UNIVERSITEIT GENT

Academiejaar 2018 - 2019

Bewegen in nieuwe tijden:

is HIIT een oplossing?

Thijs LONCKE

Promotor: Prof. D. Van Tiggelen

Scriptie voorgedragen in het kader van de opleiding

MASTER OF MEDICINE IN DE HUISARTSGENEESKUNDE

Rechten

"De auteur en de promotor geven de toelating dit afstudeerwerk voor consultatie beschikbaar te stellen en delen ervan te kopiëren voor persoonlijk gebruik. Elk ander gebruik valt onder de beperkingen van het auteursrecht, in het bijzonder met betrekking tot de verplichting uitdrukkelijk de bron te vermelden bij het aanhalen van resultaten uit dit afstudeerwerk."

15 augustus 2019

Loncke Thijs

Prof. D. Van Tiggelen

Voorwoord

Bij het tot stand komen van deze thesis zijn er meerdere personen betrokken die rechtstreeks of onrechtstreeks een invloed gespeeld hebben. Bij deze zou ik hen graag willen bedanken.

Vooreerst dank ik mijn promotor Prof. D. Van Tiggelen voor de bijstand tijdens de opbouw van de masterproef. Daarnaast dank ik vriendin, vrienden en collega's voor de tips en steun die verleend werden de afgelopen 2 jaar en voor het nalezen van de scriptie. Tenslotte dank ik Universiteit Gent voor de begeleiding bij het maken van de thesis.

Lijst der afkortingen

HIIT: high intensity interval training
MICT: moderate intensity continuous training
MeSH: Medical subject headings
PACES: physical enjoyment activity scale
ATP: adenosine trifosfaat
CP: creatininefosfaat
ADP: adenosine difosfaat
H^+: waterstofion
O_2: zuurstofmolecule
CO_2: koolstofdioxide
H_2O: waterstofdioxide of water
P: $f_2$sfaatgroep
C: creatinegroep
NAD: nicotinamide-adenine-dinucleotide
NADH: waterstof-gebonden NAD
FAD: flavine-adenine- dinucleotide
FADH: waterstof-gebonden FAD
VO_2max: maximale zuurstofopnamevermogen (mlO_2/kg/min)
PGC-1α: proliferator-geactiveerde receptor gamma coactivator 1-alpha
mRNA: messenger-ribonucleïnezuur
AMPK: 5’ adenosine monofosfaat-geactiveerde proteïne kinase
ROS: zuurstofcomponenten
MAPK: p38 mitogen-geactiveerd proteïne kinase
IL-6: interleukine-6
IL-10: interleukine 10
IL-1RA: interleukine 4 receptor alpha
RPE: Rate of perceived exertion
SIT: sprint interval training
CI: betrouwbaarheidsinterval
N: aantal deelnemers (man/vrouw)
lftgem: gemiddelde leeftijd
BMI: body mass index
RCT: randomised clinical trial
HRmax: maximale hartslagfrequentie
RT: randomised trial
PO: power output
LTan: lactate anaerobic threshold
RPM: rounds per minute
CAD: Change in cadence moderate intensity trial
CON: Continuous moderate intensity trial
FS: feeling scale
FAS: felt arousal scale
RPE: ratings of perceived exertion
MVCT: moderate-to-vigorous intensity continuous training
VT: ventilatory threshold
HICT: high intensity continuous training
HIIT(LV) en (HV): High intensity interval training (low volume) en (high volume)
Wmax: maximale power output

PSQ: perceived stress questionnaire
PANAS: positive and negative affect schedule
PW: peak work load
SAM: self-assessment manikin rating scale
HRR: heart rate reserve.

Inhoudstafel

Rechten ii
Voorwoord iii
Lijst der afkortingen iv
ATP: adenosine trifosfaat iv
1. Abstract 1
2. Inleiding 2
   a. Wat is HIIT? 2
   b. Basis fysiologie 2
      i. Energierijke fosfaatsystemen 3
      ii. Anaeroob metabolisme 4
      iii. Aeroob metabolisme 6
   c. HIIT fysiologie 8
   d. Effectiviteit HIIT 12
      i. Tijdsbesteding 13
      ii. Gezondheidseffecten 14
   e. Veiligheid 17
   f. Affect en plezier 18
3. Methodologie 20
4. Resultaten 24
   a. Studies 24
   b. Psychische responsen tijdens inspanningen 26
   c. Psychische responsen na inspanning 26
   d. Subgroepen 27
      i. Leeftijd 27
      ii. Fitheid 27
      iii. Geslacht 28
      iv. Comorbiditeiten 28
   e. Ongewenste voorvallen 29
   f. Bias 29
5. Discussie 31
6. Conclusie 36
7. Referenties 37
Lijst der bijlagen 41

1. Abstract

Inleiding: Onvoldoende beweging is een belangrijk probleem van de gezondheidszorg. Mensen die niet aan de bewegingsvoorschriften voldoen, vertonen vaker en vroeger gezondheidsproblemen. Zij gaan gemiddeld ook vroeger sterven. Dit probleem presenteert zich overal ter wereld, en in het bijzonder in onze westerse wereld. Tijdsgebrek is een vaak geciteerde reden, naast motivatie.

Methodologie: Doel van deze scriptie is om een nieuwe bewegingsvorm nader te gaan bekijken. 'High Intensity Interval Training' (HIIT) raakt meer en meer onder de aandacht van verschillende onderzoekers. Deze trainingsvorm is echter vrij intensief, en vaak wordt er gesteld dat mensen hier een afkeer tegen hebben. In dit systematisch literatuuronderzoek gaan we in op de vraag wat er tot op heden gekend is rond de beleving van mensen die een HIIT trainingsprotocol volgen. Dit wordt vergeleken met mensen die de standaard bewegingsvoorschriften volgen. In de studies wordt dit aangegeven door 'Moderate intensity Continuous Training' (MICT). Aan de hand van 'Medical Subject Headings' (MeSH-termen) in online databanken worden studies verzameld. De studiepersonen zijn volwassen mensen met of zonder gezondheidsprobleem.

Resultaten: We tonen hier de resultaten van 179 personen die getest zijn in alle studies, waaronder 94 mannen en 85 vrouwen. Zowel tijdens als na de interventie worden psychologische scores bepaald die respectievelijk een weergave bieden op het affect en plezier. De psychologische scores verschillen vaak naargelang de studie, een vaak gebruikte is deze op de Physical Activity Enjoyment Scale (PACES).
In alle studies waar dit bepaald wordt, ziet men een duidelijke daling van affect van de testpersonen tijdens een HIIT sessie, men ervaart meer stress en uitputting. Na het beëindigen van de interventie, geven de testpersonen evenwel aan dat ze bij HIIT evenveel of meer plezier ervaren dan bij MICT.

Besluit: Diverse HIIT trainingsvormen bewijzen in toenemende mate dat het effectief kan zijn voor het verbeteren van verschillende aspecten van de gezondheid. In deze studie zien we dat personen deze trainingsvorm ook sterker of minstens even sterk genegen zijn dan de traditionele MICT trainingsvorm. Tijdens de inspanning geven de testpersonen wel een significante daling van affect aan in vergelijking met MICT. Het slagen van een HIIT trainingsvorm lijkt in sterke mate af te hangen van het toegepast voorschrijven ervan bij verschillende populaties.

2. Inleiding

a. Wat is HIIT?

Vormen van interval training zijn niet nieuw, ze bestaan al millennia lang. Echter de specifieke fysiologische eigenschappen en mogelijkheden van deze trainingsvorm zijn nog niet zo lang beschreven. De laatste jaren is er een exponentiële toename van studies die verschillende aspecten van de 'high intensity interval training' (HIIT) belichten. Bij de traditionele trainingsvorm van 'moderate intensity continuous training' (MICT), wordt een continue intensiteit volgehouden voor minimum 30 minuten. Een HIIT-sessie duurt minder lang, gemiddeld 20-tal minuten, en bestaat uit korte en intensieve intervallen die afgewisseld worden met een recuperatie interval. In studies toont HIIT aan dat het in dezelfde of grotere mate dan MICT de prestaties kan verbeteren of behouden (1).

b. Basis fysiologie

Om een beter beeld te krijgen van hoe een inspanning tot stand komt, geven we hier een beknopt overzicht van de algemene fysiologie. Verder zal blijken dat verschillende HIIT protocollen dan ook op een andere fysiologische manier aangrijpen.

Fysiologie spreekt onder andere over het zenuwstelsel, het hart en spiergroepen. Hier zullen we voornamelijk de energiehuishouding belichten omdat deze een belangrijke impact kan hebben op de wijze waarop inspanningen ervaren worden. Energievoorraden kunnen bestaan uit vetten, suikers, eiwitten. Recentelijk worden ook ketonen gezien als een vierde aan te wenden (exogene) energiebron (2). De fysiologie van ketonen bij inspanning wordt hier niet verder besproken. Afhankelijk van de intensiteit en de duur van de inspanning, zal het lichaam de meest geschikte vorm van energielevering aanwenden om de beweging vol te houden. Het lichaam gaat hierbij zeer selectief om met de verschillende energiesystemen en energievoorraden.

Energie is in het lichaam direct inzetbaar door het afsplitsen van fosfaatgroepen uit energierijke fosfaatverbindingen: adenosinetrifosfaat (ATP) en creatinefosfaat (CP). ATP en CP zijn de drijvende kracht voor het grootste deel van alle lichaamsprocessen. De energie die vrijkomt bij de splitsing van ATP en CP maakt onder andere spiercontractie mogelijk.
De voorraad van de energierijke fosfaatverbindingen is helaas beperkt. Cellen kunnen er slechts een paar minuten op verder leven. Bij hevige inspanningen zoals sprinten, is de reserve in de spiercel zelfs opgebruikt na een achttal seconden. Als bijvoorbeeld een voetbalspeler een sprint inzet richting doel, is de voorraad ATP en CP helemaal opgebruikt en moet deze terug aangevuld worden. Dit gebeurd door de herwinning van ATP en CP uit de verbranding

van voornamelijk vetten en suikers (3). In de volgende paragrafen gaan we hier iets dieper op in.

i. Energierijke fosfaatsystemen

In het lichaam is de energie voor beweging te winnen uit zowel vetten, suikers en eiwitten. De energie die hierbij vrijkomt, kan niet altijd direct gebruikt worden door celprocessen. ATP en CP kunnen energie opslaan uit verbrandingsprocessen en zijn de vaste energiedragers. Ze geven hun energie door aan energie vragende processen zoals spiercontracties wanneer nodig. Hun voorraad is echter klein (3).

ATP heeft een basisstructuur met een keten van drie gekoppelde fosfaatgroepen. In lichaamscellen is het enzym ATPase aanwezig. Dit enzym zorgt voor de afsplitsing van een fosfaatgroep van ATP en CP. Spiercellen gebruiken een specifiek myosine-ATPase om energierijke fosfaatverbindingen te splitsen. Deze afsplitsing levert direct bruikbare chemische energie waarmee een spier een beweging kan gaan uitvoeren (3). Hieronder een vereenvoudigde formule:

$ATP + H_2O > ADP + P + H^+ + \text{energie}$

CP is net als ATP een organische fosfaatverbinding. Ze zijn naast ATP de tweede snel inzetbare energiebron. Het is een kleinere molecule dan ATP en het kan zich sneller verplaatsen tussen de mitochondriën en het celplasma. CP kan niet zoals ATP binden met myosineketens en aldus spiercontractie induceren. Het draagt zijn fosfaatgroep met hoge snelheid over aan ADP. CP kan zo bekeken worden als energieshuttle en zorgt er dus voor dat de ATP voorraad langer op peil blijft (3). Hieronder een vereenvoudigde formule:

$CP + ADP > C + P + ADP + H^+ > ATP + C + H_2O$

CP en ATP worden samen als energiebron de fosfaatpool genoemd. Als een lichaam in rust is of lichte inspanning uitoefent, wordt de voorraad van de fosfaatpool zo groot mogelijk gehouden. Elke gesplitste ATP molecule wordt gerecycleerd (3).

Een sprint met maximale inzet put de fosfaatpool helemaal uit na een achttal seconden, het wordt onmogelijk om nog een stap te zetten. Na een korte rustpauze van een tweetal minuten is dezelfde arbeid echter opnieuw leverbaar. In die tijd wordt de fosfaatpool opnieuw aangevuld door de vrijgekomen energie uit de verbranding van vetten en suikers. Zolang die reserves voorradig zijn, kan de resynthese van ATP steeds plaatsvinden (3).

Bij korte en krachtige bewegingen is het lichaam voornamelijk aangewezen op de energierijke fosfaten. De verbranding van suikers en vetten is te traag om dit hoge energievermogen te leveren. De energieoverdracht van ATP en CP verloopt vier tot acht keer trager als deze eerst gewonnen moeten worden uit de verbranding van suikers en vetten. Als iemand een sprint inzet, levert het ATP in de spiercellen direct de energie voor contractie. Terwijl de concentratie van ATP begint te dalen, zal het CP direct zijn fosfaatgroep afstaan aan ADP zodat er opnieuw ATP gevormd wordt zonder verbranding van vetten en suikers. Hierdoor blijft de concentratie ATP nagenoeg ongewijzigd en kan het benodigd vermogen blijven geleverd worden. Als de CP concentratie afneemt, kan het vermogen niet meer aangehouden worden. Het tempo moet omlaag, naar het maximaal vermogen dat opnieuw ATP en CP kan gevormd worden uit de verbranding van suikers en vetten (3).

Het is belangrijk te beseffen dat het fosfaatsysteem geen apart proces is. Het bevat een kleine capaciteit van zeer snel te leveren energie, maar is hiervoor volledig afhankelijk van de toelevering van energie uit de verbranding van suikers en vetten (3).

ii. Anaeroob metabolisme

Bij een inspanning met hoge intensiteit die maar een paar minuten hoeft te worden volgehouden, kunnen de spieren via het anaeroob metabolisme sneller en meer energie leveren dan dat er via het aeroob metabolisme zou mogelijk zijn. Zeker als een inspanning vanaf het begin maximaal is, zijn spieren naast de fosfaatpool voornamelijk aangewezen op de anaerobe energievrijmaking. Dit is de energie levering die zonder gebruik van zuurstof plaatsvindt. Dit komt voor als hart en ventilatie niet zijn aangepast aan de energiebehoefte, of als de spier lokaal in zuurstofnood komt door een aangehouden contractie met blokkering van de circulatie (3).

