het lichaam in het algemeen en van het cardiovasculair systeem in het bijzonder^{11,13}. De intensiteit van de training wordt meestal bepaald aan de hand van de hartslagfrequentie waarmee ook op indirecte wijze het zuurstofgebruik door het lichaam geschat kan worden. De indirecte wijze waarop het zuurstofgebruik door het lichaam geschat kan worden maakt gebruik van het nomogram van Åstrand-Åstrand¹². Het idee is ontstaan om een streefwaarde voor de hartslagfrequentie (HF_{streef}) te bepalen waarop men zich bij duurtraining moet richten. Er zijn twee methoden om de HF_{streef} te bepalen. De methode die tijdens het trainingsprogramma gebruik gaat worden wordt hieronder getoond

Methode van de maximale hartslagfrequentie

Volgens deze methode wordt de HF_{streef} bepaald alleen aan de hand van de maximale hartslagfrequentie van het hart. Zo is bijvoorbeeld 75% HF_{streef} voor een sportbeoefenaar met een HF_{max} van 200 sl/min heel eenvoudig op de volgende wijze te berekenen:

$$\begin{aligned} 75\% HF_{streef} &= 0,75 \times HF_{max} = 0,75 \times 200 \\ &= \mathbf{150 \text{ slagen/min}} \end{aligned}$$

De laagste HF_{streef} (75% HF_{max}) wordt beschouwd als de *drempelwaarde*¹¹. Dit betekent dat een HF_{streef} met een lagere waarde niet altijd borg staat voor een voldoende overbelasting van het lichaam om het aërobe uithoudingsvermogen of de prestatie bij duurbelasting te vergroten. Voor jonge mensen in de leeftijd van 20-25 jaar, zowel mannen als vrouwen, wordt in het kader van duurtraining een HF_{streef} aanbevolen van tussen de 85% en 95% HF_{max} . Voor oudere mensen gelden lagere waarden voor de HF_{streef} . Deze waarden staan in tabel 2.1

Tabel 2.1 Gemiddelde HF_{max} bij verschillende leeftijden en aanbevelingen voor HF_{streef} voor gezonde, geen klachten vertonende deelnemers aan een trainingsprogramma*

Leeftijd (jaren)	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
HF_{max}	190	185	180	170	160
Hoogste HF_{streef} $0,9 (HF_{max} - 75) + 75$	179	174	170	161	152
Laagste HF_{streef} $0,6 (HF_{max} - 75) + 75$	144	141	138	132	126
Gemiddelde HF_{streef} $0,7 (HF_{max} - 75) + 75$	155	152	149	141	135

Bron: * aangepast uit The American College of Sports Medicine⁴⁵

Om de zojuist beschreven methode te kunnen gebruiken voor het bepalen van de intensiteit van de duurtraining moeten de maximale waarde en de rustwaarde van de slagfrequentie van het hart bekend zijn. De Hf_{rust} kan worden bepaald door middel van een hartslagmeter of een bloeddrukmeter. Het is moeilijk om op directe wijze de maximale hartslagfrequentie van het hart te bepalen. De HF_{max} kan echter ook, zowel voor mannen als voor vrouwen op de volgende wijze op basis van leeftijd geschat worden:

$$HF_{max} = 220 - \text{leeftijd}$$

Naast de methode die gebruik maakt van de slagfrequentie van het hart bestaat er nog een methode om de intensiteit van de opgelegde belasting tijdens duurtraining te bepalen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de *anaërobe drempel*, dit is de intensiteit van belasting of het zuurstofverbruik waarbij het anaërobe metabolisme een belangrijke rol gaat meespelen bij de resynthese van ATP. Verschillende onderzoekers hebben bepleit dat de intensiteit van de belasting die aan op uithoudingsvermogen getrainde sportbeoefenaars tijdens duurtraining wordt opgelegd gelijk moet zijn aan de anaërobe drempel of boven deze drempel gekozen moet worden²⁰. Er bestaan twee methoden om de intensiteit van belasting bij de anaërobe drempel te bepalen; voor beide methoden is een laboratoriumuitrusting nodig. Eén van beide methoden zal hieronder beschreven worden.

De methode van melkzuurgehalte van het bloed

Deze methode berust op het bepalen van de melkzuurconcentratie in het bloed bij twee of meer verschillende intensiteiten van een opgelegde belasting. Men neemt daarbij aan dat een melkzuurconcentratie van 4 mmol/l* in het bloed is gelijk aan het niveau waarop de anaërobe drempel ligt.

De fysiologische verschillen tussen de methode die uitgaat van de slagfrequentie van het hart en die welke uitgaat van de anaërobe drempel om de belastingsintensiteit voor duurtraining te bepalen hebben te maken met de verschillende systemen die belast worden. Zo wordt bij de methode die gebaseerd is op de hartslagfrequentie de trainingsintensiteit voornamelijk bepaald door de mate waarin het cardiovasculaire systeem wordt belast. Bij de methode die uitgaat van de anaërobe drempel gaat het vooral om de mate waarin het spiermetabolisme wordt belast, die de intensiteit van duurtraining bepaalt. Dat het ene systeem in bepaalde mate belast wordt hoeft niet te betekenen dat daarmee het andere systeem in gelijke mate belast wordt: dit verschilt van persoon tot persoon.

