

Mengdetrening vs høyintensitets intervalltrening



Prosjektoppgave for:

Magnus Friestad Bjørkavoll-Bergseth og Magnus Kåre Skjeggedal Andersen

Abstract

Sports medicine is a field in constant renewal. During the last century research has been done to improve the performance of elite athletes. Findings have led to new questions. One question today is regarding the optimal training program. Our goal with this report has been to make a review of traditional sports physiology and compare papers reporting training programs of high intensity training (HIT) and continuous training on this background.

METHOD: This assignment consists of two parts: first general endurance training physiology and then a evaluation and discussion of five articles comparing HIT and continuous training, selected by predefined criteria. In the first part sources are textbooks and journal articles.

DISCUSSION: Evidence suggested similar effects of HIT and endurance training on changes in VO_2 -kinetics, cardiovascular variables and muscle enzymes. One study found similar competition results after both training programs. Lack of time is often reported as the main reason for low activity. Our main finding is that HIT is a highly time-efficient training method that leads to the same physiological changes as continuous training. Therefore, it may be an alternative to consider for general recommendations. **CONCLUSION:** HIT and continuous training lead to similar changes measured with cardiorespiratory variables. HIT is also a very time efficient training method compared to continuous training, and could be an alternative for everyone from top athletes to the general population. There are, however, still questions remaining to be answered, for instance regarding differences between the training programs on long-term effects and possibly other variables still not studied.

Innhold

Abstract	2
Innhold	3
Innledning.....	4
Målsetning med oppgaven	4
Metode.....	5
Litteratursøk og kilder.....	5
Grunnleggende treningsfysiologi	6
Metabolske systemer i bruk ved muskelaktivitet	6
Restitusjon av de metabolske systemene etter aktivitet	8
Respirasjon ved aktivitet	9
Det kardiovaskulære system ved aktivitet.....	10
Muskelfysiologi.....	14
Kroppsvarme ved aktivitet	15
Treningsfysiologiske variabler	16
Energisystemer i bruk i forskjellige idrettsgrener	18
Treningsteori	18
Utvalgte artikler.....	21
Effect of short-term high-intensity interval training vs. continuous training on O ₂ uptake kinetics, muscle deoxygenation and exercise performance	21
Volume vs. Intensity in the Training of Competitive Swimmers	24
Training Effects on Endurance Capacity in Maximal Intermittent Exercise: Comparison Between Continuous and Interval Training.....	28
Influence of continuous and interval training in oxygen uptake on-kinetics	31
Metabolic Adaptions to Short-term High-Intensity Interval Training: A Little Pain for a Lot of Gain?.....	34
Diskusjon.....	37
Treningseffekter	37
Fornuftig tidsbruk.....	39
Trening og helse	40
Konklusjon	42
Referanser.....	43

Innledning

I løpet av det siste hundreåret har trening fått en stadig større oppmerksomhet innenfor medisinen. Før i tiden ble idrett på hobbynivå ofte sett på som "ulønnet arbeid" av den jevne innbygger, men etter hvert som tidene har forandret seg, har idretten i våre dager nærmest blitt et statussymbol.

Parallelt med denne utviklingen har det kommet stadig mer forskning innenfor området som har vist treningens positive effekt på fysisk og ikke minst psykisk helse

(Martinsen, 2004). Også konkurranseidrett har fått mer oppmerksomhet i forskningen, spesielt i forbindelse med nasjonale idretter som for eksempel langrenn. Her har miljøer i Olympiatoppen og NTNU spilt en nøkkelrolle i Norge.



Bilde 1, Aktiv eller mosjonist - alle kan optimalisere trening

Utviklingen har ført til at vi i dag vet veldig mye om hvordan trening påvirker kroppen, men fortsatt er mye ukjent. Vi står således midt oppi en spennende utvikling. Samtidig som vi har fått økt innsikt i kroppens minste bestanddeler, har det blitt interessant å se hvordan disse påvirkes ved trening.

Forskning og erfaring har ført til prinsipper som er blitt nye rettesnorer for trening i toppidretten. Det er ikke tilfeldig at verdensrekorder stadig forbedres.

I løpet av medisinstudiet i Oslo blir det undervist i fysiologi. Det blir derimot undervist lite treningsfysiologi. På grunn av dette, samt egne interesser, har vi valgt å fordype oss i dette emnet.

Vi vil rette en stor takk til Karin Toska som har vært vår veileder i arbeidet med denne oppgaven.

Målsetning med oppgaven

Målet vårt med oppgaven har vært å skrive et sammendrag av lærebokstoff om utholdenhetstrening, med spesiell vekt på nyeste forskning om treningsformen high intensity training (HIT) sammenliknet med mer tradisjonell mengdetrening. Med HIT menes intervalltrening med høy intensitet og korte tidsintervall. Total treningstid blir mindre for denne gruppen sammenliknet med mengdetrening som er en treningsform der intensiteten holdes lav og konstant gjennom hele treningsøkten. Mengdetrening blir også kalt kontinuerlig trening.

De siste årene er det blitt vist at HIT gir mange av de samme cellulære forandringene som mengdetrening, og vi ville ved å studere nyere publikasjoner, blant annet undersøke om HIT kan erstatte mengdetrening. HIT er en svært treningseffektiv form og dette kan potensielt få store implikasjoner for så vel toppidrett som rehabilitering og offentlige treningsanbefalinger.

Problemstilling

Problemstillingen har vi formulert som følger: ”Hva er de viktigste forskjeller, fordeler og ulemper ved HIT og mengdetrening sett i lys av tradisjonell treningsfysiologi?”

Metode

Vi har lagt opp denne oppgaven i to deler. Først har vi redegjort for generell treningsfysiologi i forbindelse med utholdenhetstrening. Deretter har vi gått grundig gjennom 5 originalartikler som har studert HIT og mengdetrening som vi fant frem til etter kriteriene nedenfor.

I diskusjonen har vi sammenliknet de to treningsformene med utgangspunkt i de 5 artiklene og den første delen av oppgaven.

Litteratursøk og kilder

Til denne litteraturstudien har vi tatt utgangspunkt i nylig utgitte og anerkjente lærebøker innenfor fysiologi og treningsfysiologi. Kildelister i bøkene er brukt som kilde til artikler. Vi har også funnet andre kilder fra Pubmed, Cochrane og offentlige retningslinjer.