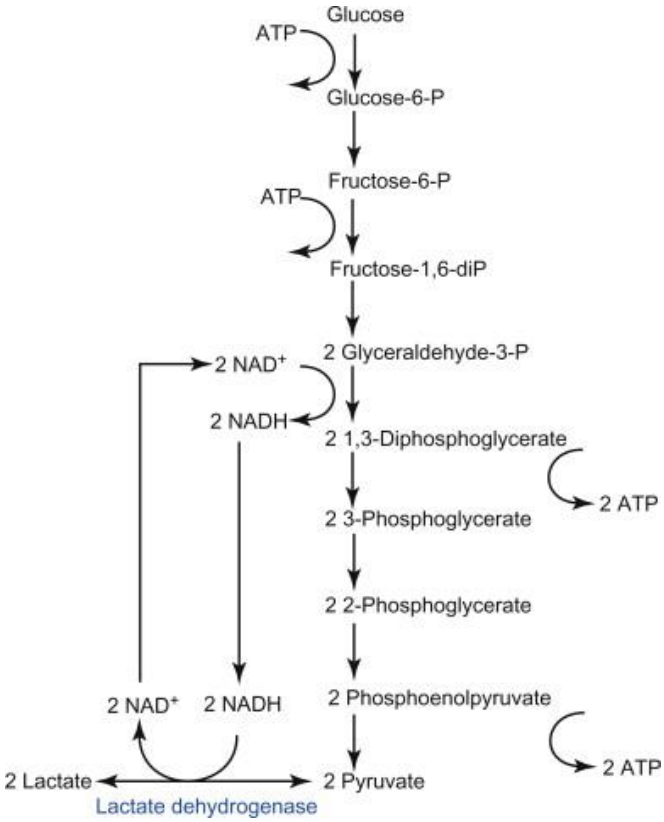
De energieoverdracht is wel een stuk trager dan deze via de energierijke fosfaten. De enige energiebron die hiervoor kan gebruikt worden, zijn suikers. Vetten kunnen niet zonder zuurstof worden gemetaboliseerd (3).

In spieren ligt een voorraad glucose opgeslagen in de vorm van de reservestof glycogeen. Het glycogeen ligt opgeslagen tussen de myofibrillen en is een aaneenschakeling van glucosemoleculen. De eerste stap om glucose uit glycogeen vrij te maken is het afkoppelen van glucose aan het einde van een glycogeenketen. In rust gebeurt dit vrijwel niet. Bij spieren die actief zijn en waarin veel ATP gesplitst wordt, zorgen de verhoogde concentraties ADP en P dat er sneller glucose van glycogeen wordt afgesplitst. Het enzym fosforylase zorgt voor deze reactie (3).

Glucose zal door het fosforylase aan twee fosfaatgroepen gekoppeld worden, waardoor fructose-1,6-difosfaat ontstaat. Dit proces kost twee ATP moleculen. Dat lijkt verlies, maar deze energie investering betaalt zich al snel terug. Fructose-1,6-difosfaat wordt in een aantal enzymatische stappen gesplitst in twee identieke moleculen pyruvaat, die elk uit drie koolstofatomen bestaan. Dit levert energie op, want bij die enzymatische stappen worden vier ATP moleculen gevormd (3).

De splitsing van glucose in twee moleculen pyruvaat levert netto dus twee ATP op, waardoor de spiercellen zonder zuurstof kunnen blijven werken. Indien er geen vervolg zou zijn op deze omzetting, zou er een problematische situatie kunnen ontstaan. Het pyruvaat, verzadigde NAD-dragers (nicotinamide-adenine-dinucleotide) en H^+ zouden zich kunnen beginnen opstapelen waardoor verdere glycolyse geblokkeerd wordt. Hieraan wordt ontsnapt door de vorming van lactaat. In een oudere term wordt dit ook vaak melkzuur genoemd (3).

Vrije H^+-ionen uit de ATP splitsing en de afbraak van glucose zou de pH van het celplasma verlagen. Onder invloed van het lactaatdehydrogenase worden pyruvaat, verzadigde NAD-dragers (NADH), en vrije H^+ omgevormd tot lactaat en een vrije NAD-drager. Op deze manier kan de glycolyse verder blijven doorgaan. De vorming van lactaat is op deze manier een buffermechanisme om pH daling te voorkomen, het is een tijdelijke oplossing om te voorkomen dat de energievoorziening voor de spiercontractie te snel zou stilvallen (3).



Omzetting van glucose naar pyruvaat en lactaat.
Joseph Ferer, 2012.

Het gevormde lactaat gaat verder uit de cel diffunderen en komt in de algemene circulatie terecht. Aldaar kan het worden opgenomen door onder andere lever, hartspier en aeroob werkende spieren in andere delen van het lichaam. Bijvoorbeeld bij fietsers kan het lactaat opgenomen worden in de armspieren waar ze verder volledig worden gemetaboliseerd (3).

Lactaat werd in de term van melkzuur lang gezien als een lastig afvalproduct, het draagt in de spiercellen waar het gevormd wordt ook niet bij aan de energielevering. Deze visie is de laatste

jaren gaan veranderen waarbij lactaat als een waardevol metabool tussenproduct gezien wordt (3). Recent werd ook gezien dat de theorie, waarbij gesteld wordt dat lactaat zich enkel vormt onder anaerobe omstandigheden, niet klopt. In perfecte aerobe omstandigheden wordt gezien dat glucose tot zelfs voor de helft wordt omgezet in lactaat. Het zware gevoel van vermoeidheid dat optreedt, wordt niet meer gezien als gevolg van de lactaatopstapeling, maar vooral door een lokaal glycogeen- en glucosetekort (4).

De ATP vorming in de glycolyse heeft een hoge productiesnelheid, maar de totale opbrengst is laag. De glucosevoorraad raakt zeer snel uitgeput via de anaerobe metabolisatie. Ter vergelijking: 1 mol glucose levert 2 mol ATP uit de glycolyse, terwijl bij volledige aerobe metabolisatie in de spier er 38 mol ATP gevormd wordt (3). De anaerobe energieproductie is niet erg economisch dus, maar in noodsituaties is het beter om snel dan energiezuinig weglopen vanonder een vallende boom.

iii. Aeroob metabolisme

Bij een persoon met twintig kilogram spiermassa is er ongeveer een zestigtal gram ATP aanwezig. Om tien kilometer te hardlopen, heeft die persoon echter ongeveer twintig kilogram ATP nodig. Dit lukt niet met de voorraad uit de fosfaatpool en dus moet er ATP gerecycleerd worden uit ADP en een fosfaatgroep. De energie daarvoor komt voornamelijk uit de aerobe verbranding van vetten en suikers (3).

Zuurstof zorgt ervoor dat we efficiënt energie kunnen gaan leveren. Door de tussenkomst van zuurstof in het metabolisme van vetten en suikers, kunnen deze volledig verbrand worden tot koolstofdioxide (CO_2) en water (H_20). Met noemt deze vorm van energielevering het ‘aeroob’ metabolisme. Dit is de meest efficiënte manier om ATP te gaan vormen (3).

Langdurige inspanningen op matige intensiteit is alleen mogelijk door de energielevering met behulp van zuurstof. Deze aerobe processen zijn constant actief om activiteiten van het dagelijks leven toe te laten. Deze activiteiten zijn vaak niet vermoeiend en zelfs uren vol te houden. Bij wandelen en recreatief fietsen functioneren mensen normaal hoofdzakelijk door hun aeroob metabolisme. Het aeroob metabolisme beperkt zich niet altijd tot lichte inspanningen. Bij extreem getrainde atleten is hun aeroob metabolisme zelfs in staat hen een marathon te laten afwerken waarbij ze ruim twee uur lopen aan een gemiddelde snelheid van twintig kilometer per uur (3).

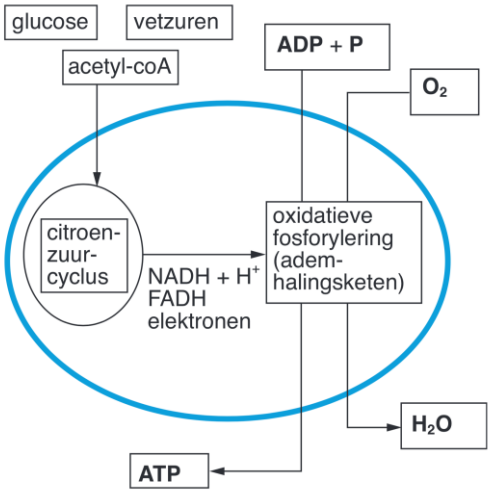
Bij matig intensieve inspanningen worden de vetzuren en het pyruvaat uit de glycolyse gebruikt. Bij voldoende aanbod van zuurstof is de glycolyse geen eindstation. Zoals hierboven besproken stopt de glycolyse bij de vorming van lactaat in anaerobe omstandigheden, hier

wordt onder voldoende zuurstof het pyruvaat direct verder afgebroken. De glycolyse is hier dus een voortraject voor verdere afbraak, het wordt ook wel de aerobe glycolyse genoemd (3).

De glycolyse speelt zich af in het celplasma, voor de verdere afbraak van pyruvaat moeten we naar de mitochondriën in de (spier)cel. Ook de vetzuren worden hier met de tussenkomst van zuurstof afgebroken. Uit de verdere verbranding of afbraak van pyruvaat en vetzuren wordt ATP gewonnen. Het vindt plaats in twee opeenvolgende reactieketens: de citroenzuurcyclus (of Krebscyclus) en de oxidatieve fosforylering (of ademhalingsketen). Wanneer plots een inspanning start, zal de concentratie ADP en P stijgen, wat op zijn beurt de mitochondriën activeert. Het duurt ongeveer een tweetal minuten vooraleer de mitochondriën op volle toeren draaien vanuit rust. Hierdoor zijn plotse en krachtige inspanningen niet mogelijk door deze aerobe metabolisatie. Eenmaal actief echter, kunnen de producten uit de glycolyse en vetzuurafbraak efficiënt worden verbrand (3).

Bij de citroenzuurcyclus worden pyruvaat en vetzuren afgebroken. Hierbij worden de afgesplitste energierijke elektronen en H^+-ionen aan NAD- en FAD-dragers (flavine-adenine-dinucleotide) gekoppeld en komt het restproduct CO_2 vrij (3).

In de ademhalingsketen dragen de carriers elektronen en H^+-ionen over aan een groep enzymen die de elektronen uiteindelijk afgeven aan zuurstof (O_2). Samen met waterstof vormt een zuurstofatoom hierbij water (H_2O) en de energie die vrij komt, wordt gebruikt om ATP te vormen uit ADP en P. De vorming van water levert veel ATP-energie op. De volledige verbranding van suikers is efficiënt, maar de voorraden hiervan zijn beperkt. Glucose is een koolhydraat dat het lichaam snel kan afbreken en dat voor een deel in de lever, maar ook in spieren ligt opgeslagen. Een volwassene heeft tweehonderd tot vijfhonderd gram glucose in de vorm van glycogeen in de spieren voorradig. In de lever zit eveneens glycogeen opgeslagen. Hier zit een kleine voorraad van ongeveer een honderdtal gram (3).



Overzicht van het aeroob metabolisme.
De Morree et al., 2011.

Over een volledige dag bekeken, is het lichaam voornamelijk in rust. Bij rustige activiteit zoals zitten, wandelen of een kopje koffie optillen, worden voornamelijk vetten als energiebron gebruikt. De voorraad van deze brandstof is bij de meeste gezonde personen zonder overgewicht minstens 10kg. Het meest economische proces is de volledige verbranding van

vetten met behulp van zuurstof. Dat levert de meeste energie op. Vetten worden uit vetweefsel afgegeven in de vorm van vrije vetzuren en glycerol. Het vrijkomen van vetzuren uit vetweefsel en de omzetting ervan in energie door spierweefsel is een relatief traag proces. Een deel van de vetvoorraden zitten intramusculair en zijn iets sneller aanspreekbaar (3).

Voorraad reservestoffen en energievoorraad in het lichaam bij een persoon van 65 kg met 12% vetweefsel		
	Gram	Kcal
Koolhydraten		
Leverglycogeen	110	451
Spierglycogeen	250	1025
Plasmaglucose	15	62
Totaal	375	1538
vetten		
Onderhuids vet	7800	70980
Intramusculair vet	161	1465
Totaal	7961	72445

Overzicht energievoorraden. Wilmore et al, 2001 (5)

Energiesysteem	Relatieve reactiesnelheid	Max. omzettingssnelheid in mmol ATP/sec/kg spier
Creatinefosfaat (CP)	100%	2,4
Glycolyse (anaeroob)	55	1,3
Glycolyse (aeroob)	30	0,7
Vetzuren (aeroob)	12,5	0,3

Overzicht snelheid van energielevering per energiesysteem. Sahlin, 1986 (6)

c. HIIT fysiologie

Zowel duurtrainingen als HIIT sessies kunnen veranderingen teweeg brengen op de metabole functie van zowel hart- als skeletspier. Vandaag wordt HIIT meer en meer gezien als een zeer effectieve manier om fysieke conditie te verbeteren. Reeds honderden jaren worden trainingsmodaliteiten gebruikt waarbij intervallen van hoge intensiteit worden ingebouwd in een trainingsschema. Recent worden vele studies verricht met zeer uiteenlopende protocollen. Dit varieert van intervallen van slechts zes seconden tot intervallen van 2 minuten. De intensiteit varieert van sub maximaal tot maximaal (7).

Het wordt gesuggereerd dat HIIT protocollen waarbij maximale inspanningen gevraagd worden, het zuurstoftransport en verbruik van zuurstof zodanig onder stress plaatsen dat het

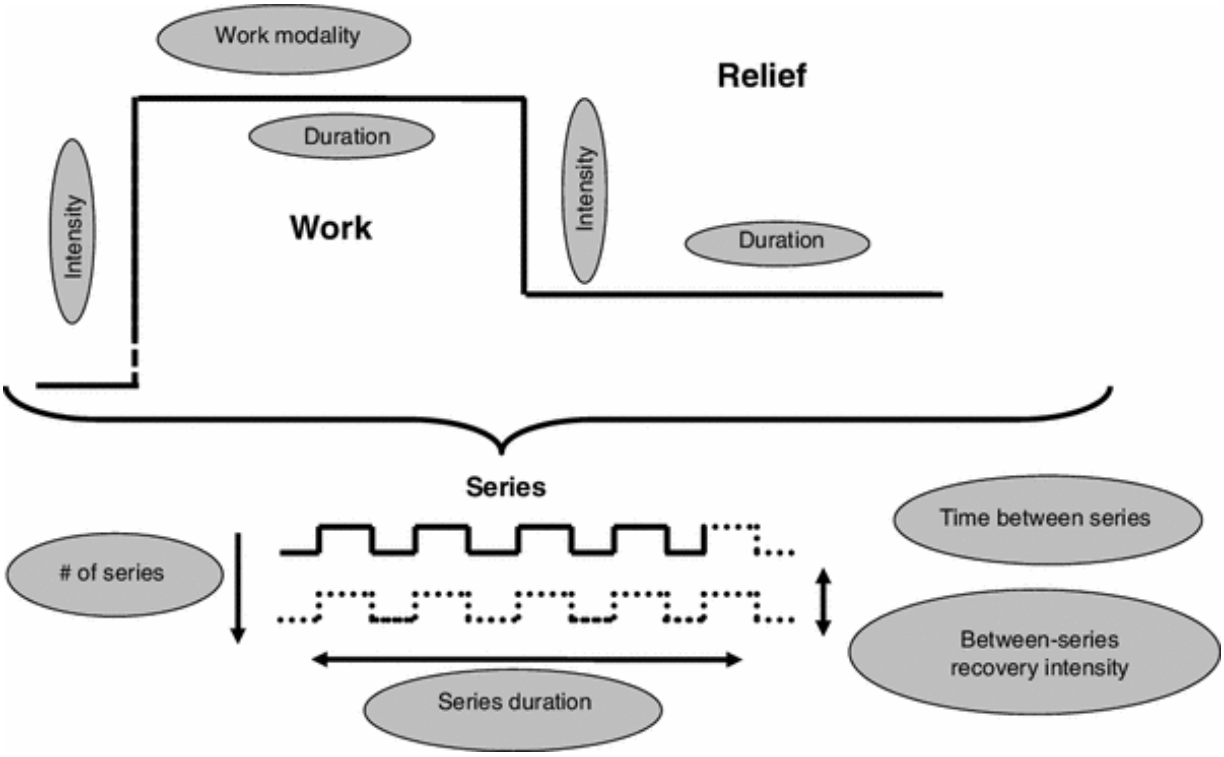
voor de meest effectieve prikkel zorgt om de VO_2max te verhogen. Bewijzen die aantonen dat een dergelijke intense prikkel echt nodig is om de VO_2max te verhogen zijn nog onduidelijk. Er wordt verondersteld dat hierbij grotere spiergroepen aangesproken worden die effectief een maximale hartminuutvolume (cardiac output) teweeg brengen. Dit heeft als gevolg dat er belangrijke spiervezeladaptatie en vergroting van de hartspier bekomen kan worden, en dus een verhoogde VO_2max (7).