Vaststellen trainingsfrequentie en trainingsduur

In het algemeen kan gesteld worden dat naarmate de trainingsfrequentie en trainingsduur toeneemt dit een grotere lichamelijke fitheid tot gevolg heeft. Dit geldt met name voor duurtraining¹³. Zo is aangetoond dat de belasting van het cardiovasculaire systeem tijdens het verrichten van submaximale arbeid minder is naarmate programma's voor intervalduurtraining zijn toegepast met een hogere trainingsfrequentie (bijvoorbeeld 4 in plaats van 2 dagen per week) en een langere trainingsduur (bijvoorbeeld 13 in plaats van 7 weken)¹⁰. In het algemeen wordt een trainingsfrequentie aanbevolen voor duurprogramma's van 3 tot 5 dagen per week. Eénmaal trainen per dag heeft de voorkeur boven meerdere keren, 2 of zelfs 3 keer per dag, omdat het niveau van de algemene lichamelijke fitheid of het prestatieniveau daar niet extra door toeneemt. Tabel 2.2 vormt een samenvatting van en geeft een richtlijnen voor de factoren die een belangrijke rol spelen bij het principe van overbelasting.

Tabel 2.2 Richtlijnen voor trainingsprogramma's

Richtlijnen voor het bepalen van duurprogramma's (aëroob) en sprintprogramma's (anaëroob) met betrekking tot looptraining

Trainingsfactor	Aërobe training	Anaërobe training
Intensiteit	Hartslagfrequentie: 85%-95% HF _{max}	Hartslagfrequentie: 180 slagen/min of meer
Frequentie	4-5 dagen per week	3 dagen per week
Aantal trainingsbijeenkomsten per dag	één per dag	één per dag

Bron: overgenomen en aangepast uit Fox en Mathews³¹

Er moet nogmaals benadrukt worden dat van de drie trainingsvariabelen; trainingsintensiteit, trainingsduur en trainingsfrequentie, de intensiteitsfactor waarschijnlijk het belangrijkste is met betrekking tot het bereiken van een juiste overbelasting, met name bij duurtraining. De richtlijnen en informatie met betrekking tot de trainingsintensiteit gelden met name voor duurtraining, dat wil zeggen voor trainingsprogramma's die tot doel hebben het aërobe systeem of O₂-transportsysteem te verbeteren.

2.4.2 Inleidende belasting (warming-up)

Er zijn resultaten bekend van wetenschappelijk onderzoek die aantonen dat prestaties geleverd worden zonder warming-up niet verschillen van prestaties die geleverd worden na een warming-up. Uit ander wetenschappelijk onderzoek daarentegen blijkt dat het beter is om een zware lichamelijke belasting of een wedstrijd te laten voorafgaan door inleidende oefeningen, ofwel een warming-up¹⁴. Er

zijn veel fysiologische redenen voor een warming-up. De toename in lichaamstemperatuur bijvoorbeeld die het gevolg is van een goede warming-up heeft een positieve invloed op:

1. de activiteit van enzymen, waardoor de chemische reacties van de verschillende energiesystemen sneller zullen verlopen¹⁴.
2. de bloedsomloop en zuurstofvoorziening van het spierweefsel¹⁵.
3. het proces van excitatie-contractiekoppeling en reflexen. Van beide processen neemt de tijdsduur af, ze verlopen dus sneller.

Een plotselinge, intensieve belasting van het lichaam kan gepaard gaan met een onvoldoende doorbloeding van het hartspierweefsel. Dit kan worden voorkomen met een goede warming-up.

2.4.3 Cooling-down

Voor sportbeoefenaars en andere mensen die zich regelmatig lichamelijk inspannen, is het een normale zaak om direct na beëindiging van een wedstrijd of een training nog enige tijd lichte tot geringe arbeid te blijven verrichten, ook wel *cooling down* genoemd. Er zijn tenminste twee belangrijke fysiologische redenen om dit te doen:

1. De melkzuurconcentratie in het bloed en spierweefsel neemt sneller af tijdens herstel waarbij een lichte tot geringe arbeid verricht wordt, belastingsherstel, dan tijdens een herstel waarbij gerust wordt, rustherstel. Door cooling-down herstelt men dus sneller van vermoeidheid.
2. Wanneer men na zware lichamelijke belasting tijdens het herstel lichte tot geringe arbeid blijft verrichten blijft de spierpomp in werking, waardoor geen ophoping van bloed kan ontstaan in de extremiteiten, met name in de benen. De spierpomp bevordert immers de veneuze terugstroom naar het hart, omdat de venen die door regelmatig contraherende en relaxerende spieren worden omgeven zelf ook keer op keer worden samengedrukt. Het feit dat ophoping van bloed tijdens belastingsherstel wordt voorkomen heeft niet alleen tot gevolg dat de kans op later optredende spierstijfheid of spierpijn kleiner wordt, maar dat ook de kans op duizeligheid en/of flauwte afneemt.

2.5 Intervaltraining

Nu de algemene principes van een trainingsprogramma zijn uitgewerkt kan de trainingsmethode die in het onderzoek gebruikt gaat worden verder worden uitgewerkt, dit is de *intervaltraining*.