Vi hadde bestemt oss for å finne fem artikler som vi skulle studere grundig i oppgaven. Vi foretok et søk på Pubmed med ordene ”interval (training OR exercise) continuous NOT patients” og ”volume vs intensity training NOT patients”. Vi filtrerte resultatet på siste fem år og at artikkelen skulle handle om mennesker. Av totalt 162 treff fant vi 15 artikler som handlet om intervalltrening og mengdetrening hos friske personer.

Vi ønsket å undersøke tema fra forskjellige vinkler med tanke på muskelforandringer, effekt på utrente, effekt på godt trente, resultater i konkurranser, påvirkning av vanlige treningsvariabler og at HIT og mengdetrening ble sammenliknet i samme studie. Vi valgte ut fem artikler med hensyn til dette:

- 1. Effect of short-term high-intensity interval training vs. continuous training on O₂ uptake kinetics, muscle deoxygenation and exercise performance**
McKay BR, Paterson DH, Kowalchuk JM.
J Appl Physiol. 2009 Jul;107(1):128-38. Epub 2009 May 14.
- 2. Volume vs. Intensity in the Training of Competitive Swimmers**
Faude O, Meyer T, Scharhag J, Weins F, Urhausen A, Kindermann W.
Int J Sports Med. 2008 Nov;29(11):906-12. Epub 2008 Apr 17.
- 3. Training Effects on Endurance Capacity in Maximal Intermittent Exercise: Comparison Between Continuous and Interval Training**
Tanisho K, Hirakawa K.
J Strength Cond Res. 2009 Nov;23(8):2405-10.
- 4. Influence of continuous and interval training in oxygen uptake on-kinetics**
Berger NJ, Tolfrey K, Williams AG, Jones AM.
Med Sci Sports Exerc. 2006 Mar;38(3):504-12.
- 5. Metabolic Adaptions to Short-term High-Intensity Interval Training: A Little Pain for a Lot of Gain?**
Gibala MJ, McGee SL.
Exerc Sport Sci Rev. 2008 Apr;36(2):58-63.

Grunnleggende treningsfysiologi

Det endelige resultatet på treningssuksess måles i resultatene som utøvere oppnår i konkurranse. I idrett er ofte musklenes yteevne avgjørende for resultatet. En måte å måle musklenes yteevne er gjennom utholdenhet (Johnson NA, 2004; Davis, 2005).

Ordet utholdenhet relateres ofte til to forskjellige systemer, muskulær utholdenhet og kardiorespiratorisk utholdenhet (Guyton, 2006). Disse to henger sammen og vil være avgjørende i forskjellig grad, avhengig av hvilken sport utøveren driver med. Muskulær utholdenhet relateres i stor grad til muskelstyrke og anaerob kraft. Den er også meget spesifikk for muskelen/muskelgruppa som brukes. Kardiorespiratorisk utholdenhet relateres til bruk av hele kroppen eller større muskelgrupper og måles i hvor høyt oksygeninnhold man har i blodet, hvor fort oksygenet kan distribueres og hvor mye oksygen som kan brukes av muskelgruppen i arbeid (Guyton, 2006).

Metabolske systemer i bruk ved muskelaktivitet

Tre metabolske systemer er viktige for å forstå hva som begrenser fysisk aktivitet. Det er fosfokreatin-kreatin systemet, glykogen-melkesyre systemet og det aerobe system.

Fosfokreatin-kreatin systemet

Fosfokreatin (også kalt kreatinfosfat, PCr) inneholder en høyenergi fosfatbinding som inneholder mer energi enn fosfatbindingene i ATP (10300 kalorier vs 7300) (Guyton, 2006). Det betyr at fosfokreatin kan skaffe til veie mer enn nok energi til å gjendanne en fosfatbinding i ATP.

De fleste muskelceller har to til fire ganger så mye fosfokreatin som ATP i cellen. Reaksjonen som gjendanner ATP med energi fra fosfokreatin skjer svært raskt. Det betyr at energien som finnes i fosfokreatin nesten øyeblikkelig er tilgjengelig for å drive muskelkontraksjon, akkurat som ATP.

Den kombinerte mengden av ATP og fosfokreatin som finnes i en celle kalles det fosfagene energisystemet. Disse sammen er nok til å drive maksimal muskelkontraksjon i 8 til 10 sekunder, nok til å løpe en 100-meter (Guyton, 2006).

Treningsinduserte forandringer

Aktiviteter som er intense og korte av varighet setter størst stress på ATP-PCr systemet. Dette gjelder særlig øvelser opp til seks sekunder. Ved trening med så korte intervaller ser en forandring i muskelstyrke. Musklene blir mer effektive og sterkere. En ser derimot liten endring i muskelenzymer. For å øke disse må en opp mot 30 sekunders intervaller. Korte spurter (< 6 sek) ser heller ikke ut til å påvirke musklenes anaerobe utholdenhet (Wilmore JH, 2008).

Glykogen-melkesyre systemet

Glykogen som er lagret i muskelen kan splittes til glukose som så kan brukes som energi. Det første steget i denne prosessen (glykolysen), foregår uten oksygen og kalles derfor anaerob metabolisme. Hvert glukosemolekyl splittes til to pyruvat og energien i denne prosessen blir brukt til å danne fire ATP. Pyruvat går så vanligvis inn i mitokondriene for å danne enda flere ATP-molekyler under forbruk av oksygen. Hvis det ikke er nok oksygen for at den prosessen kan skje, konverteres pyruvat til melkesyre som diffunderer ut av cellen.

Opphopning av melkesyre avhenger i stor grad av hvor effektivt oksygen blir levert til musklene og hvor effektivt det aerobe systemet er. Muskelfiberets tendens til å konvertere pyruvat til melkesyre avhenger trolig også av om det er et fiber av rask-twitch type eller langsom-twitch. Den førstnevnte inneholder laktat dehydrogenase (LDH) som favoriserer dannelse av melkesyre fra pyruvat, mens LDH i langsom-twitch-fibre favoriserer dannelse av pyruvat fra melkesyre (Guyton, 2006).

Et annet karakteristisk fenomen med glykogen-melkesyre systemet, er at ATP kan dannes 2,5 ganger så raskt gjennom den første anaerobe forbrenningen i forhold til prosessen i mitokondriene. Det betyr at når det trengs store mengder ATP i en kort periode, kan den anaerobe forbrenningen brukes som en rask kilde til energi (Johnson NA, 2004).