Een optimale stimulus zou voor getrainde personen minstens enkele minuten per HIIT sessie duren, waarbij de intensiteit meer dan negentig procent van het vermogen bij VO_2max aanspreekt. Momenteel is er nog steeds een beperkte kennis over de dosisrespons van bepaalde HIIT protocollen en hun specifieke veranderingen in fysieke capaciteiten en vermogens (7).

Vanuit de gekende fysiologie wordt geprobeerd om zo goed mogelijk de fysiologische processen te begrijpen die aangrijpen tijdens een bepaald HIIT protocol. Elk HIIT protocol wordt opgesteld met bepaalde stimuli, die meer of minder effect hebben op onder meer de metabole energiesystemen, cardiovasculaire capaciteit en neuromusculaire efficiëntie.

Bepaalde factoren bepalen de acute fysiologische responsen, en hieruit voortvloeiende adaptaties, die we bij een HIIT sessie voor ogen hebben. Zo zal een 400 meter loper makkelijker bepaalde HIIT sessies ondergaan dan een marathonloper, en de HIIT sessies verlopen bij hem beter met looptrainingen dan op de fietsergometer. Dit moet zeker in acht genomen worden als men een lange termijn visie hanteert. Bij atleten kun je ook de HIIT sessies gaan aanpassen naargelang de gekozen periodisering binnen eenzelfde seizoen. Zo kun je HIIT sessies inlassen die meer het aerobe metabolisme gaan verbeteren in de algemene opbouw, om dan bij naderende competitie meer richting sport-specifieke anaerobe HIIT sessies over te gaan (7).

Bij het opstellen van HIIT sessies kunnen niet minder dan negen variabelen gedefinieerd worden. De intensiteit en duur van de intervallen en rustpauzes zijn de belangrijkste. Het aantal intervallen, het aantal series van intervallen en rustpauzes met hun specifieke intensiteit en duur tussen die series bepalen mee de totale arbeid die verricht wordt. De bewegingsvorm (zoals lopen, fietsen of roeien) en modaliteit (bergop, met richtingsverandering) zijn andere variabelen die een sleutelrol hebben. Bij het veranderen van slechts een enkele variabele, zal dit reeds een andere respons teweeg brengen op metabool, cardiopulmonair en/of neuromusculair gebied. Als meerdere variabelen tegelijk worden aangepast, wordt het moeilijk de precieze respons te voorspellen. Zoals met elke trainingsvorm moet er altijd gedacht worden aan het evenwicht tussen de belasting en belastbaarheid van het individu. Tot op heden is het nog onduidelijk welke specifieke HIIT sessie de meest effectieve respons opwekt bij een bepaald individu (7).



Overzicht van de negen mogelijke variabelen bij het opstellen van HIIT protocollen. Buchheit, 2013.

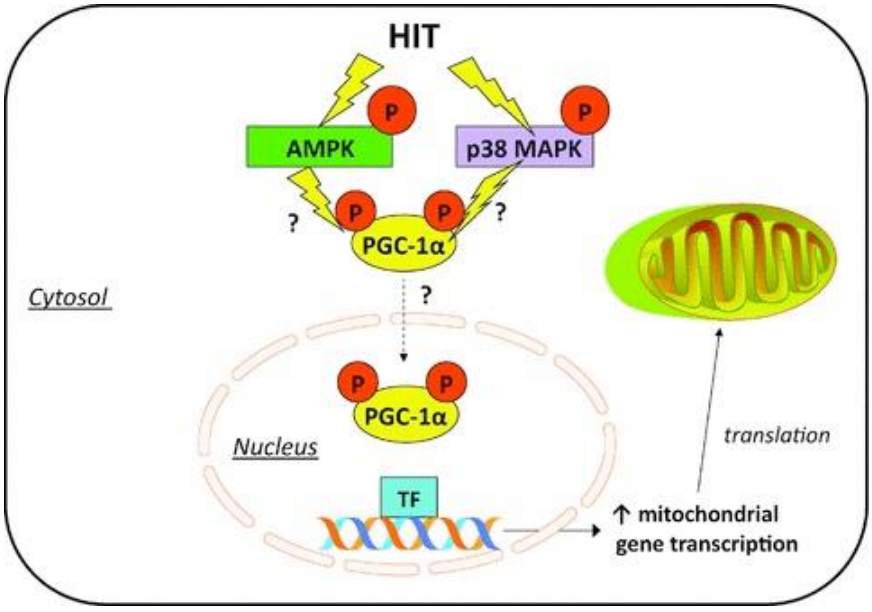
Lange termijn effecten zijn zeer variabel en afhankelijk van onder andere leeftijd, geslacht, training status en achtergrond. Elke gedefinieerde populatie heeft mogelijk een welbepaald HIIT programma waarbij de fysiologische adaptaties het meest efficiënt optreden. Deze populatiegerichte HIIT programma's worden op heden nog onderzocht in uiteenlopende studies (7).

Verschillende visies bestaan op vandaag rond de optimale fysiologische effecten die de HIIT protocollen willen bereiken. Een invalshoek kan zijn om zo veel mogelijk tijd rond de overgang van aeroob naar anaeroob metabolisme te trainen zonder dat er echt een vermoeidheidsgevoel ontstaat, waarbij de inspanning dus goed verdragen wordt en toch een sterke stimulus bereikt kan worden (7). Een andere invalshoek kan zijn dat door de herhaaldelijke intensieve intervallen (met onvolledig herstel), we de verschillende energiesystemen serieel gaan uitputten, zodat we bij de laatste intervallen (en herstelmomenten) het lichaam een maximale inspanning laten leveren waarbij dan ook het aeroob metabolisme maximaal aangesproken wordt (8).

Het moleculair mechanisme die aan de basis ligt van de metabole adaptaties in de spiercel, is tot op een zeker niveau reeds onderzocht. Hierbij wordt onder andere gekeken naar de activatie van peroxisoom proliferator-geactiveerde receptor gamma coactivator 1-alpha (PGC-

1α). Het is een eiwit die als belangrijkste regulator wordt gezien in die biosynthese van mitochondriën in spiercellen. De intensiteit van inspanning wordt beschouwd als de belangrijkste prikkel om PGC-1α te activeren in spiercellen. Metingen een drietal uur na bepaalde HIIT sessies tonen een veelvuldige toename van het PGC-1α mRNA (messenger-ribonucleïnezuur). De toename is in dezelfde grootteorde onder te brengen als bij duurtraining. De stijging van het PGC-1α zorgt op zijn beurt voor de stijging van mRNA expressie van verschillende mitochondriale genen waardoor uiteindelijk mitochondriale adaptatie mogelijk wordt (8).

De manier waarop PGC-1α geactiveerd wordt, is nog niet volledig opgehelderd, maar een plotse verandering bij inspanning van de intramusculaire ATP:ADP ratio en concomitante activatie van het 5' adenosine monofosfaat-geactiveerde proteïne kinase (AMPK) ligt wellicht aan de basis. Een activatie van het p38 mitogen-geactiveerd proteïne kinase (MAPK), door een toename van reactieve zuurstofcomponenten (ROS) kan eveneens een inductie van het PGC-1α teweeg brengen (8).



Hypothese van signaalcascade bij mitochondriale adapatie door HIIT;
Gibala et al, 2013

Een goed begrip van deze fysiologie is belangrijk bij het voorschrijven van bepaalde HIIT protocollen voor bepaalde doelpopulaties. Zo zien we dat vanuit bovenstaand hypothetisch verklaringsmodel, een protocol met intervallen van slechts zes tot tien seconden maximale inspanning reeds een efficiënte prikkel kan zijn. Na een achttal seconden is de fosfaatpool opgebruikt, en is het ATP:ADP evenwicht dermate verstoord dat de ganse cascade van transcriptiefactoren reeds opgestart kan worden. Door dit een aantal keer te herhalen, met voldoende rust tussen de intervallen, bekomen we bij optelsom een intensievere prikkel die mogelijk niet kan bereikt worden bij een aangehouden inspanning. Anders bekeken, kunnen we ook stellen dat na het opgebruiken van het fosfaatsysteem, waarna rust volgt, het aeroob (en anaeroob) metabolisme volop aan het werk wordt gezet om de volledige fosfaatpool terug

te regenereren. Volgens beide opzichten kan bij HIIT reeds een klinisch significant effect bekomen worden op het fysiek vermogen van personen (7, 8).

Ter illustratie: meting van de energiesystemen tijdens een maximaal volgehouden activiteit van dertig seconden toont dat hierbij het fosfaatsysteem voor achtentwintig procent, het anaerobe metabolisme voor zestig procent en het aerobe metabolisme voor twaalf procent verantwoordelijk is voor de energielevering (9).

d. Effectiviteit HIIT

De algemene bewegingsvoorschriften stellen dat men als volwassene een gemiddelde inspanning voor 30 minuten, en dit minimum voor 5 dagen per week moet volhouden. Als alternatief is een intensieve inspanning voor 20 minuten, en dit minimum 3 maal per week, ook voldoende gebleken om fysieke fitheid en gezondheid te behouden of verbeteren (10). De fysieke fitheid wordt voornamelijk geschetst door de waarde van VO_2max. Deze waarde kan in nauw verband gebracht worden met de fysieke fitheid van een individu. Hoewel een absolute waarde van de VO_2max niet correct de fysieke gezondheid van een individu weergeeft, kan het op zijn minst wel een indicatie geven. Een stijging van de VO_2max heeft mogelijk een nauwer verband met fysieke gezondheid. In studies wordt vaak gefocust op het effect van de interventie op de VO_2max (1).

In een grote meta-analyse kan met aantonen dat zowel duurtraining als HIIT sessies een belangrijke toename van de VO_2max kunnen bekomen. De studie includeert jong volwassenen (18-45 jaar) die tussen twee en twaalf weken HIIT sessies ondergingen. De studiepersonen zijn gezond en hebben een zeker fysiek basisniveau met een populatiegemiddelde van 40.8mlO_2/min/kg. Gemiddeld neemt de VO_2max met 5mlO_2/min/kg toe bij de volledige testpopulatie. Dit effect is hoger bij jongere individuen, bij individuen met een lagere basisconditie en bij interventies die over een langere periode liepen. Als HIIT met MICT vergeleken wordt tegenover een controlegroep die niet sport, ziet met een groter effect van HIIT tegenover MICT, meer uitgesproken bij de groep met een lager fysiek basisniveau, en bij interventies van langere duurtijd. Als men MICT met HIIT gaat vergelijken, ziet men dat HIIT een zeer klein voordeel heeft tegenover MICT. Dit voordeel is meer uitgesproken bij het oudere deel van de populatie, een lager fysiek basisniveau, een langere testperiode, langere HIIT intervallen en een hogere inspanning/ontspanning ratio (1).

Ook bij de specifieke doelgroep van (jonge) volwassenen kan met een gunstig effect van HIIT aantonen. Een kleine maar kwalitatieve studie kan aantonen dat sedentaire volwassen mannen een gelijke en significante verbetering tonen in vergelijking met een controlegroep op indicatoren van metabole gezondheid. De indicatoren zijn VO_2max, insuline sensitiviteit

index en mitochondriale spiercelactiviteit (gemeten via activiteit citraat syntase). Het grote verschil tussen de MICT en HIIT groep is dat de HIIT groep slechts een vijfde van de tijd van de MICT groep gespendeerd heeft. De HIIT groep moet drie maal twintig seconden een maximale inspanning leveren, met twee minuten rust tussen de intervallen. De MICT groep moet vijfenveertig minuten aan een intensiteit van zeventig procent van de maximale hartslag (11).

Een andere specifieke doelgroep zijn de personen met chronische ziekten als gevolg van slechte levensstijl. Een meta-analyse waarbij gekeken wordt naar de effectiviteit van HIIT ten opzichte van MICT bij een populatie met cardio-metabole aandoeningen, kan de superioriteit aantonen van HIIT boven MICT. De cardio-metabole aandoeningen worden als noemer gebruikt voor coronaire hartziekten, hartfalen, arteriële hypertensie, obesitas en metabool syndroom. De lengtes van de studies variëren tussen vier en zestien weken. Gemiddeld stijgt de VO_2max bij de volledige populatie van 22.5 naar 27.9mlO_2/min/kg. Bij de vergelijking van MICT met HIIT, blijkt HIIT gemiddeld een grotere toename te induceren van 3mlO_2/min/kg. Een toename van 3mlO_2/min/kg lijkt misschien klein, maar dit kan bij lage waarden van VO_2max wel het verschil betekenen tussen comfortabel de fiets kunnen nemen voor een uitstap, of afzien ervan en thuisblijven. Ook belangrijk om op te merken, is dat deze meta-analyse eveneens een groter plezier kan aantonen bij HIIT sessies dan bij MICT (12).

Bij hartpatiënten die een myocardinfarct, een coronaire stenting of bypass ondergaan hebben, kan men in een meta-analyse opnieuw de superioriteit van HIIT boven MICT aantonen. Het verschil is hier echter zeer klein met een verschil van VO_2max van slechts 0.34mlO_2/min/kg. Hier wordt opgemerkt dat de grootste verschillen zich voordoen bij een interventie van zeven tot twaalf weken. Bij interventies na 12 weken, kan er geen verschil meer aangetoond worden tussen MICT en HIIT. Zo lijkt het dat HIIT snellere adaptaties vertoont dan MICT, maar dat ze op de lange termijn wel evenwaardig blijven (13).

i. Tijdsbesteding

Het ontbreken van vrije tijd is een vaak geciteerde reden waarom mensen niet genoeg bewegen (14). Ook onvoldoende voorzieningen zoals veilige wandel- en fietspaden, parken en recreatiedomeinen worden vaak aangehaald als oorzaak. Daarnaast zien we in hoge-inkomenslanden dat hun vrije tijdsbesteding minder beweging bevat. Er is een transitie naar meer sedentaire bezigheden, men gaat makkelijker afspreken om een terrasje te doen, dan een wandeltocht te plannen. In de transportmogelijkheden is er een veel hogere graad van gemotoriseerde middelen, recente voorbeelden hiervan zijn de “Segway” of “hoverboards”. Bij vrouwen wordt opgemerkt dat ze minder bewegen dan mannen tijdens hun vrije tijd. Hier spelen traditionele en culturele aspecten een rol, hoewel er de laatste jaren steeds meer vrouwen ook deelnemen aan sportmanifestaties (15, 16).