Onder intervaltraining verstaat men, zoals de naam al aangeeft, een trainingsmethode waarbij een aantal relatief korte perioden van lichamelijke belasting wordt afgewisseld met korte herstelperioden. Deze herstelperioden worden gekenmerkt door het feit dat er toch nog enige lichte tot geringe arbeid verricht wordt en dat het lichaam niet volledig herstelt van de eerder opgelegde belasting. Om het succes van deze trainingsmethode te kunnen begrijpen is het noodzakelijk eerst wat dieper in te gaan op de energieproductie en het optreden van spierversmoeidheid tijdens intervalbelasting.

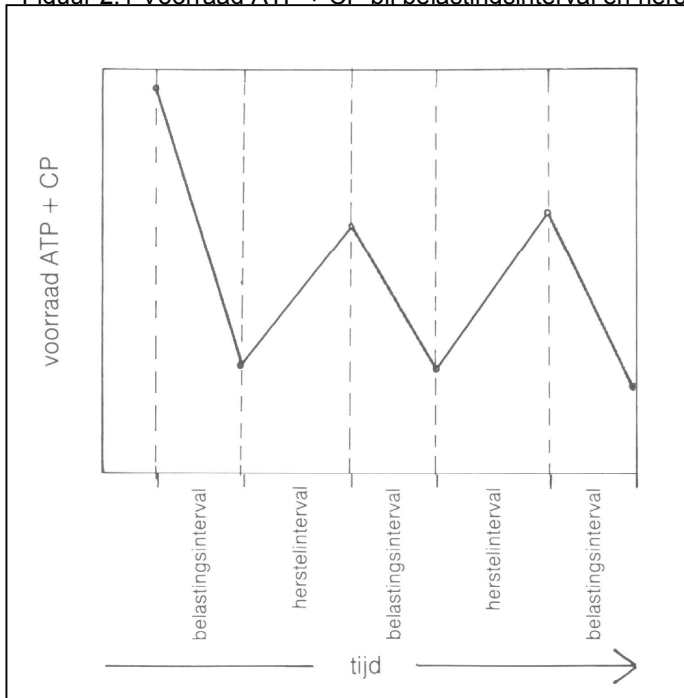
Er is een belangrijk verschil tussen intervalbelasting en continue belasting. Stel dat iemand gedurende één minuut zo hard loopt als hij kan en daarbij een zo groot mogelijke afstand probeert af te leggen. Nadat hij volledig hersteld is doet hij dit nog een keer, met dezelfde snelheid, maar nu gedurende zes korte perioden van 10 seconden die afgewisseld worden door rustperioden met een duur van 30 seconden. In beide gevallen wordt dezelfde arbeid verricht met dezelfde intensiteit, zes perioden van elk 10 seconden komt overeen met één periode van één minuut, mits met dezelfde snelheid wordt gelopen, *maar de mate waarin vermoeidheid optreedt is bij de belasting volgens het intervalprincipe aanzienlijk minder*. Dit heeft een fysiologische reden. De onderlinge verhouding tussen de bijdrage van het fosfaatsysteem (ATP + CP) en dat van het melkzuursysteem, de anaërobe glycolyse, aan de energieproductie is in beide situaties namelijk verschillend. In de situatie van intervalbelasting is de bijdrage in de energievoorziening via het fosfaat- (ATP + CP) – systeem relatief groter en die via het melkzuursysteem, relatief kleiner¹⁶. Tijdens de belasting zoals die wordt uitgevoerd volgens het intervalprincipe heeft er *minder ophoping van melkzuur* plaatsgevonden, waardoor ook het vermoeidheidsgevoel minder is dan in de situatie waarin één minuut aan één stuk gelopen werd. Dit geldt in het algemeen voor intervalbelasting, ongeacht de intensiteit of de duur van de belastingintervallen.

Aanvulling van de voorraad ATP en CP

Hoe is het nu mogelijk dat bij intervalbelasting, in vergelijking met duurbelasting, de bijdrage van het fosfaatsysteem in de productie van ATP verhoudingsgewijs groter is dan de bijdrage van het melkzuursysteem? Was het niet zo dat de voorraad ATP en CP reeds na enkele seconden van de

maximale belasting uitgeput is? Dit is inderdaad het geval; men moet zich echter wel realiseren dat de relatief korte belastingsintervallen worden afgewisseld met rustperioden. De vraag die vervolgens gesteld kan worden luidt: wat gebeurt er dan, met betrekking tot de energieproductie, tijdens de herstelintervallen? Een belangrijk deel van de hoeveelheid ATP en CP in het spierweefsel die tijdens de voorafgaande belastingsintervallen is verbruikt gedurende de herstelintervallen wordt weer aangevuld via het aërobe systeem^{46,17}. Dit is weergegeven in figuur 1.1

Figuur 2.1 Voorraad ATP + CP bij belastingsinterval en herstelinterval



Bij intervalbelasting wordt een belangrijk deel van de hoeveelheid ATP en CP in het spierweefsel, die tijdens de voorafgaande belastingsintervallen is verbruikt, gedurende de herstelintervallen weer aangevuld via het aërobe systeem (bron: Fox⁴⁷)