Under optimale forhold regner man med at glykogen-melkesyre systemet kan levere energi i 1,3 til 1,6 minutter i tillegg til de 8 til 10 sekundene som det fosfagene systemet leverer.

Treningsinduserte forandringer

Ved 30 sekunders sprinttrening ser man en klar økning i enzymer som er essensielle for glykolysen. De best studerte enzymene er fosforylase, fosfofruktokinase (PFK) og laktat dehydrogenase. Alle disse vil øke i mengde etter 30 sekunders intervalltrening. Både PFK og fosforylase er viktige for anaerob dannelse av ATP. Man ser likevel ikke en økning i anaerob kapasitet og studier hvor 30 og 6 sekunders intervaller er sammenlignet viser samme trettbarhet i begge grupper (Wilmore JH, 2008).

Aerob metabolisme

Det aerobe systemet er oksideringen av næringsmidler i mitokondriene. Næringsmidler i denne sammenheng er glukose, fettsyrer og aminosyrer. Forbrenningen produserer store mengder energi som brukes til å tilbakedanne ATP fra ADP og AMP.

Hvis man sammenlikner det aerobe systemet med de to andre energikildene som vi har beskrevet, får vi følgende tabell over relativ produksjon av mengde ATP/min: Begge tabeller hentet fra lærebok (Guyton, 2006).

Fosfagene system	4
Glykogen-melkesyre system	2,5
Aerobe system	1

Hvis vi sammenlikner de samme systemene i forhold til utholdenhet, ser det slik ut:

Fosfagene system	8-10 sekunder
Glykogen-melkesyre system	1 minutt og 30 sekunder +/- 10 sekunder
Aerobe system	Uendelig

Det fremgår altså her at det er det aerobe systemet som er viktig for aktivitet over lenger tid, mens det fosfagene systemet bidrar til korte kraftanstrengelser. Glykogen-melkesyre systemet er i en mellomstilling, som er viktig for å kunne gi ekstra energi over korte tidsperioder i en øvelse som ellers håndteres først og fremst av det aerobe systemet.

Viktige faktorer som påvirker effektiviteten til det aerobe systemet er arvelige faktorer som muskelfibertype og blodstrøm i muskulaturen. I tillegg er treningspåvirkelige faktorer som

kapillærtetthet (Hermansen, 1971), konsentrasjon av mitokondrier og konsentrasjon av viktige enzymer og transportører i muskelcellene (Wilmore JH, 2008).

Restitusjon av de metabolske systemene etter aktivitet

På samme måte som fosfokreatin-systemet kan regenerere ATP, så kan energien fra glykogen-melkesyre systemet brukes til å rekonstituere både fosfokreatin-systemet og ATP. Energi fra den oksidative metabolismen i den aerobe forbrenningen kan brukes til å restituere alle andre energisystemer. Restitusjon av glykogen-melkesyre-systemet betyr først og fremst å fjerne overskytende melkesyre fra muskler og sirkulasjon. Dette er viktig, for melkesyre fører til ekstrem utmattelse. Fjerning av melkesyre oppnås på to måter: 1) En liten del konverteres tilbake til pyruvat og metaboliseres så oksidativt. 2) Leveren konverterer melkesyre til glukose som så fraktes til musklene for å gjenoppbygge glykogenlagrene (Guyton, 2006).

Oksyngjeld

Kroppen inneholder vanligvis rundt 2 liter lagret oksygen, hovedsakelig fordelt på luft i lungene, løst i vevsvesker, bundet til hemoglobin og bundet i musklene. Denne bufferen med oksygen brukes fort opp (i løpet av minutter) i aktivitet med stor belastning. Oksygenet som er brukt opp tidlig under aktiviteten må tilbakebetales gjennom ekstra pustearbeid i den etterfølgende tiden. I tillegg til de nevnte 2 literne trenger kroppen rundt 9 liter til restituering av det fosfagene system og glykogen-melkesyre-systemet. Alle disse literne med oksygen utgjør "oksyngjelden" (Guyton, 2006).

Når aktiviteten er avsluttet vil fortsatt oksygenopptaket være forhøyet. Først veldig høyt i forbindelse med restitueringen av det fosfagene system og den lagrede oksygenandelen, men fortsatt høyt bortimot en time etter trening mens melkesyre blir fjernet.

Restitusjon av muskelglykogen

Dette er en prosess som går over dager og som er veldig avhengig av matinntak. Hvis utøveren går på en høykaloridiett kan full restitusjon oppnås i løpet av 2 dager (Davis, 2005). Folk som går på en diett bestående hovedsakelig av protein og fett kan ha liten eller ingen restitusjon etter så mye som 5 dager. Dette betyr at det er veldig viktig for en idrettsutøver å spise riktig for å yte maksimalt. Før en konkurranse bør glykogenlagrene maksimeres, og da bør han ha en diett med høyt karbohydratinntak (Wilmore JH, 2008).

Næringsmidler i bruk under muskelaktivitet

I tillegg til det store forbruket av karbohydrater i muskler i aktivitet, spesielt i starten, bruker musklene også store mengder fett i forbrenningen. Proteiner i form av aminosyrer blir brukt i mindre grad. I idretter som pågår over flere timer blir glykogenlagrene brukt opp. Da baserer musklene seg på energi hovedsakelig fra fett (Guyton, 2006; Davis, 2005).

Energien fra karbohydrater kommer ikke kun fra glykogen som er lagret i muskelen. Faktisk er halvparten av det totale lageret med glykogen lagret i leveren. Dette kan bli frigjort til blodstrømmen som glukose og tatt opp i musklene. I tillegg kan glukoseholdige drikker som blir drukket i løpet av en øvelse bidra med 30 til 40 prosent av energien som kreves i løpet av lengre øvelser som for eksempel maraton (Guyton, 2006).

For å oppsummere er det slik at hvis glukose er tilgjengelig så brukes det som energikilde for intenst muskelarbeid. Likevel har fett en viktig rolle som energikilde for øvelser som pågår over flere timer (Davis, 2005).