HIIT bevat korte en zware intensieve intervallen die onderbroken worden met laag intensieve intervallen. Vergeleken met MICT, toont HIIT een gelijke of betere verbetering van de fitheid en cardiovasculaire functie. Daartegenover staat dat dat een sessie typisch minder dan 10 minuten intensieve inspanning vergt. Met de rustpauzes, opwarming en cooling down inbegrepen komt een sessie uit op minder dan 30 minuten, sommige sessies komen zelfs op minder dan 20 minuten uit. HIIT is aldus een tijdefficiënte manier om aan beweging te doen waarbij fitheid en gezondheid toenemen (8).

ii. Gezondheidseffecten

1. Cardiovasculair

Onvoldoende beweging of lage cardiorespiratoire fitheid zijn sterke voorspellers voor de ontwikkeling van cardiovasculaire aandoeningen en de hieruit voortvloeiende mortaliteit. Meer en meer studies tonen aan dat cardiorespiratoire fitheid mogelijk zelfs een sterkere risicofactor is van algemene mortaliteit dan de reeds gekende risicofactoren zoals roken, arteriële hypertensie, cholesterolemie of diabetes mellitus type 2. (17) Helaas zien we dat mondiaal ongeveer 30% de minimum bewegingsvoorschriften niet haalt. Dit percentage loopt op tot 43% in Amerika en Oostmediterraan Europa. Het percentage stijgt met de leeftijd, is hoger bij vrouwen dan mannen en is hoger bij hoge-inkomenslanden (18).

Voldoende beweging verlaagd het risico op hart- en vaatziekten. Een belangrijke reden hiervan wordt gezocht in het potentieel van beweging om de chronische laaggradige inflammatie te verlagen. De fysiologische basis hiervan loopt via een inspanning geïnduceerde stijging van interleukine-6 (IL-6), een cytokine met inflammatoire eigenschappen. Dit activeert op zijn beurt een stijging van de cytokines IL-10 en interleukine-1-receptor-alpha (IL-1ra), die langer aanwezig blijven na een acute inspanning en anti-inflammatoire eigenschappen bezitten (19). Zo kan beweging op lange termijn een onderhouden netto verlaging bekomen van pro-inflammatoire cytokines en bijgevolg ook de laaggradige inflammatie (20). Verschillende studies tonen een hogere toename van IL-6 na HIIT, andere tonen een gelijke toename zoals bij MICT (21). De verdere fysiologische bespreking hiervan valt echter buiten het bestek van deze studie.

HIIT wordt reeds aangewend in revalidatieprogramma's van hartpatiënten, personen die reeds een myocard infarct doormaakten, of die een coronaire stent of bypass kregen. De meningen hierrond verschillen nog. Velen menen dat de intensiteit van HIIT te hoog is bij hartpatiënten en zo een risico vormt voor deze gevoelige populatie. Anderen menen dat net

een (lichte en kortstondige) ischemische inspanning ervoor kan zorgen dat er neovascularisatie optreedt in het aangedane hartweefsel (12).

In studies bij hartpatiënten is reeds aangetoond dat HIIT significante verbeteringen teweeg brengt op linker ventrikelvolume, contractiele functie, linker ventriculaire diastolische diameter, ejectiefractie en endotheelfunctie. Deze verbeteringen zijn gelijk of beter in vergelijking met MICT. Daarbij is op te merken dat er geen duidelijke veiligheidsproblemen aan het licht kwamen bij de interventie van HIIT in vergelijking met MICT (12, 13).

Een verhoogde bloeddruk of hypertensie is een belangrijke risicofactor op mortaliteit. In een studie wordt geen significant verschil gevonden van de systolische of diastolische bloeddruk tussen HIIT en MICT. Beiden worden als evenwaardig beschouwd en zorgen gemiddeld voor een daling van de systolische en diastolische bloeddruk in rust van respectievelijk 5.8 en 3.5 mmHg (22).

In een andere studie wordt wel een significant resultaat gevonden waarbij de nachtelijke diastolische bloeddruk meer daalt bij HIIT dan bij MICT. Voor systolische en diastolische bloeddruk overdag wordt er net geen significantie aangetoond. Echter in alle gevallen spreekt men over een significant verschil van bloeddruk in de grootte orde van 0.5 tot 1mmHg verschil, wat uiteraard klinisch volledig verwaarloosbaar is (23).

2. Obesitas

Overgewicht en obesitas zijn een ernstig gezondheidsprobleem. Op heden kampt meer dan 39% van de volwassen wereldbevolking met overgewicht, 13% voldoet zelfs aan de criteria van obesitas (24). Gewichtstoename wordt gezien in zowel ontwikkelde als ontwikkelingslanden en op alle leeftijden. De grootste toename van overgewicht ziet men echter bij de bevolkingsgroep tussen 20 en 40 jaar leeftijd (25). Overgewicht en obesitas worden in verband gebracht met onder andere een lagere kwaliteit van leven, meer cardiovasculaire aandoeningen, diabetes mellitus type 2 en kankeraandoeningen (26). Daartegenover staat dat beweging niet alleen de algemene fitheid verbetert, maar ook direct de aandoeningen volgend uit de obesitas.

HIIT wordt vaak geciteerd als een effectieve strategie om gewichtsreductie te bekomen. Er zijn diverse studiedesigns waarbij HIIT vergeleken wordt met MICT. Bij sommige designs worden de verschillende trainingsmodaliteiten gelijkgesteld naar energieverbruik, waarbij voorbijgegaan wordt aan het tijds-efficiënte gegeven van HIIT in vergelijking met MICT. Daarnaast is het absolute energieverbruik tijdens de interventies eerder laag, en is een gewichtsreductie slechts deels te verklaren door de interventie op zich.

In een meta-analyse met een brede populatie is HIIT en SIT (sprint interval training) even effectief gebleken als MICT voor het verlies van vetmassa. Er kan voor beide groepen een statistisch significant verschil gevonden worden voor vetmassa voor en na de interventie over een periode van minstens 4 weken, met gemiddeld −1.38 [95% CI: −1.99; −0.77] en -0.91 [95% CI: −1.45; −0.37] kg verlies van vetmassa voor HIIT/SIT en MICT respectievelijk (27). De studiepopulatie is zeer heterogeen, gaande van zowel actief sportende personen zonder overgewicht tot sedentaire personen met obesitas. Er kan geen significantie bekomen worden tussen subpopulaties.

3. Diabetes mellitus type 2

Diabetes mellitus type 2 is een andere belangrijke risicofactor op cardiovasculaire ziekte. Samen met het toenemende overgewicht, is een vermindering van glucose tolerantie tot diabetes type 2 eveneens een toenemend probleem in onze Westerse samenleving. Een meta-analyse van studies met een interventie van minstens 2 weken, kan aantonen dat HIIT effectiever is dan een controle groep en een MICT groep in het reduceren van insulineresistentie. Er zijn echter veel belangrijke beperkingen bij de studie (28). Slechts 4 van de 36 studies in de meta-analyse hebben een laag risico op bias, en er is een grote heterogeniteit tussen testpersonen, studieprotocollen en duur van de interventies. Betere en meer onderzoeken zijn nodig om effectief te kunnen besluiten dat HIIT beter is dan MICT in het voorkomen of verbeteren van glucose intolerantie.

4. Hypercholesterolemie

Op heden is er geen sterke bewijskracht van de effecten van HIIT op cholesterolwaarden. Bepaalde studies kunnen een effect aantonen, anderen dan weer niet. In een grote meta-analyse wordt er geen significant verschil genoteerd in het lipidenprofiel na een interventie van HIIT sessies (29).

5. Mentale gezondheid

Voldoende beweging kan een tegenwicht bieden aan de toenemende stress die mensen ervaren. In een studie ziet men dat bij volwassen werknemers die aan stress blootgesteld worden, er hogere burn-out scores behaald worden indien men weinig beweging heeft tijdens de vrije tijd (30). Ook dit is een belangrijk economisch gegeven, gezien bijvoorbeeld in Nederland in 2005 niet minder dan 15% van het werkverzuim omwille van ziekte te wijten was

aan burn-out. Dit bracht toen een kost met zich mee van om en bij de 1.7 miljard euro (31). In verschillende studies wordt gezien dat ook HIIT duidelijk de kwaliteit van leven positief beïnvloedt. Dit effect is in dezelfde grootteorde als bij de MICT interventie (32).

e. Veiligheid

Algemeen wordt vaak aangenomen dat de intensiteit waarbij HIIT sessies uitgevoerd worden, een belangrijk risico inhoudt voor het oplopen van blessures of cardiovasculaire events. Uit studies blijkt dat er geen grotere drop-out is bij HIIT dan bij MICT omwille van blessures of andere ongewenste effecten. Wel moeten we de kanttekening maken dat de blessures mogelijk niet vermeld worden, of onduidelijk gepreciseerd (22).

Specifiek bij de meest gevoelige populatie, hartpatiënten met in de voorgeschiedenis een hartinfarct of ingreep waarbij een coronaire stent of bypass geplaatst werd, is er geen veiligheidsrisico vastgesteld (13). De bewijskracht is echter nog niet sterk genoeg. Om accuraat het risico op cardiovasculair event vast te stellen, moet er een populatiegrootte zijn van meer dan twintig duizend personen met hartziekte. Deze populatiegrootte is tot op heden nog niet samengebracht in studieverband (12).

Zo blijft HIIT tot nu controversieel bij de hoog risico populatie van mensen met hartziekte. Men neigt naar het vermijden van episodes waarbij angina pectoris kan optreden, typisch uitgelokt door inspanningen aan hoge intensiteit. Een gecontroleerde ischemie kan echter een positieve respons vertonen op de negatieve gevolgen van cardiovasculaire events. Zo ziet men dat intensiteit van inspanning duidelijk gecorreleerd is met de vorming van coronaire collateralen door de activering van vasculaire endotheliale groeifactoren. Verschillende studies stellen duidelijk dat HIIT veilig is bij geselecteerde hoog-risico hartpatiënten. Natuurlijk moet opgemerkt worden dat enkel patiënten in studies geïncludeerd worden die actueel een stabiele hartziekte hebben, en waarbij de cardiale voorgeschiedenis voorafgaand grondig wordt onderzocht. Er worden zo bij consensus ook enkele duidelijke contra-indicaties vastgelegd (12):

- Onstabiele angina pectoris
- Niet gecompenseerd hartfalen
- Recent myocardinfarct (<4 weken)
- Recente stenting of bypass (<12 maanden)
- Inspanning limiterende hartziekten (valvulair, congenitaal, ischemische en hypertrofische cardiomyopathie)
- Complexe ventriculaire aritmie of geleidingsblok
- Ongecontroleerde hypertensie (>180/110mmHg)

f. Affect en plezier

Het grootste obstakel voor sedentaire individuen om aan beweging te starten, is het vooraf gevormde idee dat beweging niet leuk is (33). Indien er geen plezier ervaren wordt vanuit een bepaalde activiteit, verkleint dit verder de kans voor deze populatie om een bepaald niveau van activiteit vol te houden (34).

In de psychologie is het affect een patroon van waarneembaar gedrag waarmee een subjectief gevoel (of emotie) tot uitdrukking wordt gebracht. Als men zich de stemming van een persoon voorstelt als het emotionele 'klimaat' van die persoon, kan het affect worden gezien als het emotionele 'weer'. In de studies die verder besproken worden in deze masterproef, wordt affect aangeduid als het gevoel met betrekking tot de interventie van HIIT of MICT. Affect is een automatisch gevormd gevoel of emotie die ontstaat als gevolg van een prikkel. Dit kan zowel positief als negatief weergegeven worden. In het verdere verloop van deze studie wordt affect vaak weergegeven door de ‘rate of perceived exertion’ (RPE). Een voorbeeld van de RPE scorelijst is terug te vinden onder bijlage 1.

Plezier is in tegenstelling tot affect eerder een ervaring of belevenis. Waar affect automatisch gevormd wordt, zal plezier pas tot stand komen na een cognitieve processing van de gebeurtenis. Men denkt na over het gevoel en emotie, en benoemt deze. Plezier wordt in het verdere verloop van deze studie vaak kwantitatief weergegeven aan de hand van de ‘Physical Activity Enjoyment Scale' (PACES). Een voorbeeld van deze scorelijst is terug te vinden onder bijlage 2.

De Hedonistische theorie stelt heel eenvoudig dat mensen eerder geneigd zijn om gedrag te herhalen dat ze als aangenaam ervaren. De link tussen inspanningsintensiteit, emotionele respons (positief affect - afkeer) en plezier bij beweging wordt vaak voorop gesteld als verklaringsmodel waarom mensen de bewegingsvoorschriften niet halen. De affectieve respons en plezier bij beweging zijn zeer belangrijke factoren bij het volhouden van bewegingsvoorschriften. De affectieve respons bij een bewegingsvorm zoals MICT toont bijvoorbeeld een negatieve correlatie met de intensiteit van die inspanning (35). Met andere woorden, hoe zwaarder de inspanning, hoe minder positief affect tijdens de inspanning. In een studie ziet men dat bij HIIT tijdens de inspanning een negatief affect optreedt, maar dat er na de inspanning hogere scores van plezier waargenomen worden in vergelijking met MICT (36).

Langdurige inspanningen van hoge intensiteit worden algemeen geassocieerd met meer negatieve gevoelens bij sedentaire mensen. Hierbij wordt er eveneens een hogere drop-out waargenomen van mensen die hun bewegingsvoorschriften niet naleven (37). Meer en meer literatuur toont het bewijs dat een activiteit met acute en intensieve prikkels door mensen als

aangenamer ervaren wordt. Bij sedentaire individuen wordt deze vorm van activiteit zelfs aangeprezen om zelfstandig de bewegingsvorm vol te kunnen houden (36).

Er bestaan zeer diverse protocollen waarbij ze niet allemaal even aangenaam ervaren worden. Zo scoren protocollen van zware intervallen van 120 seconden minder goed dan protocollen van 30 of 60 seconden (38). In verschillende studies zijn de intensieve intervallen zelfs zo zwaar dat de testpersonen de test niet volledig kunnen volmaken. Het kunnen volmaken van de (zware) test of trainingsvorm is natuurlijk van groot belang om onder andere door positieve feedback het gevoel van competentie en plezier te verhogen (39).

Bepaling van de intensiteit waarop de intervallen binnen HIIT trainingsprogramma's uitgevoerd worden, is van groot belang. Uit de studies zien we dat dit een zeer belangrijke factor kan zijn in de scores van plezier die personen ervaren. Verschillende technieken zijn beschreven waarmee de intensiteit van intervallen kan berekend worden. RPE kan ook een goede maatstaf zijn, gezien er hier reeds een psychische factor aan gelinkt is. In studies volgens MICT protocollen, is er duidelijk een hoger affect bij inspanningen onder anaerobe drempel en een lager of zelfs negatief affect bij inspanningen boven anaerobe drempel. Rond de anaerobe drempel is er echter een zeer grote variabiliteit tussen personen (35). Deze theorie is vooral onderschreven bij MICT protocollen. Bij HIIT is er regelmatig ook een rustmoment tussen de hevige inspanningen, die soms zelfs maximaal zijn. Hierdoor kunnen personen de inspanning toch nog met een hoger affect aanvoelen dan men zou verwachten (36).