Met andere woorden, tijdens de herstelintervallen wordt de energie die nodig is voor gedeeltelijke aanvulling van de voorraad energierijke fosfaten in de spier geleverd door het aërobe systeem met de zuurstof die tijdens het niet-melkzuurdeel van de periode van zuurstofoverschot is opgenomen. Daarnaast zal ook een deel van de zuurstofvoorraad, gebonden aan myoglobine, weer aangevuld worden^{12,18,19}. Dit alles houdt dus in dat bij intervalbelasting, telkens na een periode van herstel in het daaropvolgende belastingsinterval opnieuw gebruik gemaakt kan worden van energie die door de (gedeeltelijk) aangevulde voorraad energierijke fosfaten en aan myoglobine gebonden zuurstof wordt geleverd. Het melkzuursysteem wordt dus als het ware gespaard, waardoor melkzuurophoping niet zo snel en niet in die mate zal optreden als het geval is bij belasting van dezelfde intensiteit waarbij deze hoeveelheid arbeid aan één stuk wordt verricht. Bij duurbelasting zal de voorraad energierijke fosfaten immers binnen een minuut, afhankelijk van de hoeveelheid arbeid die verricht wordt, uitgeput zijn en niet eerder worden aangevuld dan na beëindiging van de belasting. Er wordt in een dergelijke situatie dus al snel een beroep gedaan op het melkzuursysteem voor wat betreft de productie van energie in de vorm van ATP, waardoor de melkzuurconcentratie in het bloed en spierweefsel snel tot hoge waarden toeneemt.

De mate waarin het fosfaat- en het melkzuursysteem elk afzonderlijk bijdragen in de energieproductie tijdens intervalbelasting is min of meer onafhankelijk van het type herstel, rust- of belastingsherstel, dat in de herstelperioden plaatsvindt. Totnogtoe is er alleen over intervalbelasting gesproken waarbij tijdens de herstelintervallen geen arbeid verricht werd, dus rustherstel. Bij de moderne intervalmethoden wordt echter aanbevolen om tijdens de herstelintervallen lichte of geringe arbeid te verrichten. In een later stadium zal worden besproken waar de keuze, lichte of geringe arbeid, van afhankelijk is.

Intervaltraining leidt, voor wat betreft de energiesystemen, tot de volgende resultaten:

1. De voorraad energierijke fosfaten in het spierweefsel (ATP en CP) wordt keer op keer aangesproken. Dit vormt een dusdanige belasting van dit energiesysteem dat de capaciteit hiervan zal toenemen. Dit heeft weer tot gevolg dat pas later tijdens de lichamelijke belasting spiervermoeidheid gaat optreden, omdat een minder groot beroep hoeft te worden gedaan op de anaërobe glycolyse.
2. Wanneer men de belastingsintervallen langer maakt, deze vaker laat herhalen, en wanneer men gelijktijdig de herstelintervallen verkort, wordt het zuurstoftransportsysteem extra belast en kan de capaciteit van het aërobe systeem worden vergroot.

De intervalmethode heeft een aantal voordelen ten opzichte van de duurmethode, namelijk:

- ✓ De mate waarin vermoeidheid optreedt is bij de belasting volgens de intervalmethode aanzienlijk minder dan bij de duurmethode indien er met dezelfde snelheid gelopen of gefietst wordt. Dit komt doordat er minder ophoping van melkzuur plaatsvindt tijdens de intervalmethode⁵¹.
- ✓ De op te leggen belasting is nauwkeurig te doseren⁵¹.
- ✓ Er is een systematische opbouw mogelijk van dag tot dag, waardoor iedere verbetering van het prestatievermogen snel duidelijk wordt⁵¹.
- ✓ De capaciteit, ongeacht welke energiesysteem gebruikt wordt, neemt sneller toe dan bij iedere andere trainingsmethode⁵¹.
- ✓ Tijdens de intervalduurmethode wordt het aërobe systeem meer aangesproken dan de anaërobe systemen, die bij intervalsprinttraining en intervaltempotraining aan bod komen
- ✓ Deze methode is in de literatuur^{4,5} tijdens andere onderzoeken gebruikt, waarbij naar het effect van aërobe training is gekeken bij proefpersonen die een beenmergtransplantatie hebben ondergaan. Bij deze onderzoeken heeft de intervalmethode een verbeterd aëroob uithoudingsvermogen als resultaat gehad.

2.5.1 Terminologie bij intervaltraining

Bij intervaltraining wordt gebruik gemaakt van enkele speciale termen en begrippen die hier gedefinieerd zullen worden. Het is belangrijk voor verdere uitleg van de intervalmethode deze begrippen goed te kennen.

Belastingsinterval

Dit zijn de delen van het intervaltrainingsprogramma waarin zeer intensieve arbeid wordt voorgeschreven, zoals het lopen van een 200 meter binnen een voorgeschreven tijd.

Herstelinterval

Herstelinterval is de pauze tussen twee opeenvolgende belastingsintervallen of tussen twee series van intervallen. Tijdens het herstelinterval kan 1) lichte arbeid verricht worden, zoals wandelen, aangeduid als rustherstel; 2) geringe tot matige arbeid verricht worden, zoals looppas, aangeduid als belastingsherstel of 3) een combinatie van 1 en 2. De lengte van het herstelinterval wordt meestal gerelateerd aan dat van de belastingsinterval; dit gebeurt in de vorm van een belastings-herstelverhouding die men in de regel als volgt aangeeft: 1:½, 1:1, 1:2 of 1:3. Een verhouding 1:½ geeft aan dat de lengte van het herstelinterval gelijk is aan de helft van de lengte van het belastingsinterval, 1:1 geeft aan dat beiden intervallen even lang duren. Later zullen richtlijnen gegeven worden met betrekking tot de juiste wijze van noteren van deze verhoudingen in trainingsprogramma's.