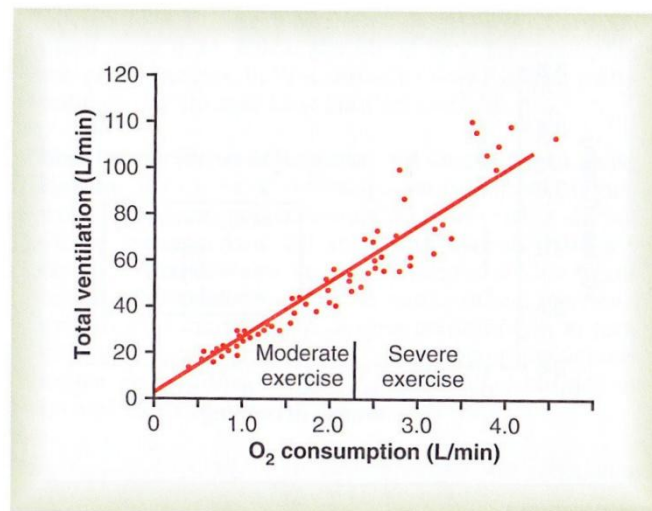
Respirasjon ved aktivitet

I øvelser som 100-meter sprint er respirasjon under øvelsen mindre avgjørende for resultatet, mens det er en kritisk komponent for å oppnå de beste resultater i langdistanseøvelser.

Oksygenopptak og lungeventilasjon

Normalt oksygenopptak for en ung mann i hvile er rundt 250 ml/min. Dette kan imidlertid økes drastisk ved behov, helt opp til over 5000 ml/min for trente maratonutøvere og rundt 3600 ml/min for en utrent gjennomsnittlig mann (Guyton, 2006).

Følgende graf viser sammenhengen mellom totalventilasjon og O₂ opptak. Som ventet er det en lineær sammenheng. Både oksygenopptaket og respirasjonsfrekvensen kan økes rundt 20 ganger mellom hvilesituasjon og maksimal intensitet hos en veltrent atlet.



Figur 1, hentet fra Guyton (Guyton, 2006)

Hvor mye presser vi respirasjonssystemet under fysisk aktivitet? Denne tabellen kaster et lys over det:

Lungeventilasjon ved maksimal anstrengelse	100 til 110 L/min
Maksimal pustekapasitet	150 til 170 L/min

Det blir klart av denne sammenlikningen at maksimal pustekapasitet er rundt 50 % større enn lungeventilasjon ved maksimal aktivitet. Denne reservekapasiteten kan komme til nytte i situasjoner som høydetrening og trening i veldig varmt vær. Hos en trent person er det sjelden respirasjonssystemet som setter en stopper for prestasjon, men for å komme til det stadiet må han først gjennomgå en del forandringer (Guyton, 2006).

Man kan dele respirasjonsarbeidet inn i to faser. Den første fase skjer tidlig under fysisk aktivitet og mange ganger før selve aktiviteten, dette tyder på at denne i stor grad styres nervøst. Etter hvert som musklene starter å jobbe produseres det avfallstoffer, dette kalles andre fase. Økt mengde H⁺ ioner og CO₂ registreres i kjemoreseptorer som så kontrollerer respirasjon. Økt respirasjon gjør at kroppen lettere kvitter seg med disse og hindrer utvikling av acidose.

Som regel er respirasjonsarbeidet som blir utført og mengden O₂ som blir tatt ut i likevekt, men hvis arbeidsbelastningen økes over et visst punkt vil man nå ventilasjonsterskel. Dette er det punkt der ventilasjonen blir større i forhold til mengden O₂ som tas opp, og skyldes at

kroppen må kvitte seg med avfallstoffer. Lungene klarer da å overstige ventilasjonsterskel selv om dette ikke resulterer i mer O₂ (Wilmore JH, 2008).

Etter trening er det som regel liten endring i hvilerespirasjon, men under submaksimal trening vil ofte ventilasjon avta med så mye som 20-30 %. Hos en utrent vil maksimal ventilasjon øke fra 100-120 L/min til 130-150 L/min etter en treningsperiode. Økt maksimal respirasjon henger sammen med både økt tidevolum og økt frekvens. Under maksimalt arbeid vil også hjertet jobbe mer, økt hjertefrekvens vil gjøre at blodet får mindre tid i lungene. Dette kan være en grunn til at man hos en del idrettsutøvere ser en treningsindusert hypoksemi definert ved SaO₂ under 96 % (Wilmore JH, 2008).

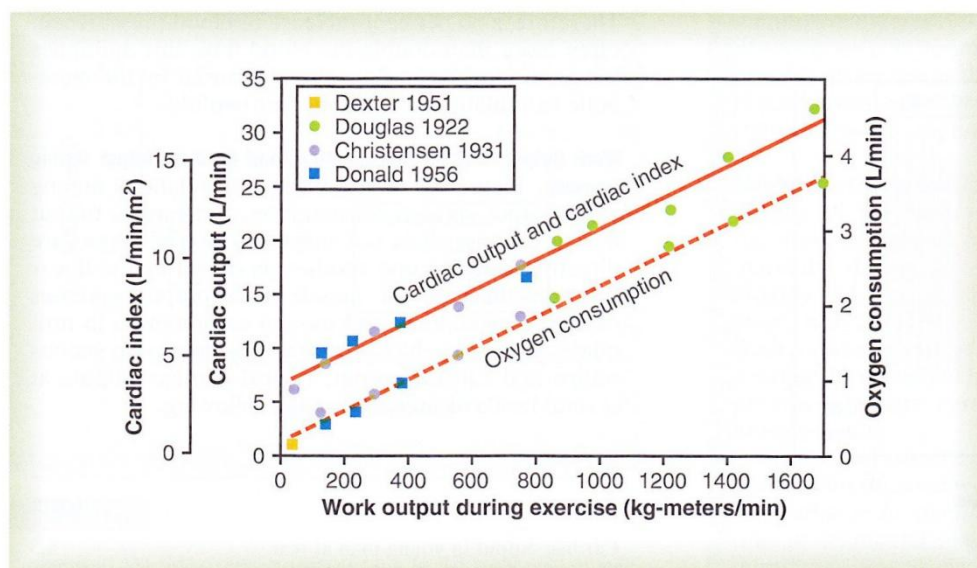
Arteriell-venøs oksygen differanse

Oksygenmetning i arterielt blod er normalt fullmettet hos trente og utrente personer. Man ser imidlertid en forskjell i venøst blod. Her vil oksygenmetningen være mye lavere grunnet en bedre distribusjon av blodvolum og økt ekstraksjon av oksygen i arbeidende vev. Treningsforandringer i respirasjonssystemet sees først og fremst under maksimal anstrengelse. Dette er fordi lungene sjelden er en årsak til nedsatt prestasjon og derfor øker kapasitet i respirasjonssystemet kun når alle system i kroppen er under stor belastning (Wilmore JH, 2008).