3. Methodologie

Vele studies en reviews zijn geschreven rond HIIT en zijn effectiviteit, veiligheid en toepasbaarheid bij zowel actieve als sedentaire mensen met of zonder comorbiditeit. Hier willen we een ander aspect rond beweging belichten, met name de beleving ervan. De manier waarop mensen beweging beleven, bepaalt in sterke mate of ze deze vorm van beweging al dan niet in hun levensstijl opnemen.
Als eerste werd de onderzoeksvraag duidelijk afgebakend. De algemene onderzoeksvraag is omschreven als volgt: “Wat is tot op heden gekend rond de beleving van mensen die een HIIT trainingsprotocol volgen?”. De onderzoeksvraag werd vertaald naar een PICO:

P: volwassenen (18-65 jaar), met of zonder comorbiditeit
I: een vorm van HIIT
C: een vorm van MICT
O: een vorm van beleving, plezier

Hierbij werd een vorm van HIIT omschreven als een protocol waarbij intensieve intervallen afgewisseld werden met rustintervallen. De intensieve intervallen eisen typisch een vermogen dat, indien aangehouden, meer dan 80% van de maximale hartfrequentie zou bereiken. Een vorm van MICT werd omschreven als een continue inspanning die naar intensiteit onder de anaerobe drempel blijft. De bepaling van intensiteit kan op verschillende manieren gebeuren. Er kan een percentage van (geschatte) maximale hartslag gebruikt worden, andere manieren maken gebruik van percentages van maximale wattage of VO_2max uit een voorafgaande inspanningstest. Onder een vorm van beleving verstaan we elke gevalideerde scorebepaling van een vorm van affect of gevoel. Voorbeelden zijn RPE en PACES.

Er werd gebruik gemaakt van de online database Pubmed. Daarnaast werden naslagwerken omtrent bevolkingsonderzoeken geraadpleegd op de website van World Health Organisation (24). De zoektermen werden als ‘Medical Subject Headings’ (MeSH) termen ingevoerd. Het voordeel van deze zoekstrategie is dat er mogelijke synoniemen van begrippen ook in de zoekresultaten terecht komen. Nadelen van deze zoekstrategie zijn het ontbreken van studies die geen MeSH-termen bevatten, of waarvan de MeSH-term een te algemene omschrijving heeft. Het toevoegen van MeSH termen gebeurt handmatig, dus zijn er mogelijk enkele nieuwe studies gemist waaraan er nog geen MeSH termen toegevoegd werden.
De MeSH zoekterm “High-Intensity Interval Training” werd gecombineerd met minstens een van de volgende MeSH termen: “Pleasure”, “Perception”, “Stress, Psychological”, “Affect”, “Happiness” en “Exercise/psychology”. Het resulteerde in volgende algemene zoekterm: ("High-Intensity Interval Training"[Mesh]) AND ("Pleasure"[Mesh] OR "Perception"[Mesh] OR "Stress, Psychological"[Mesh] OR "Affect"[Mesh] OR "Happiness"[Mesh] OR "Exercise/psychology"[MAJR]). Met deze zoekstrategie konden er in totaal 47 studies gevonden worden. Een eerste selectie werd gemaakt op de mogelijkheid tot raadplegen van

de volledige studie, hierbij bleven nog 40 studies over. Daarna werden de abstracts gelezen, en getoetst aan de opgestelde PICO. Veel studies vielen af, voornamelijk omwille van het feit dat ze inhoudelijk niet de data bevatten om in deze review te gebruiken. Zo is er bijvoorbeeld vaak geen geschikte controlegroep aanwezig. Daarnaast werden ook veel studies uitgevoerd op een adolescente populatie die hier niet geïncludeerd worden. In totaal werden er uiteindelijk 8 studies geselecteerd die aan de volledige inclusiecriteria beantwoordden.

De 8 studies samen werden allen gepubliceerd tussen 2015 en 2018, wat nogmaals de recente kennisontwikkeling rond deze trainingsvorm onderstreept. De studies komen uit Europa (Verenigd Koninkrijk, Finland en Schotland), Amerika (Verenigde Staten van Amerika en Canada) en Azië (China). In totaal werden uit de 8 studies samen 179 testpersonen geïncludeerd, waarvan 94 mannen en 85 vrouwen. De testpersonen hadden een leeftijd tussen 18 en 65 jaar. Verschillende populaties werden geïncludeerd, ouderen en jongeren, actieve en sedentaire, mensen met comorbiditeiten of gezonde. 3 van de 8 studies brachten resultaten uit van een eenmalige sessie, terwijl 5 andere over meerdere sessies resultaten uitbrachten met een totale duurtijd variërend van 2-8 weken. Per week werden er telkens 3-4 sessies georganiseerd.

We willen bij deze review zien wat de emoties en gevoelens zijn bij HIIT in vergelijking met MICT, en gebruikten verschillende MeSH termen met psychologische inhoud om zoveel mogelijk geschikte studies te kunnen terugvinden. We kijken in de studies vooral naar de manier waarop HIIT ervaren wordt, zowel tijdens als na de inspanning. HIIT is een tijds-efficiënte trainingsvorm maar vaak wordt geopperd dat het een zware trainingsvorm is waarbij mensen deze eerder negatief zouden ervaren.

Auteur	Populatie	Design studie	Protocols	Psychologische	Voornaamste bevindingen
Heisz et al(34)	n=36 (11/25) Lftgem 20.9 BMI 22 VO_2max 31 gezond en sedentair	RCT 6 weken (3 sessies/week) fiets	HIIT: 1'aan 90-95%HrMax : 1' aan 30% PPO, 10 herhalingen MICT: 27.5' aan 70-75% HrMax	PACES	HIIT biedt meer plezier, progressief toenemend
Hoekstra et al(42)	N=12 (12/0) lftgem 22,5 (3.3) BMI 23.5 VO_2max 35.5 Gezond en recreatief sportend	Cross-over RT eenmalige sessie handbike	HIIT: 1' 200% van PO op LTan : 1' 40% van PO op LTan, 80RPM, 10 herhalingen CAD: 30' 80% PO op LTan, per 1' afwisselend 110 en 50RPM CON: 30' 80% PO op LTan, 80 RPM	FS, FAS, RPE, PACES	HIIT meer negatief affect tijdens oefening, nadien meer plezier ervaren..
Kong et al(41)	N=31 (0/31) lftgem 21 BMI 25.7 VO_2max 32 Gezond en sedentair	RCT 5 weken (20 sessies) fiets	HIIT: 8" sprint all-out : 12" passieve rust, 60 herhalingen MVCT: 30' 60-80% VO_2max	PACES	Plezier blijft bij beide groepen gelijk gedurende de interventie, HIIT wel significant meer plezier.
Niven et al(40)	N=12 (12/0) lftgem 25 (+/-9) BMI 24.4 VO_2max 48.2 (+/-6.7) Gezond en actief sportend	Cross-over RT eenmalige sessie fiets	HIIT: 6" sprint all-out : 1' rust, 10 herhalingen HICT: 22' 105% VT MICT: 30' 85% VT	FS, FAS	HIIT en HICT lager affect tijdens sessie, nadien gelijk aan MICT

Evidentietabel. N: aantal deelnemers (man/vrouw), lftgem: gemiddelde leeftijd, BMI: body mass index, VO_2max: maximale zuurstofopnamevermogen (mlO_2/kg/min), RCT: randomised clinical trial, HIIT: high intensity interval training, HRmax: maximale hartslagfrequentie, MICT: moderate intensity continuous training, PACES: physical enjoyment activity scale, RT: randomised trial, PO: power output, LTan: lactate anaerobic treshold, RPM: rounds per minute, CAD: Change in cadence moderate intensity trial, CON: Continuous moderate intensity trial, FS: feeling scale, FAS: felt arousal scale, RPE: ratings of perceived exertion, MVCT: moderate-to-vigorous intensity continuous training, VT: ventilatory treshold, HICT: high intensity continuous training, HIIT(LV) en (HV): High intensity interval training (low volume) en (high volume), Wmax: maximale power output, PSQ: perceived stress questionnaire, PANAS: positive and negative affect schedule, PW: peak work load, SAM: self-assessment manikin rating scale, HRR: heart rate reserve.

Olney et al(46)	N=19 (10/9) lftgem 24 (+/-3.3) BMI 23.1 (+/-3.9) VO_2max 40.3 (+/-5.9) Gezond en actief sportend	Cross-over RT eenmalige sessie fiets	HIIT(LV): 1' 85%Wmax : 75" 20%Wmax, 8 herhalingen HIIT(HV): 2' 70% Wmax : 1' 20% Wmax, 6 herhalingen SIT: 20" 120%Wmax : 140" 20% Wmax, 6 herhalingen MICT: 25' 40% Wmax	RPE, PACES	Tijdens oefening meer negatief affect bij HIIT regimes, PACES geen verschil tussen HIIT en MICT. Vrouwen significant hogere scores op PACES bij HIIT.
Saanijoki et al(45)	N=26 (26/0) lftgem 47 (+/-5) BMI 25.9 VO_2max 34.2 (+/- 4.1) gezond en sedentair	RCT 2 weken (6 sessies) fiets	HIIT: 30" 180% PW : 4' passief herstel, 4-6 herhalingen MICT: 40-60' 60% PW	RPE, PSQ, PANAS	HIIT meer negatieve emoties tijdens en na sessie.
Saanijoki et al(44)	N=26 (16/10) lftgem 49 (+/-4), BMI 30.5 (+/-2.7) VO_2max 27.2 (+/-4.6) T2DM en sedentair	RCT 2 weken (6 sessies) fiets	HIIT: 30" 180% PW : 4' passief herstel, 4-6 herhalingen MICT: 40-60' 60% PW	SAM, RPE, PSQ, PANAS	HIIT meer negatieve emotie tijdens en acuut na sessie. Per opeenvolgende sessie wel significante verbetering uitputting en negatief affect
Vella et al(43)	N=17 (7/10) lftgem 26,2 (+/-7.8) BMI 31.6 (+/-5) VO_2max 34.7 Obees en sedentair	RCT 8 weken (3 sessies/week) fiets	HIIT: 1' 75-80% HRR : 1' 35-40% HRR MICT: 20' 55-59% HRR (heart rate reserve)	PACES	HIIT en MICT scoren hoog en gelijk op plezier.

Evidentietabel. N: aantal deelnemers (man/vrouw), lftgem: gemiddelde leeftijd, BMI: body mass index, VO_2max: maximale zuurstofopnamevermogen (mlO_2/kg/min), RCT: randomised clinical trial, HIIT: high intensity interval training, HRmax: maximale hartslagfrequentie, MICT: moderate intensity continuous training, PACES: physical enjoyment activity scale, RT: randomised trial, PO: power output, LTan: lactate anaerobic treshold, RPM: rounds per minute, CAD: Change in cadence moderate intensity trial, CON: Continuous moderate intensity trial, FS: feeling scale, FAS: felt arousal scale, RPE: ratings of perceived exertion, MVCT: moderate-to-vigorous intensity continuous training, VT: ventilatory treshold, HICT: high intensity continuous training, HIIT(LV) en (HV): High intensity interval training (low volume) en (high volume), Wmax: maximale power output, PSQ: perceived stress questionnaire, PANAS: positive and negative affect schedule, PW: peak work load, SAM: self-assessment manikin rating scale, HRR: heart rate reserve.

4. Resultaten

a. Studies

Acht studies zijn uiteindelijk geselecteerd volgens de hierboven beschreven methode. De studies zijn gerandomiseerde klinische studies, waarvan er drie (41, 42, 46) een enkele trainingssessie beschrijven, en vijf (34, 41, 43-45) een interventieperiode beschrijven, variërend van twee tot acht weken. De studies waarbij een enkele trainingssessie beschreven is, hanteren een cross-over design waarbij de studiepersonen telkens alle types van trainingssessie doorlopen. Hierbij moeten we natuurlijk bedacht zijn op het 'carry over' effect waarbij de eerste trainingssessie een invloed kan hebben op de volgende.

In totaal worden 179 personen getest in alle studies, waarvan 94 mannen en 85 vrouwen. Sommige studies includeerden enkel mannen (40, 42, 44), een enkele studie includeert enkel vrouwen (41). Het trainingsniveau voor aanvang van de interventies verschilt naargelang de studies. In totaal spreken 5 studies (34, 41, 43-45) van een sedentaire populatie, kenmerkend door minder dan een uur beweging per week. Eén studie (42) spreekt van een recreatief sportende populatie, en twee studies (40, 46) spreken van een actieve populatie. Een duidelijke parameter die het trainingsniveau weerspiegelt, is de VO_2max. Dit varieert bij de sedentaire groep tussen 27.2 en 34.7, en bij de actief sportende populatie tussen 40.3 en 48.2 mlO_2/min/kg. De recreatief sportende populatie heeft een VO_2max van 35.5mlO_2/min/kg.

Alle studies worden uitgevoerd op een volwassen populatie. Evenwel kunnen we opmerken dat 6 studies (34, 40-43, 46) een zeer jonge populatie beschrijven met een gemiddelde leeftijd van 20.9 tot 26 jaar. 2 studies (44, 45) beschrijven een populatie van middelbare leeftijd, gemiddeld tussen 47 en 49 jaar. De populatie van middelbare leeftijd is afkomstig van Finland. Voorts zijn er populaties verspreid over onder andere Canada, UK en China. Dit kan een implicatie hebben op de manier waarop mensen bepaalde trainingsmodaliteiten ervaren. Zo kan het zijn dat mensen van het West-Afrikaanse of Aziatische ras door een overwegend meer snel spiervezeltype (type 2), maximale inspanningen makkelijker kunnen volgehouden worden. Ook zouden deze personen mogelijk een groter trainingseffect kunnen hebben van dit type trainingen (47). Daarnaast kunnen culturele factoren eveneens een invloed hebben op de beleving van HIIT.

De psychologische scorelijsten die bepaald en beschreven worden tijdens de studies verschillen vaak. Zo wordt er gesproken van FS, FAS, PSQ, PANAS, PACES,… (zie evidentietabel) Het affect wordt vaak ook divers omschreven door verschillende aspecten ervan. Zo wordt het soms uitgedrukt in mate van stress, spanning, activatie en/of uitputting. Soms wordt affect algemener beschreven onder de noemer negatief of positief affect. Om een beter beeld te krijgen van de werkelijke situatie, zou er moeten gestreefd worden naar meer uniformiteit in

het gebruik van effectief gevalideerde scorelijsten. De PACES scorelijst wordt vaak gebruikt in de studies, maar hiervan is de absolute waarde ook niet gevalideerd. Zo is nog geen consensus bereikt over welk verschil in de score een effectief klinisch relevant verschil aantoont. Ook de timing van afname van de scorelijsten is van cruciaal belang. Er wordt vaak een 'rebound' effect gezien na de inspanning op affect en plezier. Studies die geen scorebepalingen doen na een zeker tijdsinterval na het beëindigen van de interventie kunnen dit effect missen.