Serie

Een reeks belastings- en herstelintervallen, bijvoorbeeld een reeks van zes 200-metersprints die elk binnen een voorgeschreven tijd moeten worden gelopen en waartussen zich herstelintervallen bevinden met een bepaalde duur.

Herhalingen

Het aantal belastingsintervallen in één serie. Wanneer bijvoorbeeld een programma voorschrijft dat zes 200-metersprints gelopen moeten worden spreekt men van één serie oefeningen en zes herhalingen.

Duur van de oefening

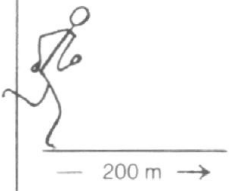
De tijdsduur waarbinnen de voorgeschreven oefening in het belastingsinterval moet worden uitgevoerd, bijvoorbeeld: elk 200-metersprint moet binnen 33 seconden worden uitgevoerd.

Trainingsfrequentie

Het aantal trainingsbijeenkomsten per week.

Een goed trainingsvoorschrift bevat gewoonlijk informatie over het aantal series, het aantal herhalingen van een bepaalde belastingsvorm, de duur van de oefening en de duur van het herstelinterval. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van een voorbeeld in figuur 2.2

Figuur 2.2 Interpretatie van een voorschrift voor intervaltraining

	aantal herhalingen	belastingsinterval		duur van het herstelinterval
		af te leggen afstand	duur van de oefening	
serie 1	één 200 m = 1 herhaling de 200m moet dus 6 x herhaald worden		elke 200 m moet in 33 s worden gelopen  33 seconden	tussen twee opeenvolgende herhalingen zit een pauze van 1:39  1:39
serie 1	6	x	200 bij 0:33	(1:39)

Interpretatie van een voorschrift voor één serie oefeningen uit een intervallooptprogramma (Bron: Fox⁴⁷)

2.5.2 Variabelen bij intervaltraining

Wanneer men op intervaltraining het principe van overbelasting wil toepassen, kan dat door variaties aan te brengen in (een of enkele van) de volgende vijf variabelen:

- ✓ intensiteit van de oefening (snelheid waarmee een bepaalde afstand moet worden afgelegd)
- ✓ het aantal herhalingen van de oefening
- ✓ de duur van het herstelinterval
- ✓ aard van herstel tijdens her herstelinterval
- ✓ trainingsfrequentie

2.5.3 Aanpassing van de variabelen

Bij het opstellen van een intervaltrainingsprogramma dient er met betrekking tot het nader invullen van de eerder genoemde variabelen met de volgende punten rekening te worden gehouden

Intensiteit van de oefening tijdens het belastingsinterval

Intervalprogramma's kunnen belastingsintervallen voorschrijven die:

- ✓ relatief lang van duur zijn en waarbij de intensiteit van de belasting laag is
- ✓ belastingsintervallen voorschrijven met een gemiddelde duur en een matig-intensieve belasting
- ✓ belastingsintervallen voorschrijven die relatief kort van duur zijn en waarbij de intensiteit van belasting hoog is.

Dit alles is afhankelijk van de vraag welk energiesysteem of welke systemen men wil verbeteren. De duur van een bepaalde activiteit is bepalend voor het energiesysteem of de systemen die de belangrijkste bijdrage leveren in de totale energiebehoefte van het lichaam onder die omstandigheden. Een goed inzicht in het verband tussen de duur van een bepaalde activiteit en het

energiesysteem dat daarbij een overheersende rol speelt in de energievoorziening van de spieren is van essentieel belang om de belastingsintervallen van de intervaltrainingsprogramma's op een juiste wijze te kunnen invullen.

Om de intensiteit van een bepaalde opgelegde belasting, bijvoorbeeld tijdens een belastingsinterval te kunnen berekenen, wordt er gebruik gemaakt van de methode die werkt met de maximale hartslagfrequentie als uitgangspunt

Aantal herhalingen

Het aantal malen dat een belastingsinterval herhaald moet worden bepaalt de totale duur van de opgelegd belasting. Wordt er gestreefd naar een maximale toename van het aërobe uithoudingsvermogen dan dient de belastingsduur minimaal 25 tot 30 minuten te bedragen.