Det kardiovaskulære system ved aktivitet

En nøkkelfunksjon for det kardiovaskulære systemet er å forsyne musklene med næringsmidler og oksygen. Under aktivitet øker blodstrømmen i musklene markant. Mesteparten av denne økningen i blodstrøm skyldes lokal vasodilatasjon. Resten skyldes flere faktorer, herunder først og fremst en liten økning i arterielt blodtrykk (vanligvis rundt 30 %). Denne trykkøkningen presser mer blod gjennom arteriene samtidig som det strekker veggen og øker diameteren. Det gjør at en trykkøkning på 30 % kan øke blodstrømmen langt mer (Guyton, 2006).

Arbeid, oksygenforbruk og cardiac output



Figur 2, hentet fra Guyton (Guyton, 2006)

Grafen over viser hvordan arbeid, oksygenforbruk og cardiac output har en lineær sammenheng. Dette er ikke overraskende siden muskelarbeid øker oksygenbehovet i vevet som igjen krever økt ventilasjon og sirkulasjon.

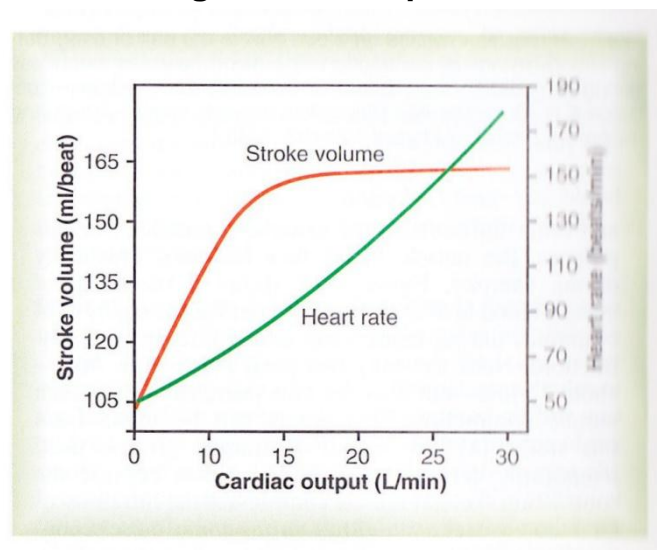
Cardiac output utrent i hvile	5,5 L/min
Maks cardiac output utrent	23 L/min
Maks cardiac output maratonløper	30 L/min

Tabellen over viser at hos en utrent person kan cardiac output økes litt over fire ganger, mens en veltrent atlet kan øke den rundt seks ganger og kan altså oppnå en cardiac output 40 % større enn en utrent (Guyton, 2006).

Denne forskjellen skyldes først og fremst hypertrofi av hjertemuskulaturen. Det er altså ikke kun skjelettmuskler som hypertrofierer ved trening. Men det er først og fremst ved utholdenhetstrening at denne forandringen skjer i hjertet og ikke i kortere øvelser som sprint (Guyton, 2006).

Til tross for hypertrofien er cardiac output i hvile det samme som hos en utrent. Slagvolumet er likevel større slik at volumet oppnås på færre hjerteslag (Wilmore, 2001). Hvilepuls kan således brukes som en indikasjon på hvor trent en person er (Guyton, 2006).

Slagvolum, hjertefrekvens og cardiac output



Figur 3, hentet fra Guyton (Guyton, 2006)

Figuren over viser hvordan hjertefrekvens og slagvolum forandrer seg for å føre til en økt cardiac output fra hvilesituasjonen på rundt 5,5 L/min til 30 L/min hos en maratonløper. Vi ser at slagvolumet øker fra 105 til 162 milliliter og pulsen øker fra 50 til 185 slag/minutt, henholdsvis en økning på 50 og 270 prosent. Hjertefrekvensen er altså den viktigste faktoren for å øke cardiac output. Slagvolumet når vanligvis maksimum idet pulsen har økt halvveis til maks. En økning i cardiac output etter dette må derfor skje ved hjelp av pulsøkning (Guyton, 2006).

Kardiovaskulære tilpasninger ved trening

Det kardiorespiratoriske systems mulighet for oksygentransport kan bestemmes med Ficks prinsipp. Denne sier at både blodstrøm (cardiac output) og mengden oksygen som blir tatt ut av vevene ((a-v)O₂ differanse) er med på å bestemme det systemiske oksygenkonsumet.

$$VO_2 = \text{slagvolum} \times \text{hjerterefrekvens} \times (a-v) O_2 \text{ differanse.}$$

Aerob utholdenhet krever at det kardiorespiratoriske system klarer å levere nok oksygen for å møte krav fra arbeidende muskler. Både hjerestetørrelse, blodstrøm, blodtrykk og blodvolum kan være med å sette begrensinger for dette, disse faktorene vil derfor forbedres ved trening (Wilmore JH, 2008).

Hjerestetørrelse

Grunnet økt belastning og arbeidskrav vil både hjertevolum og hjertemasse øke ved trening. Størst forandringer skjer i venstre ventrikkel. Ved utholdenhetstrening øker ofte blodvolum, dette gir økt preload og en økning i venstre ventrikkel volum. I sammenheng med dette økes ofte parasympatisk aktivitet og setter ned hjerterefrekvens som igjen gir økt diastolisk fyllingstid. Også ventrikkelmasse øker ved utholdenhetstrening. En undersøkelse har vist at venstre ventrikkel muskelmasse henger nøye sammen med VO_{2maks} og aerob kraft (Milliken, 1988).