De interventies vallen allemaal onder de noemer MICT en HIIT, hoewel er ook belangrijke verschillen terug te vinden zijn. Intervallen variëren van slechts 6 seconden tot 2 minuten onder de HIIT noemer. De rust intervallen variëren hierbij van 12 seconden tot 4 minuten. De intensiteit tijdens de interventies wordt eveneens op verschillende wijzen bepaald. Telkens voorafgaand aan de interventie wordt er een inspanningstest afgelegd door de testpersonen met bepaling van hartslag, vermogen (uitgedrukt in Watt), gaswisseling (O_2- en CO_2-waarden bij in- en uitademing) en/of lactaat. De intensiteit van de interventie wordt dan berekend aan de hand van percentages van variabelen zoals HRR, PW, PO op LTan, Wmax, HrMax en VO_2max. Ook hierin zijn er belangrijke verschillen in het gebruik. De percentages worden vaak gehanteerd om een arbitraire indeling te maken naar energiesysteem die aangrijpt. Echter de percentages van de bovenvermelde variabelen kloppen niet altijd met welk energiesystemen aangesproken wordt. Zo spreekt een zeer goed getrainde persoon tijdens een geleverd vermogen op 90% van de HrMax nog volledig zijn aeroob metabolisme aan, terwijl een sedentair individu reeds in belangrijke mate zijn anaeroob metabolisme aanspreekt tijdens een vermogen op 80% van de HrMax. Gebruik van hartfrequentie tijdens de sessie om de intensiteit te bepalen is vaak onmogelijk, aangezien de intervallen te kort zijn om de hartfrequentie voldoende te laten stijgen tijdens de inspanning. De manier waarop de inspanningstesten afgenomen worden om waarden zoals PW te bepalen is ook belangrijk. Inspanningstesten met korte protocollen (waarbij sneller een hogere weerstand bereikt wordt), leveren vaak een vals hoge waarde op. Percentages van deze PW kunnen aldus een anaeroob energiesysteem aanspreken, waar verondersteld wordt dat het vermogen op aerobe metabolisatie berust. Het wordt pas helemaal complex, als we ons gaan afvragen wanneer een energiesysteem zoals de fosfaatpool helemaal hersteld is na een interval met maximale inspanning. Verschillende HIIT interventies berusten inderdaad op het effect van onvolledige recuperatie, om bepaalde energiesystemen zo hard mogelijk te gaan belasten. Een goed begrip van de fysiologie is aldus essentieel om doelgerichte interventies te bepalen en hun effecten te voorspellen. Verder in deze studie proberen we verschillende psychische responsen te bespreken uit de geselecteerde studies, die vaak in nauw verband staan met gegeven fysiologische effecten.

b. Psychische responsen tijdens inspanningen

Van de 8 studies, beschrijven er 7 (34, 40-42, 44-46) bepaalde psychische responsen tijdens inspanning. In 6 studies (34, 41, 42, 44-46) registreert men de RPE van personen tijdens hun inspanning op verschillende momenten (bv telkens na de interval of per kwart van de sessie). Ook registreert men per opeenvolgende sessies de RPE. De absolute waardes van RPE verschilt naargelang de interventies. Waarden variëren bij MICT van 9 tot 15, bij HIIT van 12 tot 16. Men ziet dat tijdens een sessie de RPE significant hoger ligt bij HIIT dan bij MICT. Slechts één enkele studie vormt hierop een uitzondering waar de RPE bij HIIT significant lager lag dan bij MICT (41). In deze studie valt op hoe zwaar de intensiteit vastgelegd wordt voor een sedentaire bevolking. Bij MICT zullen sedentaire personen aan 80% van VO_2max eerder overgaan tot hun anaeroob energiesysteem. Bij de HIIT groep in deze studie wordt er na een interval van 8 seconden maximale inspanning passieve rust met onvolledig herstel ingebouwd van 12 seconden. De waarden van RPE in deze studie liggen dan ook hoog, zowel bij MICT als HIIT met een score van 14 en 15 respectievelijk.
In studies waarbij de RPE bij opeenvolgende sessies bepaald word, ziet met dat deze daalt (44, 45), of gelijk blijft (34) ondanks het feit dat dat de weerstand progressief verhoogd wordt.

Studies die scores van affect weergeven, tonen allen dat positief affect significant daalt bij HIIT in vergelijking met MICT tijdens de sessie (40, 42, 44-46). Concomitant zien we dat in de studies die negatieve affecten registreerden, deze sneller stijgen bij HIIT dan bij MICT tijdens de sessie (42, 44-46).

c. Psychische responsen na inspanning

In 5 van de 8 studies (34, 41-43, 46) wordt de PACES score bepaald om de mate van plezier aan te geven die de testpersonen ervaren na de inspanning. Het tijdsinterval varieert van 10 tot 20 minuten na het stopzetten van de sessie. In de 3 andere (40, 44, 45) studies worden affecten beschreven direct na de inspanning. De absolute waarden van de PACES op het einde van de interventieperiode variëren sterk. Bij HIIT lopen deze gemiddelde scores van 67 tot 102 op een maximum van 126 punten. Bij MICT zien we gemiddelde scores van 48 tot 97. Opvallend is dat de laagste waardes uit dezelfde studie volgen (41), en dat de hoogste waardes eveneens uit dezelfde studie volgen (43). Meerdere redenen zijn te bedenken bij dit gegeven. Zo wordt de totale arbeid van zowel HIIT als MICT interventies binnen eenzelfde studie in die mate voorgeschreven dat deze nagenoeg gelijk is. Mogelijk zijn er ook culturele factoren die meespelen in de beleving van een bepaald type inspanning. Daarnaast zijn er diverse externe factoren die ook bijdragen tot het plezier, zoals de sessies alleen of in groep afwerken of eventuele motivatie van begeleiders tijdens de interventie.

In 3 van de 5 studies (34, 41, 42) blijkt de PACES significant hoger te liggen bij HIIT in vergelijking met MICT. In de 2 andere studies (43, 46) is er geen significant verschil tussen HIIT en MICT op het einde van de interventie. In 1 studie (34) ziet men dat de PACES per sessie licht toeneemt naargelang de interventieperiode vorderde. In alle andere studies blijft de PACES onveranderd gedurende de gehele interventieperiode.

Van de 3 studies (40, 44, 45) waar geen PACES worden afgenomen, ziet men bij één het affect na inspanning bij HIIT gelijk worden aan dat van MICT nadat er tijdens de inspanning een significante daling bij HIIT optreedt (40). In de andere 2 studies ziet men significant meer stress en irritatie, en minder positief affect bij HIIT in vergelijking met MICT (44, 45). In een studie (44) ziet men dat satisfactie gelijk wordt op het einde van de interventieperiode, waar er aanvankelijk meer satisfactie bij MICT is. In deze drie studies worden de affecten direct na het stoppen van de sessie gemeten, waar mogelijk een rebound effect verloren gaat zoals boven beschreven.

d. Subgroepen

i. Leeftijd

Bij 2 van de 8 studies (44, 45) is de studiepopulatie van middelbare leeftijd (47-49 jaar gemiddeld), bij de 6 andere (34, 40-43, 46) varieert de gemiddelde leeftijd van 20,9 tot 26 jaar. Tussen de studies kan er geen duidelijk verschil van affect of plezier beschreven worden volgens leeftijd. Bij de studies met een studiepopulatie van middelbare leeftijd wordt er geen PACES geregistreerd na de interventie waardoor vergelijken bemoeilijkt wordt. Het effect op affect wordt bij deze studies direct na het stopzetten van de sessie afgenomen, waardoor een rebound effect kan gemist worden zoals hoger beschreven. Er zijn geen studies geïncludeerd met testpersonen van hogere leeftijd.

ii. Fitheid

Bij de 2 studies (40, 46) met een getrainde studiepopulatie ziet men globaal dezelfde effecten als bij de studies met een ongetrainde of recreatief getrainde studiepopulatie. Er is een daling van affect tijdens de inspanning bij HIIT in vergelijking met MICT. Na het stoppen van de inspanning ziet men dat het affect tussen HIIT en MICT opnieuw gelijk wordt (40). In de studie met getrainde personen (46) waar PACES bepaald wordt na de interventieperiode, ziet men geen verschil tussen de HIIT en MICT groep.

Fitheidsniveau van personen is belangrijk bij het opstellen van HIIT protocollen. Zoals hoger beschreven, kan bij eenzelfde percentage van intensiteit zowel het aeroob als het anaeroob

energiesysteem actief zijn naargelang de fitheid van het individu. Hieruit kunnen dan ook verschillende psychische effecten voortvloeien.

iii. Geslacht

Studies kunnen vaak geen effect aantonen door een te kleine testpopulatie. Ook wordt er in bepaalde studies geen gewag gemaakt over het mogelijk verschil in psychische effecten tussen man en vrouw. In een studie (46) kan men aantonen dat PACES geen significant verschil toonde tussen HIIT en MICT bij de volledige testpopulatie. Als er gekeken wordt naar geslacht, ziet men in dezelfde studie dat de vrouwen binnen de HIIT populatie significant hogere PACES laten registreren dan mannen, 90 en 72 respectievelijk. In een andere studie (40) waarin enkel vrouwen als testpersonen gebruikt worden, ziet men dat de RPE tijdens de sessie lager ligt bij HIIT dan MICT, met respectievelijk waardes van 14 en 15. Ook de PACES is significant hoger bij HIIT dan MICT, respectievelijk 67 en 48. Absoluut bekeken, zijn deze PACES wel de laagste in vergelijking met alle andere studies. Zoals reeds beschreven kan het intensieve protocol bij zowel HIIT als MICT in deze studie een belangrijke invloed spelen.

Vrouwen lijken geneigd om meer plezier te ervaren bij HIIT protocollen. De studies hierrond zijn echter zeer beperkt en kunnen deze stelling niet met voldoende bewijskracht funderen.

iv. Comorbiditeiten

Verschillende studies onderzoeken de fysiologische effecten bij risicopopulaties zoals hartpatiënten, of mensen met risicofactoren zoals obesitas en verminderde glucosetolerantie. Heel zeldzaam worden hierbij ook de psychische effecten beschreven. In een studie (44) kan men volgens een exact identiek studieprotocol de vergelijking maken tussen personen met insuline resistentie en gezonde personen. Zo ziet men dat de RPE identiek is bij gezonde en insuline resistente personen bij zowel HIIT als MICT. Het plezier is wel hoger bij de gezonde groep na de HIIT sessies.

In een andere studie (43) ziet men dat mensen met obesitas (BMI>30) geen significant verschil weergeven op PACES tussen HIIT en MICT. De absolute waarde van de PACES is bij zowel HIIT als MICT wel hoog, respectievelijk 100 en 97. Dit is wellicht te wijten aan de relatief lage intensiteit waarop de HIIT en MICT protocollen uitgevoerd worden.

e. Ongewenste voorvallen

Niet in alle studies zijn ongewenste voorvallen geregistreerd. Het kan zijn dat effectief geen ongewenste voorvallen zijn, of ze worden stilgezwegen. Soms wordt er gesproken van testpersonen die de studie niet volbrachten, waarbij geen reden wordt opgegeven. Deze uitvallers waren in alle groepen laag.

In enkele studies wordt er wel aangegeven dat er uitvallers zijn door ongewenste voorvallen. Een vrouw in de HIT groep kon de training niet verderzetten door een slechte respons tijdens de eerste sessie. Er werd niet gespecifieerd welke slechte respons er optrad (34). In een SIT groep konden 2 personen niet de volledige sessie volbrengen door uitputting en duizeligheid. (46) In een SIT groep waren er 2 afvallers, 1 voor de aanvang, 1 tijdens eerste sessie door migraine. In dezelfde studie waren er ook 3 afvallers bij de MICT groep omwille van persoonlijke redenen (44).

f. Bias

Een studie peilt naar motivatie en navolgen van het trainingsschema in real-life omstandigheden, maar als beloning krijgen de deelnemers een waardebon voor een boekenwinkel. Afwisselen van 3 verschillende toestellen (loopband, fietsergometer en crosstrainer) kan ook plezier verhoogd hebben. In randomisatie zien we ongelijke verdeling van het geslacht bij HIIT in vergelijking met MICT (43).

Gesuperviseerde sessies met groepen van zowel MICT als HITT deelnemers op zelfde moment versterkt mogelijk het effect van positieve feedback na het volmaken van de (zware) HIIT sessie. Als een sessie gemist werd, werd deze ingehaald in de volgende week. ‘Outlier’ waarden op PACES werden vervangen door eerstvolgende in de groep die geen outlier was. Onvolledige PACES scores werden vervangen door groepsgemiddelde in eerste week, nadien werden de onvolledige waarden ingevuld door de scores die de week voordien aangeduid werden (34).

Een studie includeerde studenten van het departement waar de testen afgenomen werden. Er was wel een dieetmonotoring, waarbij er een standaard voeddingsadvies gevolgd werd 24u voor inspanning. De sessies gingen telkens op hetzelfde moment van de dag door (42).

PACES werd direct na de trainingsessie afgenomen waardoor mogelijk rebound effect niet geregistreerd werd. Het protocol voor MICT was zeer intensief, met RPE hoger bij MICT dan HIIT. Hierbij zag men wel een hogere gemiddelde hartfrequentie bij HIIT dan MICT. Activiteit buiten de interventie en dieet werd vergeleken en was gelijk (41).

Deelnemers uit een studie waren universiteitsmedewerkers of studenten uit de afdeling sportwetenschappen (40). Dit kan een belangrijke selectiebias inhouden.

Alhoewel niet significant, waren er toch opmerkelijke verschillen tussen vrouwen en mannen, zo sportten de mannen gemiddeld 6.4u per week, terwijl de vrouwen gemiddeld 9.2u per week sportten. Door de grote variabiliteit binnen de beide groepen, kon er geen statistische significantie bekomen worden. 2 mensen konden de SIT niet volledig uitvoeren, geen reden waarom (46).

5. Discussie

Actieve personen hebben waarschijnlijk een mindere afkeer tegenover MICT dan sedentaire personen, gezien ze reeds gewoon zijn aan deze trainingsvorm. Daartegenover zien we in deze en andere studies dat sedentaire personen meer plezier ervaren aan HIIT dan MICT (34, 41, 48).

Tussen actieve en sedentaire personen, bestaat er een belangrijk verschil op de manier hoe ze inspanningen ervaren. Sedentaire personen vinden eenzelfde relatieve inspanning zwaarder, uitputtender, en hebben een grotere afkeer tegen die inspanning. Sedentaire personen ervaren ook minder gemoedsveranderingen door beweging (36). In deze review vinden we wel dat deze negatieve gevoelens en RPE bij de inspanning snel verbeteren naargelang de trainingssessies vorderen. Dit is deels te verklaren door fysiologische responsen op de inspanning met zowel metabole, neuromusculaire, cardiovasculaire en respiratoire adaptaties. Wellicht beïnvloeden deze adaptaties op hun beurt de psychologische en cognitieve ervaringen op positieve wijze. Het gevoel de inspanning beter aan te kunnen, is een belangrijke factor in het ervaren van plezier tijdens die inspanning (45). De eerste weken van een trainingsprogramma zijn van cruciaal belang. Een persoon moet zich aanpassen aan de trainingsprikkels en vaak worden er (hoge) drop-out aantallen gezien in de eerste weken van een trainingsprogramma (49). Bij korte studies over 6-tal sessies bij sedentaire personen wordt gezien dat het positief affect en motivatie toeneemt per sessie. Verder onderzoek is nodig of deze effecten op lange termijn kunnen behouden blijven (44). Kortere intervallen kunnen wellicht een breder, ouder, en sedentair publiek evenzeer aanspreken (40, 50). Voor sedentaire personen lijkt een minder intensief protocol met kortere intervallen beter getolereerd. Plezier bij inactieve, obese mensen blijkt ook hoger te zijn bij kortere intervallen, typisch minder dan 30 seconden (38). Zelfs deze minder intensieve protocollen kunnen een effectiviteit aantonen op het reduceren van risicofactoren (51, 52).