Duur van het herstelinterval en de aard van het herstel

Er zijn twee factoren die een belangrijke rol spelen ten aanzien van het herstelinterval

1. de lengte, duur van het herstelinterval
2. de aard van het herstel tijdens het herstelinterval

Ad 1. de lengte, duur van het herstelinterval

De mate waarin de slagfrequentie van het hart na beëindiging van een belastingsinterval afneemt is een goede aanwijzing of iemand fysiologisch gezien voldoende hersteld is om aan het volgende belastingsinterval te beginnen. Bij mensen rond de 20 jaar, zowel mannen als vrouwen, dient de slagfrequentie van het hart tussen twee opeenvolgende belastingsintervallen af te nemen tot minstens 140 slagen per minuut, dit geldt zowel voor getrainde als ongetrainde mensen²⁴. De slagfrequentie van het hart moet om die reden tijdens het herstelinterval regelmatig gecontroleerd worden. Soms is het niet goed mogelijk om de duur van het herstelinterval te bepalen aan de hand van de slagfrequentie van het hart. Onder dergelijke omstandigheden kan de belasting-herstelverhouding, zoals die eerder bij de herstelinterval bij terminologie van de intervaltraining is beschreven, worden gebruikt. Ook langs deze weg kan bereikt worden dat de hartslagfrequentie tijdens het herstelinterval afneemt tot (ongeveer) 120 of 140 slagen per minuut. Wanneer relatief lange belastingsintervallen worden gekozen wordt gewoonlijk een belastings-herstelverhouding voorgeschreven van 1:1 of 1:½, voor middellange belastingsintervallen een verhouding van 1:2 en voor relatief korte belastingsintervallen wordt vanwege de hoge intensiteit een verhouding van 1:3 toegepast. Met behulp van deze verhoudingsgetallen is het gemakkelijk om het intervalprogramma bij te houden, omdat niet steeds na elk belastingsinterval de hartslagfrequentie bepaald hoeft te worden. Desalniettemin is het toch noodzakelijk om op gezette tijden tegen het einde van een belastingsinterval, een indruk te krijgen van de hartslagfrequentie opdat de intensiteit van de oefening tijdens het belastingsinterval verhoogd, verlaagd of gehandhaafd kan worden.

Ad 2. de aard van het herstel tijdens het herstelinterval

De intensiteit van de arbeid die tijdens het herstelinterval wordt verricht is van belang in verband met het energiesysteem dat men specifiek wenst te belasten. Men maakt daarbij onderscheid tussen:

- a) het verrichten van zeer lichte arbeid, zoals rustig wandelen of het strekken en buigen van armen en benen; in dit verband is er sprake van een *rustherstel*.
- b) het verrichten van lichte tot geringe arbeid, zoals een lichte looppas of joggen; er is sprake van een *belastingsherstel*
- c) een combinatie van a. en b.

Intervallen waarbij sprake is van rustherstel worden met name toegepast bij intervaltrainingsprogramma's die zijn opgezet om het fosfaatsysteem te verbeteren. Dit komt omdat tijdens dergelijke herstelintervallen de voorraad ATP en CP in het spierweefsel weer voor een groot deel wordt aangevuld, waardoor deze energierijke verbindingen tijdens een daaropvolgend belastingsinterval opnieuw in de behoefte aan energie kunnen voorzien, aangezien zij bij kortdurende, zeer intensieve belasting de belangrijkste vorm van energie vormen. Wanneer men het melkzuursysteem wil verbeteren, moet men belastingsintervallen afwisselen met intervallen waarbij sprake is van belastingsherstel. De aanvulling van de voorraad energierijke fosfaten wordt geheel of gedeeltelijk geblokkeerd wanneer tijdens het herstelinterval lichte of geringe arbeid verricht wordt. Dit heeft tot gevolg dat tijdens daaropvolgende belastingsintervallen de nadruk komt te liggen op het melkzuursysteem voor wat betreft de energievoorziening van de spier. Wanneer men het

zuurstofsysteem wil verbeteren, moet voorkomen worden dat er ophoping van melkzuur ontstaat. Intervalprogramma's die dit doel nastreven bevatten om die reden herstelintervallen waarin geen arbeid verricht wordt, dus rustherstel.

2.5.4 Samenvatting van de intervalmethode

Hieronder wordt een samenvatting gegeven van de intervaltrainingsmethode.

1. Ga eerst na welk energiesysteem of welke energiesystemen moeten worden verbeterd.
2. Kies het soort activiteit, belasting, dat tijdens het belastingsinterval verricht moet worden.
3. Stel de trainingsvoorschriften op aan de hand tabel 2.3, door gebruik te maken van informatie die in deze tabel staat achter het energiesysteem dat men wil verbeteren. Deze informatie omvat het aantal herhalingen en het aantal series, de belasting-herstelverhouding en de aard van het herstel tijdens het herstelinterval.

Tabel 2.3 Noodzakelijke informatie voor het opstellen van van programma's voor intervaltraining op basis van trainingsduur

Belangrijkst energiesysteem	Duur van de oefening (min/sec)	Aantal herhalingen per trainings- bijeenkomst	Aantal series per trainings- bijeenkomst	Aantal herhalingen per serie	Belasting-/ herstel – verhouding	Aard van het herstel-interval
Fosfaatsysteem	0.10	50	5	10	1:3	Rustherstel
	0.15	45	5	9		
	0.20	40	4	10		
	0.25	32	4	8		
Fosfaat- en melkzuur-systeem	0.30	25	5	5	1:3	Belastings- herstel
	0.40-0.50	20	4	5		
	1.00-1.10	15	3	5	1:2	
	1.20	10	2	5		
Melkzuur- en zuurstofsysteem	1.30-2.00	8	2	4	1:2	Belastings- herstel
	2.10-2.40	6	1	6	1:1	
	2.50-3.00	4	1	4		
Zuurstofsysteem	3.00-4.00	4	1	4	1:1	Rustherstel
	4.00-5.00	4-5	1	4-5	1:½	