Slagvolum

Etter aerob trening fylles venstre ventrikkel mer fullstendig enn før. Dette skyldes flere faktorer. Økt blodvolum gir mer blod inn under diastole. Lavere hjerterefrekvens vil gi hjertet mer tid til å fylles. Mer blod vil i følge Frank-Starling mekanismen gi økt kontraksjonskraft. Økt muskulær kraft grunnet muskelhypertrofi gir lavere endesystolisk volum i venstre ventrikkel. I sammenheng med nedsatt perifer motstand øker dette ejsjonsfraksjon. Oppsummert kan en si at mer blod kommer inn i ventrikkel og en større andel blir pumpet ut – økt slagvolum. Etter et treningsprogram vil slagvolum være økt både under hvile og under submaksimal og maksimal aktivitet (Wilmore JH, 2008).

Hjerterefrekvens

Hvilefrekvens vil synke ved langvarig utholdenhetstrening på grunn av økt parasympatisk firing til sinusknuten.

Ved en gitt intensitet vil hjerterefrekvens reduseres ved trening. Forskjellene før og etter gjennomgått treningsregime er ofte størst ved høyere intensitet. Dette er et tegn på at hjertet slår med et større slagvolum.

Maksimal hjerterefrekvens er svært avhengig av alder, men er også individuell. Hos trente ser man ofte at den blir noe redusert. Hos unge vil det ofte være de trente som viser en liten reduksjon i maksimal hjerterefrekvens, men hos eldre utøvere vil dette snus. Personer over 60 vil ofte vise en høyere maksimal hjerterefrekvens enn jevnaldrende (Wilmore JH, 2008).

Slagvolum og hjerterefrekvens henger nøye sammen. Ved en puls på 180 slår hjertet tre ganger pr sekund, dette gir en hjertesyklus på 0,33 sek og en diastole på under 0,15 sek. Hjertets fylling kan bli sterkt redusert, noe som vil redusere slagvolumet. Hos trente vil man derfor ofte se at hjerterefrekvensen vil være noe lavere ved høy intensitet enn hos utrente, men dette henger også mye sammen med andre treningsinduserte forandringer. Denne effekten er

imidlertid med på å la hjertet jobbe mer effektivt fordi hjertemusklene bruker mindre energi på å øke kontraktilitet enn på å øke frekvens (Wilmore JH, 2008).

Et enkelt mål for å måle en persons kardiorespiratoriske fitness er å se på hvor raskt hjertet reduserer hjertefrekvens etter en treningsøkt. Hjertefrekvens vil ikke synke mot hvilepuls med en gang, men forbli høy en liten stund før den reduseres. Hos utrente vil dette ta lenger tid enn hos trente, både etter trening med maksimal og submaksimal intensitet. I all hovedsak er dette et mål på en persons treningsprogresjon og vanskelig å bruke for å sammenligne personer. Dette fordi det er mange andre faktorer som også vil spille en rolle, som temperatur i omgivelsene og personens sympatiske aktivering. Økt sympatisk respons vil gi forlenget høy hjertefrekvens (Wilmore JH, 2008).

Cardiac output

Cardiac output består av slagvolum og hjertefrekvens. Ved aktivitet med maksimal intensitet øker cardiac output mye og er i stor grad en viktig faktor for økning i O₂-opptak. Maks hjertefrekvens påvirkes lite av trening over tid. En idrettsutøvers økning i cardiac output henger derfor sammen med en økning i maks slagvolum (Wilmore JH, 2008).

Blodstrøm

En arbeidende muskel trenger betydelig høyere tilførsel av oksygen og næringsstoff. For å få til dette må blodstrømmen til den arbeidende muskelen økes. Det er fire faktorer som er med på å bestemme den økningen i blodstrøm. (Wilmore JH, 2008; Delp MD, 1998)

- Økt kapillarisering i trent muskel.
- Bedre rekruttering av eksisterende kapillærer i trent muskel.
- Bedre distribusjon av blodstrøm fra inaktive til aktive regioner.
- Økt blodvolum.

For å måle dette kan man lage en kapillær-fiber-ratio. Denne vil være høyere hos en vel trent enn hos en ut trent person. Nye kapillærer, økt rekruttering og bedre distribuering av blodvolum vil i tverrsnitt gi en større overflate for utveksling av næringsstoffer. Dette gir mer blod i arbeidende muskler, men siden også blodvolum øker hos vel trente vil ikke dette gå utover venøs tilbakestrømming (Wilmore JH, 2008).

Blodtrykk

Under aktivitet vil systolisk trykk øke og diastolisk trykk avta. Disse forandringene går tilbake til normal under hvile. Personer med hypertensjonsproblemer eller som er på grensen til dette vil få en liten reduksjon av blodtrykk etter lengre tids trening. For personer med et normalt blodtrykk vil trening ikke gi store forandringer (Wilmore JH, 2008).

Blodvolum

Utholdenhetstrening øker blodvolum, dette skjer ved en endring i både blodplasma og i røde blodceller. Det er i imidlertid forskjell på når i treningsforløpet disse endringene trer i kraft. Den endringen vi ser de to første ukene etter påbegynt trening henger mest sammen med en økning i plasmavolum (Wilmore JH, 2008).

Økning i plasmavolum henger sammen med to mekanismer. Den ene er en økning i proteinmengden i blodet som både skyldes økt proteinsyntese, men også økt tilbakestrøm av protein fra interstitiet via lymfesystemet. Det er først og fremst albumin som øker og denne endringen trer i kraft allerede første time i restitusjonsfasen etter trening. Økt albumin vil gi blodet bedre mulighet til å holde på vann. Dette kombineres med en økt utskillelse av ADH

og aldosteron som virker på nyrene og gir økt reabsorpsjon av vann og Na⁺. Dette vannet holdes bedre intravaskulært grunnet albumins onkotiske effekt og plasmavolum vil derfor øke (Wilmore JH, 2008).

Absolutte verdier (total Hb og total RBC) av røde blodceller vil øke hos et trent individ. Dette til forskjell fra et fall i hematokrit som i stor grad skyldes en større økning i plasmavolum enn i RBC. Lavere hematokrit vil gi redusert viskositet og kan tenkes å bidra til en bedre blodstrøm og dermed gjøre arbeidet med å levere O₂ til vevene lettere (Wilmore JH, 2008).

Muskelfysiologi

Alle muskler har en varierende andel av hurtig- og langsomtwitch muskelfibre. Ved å ta ut en prøve på 20 til 40 mg med muskelvev kan man studere egenskapene til menneskets muskelfibre. Man har funnet ut at mennesket hovedsakelig har to hovedtyper.