Hoewel een enkele HIIT sessie in deze studie vaak aangenamer ervaren wordt dan een MICT sessie, zien we de omgekeerde waarheid als de zware intervallen te uitputtend zijn, of zelfs slechts gedeeltelijk te volbrengen zijn (36, 39). Tussen studies wordt vaak een tegenstrijdig resultaat gevonden met betrekking tot PACES (7, 38). In de studies die in deze review belicht worden, blijkt de PACES telkens identiek of hoger te scoren bij HIIT dan bij MICT. Wellicht is de reden hiervan niet enkel te vinden in het verschil tussen HIIT en MICT, maar vooral ook tussen de verschillende protocollen die gebruikt worden bij HIIT en MICT. Protocollen van HIIT die gebruikt worden in de studies verschillen sterk onderling. Dit maakt het soms onmogelijk om de studies met elkaar te gaan vergelijken. In een studie zien we bijvoorbeeld een hogere RPE bij de MICT groep (52), wat wellicht dan ook deels het verschil in PACES verklaart tussen de HIIT en MICT groep. In deze studie wordt er wel een hogere gemiddelde hartslag genoteerd bij de HIIT groep, maar de sessietijd is dan ook iets minder dan de helft in vergelijking met

MICT (52). Het voorschrift van het HIIT (en MICT) protocol is dan ook van cruciaal belang, met inbegrip van intensiteit, inspanning/rust ratio en aantal herhalingen (7, 40).

De intensiteit van de HIIT protocollen wordt op een verschillende manier bepaald in de studies. Sommige doen dit op basis van de eerder bepaalde VT, andere op basis van PPO, bij andere is er geen vastgelegde intensiteit en is het gewoon maximaal of "all-out" (40, 46). Er wordt echter vaak een grote variabiliteit gezien van het 'omslagpunt' of anaerobe drempel tussen personen. Een goede bepaling vooraf van de capaciteiten is belangrijk, en deze vertalen naar een geschikt HIIT protocol is cruciaal (36). Zoals reeds eerder vermeldt, is de ervaring van een inspanning rond de anaerobe drempel uiteenlopend, en kan het aftoetsen van een HIIT protocol met de RPE een belangrijke meerwaarde bieden in het verder doen slagen van een bewegingsvoorschrift. Anderzijds is RPE niet de beste weergave van het affect dat een persoon ervaart bij een inspanning. De ene kan een intensieve inspanning als te inspannend en overweldigend vinden, terwijl een andere het meer als een uitdaging vindt (45). Een tabel met de weergave van de RPE scores is terug te vinden in bijlage 1.

Een verschil in PACES is vaak statistisch significant, echter er is nog geen consensus gevonden welk absoluut verschil in PACES ook een klinisch significant verschil aangeeft. Het moment waarop de PACES afgenomen worden, is van belang. Dit wordt meestal direct na, tot 20 minuten na de sessie afgenomen. Hierin kunnen er echter al belangrijke verschillen optreden. Er wordt gesteld dat het affect op het moment direct na inspanning een sterke voorspeller zou zijn op toekomstig gedrag van beweging (40). Verder zou ook het rebound effect van negatief naar positief affect zich voordoen net na de inspanning (35). Verder onderzoek is genoodzaakt om betere inzichten te krijgen in het verband tussen affect net na de inspanning, en kans op meer beweging in de toekomst (40). Duidend onderzoek van de lange termijn effecten op affect en plezier bij HIIT, en de eventueel hiermee gepaard gaande bewegingsactivatie, ontbreken nog. Ook is het wenselijk dat studies ondanks een verschillend HIIT protocol toch eenzelfde gevalideerd protocol gebruiken voor de weergave van affect en plezier tijdens en na de inspanning.

Competentie met betrekking tot de inspanning is wellicht de sleutel tot plezier tijdens HIIT. In een studie blijkt de verhoging in weerstand een voorspeller te zijn van een gestegen PACES. Ook tussen de studiepersonen is er een marginaal verband tussen de toename van PPO op de maximale inspanningstest na de interventiesessies en PACES. Tussen VO_2max en PACES lijkt er dan weer geen verband. Eerder fysiologische aanpassingen in kracht dan aerobe fitheid lijkt plezier te beïnvloeden (34). De mogelijke onderliggende fysiologische mechanismen moeten echter nog geïdentificeerd worden.

Kortere HIIT intervallen (tot 5 seconden) scoren in een kleine studie hoger op plezier dan langere intervallen. Mensen geven aan dat ze zich meer competent voelen om het protocol

met kortere intervallen te volgen. Deze kortere intervallen zijn mogelijk te verkiezen boven de langere om in de vorm van een trainingsprogramma op te kunnen volgen (48).

Zowel in vroegere studies als in de verschillende studies die hier geïncludeerd worden, kan er een duidelijk lager affect vastgesteld worden tijdens de inspanning bij HIIT in vergelijking met MICT. In studies met trainingsprogramma's volgens het MICT stramien, houdt het lager affect tijdens de inspanning verband met de scores van plezier na de inspanning (36). Bij HIIT echter, wordt er contradictorisch een hogere score van plezier gevonden na de inspanning in vergelijking met MICT, terwijl er tijdens de inspanning duidelijk een lager affect is en hogere RPE. Plezier is een emotie en wordt meer gezien als een ervaring of belevenis. Hierbij vindt er een intra persoonlijke cognitieve beoordeling plaats. Affect is dan meer een patroon van waarneembaar gedrag waarmee een subjectief gevoel of emotie zoals plezier tot uitdrukking wordt gebracht. Affect beïnvloedt aldus niet altijd rechtlijnig het ervaren plezier. Voorbeelden hiervan zijn de redenen die testpersonen aangeven waarom ze HIIT verkiezen boven MICT. Zo vinden ze het minder saai, hebben ze een groter gevoel van geleverde prestaties en/of vinden ze de inspanning relevanter om doelen te bereiken (42).

Testpersonen zijn zich goed bewust van hun trainingsprogramma in de studies. Zowel de MICT als HIIT groep zijn op de hoogte van hun vooruitgang en deze niet-expliciete positieve feedback kan een weerslag hebben op motivatie en plezier (53). De sociale hulp en ondersteuning van bijvoorbeeld familie en personal trainer is eveneens een belangrijke factor bij het opstarten en onderhouden van beweging (44). De verschillende vormen van (positieve) feedback kan aldus een belangrijke variabele zijn om een onderscheid te maken tussen de psychische en fysische bijdrage op ervaren plezier bij training geïnduceerde vooruitgang (34).

Het volhouden van een trainingsprogramma is onder andere afhankelijk van het plezier na die inspanning. De variatie op zich die bij HIIT meer aanwezig is dan bij MICT kan reeds een verklaring zijn van het toegenomen plezier in vergelijking met MICT. In een studie wordt de variatie van cadans als gelijkwaardig gescoord in termen van plezier. Deze vorm van variatie kan eventueel aangewend worden bij personen die fysiek nog niet klaar zijn om HIIT oefeningen uit te voeren, of die een te grote afkeer hebben voor de intensieve intervallen (42). Andere variaties kunnen aangereikt worden door gebruik van verschillende toestellen waarop de protocollen uitgevoerd worden. In een studie mogen de deelnemers vrij kiezen welk toestel ze gebruiken doorheen de studie. Ze hebben de keuze tussen een loopband, fietsergometer of crosstrainer. In de studie worden hoge absolute waardes van PACES genoteerd wat mogelijk aan deze variatie gelinkt is. Het houdt echter wel een extra moeilijkheid in om telkens dezelfde interpersoonlijke intensiteit bij de verschillende bewegingsvormen te bepalen (43).

Bijna alle HIIT programma's worden uitgevoerd op fietsergometer of loopband. Een studie waarvan het trainingsprogramma op een handbike uitgevoerd wordt, kon vergelijkbare scores aantonen voor affect en plezier tijdens en na inspanning als bij studies uitgevoerd op fietsergometer of loopband. Hoewel de studie uitgevoerd wordt met testpersonen zonder handicap, kunnen wellicht ook mindervalide of minder mobiele personen van deze trainingsvorm hun plezier halen (42).

Geslacht is ook een variabele in respons op beweging. Zo lijkt bijvoorbeeld dat de vermoeibaarheid lager is bij vrouwen dan mannen. In een studie blijkt dat bij vrouwen die herhaaldelijke sprints uitvoeren, hun kracht minder snel afneemt dan bij mannen. In studies ziet men dat vrouwen een lagere lactaataccumulatie hebben dan mannen voor eenzelfde relatieve inspanning. Het lijkt daarnaast ook dat vrouwen sneller herstellen na een sprint interval dan mannen (54). Een andere spiersamenstelling met meer spiermassa, snelle spiervezels en lactaatdehydrogenase activiteit bij mannen, is het best verklarend model (46). Geslacht wordt vaak niet in overweging genomen als variabele in HIIT studies. Zo zijn er tegenstrijdige studies met betrekking tot lange termijn effecten van HIIT tussen geslacht. Vrouwen kunnen een inspanningen van eenzelfde relatieve intensiteit anders ervaren dan mannen, wat zijn weerslag kan hebben op het plezier van die inspanning en het onderhouden ervan in het dagdagelijkse leven (46). Bij het voorschrijven van HIIT protocollen, kan er dus best ook rekening gehouden worden met het geslacht bij actieve jonge sporters.

Tussen de geïncludeerde studies, is er slechts één studie die het naleven van HIIT trainingsprogramma in real-life omstandigheden bekijkt. De percentages waren hoog met gemiddeld 93% voor zowel de MICT als HIIT groep. De deelnemers zijn mogelijk beïnvloed door een waardebon voor een boekenwinkel die verbonden is aan het volbrengen van de studie. Of HIIT als bewegingsvorm kan vertaald worden naar real-life omstandigheden is tot op vandaag onvoldoende bewezen (43).

In het streven naar gezondheid kijken we vooral naar vermijdbare risicofactoren. Enkele zijn duidelijk en voldoende bewezen met een universele erkenning ervan binnen de algemene populatie. Voorbeelden zijn roken, overgewicht en hoge bloeddruk. Overgewicht is een belangrijke motivatiereden waarom mensen aan sport gaan doen. Echter bij deze groep mensen zien we eveneens dat hun motivatie na verloop van tijd onvoldoende blijkt om de inspanningen vol te houden. Veel heeft te maken met het bereiken van doelen. Als deze niet snel genoeg gehaald worden, zien we dat de motivatie snel daalt, en mensen hun beweging stopzetten. Gezien beweging op zich wellicht een belangrijkere risicofactor is dan overgewicht, moet de focus ook evenredig gelegd worden. Met HIIT kunnen we zelfs na 2 weken een significante verbetering meten en dit kan aldus een snellere voldoening brengen. Met de focus meer op beweging te leggen dan puur op overgewicht, kan de motivatie mogelijk langer volgehouden worden door het sneller behalen van doelen. Dit is een belangrijk gegeven

voor alle gezondheidswerkers. Zoals reeds hoger beschreven, is er meer en meer bewijs dat niet bewegen de belangrijkste risicofactor is van algemene mortaliteit. Algemene levensstijladviezen mogen niet ontbreken, maar het is bijvoorbeeld belangrijker om te focussen op bewegen dan enkel en alleen op het te hoge BMI.

In deze review worden enkele studies besproken die een interventie over middellange termijn (2 tot 12 weken) uitvoerden. Echter hieruit kunnen we nog geen correct beeld vormen of de trainingsvorm HIIT al dan niet kan gebruikt worden om beweging te gaan promoten. Er is bewijs dat hogere affectieve responsen tijdens de inspanning een goede voorspeller zijn voor toegenomen fysieke activiteit bij personen na 6-12 maanden. Echter dit verband op lange termijn tussen plezier en verhoogde fysieke activiteit kon nog niet aangetoond worden (55).

6. Conclusie

HIIT trainingsvorm heeft reeds bewezen dat het effectief is voor het verbeteren van verschillende aspecten van de gezondheid. Daarnaast is er vastgesteld dat het een tijds efficiënte manier van bewegen is. Ook worden de vragen rond veiligheidsrisico's in toenemende mate gunstig beantwoord.

Er is tussen de studies een zeer grote heterogeniteit tussen onder andere de testpopulaties, HIIT en MICT protocollen, duur van de interventies en protocollen van affect en plezier. Hierdoor is het zeer moeilijk om studies te vergelijken en besluiten te vormen. In het kader van bewegingspromotie is het op vandaag onvoldoende duidelijk welke HIIT vorm voor welke populatie meest geschikt is. Uit de huidige literatuur kunnen we met deze studie aantonen dat mensen minstens evenveel plezier aan HIIT ondervinden dan bij MICT. Hierbij is van belang dat het HIIT protocol individueel correct wordt voorgeschreven. Als dit toegenomen plezier zich kan vertalen naar het aanzetten tot beweging bij een groeiende sedentaire populatie is op heden onduidelijk. Meer en langere onderzoeken zijn nodig met een strikt gevalideerd design om te kunnen besluiten dat HIIT beter is dan MICT voor de gezondheidspromotie.

De resultaten uit toekomstige studies en de ontwikkeling van toegepaste HIIT bewegingsprotocollen kan een belangrijke stap vooruit zijn. Waarbij HIIT zelfs in strategieën van volksgezondheid kan opgenomen worden naast de reeds bestaande MICT aanbevelingen.