Bron: overgenomen en aangepast uit Fox en Mathews⁴⁷

III Protocol submaximaal-test

De submaximaal-test wordt op de fietsergometer uitgevoerd. Aan de hand van deze submaximaal-test kunnen we de VO_{2max} van de patiënt inschatten. De submaximaal-test is een indirecte methode voor het bepalen van het aëroob vermogen van de proefpersoon. Bij deze submaximaal-test maken we gebruik van het Nomogram van Åstrand en Åstrand¹²

Gegevens

1. Naam	
2. Geslacht	
3. Leeftijd	Jaar
4. Gewicht	Kg
5. Vetpercentage	%
6. Vetvrije massa (vvm)	Kg
7. Rusthartslagfrequentie	Slagen/min
8. Wattage	Watt
9. Hartslag 5 ^e minuut	Slagen/min
10. Hartslag 6 ^e minuut	Slagen/min
11. Leeftijdscorrectiefactor	
12. Voorspelde VO_{2max}	Liter min^{-1}
13. Voorspelde VO_{2max} (per Kg)	$\text{ml Kg}^{-1} \text{min}^{-1}$
14. Voorspelde VO_{2max} (per Kg/vvm)	$\text{ml Kg}^{-1}(\text{vvm}) \cdot \text{min}^{-1}$
15. Resultaat test	

Procedure

1. Nummer 1-5 en 8 van de gegevens worden ingevuld alvorens wordt begonnen met de fietstest
2. De test wordt begonnen met een warming-up, dit betekent dat de proefpersoon 4 minuten gaat fietsen met een laag wattage, bijvoorbeeld 50 watt.
3. Aan de hand van de warming-up kan de begeleider het wattage schatten waarmee de proefpersoon een hartslagfrequentie behaalt van tussen de 125-170 slagen/minuut. De proefpersoon moet het aantal omwentelingen per minuut, RPM, op 60 houden. Het gekozen wattage wordt ingevuld bij nummer 6 van de gegevens
4. De proefpersoon gaat nu 6 minuten fietsen met het gekozen wattage*. Na de 5^e en 6^e minuut noteert de begeleider bij nummer 7 en 8 de hartslagfrequentie.
5. De proefpersoon eindigt met een cooling-down van 4 minuten met een laag wattage.

* Indien tijdens de test het wattage is aangepast kan men wel de VO_{2max} berekenen maar is deze niet betrouwbaar en valide.

Uitrekenen maximale aërobe vermogen (VO_{2max})

1. De begeleider rekent de gemiddelde hartslagfrequentie uit van 5^e en 6^e minuut

Gemiddelde hartslagfrequentie = $\frac{\text{hartslag 5}^e \text{ minuut} + \text{hartslag 6}^e \text{ minuut}}{2}$

2. De begeleider kan nu de VO_{2max} voorspellen aan de hand van het nomogram van Åstrand en Åstrand, getoond in figuur 1 (pagina 13). De begeleider trekt met een liniaal een lijn van het ingestelde wattage, rechts op het nomogram naar de hartslagfrequentie (gemiddelde hartslagfrequentie), links op het nomogram. In het midden kan de onderzoeker nu de voorspelde VO_{2max} aflezen. Vul de score van de VO_{2max} in bij nummer 12 van de gegevens.
3. Wanneer een proefpersoon ouder is dan 25 jaar moet de gevonden waarde voor VO_{2max} gecorrigeerd worden met een leeftijdscorrectiefactor. Deze correctiefactor staat in tabel 1.

Tabel 1. Correctiefactoren voor de leeftijd voor het voorspellen van het maximale aërobe vermogen

Leeftijd (jaren)	Correctiefactor voor de leeftijd
25	1.00
35	0.87
45	0.78
55	0.71
65	0.65

Bron: overgenomen en aangepast uit Fox en Mathews³¹

4. Berekenen VO_{2max} per kg lichaamsgewicht. Reken daartoe de VO_{2max} om van liters naar milliliters en deel dit getal door het lichaamsgewicht van de proefpersoon. Vul deze score in bij nummer 13 van de gegevens.
5. Berekenen VO_{2max} per kg lichaamsgewicht-vvm. Reken daartoe de VO_{2max} om van liters naar milliliters en deel dit getal door het lichaamsgewicht-vvm van de proefpersoon. Vul deze score in bij nummer 14 van de gegevens.
6. In tabel 2.1 of 2.2 kan door de begeleider worden afgelezen hoe het is gesteld met de VO_{2max} in $ml\ Kg^{-1}\ min^{-1}$ van de proefpersoon, welke staat genoemd bij nummer 13, deze score wordt genoteerd bij nummer 15.

Tabel 2.1 Vergelijkingstabel voor VO_{2max} in $ml\ Kg^{-1}\ min^{-1}$ bij mannen tussen de 20 en 70 jaar.