Hurtigtwitch / type 2 fibre

Denne fibertypen har to undergrupper, 2a og 2x. Begge disse to fibertypene favoriserer hurtig kontraksjon og har høy kapasitet for anaerob forbrenning. Dette ved at de har 2-3 ganger så stor enzymaktivitet for frigjøring av energi fra det fosfagene system og glykogen-melkesyre systemet i forhold til type 1 fibre. Type 2a har i tillegg en forhøyet aerob kapasitet (Guyton, 2006; Wilmore JH, 2008).

Hurtigtwitch fibre er rundt dobbelt så store i diameter i forhold til fibre av langsomtwitch-type.

Hurtigtwitch fibre blir aktivert ved forandringer i intensitet, for eksempel fra hvilesituasjon til aktivitet og ved modulering i intensitet.

Langsomtwitch / type I fibre

Disse muskelfibrene genererer energi i hovedsak via aerob metabolisme. Fibrene har en langsommere kontraksjonshastighet i forhold til hurtigtwitch fibre. Fiberets evne til å generere ATP aerobt henger nøye sammen med antall mitokondrier og høye nivåer av ekstra aktive enzymer som trengs for aerob metabolisme, spesielt fettsyreforbrenning. Denne fibertypen inneholder også mer myoglobin, et protein som binder oksygen intracellulært. Dette fører til en bedre spredning av oksygen intracellulært. Kapillærtettheten er større blant langsomtwitch muskelfibre enn blant hurtigtwitch (Guyton, 2006; Wilmore JH, 2008).

Langsomtwitch muskelfibre vedlikeholder aktivitet over tid som krever en jevn strøm av aerob energi.

Muskelfibertypetforandringer ved aerob trening

Under utholdenhetstrening brukes først og fremst type 1 fiber. Disse har høy aerob kapasitet og vil øke i størrelse som følge av trening. Dette gir et større tverrsnitt av type 1 fiber. Størrelsen vil avhenge av intensitet og varighet på trening.

Type 2 fiber vil i mye mindre grad rekrutteres under utholdenhetstrening og derfor sees ikke denne økingen i størrelse hos disse. 2x brukes svært sjelden til aerobt arbeid. Under lengre treninger/konkurranser kan kroppen likevel være nødt til å rekruttere type 2 fiber. Det er de siste årene gjort forsøk hvor det er vist at type 2x kan forandres til type 2a. Noen forsøk har

videre kunnet vise at 2a vil kunne ta mange av egenskapene til type 1 fiber (Wilmore JH, 2008).

Kapillær forsyning

Som tidligere nevnt vil mengden kapillærer i muskler øke etter aerob trening. Forskjellen mellom trente og utrente individ er ofte svært stor. Flere kapillærer vil øke tilgang på næringsstoff samt fjerne avfallstoffer. Det er påvist at diffusjon av næringsstoff fra blodbanen til mitokondrier er en sterkt begrensende faktor til VO_{2maks} . Økt tetthet av kapillærer vil sikre et miljø som er godt egnet for energiproduksjon ved å redusere avstand mellom kapillærer og mitokondrier (Wilmore JH, 2008).

Myoglobininnhold

Myoglobin er et protein med tilsvarende egenskaper som hemoglobin. Den lagrer oksygen i muskelen til bruk for mitokondrier. Dette er viktig i start av trening når det er en liten treghet før blodstrøm til arbeidende muskel øker tilstrekkelig til å kunne møte muskelens økende oksygenbehov. Type 1 fiber inneholder mer myoglobin enn type 2 og det er en av grunnene til bedre aerob kapasitet i disse fibre. Det er vist at aerob trening øker mengden myoglobin med så mye som 75-80 % (Wilmore JH, 2008).

Mitokondriefunksjon

Musklene er avhengig av mitokondrier for å bruke oksygen under produksjon av ATP. Kapasiteten til dette henger sammen med størrelse og mengde mitokondrier. Begge disse to faktorer er vist å øke ved aerob trening og de øker ofte proporsjonalt med treningsvolum (Wilmore JH, 2008).

Oksidative enzymer

Musklenes oksidative kapasitet som økes ved økt mengde mitokondrier vil forsterkes av økt mengde oksidative enzym. Etter noen måneders trening vil en stiging i VO_{2maks} flate ut. Den samme utviklingen sees ikke når man måler oksidative enzym som er vist å øke under hele treningsperioden.

Viktige enzym er succinat dehydrogenase og citrat syntase. Begge påvirkes sterkt av aerob trening og selv små mengder daglig trening kan være med å påvirke denne utviklingen. Også glykogenbruk blir påvirket ved trening ved at man i større grad bruker fett og dermed sparer glykogen. Dette kan være med å forklare hvordan trente klarer å tolerere en høyere intensitet (Wilmore JH, 2008).

Forandringer i muskel ved anaerob trening

Det er i stor grad type 2 muskelfiber som brukes under et anaerobt arbeid. Jo mer arbeid som må utføres jo flere fibre blir rekruttert, men selv om det er type 2 som i størst grad rekrutteres vil også type 1 fiber rekrutteres under hele øvelsen. Dette sees ved at begge fibertyper øker i tverrsnittstørrelse, men type 2 i mye større grad enn type 1. Ser en på totalantall fiber vil man kunne se at antall type 1 fibre avtar, mens type 2 (særlig type 2a) øker i antall. Dette skiftet i fibertype sees stort sett ved anaerob spurttrening og ikke ved styrketrening (Wilmore JH, 2008).

Kroppsvarme ved aktivitet

Nesten all den energien som kroppens metabolisme skaffer til veie blir til slutt omgjort til varme. Utnyttelsesgraden til energien fra næringsmidler i forhold til muskelarbeid er kun 20

til 25 prosent, resten blir til varme i løpet av de metabolske prosessene. Den energien som faktisk brukes til muskellarbeid blir også i stor grad omgjort til energi ved å overkomme friksjon i muskler, ledd, blodforsyning og liknende (Guyton, 2006).

Den store varmeproduksjonen ved muskellarbeid setter store krav til et effektivt system for å sørge for riktig kjernetemperatur. Aerob trening øker kroppens kapasitet til å kvitte seg med varme, blant annet ved økt svetterespons ved alle aktiviteter. Terskel for når svetting inntreer reduseres. Dette bidrar til at kroppens ytelsesevne ved en gitt temperatur økes (Harries, 1998). Å gå i detalj i dette systemet er utenfor denne oppgaven, men det er viktig å ha klart for seg at det er en viktig komponent for å yte optimalt fysisk.