7. Referenties

1. Milanovic Z, Sporis G, Weston M. Effectiveness of High-Intensity Interval Training (HIT) and Continuous Endurance Training for VO2max Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials. Sports medicine (Auckland, NZ). 2015;45(10):1469-81.
2. Cox PJ, Kirk T, Ashmore T, Willerton K, Evans R, Smith A, et al. Nutritional Ketosis Alters Fuel Preference and Thereby Endurance Performance in Athletes. Cell Metab. 2016;24(2):256-68.
3. Drs. Jan Jaap de Morree DTJ, Drs. Gerard van der Poel energielevering bij inspanning. Inspanningsfysiologie, oefentherapie en training first edition ed: Bohn Stafleu van Loghum; 2011. p. 19-38.
4. Ferguson BS, Rogatzki MJ, Goodwin ML, Kane DA, Rightmire Z, Gladden LB. Lactate metabolism: historical context, prior misinterpretations, and current understanding. Eur J Appl Physiol. 2018;118(4):691-728.
5. Wilmore JH, Costill DL. Physical energy: fuel metabolism. Nutr Rev. 2001;59(1 Pt 2):S13-6.
6. Katz A, Sahlin K, Henriksson J. Muscle ATP turnover rate during isometric contraction in humans. J Appl Physiol (1985). 1986;60(6):1839-42.
7. Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. Sports medicine (Auckland, NZ). 2013;43(5):313-38.
8. Gibala MJ, Little JP, Macdonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. The Journal of physiology. 2012;590(5):1077-84.
9. Lovell D, Kerr A, Wiegand A, Solomon C, Harvey L, McLellan C. The contribution of energy systems during the upper body Wingate anaerobic test. Appl Physiol Nutr Metab. 2013;38(2):216-9.
10. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. Med Sci Sports Exerc. 2011;43(7):1334-59.
11. Gillen JB, Martin BJ, MacInnis MJ, Skelly LE, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. Twelve Weeks of Sprint Interval Training Improves Indices of Cardiometabolic Health Similar to Traditional Endurance Training despite a Five-Fold Lower Exercise Volume and Time Commitment. PLoS One. 2016;11(4):e0154075.
12. Weston KS, Wisloff U, Coombes JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. Br J Sports Med. 2014;48(16):1227-34.
13. Hannan AL, Hing W, Simas V, Climstein M, Coombes JS, Jayasinghe R, et al. High-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training within cardiac rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. Open Access J Sports Med. 2018;9:1-17.

14. Choi J, Lee M, Lee JK, Kang D, Choi JY. Correlates associated with participation in physical activity among adults: a systematic review of reviews and update. BMC Public Health. 2017;17(1):356.
15. Guthold R, Stevens GA, Riley LM, Bull FC. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1.9 million participants. The Lancet Global health. 2018;6(10):e1077-e86.
16. Vitti A, Nikolaidis PT, Villiger E, Onywera V, Knechtle B. The "New York City Marathon": participation and performance trends of 1.2M runners during half-century. Research in sports medicine (Print). 2019:1-17.
17. Ross R, Blair SN, Arena R, Church TS, Despres JP, Franklin BA, et al. Importance of Assessing Cardiorespiratory Fitness in Clinical Practice: A Case for Fitness as a Clinical Vital Sign: A Scientific Statement From the American Heart Association. Circulation. 2016;134(24):e653-e99.
18. Hallal PC, Andersen LB, Bull FC, Guthold R, Haskell W, Ekelund U, et al. Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. Lancet (London, England). 2012;380(9838):247-57.
19. Petersen AM, Pedersen BK. The anti-inflammatory effect of exercise. Journal of applied physiology (Bethesda, Md : 1985). 2005;98(4):1154-62.
20. Beavers KM, Brinkley TE, Nicklas BJ. Effect of exercise training on chronic inflammation. Clinica chimica acta; international journal of clinical chemistry. 2010;411(11-12):785-93.
21. Kaspar F, Jelinek HF, Perkins S, Al-Aubaidy HA, deJong B, Butkowski E. Acute-Phase Inflammatory Response to Single-Bout HIIT and Endurance Training: A Comparative Study. Mediators of inflammation. 2016;2016:5474837.
22. Costa EC, Hay JL, Kehler DS, Boreskie KF, Arora RC, Umpierre D, et al. Effects of High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training On Blood Pressure in Adults with Pre- to Established Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Trials. Sports Med. 2018;48(9):2127-42.
23. Way KL, Sultana RN, Sabag A, Baker MK, Johnson NA. The effect of high Intensity interval training versus moderate intensity continuous training on arterial stiffness and 24h blood pressure responses: A systematic review and meta-analysis. J Sci Med Sport. 2019;22(4):385-91.
24. world health organisation (WHO). obesity and overweight 2018.
25. Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C, et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. Lancet (London, England). 2014;384(9945):766-81.
26. Fruh SM. Obesity: Risk factors, complications, and strategies for sustainable long-term weight management. Journal of the American Association of Nurse Practitioners. 2017;29(S1):S3-S14.
27. Keating SE, Johnson NA, Mielke GI, Coombes JS. A systematic review and meta-analysis of interval training versus moderate-intensity continuous training on body adiposity. Obes Rev. 2017;18(8):943-64.
28. Jelleyman C, Yates T, O'Donovan G, Gray LJ, King JA, Khunti K, et al. The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: a meta-analysis. Obes Rev. 2015;16(11):942-61.

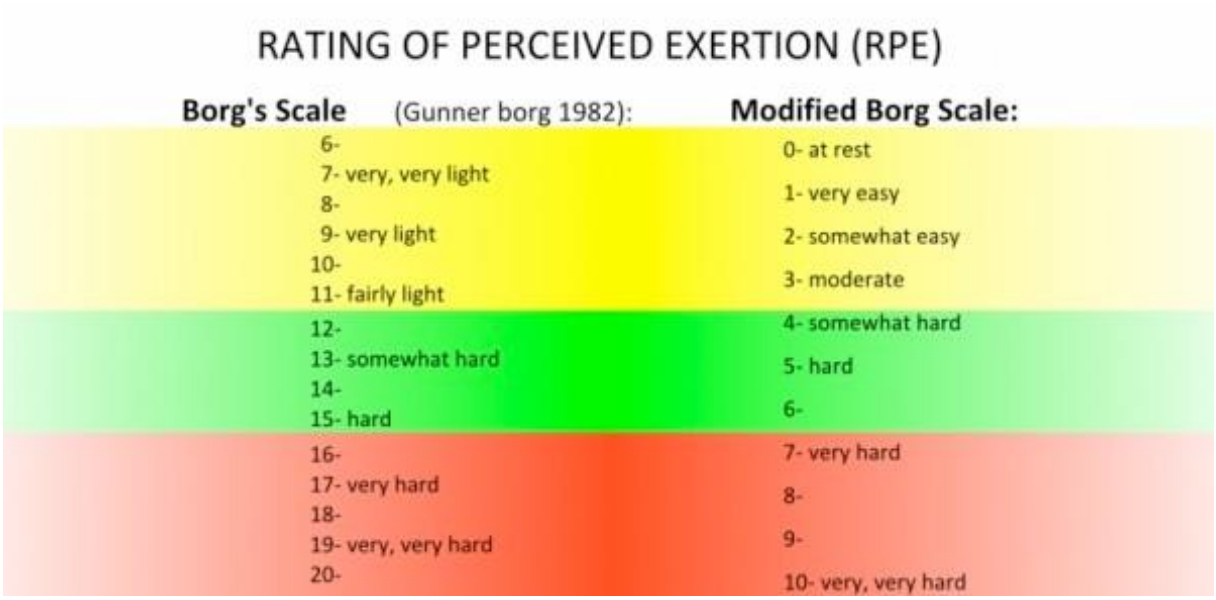
29. Batacan RB, Jr., Duncan MJ, Dalbo VJ, Tucker PS, Fenning AS. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. Br J Sports Med. 2017;51(6):494-503.
30. Gerber M, Isoard-Gautheur S, Schilling R, Ludyga S, Brand S, Colledge F. When Low Leisure-Time Physical Activity Meets Unsatisfied Psychological Needs: Insights From a Stress-Buffer Perspective. Frontiers in psychology. 2018;9:2097.
31. Lastovkova A, Carder M, Rasmussen HM, Sjoberg L, Groene GJ, Sauni R, et al. Burnout syndrome as an occupational disease in the European Union: an exploratory study. Industrial health. 2018;56(2):160-5.
32. Dall CH, Gustafsson F, Christensen SB, Dela F, Langberg H, Prescott E. Effect of moderate- versus high-intensity exercise on vascular function, biomarkers and quality of life in heart transplant recipients: A randomized, crossover trial. J Heart Lung Transplant. 2015;34(8):1033-41.
33. Salmon J, Owen N, Crawford D, Bauman A, Sallis JF. Physical activity and sedentary behavior: a population-based study of barriers, enjoyment, and preference. Health psychology : official journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association. 2003;22(2):178-88.
34. Heisz JJ, Tejada MG, Paolucci EM, Muir C. Enjoyment for High-Intensity Interval Exercise Increases during the First Six Weeks of Training: Implications for Promoting Exercise Adherence in Sedentary Adults. PLoS One. 2016;11(12):e0168534.
35. Ekkekakis P, Hall EE, Petruzzello SJ. The relationship between exercise intensity and affective responses demystified: to crack the 40-year-old nut, replace the 40-year-old nutcracker! Annals of behavioral medicine : a publication of the Society of Behavioral Medicine. 2008;35(2):136-49.
36. Jung ME, Bourne JE, Little JP. Where does HIT fit? An examination of the affective response to high-intensity intervals in comparison to continuous moderate- and continuous vigorous-intensity exercise in the exercise intensity-affect continuum. PLoS One. 2014;9(12):e114541.
37. Perri MG, Anton SD, Durning PE, Ketterson TU, Sydeman SJ, Berlant NE, et al. Adherence to exercise prescriptions: effects of prescribing moderate versus higher levels of intensity and frequency. Health Psychol. 2002;21(5):452-8.
38. Martinez N, Kilpatrick MW, Salomon K, Jung ME, Little JP. Affective and Enjoyment Responses to High-Intensity Interval Training in Overweight-to-Obese and Insufficiently Active Adults. Journal of sport & exercise psychology. 2015;37(2):138-49.
39. Oliveira BR, Slama FA, Deslandes AC, Furtado ES, Santos TM. Continuous and high-intensity interval training: which promotes higher pleasure? PLoS One. 2013;8(11):e79965.
40. Niven A, Thow J, Holroyd J, Turner AP, Phillips SM. Comparison of affective responses during and after low volume high-intensity interval exercise, continuous moderate- and continuous high-intensity exercise in active, untrained, healthy males. J Sports Sci. 2018;36(17):1993-2001.
41. Kong Z, Fan X, Sun S, Song L, Shi Q, Nie J. Comparison of High-Intensity Interval Training and Moderate-to-Vigorous Continuous Training for Cardiometabolic Health and Exercise Enjoyment in Obese Young Women: A Randomized Controlled Trial. PLoS One. 2016;11(7):e0158589.
42. Hoekstra SP, Bishop NC, Leicht CA. Can intervals enhance the inflammatory response and enjoyment in upper-body exercise? Eur J Appl Physiol. 2017;117(6):1155-63.

43. Vella CA, Taylor K, Drummer D. High-intensity interval and moderate-intensity continuous training elicit similar enjoyment and adherence levels in overweight and obese adults. Eur J Sport Sci. 2017;17(9):1203-11.
44. Saanijoki T, Nummenmaa L, Koivumaki M, Loyttyniemi E, Kalliokoski KK, Hannukainen JC. Affective Adaptation to Repeated SIT and MICT Protocols in Insulin-Resistant Subjects. Med Sci Sports Exerc. 2018;50(1):18-27.
45. Saanijoki T, Nummenmaa L, Eskelinen JJ, Savolainen AM, Vahlberg T, Kalliokoski KK, et al. Affective Responses to Repeated Sessions of High-Intensity Interval Training. Med Sci Sports Exerc. 2015;47(12):2604-11.
46. Olney N, Wertz T, LaPorta Z, Mora A, Serbas J, Astorino TA. Comparison of Acute Physiological and Psychological Responses Between Moderate-Intensity Continuous Exercise and Three Regimes of High-Intensity Interval Training. J Strength Cond Res. 2018;32(8):2130-8.
47. Ceaser T, Hunter G. Black and White race differences in aerobic capacity, muscle fiber type, and their influence on metabolic processes. Sports Med. 2015;45(5):615-23.
48. Townsend LK, Islam H, Dunn E, Eys M, Robertson-Wilson J, Hazell TJ. Modified sprint interval training protocols. Part II. Psychological responses. Appl Physiol Nutr Metab. 2017;42(4):347-53.
49. McGrane N, Galvin R, Cusack T, Stokes E. Addition of motivational interventions to exercise and traditional physiotherapy: a review and meta-analysis. Physiotherapy. 2015;101(1):1-12.
50. Vollaard NBJ, Metcalfe RS. Research into the Health Benefits of Sprint Interval Training Should Focus on Protocols with Fewer and Shorter Sprints. Sports Med. 2017;47(12):2443-51.
51. Biddle SJ, Batterham AM. High-intensity interval exercise training for public health: a big HIT or shall we HIT it on the head? The international journal of behavioral nutrition and physical activity. 2015;12:95.
52. Kao SC, Westfall DR, Soneson J, Gurd B, Hillman CH. Comparison of the acute effects of high-intensity interval training and continuous aerobic walking on inhibitory control. Psychophysiology. 2017;54(9):1335-45.
53. Hu L, Motl RW, McAuley E, Konopack JF. Effects of self-efficacy on physical activity enjoyment in college-aged women. International journal of behavioral medicine. 2007;14(2):92-6.
54. Hunter SK. Sex differences in human fatigability: mechanisms and insight to physiological responses. Acta Physiol (Oxf). 2014;210(4):768-89.
55. Williams DM. Exercise, affect, and adherence: an integrated model and a case for self-paced exercise. Journal of sport & exercise psychology. 2008;30(5):471-96.

Lijst der bijlagen

Bijlage 1: RPE volgens de Borg schaal. De originele borg schaal gaat van 6-20. De gemodifieerde Borg schaal gaat van 0-10. In de hier geselecteerde studies wordt altijd de originele Borg schaal gebruikt.

Rating of Perceived Exertion Borg RPE Scale		
6 7 8 9 10 11	Very, very light Very light Fairly light	How you feel when lying in bed or sitting in a chair relaxed. Little or no effort.
12 13 14 15 16	Somewhat hard Hard	Target range: How you should feel with exercise or activity.
17 18 19 20	Very hard Very, very hard Maximum exertion	How you felt with the hardest work you have ever done. Don't work this hard!



Bijlage 2: PACES. Vragen met een asterix (*) worden invers gescoord (7=1, 6=2, 5=3,…).

*I enjoy it	1	2	3	4	5	6	7	I hate it
I feel bored	1	2	3	4	5	6	7	I feel interested
I dislike it	1	2	3	4	5	6	7	I like it
*I find it pleasurable	1	2	3	4	5	6	7	I don't find it pleasurable
*I am very absorbed	1	2	3	4	5	6	7	I am not all absorbed in this activity
It's not fun at all	1	2	3	4	5	6	7	It's a lot of fun
*I find it energizing	1	2	3	4	5	6	7	I find it tiring
It makes me depressed	1	2	3	4	5	6	7	It makes me happy
*It's very pleasant	1	2	3	4	5	6	7	It's very unpleasant
*I feel good physically while doing it	1	2	3	4	5	6	7	I feel bad physically while doing it
*It's very invigorating	1	2	3	4	5	6	7	It's not at all invigorating
I am very frustrated by it	1	2	3	4	5	6	7	I am not at all frustrated by it
*It's very gratifying	1	2	3	4	5	6	7	It's not at all gratifying
*It's very exhilarating	1	2	3	4	5	6	7	It's not at all exhilarating
It's not at all stimulating	1	2	3	4	5	6	7	It's very stimulating
*It gives me a strong sense of accomplishment	1	2	3	4	5	6	7	It doesn't give me a strong sense of
*It's very refreshing	1	2	3	4	5	6	7	It's not at all refreshing
I felt as though I would rather be doing something else	1	2	3	4	5	6	7	I felt as though there is nothing else I would rather be doing

Source. Adapted from Kendzierski and De Carlo (1991).