Vergelijkingstabel voor VO_{2max} in $ml\ Kg^{-1}\ min^{-1}$					
Uitslagen	Leeftijd in jaren – mannen				
	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
Uitstekend	50 en meer	47 en meer	45 en meer	43 en meer	40 en meer
Zeer goed	45-49	42-46	40-44	38-42	35-38
Goed	40-44	37-41	35-39	32-37	30-34
Gemiddeld	36-39	33-36	31-34	29-32	26-29
Voldoende	31-35	28-32	26-30	24-28	21-25
Onvoldoende	30 en minder	27 en minder	19 en minder	17 en minder	15 en minder

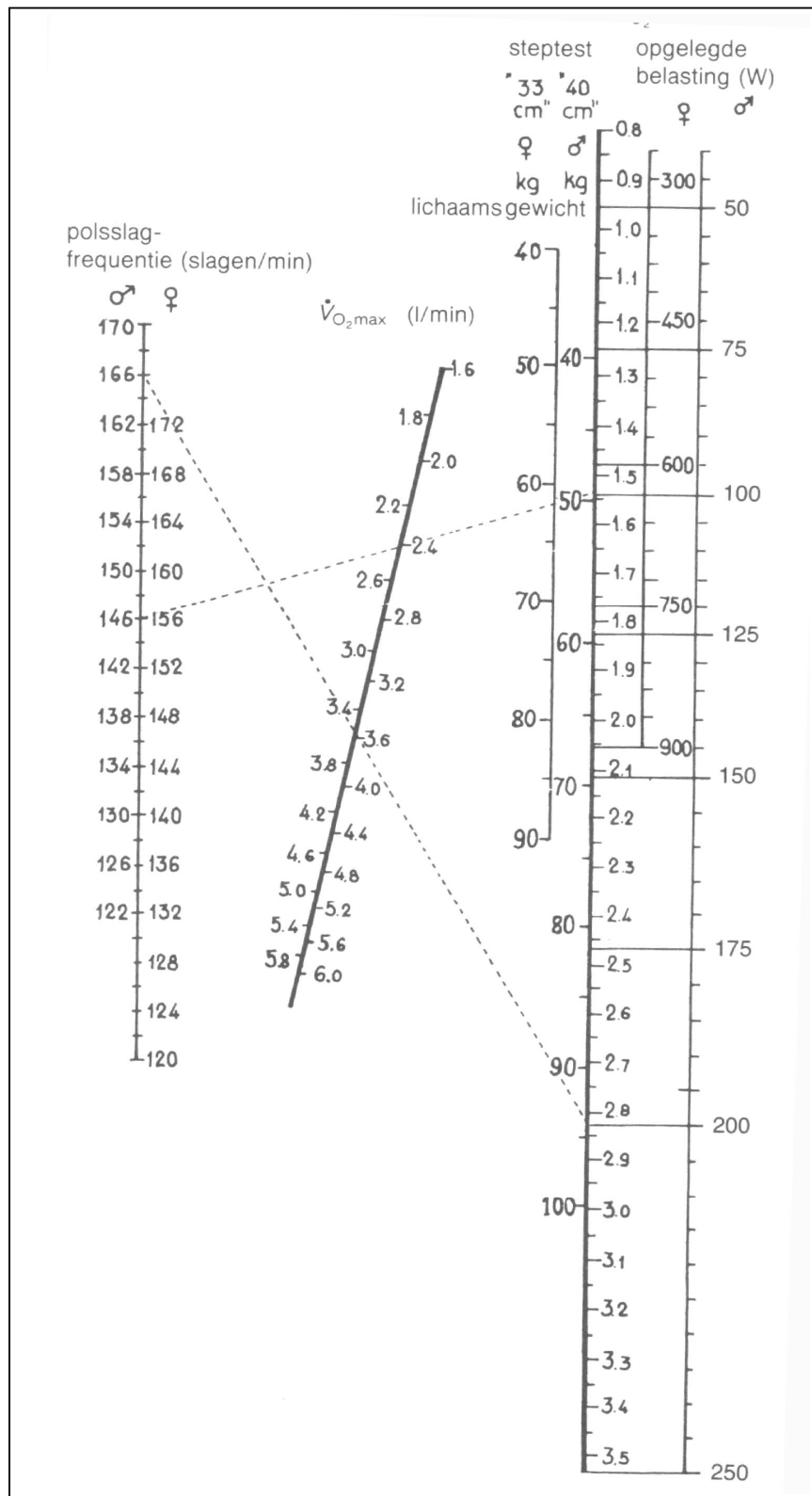
Bron: Overgenomen uit Lifefitness cardiovascular assessment 2.2.0

Tabel 2.2 Vergelijkingstabel voor VO_{2max} in $ml\ Kg^{-1}\ min^{-1}$ bij vrouwen tussen de 20 en 70 jaar.

Vergelijkingstabel voor VO_{2max} in $ml\ Kg^{-1}\ min^{-1}$					
Uitslagen	Leeftijd in jaren – vrouwen				
	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
Uitstekend	44 en meer	41 en meer	39 en meer	37 en meer	35 en meer
Zeer goed	39-43	36-40	34-38	32-36	30-34
Goed	34-38	31-35	29-33	27-31	25-29
Gemiddeld	30-33	27-30	25-28	23-26	21-24
Voldoende	25-29	22-26	20-24	18-22	16-20
Onvoldoende	24 en minder	21 en minder	19 en minder	17 en minder	15 en minder

Bron: Overgenomen uit Lifefitness cardiovascular assessment 2.2.0

Figuur 1 Nomogram Åstrand en Åstrand¹² voor het indirect bepalen van de $\dot{V}O_{2\max}$



Bron: Åstrand, Åstrand, Christensen en Hedman¹⁸