Treningsfysiologiske variabler

Alle systemene ovenfor vil bidra til å øke metabolismen i en arbeidende kropp. Vi kan følge disse forandringene ved å se på forskjellige variabler.

Aerob kapasitet

Aerob kapasitet måles best ved å måle VO_{2maks} . Dette måles enkelt i laboratorie og gir et godt verktøy for å måle en utøvers utholdenhet, men er også nyttig når det skal måles fremgang. VO_{2maks} avhenger av cardiac output (hvor mye oksygen som distribueres) og maksimal a-v differanse. Ved gradvis økende belastning vil en se at oksygenet utøveren tar opp (VO_2) øker. For hvert trinn i motstandsøkningen vil det etter en tid innstilles en likevekt. Etter hvert vil ikke VO_2 øke lenger og man sier da at VO_{2maks} er oppnådd. Ved trening vil en klare å øke hvor mye oksygen som leveres og hvor mye oksygen musklene klarer å benytte seg av. Tidligere utrente personer vil kunne øke VO_{2maks} med 15-20 % etter et treningsprogram på 20 uker. (Wilmore JH, 2008)

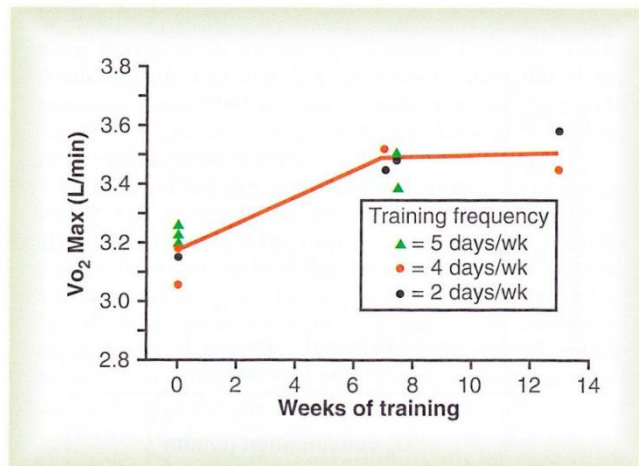
Nyere forskning har vist at hvis en utøver fortsetter å øke motstand over laktatterskel vil det ikke innstilles en likevekt, derimot vil VO_2 fortsette å øke utover de 1-2 minuttene det tar før likevekt inntreer. Dette kalles VO_2 slow component og mest sannsynlig et tegn på at nye muskelfiber rekrutteres. En artikkel av Krstrup og medarbeidere bekrefter dette og sier i tillegg at slow component i stor grad utgjøres av rekruttering av type 2 fibre (Peter Krstrup, 2004).

Submaksimal utholdenhet

Et annet begrep som ofte brukes når man snakker om anaerob utholdenhet er submaksimal utholdenhet. Denne er ofte mye vanskeligere å måle enn VO_{2maks} . Også denne blir påvirket og forbedret ved trening. Et mål som ofte brukes er å se på steady-state submaksimal hjertefrekvens før og etter en treningsperiode. Man måler da den absolutte kraft en klarer holde over en gitt periode. For utholdenhetsutøvere vil ofte denne testen måle mer spesifikk utholdenhet i konkurranse. Submaksimal utholdenhet relateres til en persons VO_{2maks} og det nivået personen starter å akkumulere laktat i en så stor grad at det påvirker prestasjon (Wilmore JH, 2008). Nivået av VO_{2maks} som en utøver kan prestere på over lang tid vil si mer om en utøvers prestasjoner i konkurranse. VO_{2maks} vil ofte oppnås tidlig ved oppstart av trening. Videre utvikling vil da skje på arbeidsøkonomi til utøveren på en gitt prosent av VO_{2maks} .

Effekt av trening på VO_{2maks}

VO_{2maks} er et mål for forbruket av oksygen per tidsenhet under maksimal aerob metabolisme. Under er en graf som viser utviklingen av VO_{2maks} for noen utrente forsøkspersoner som fulgte et treningsprogram i 7 til 13 uker.



Figur 4, hentet fra Guyton (Guyton, 2006)

I denne studien økte VO_{2maks} kun med 10 prosent. Om man trente to eller fire ganger per uke hadde ingenting å si. Det kan således se ut til at den genetiske komponenten er viktig for VO_{2maks} . Herunder kan tenkes genetisk grunnlag som lungestørrelse og utvikling av respirasjonsmusklene. Samtidig er det høyst sannsynlig at VO_{2maks} kan økes utover de 10 prosentene hvis man trener lenger (Guyton, 2006).

Forandringer i anaerob kraft og anaerob kapasitet

Mens man i aerobe øvelser kan måle VO_{2maks} som et godt mål på aerob kapasitet er det vanskelig å finne en god test for anaerob kraft. Den mest brukte er Wingate-sykkeltest. Testpersonen sykler da på en ergometersykkel med høy motstand. Motstand er på forhånd bestemt av alder, kjønn, vekt og personens fitnessnivå. Testperson skal yte så mye som mulig i løpet av 30 sekunder. Under disse 30 sekundene blir det kontinuerlig målt den kraften personen yter mot motstand. Dette gjentas 3 – 5 ganger. Man kan da finne maks kraft, totalt arbeid og mean kraft. Det er de to sistnevnte som brukes mest i monitorering av anaerob kapasitet. Mean kraft regnes ut som et snitt over de 30 sekundene. Totalt arbeid er mean kraft x 30 sekund. Maks kraft oppnås som regel i løpet av de første 10 sekundene og er en direkte avlesing av høyeste kraft i løpet av testen (Wilmore JH, 2008).

Både anaerob kapasitet og anaerob kraft øker ved trening. Det er imidlertid stor forskjell mellom forskjellige undersøkelser hvor mye det kan forandres.

Laktatterskel

Laktatterskel er sterk markør på utholdenhet hos en utøver. Jo høyere laktatterskel i forhold til VO_{2maks} jo mer utholden er personen. Dette skyldes at en person med høyere laktatterskel vil starte med å akkumulere laktat på en høyere intensitet enn en utrent. En godt trent utøver vil også kunne holde samme fart på et lavere laktatnivå. Dette kan skyldes bedre aerob kraft, men også mindre avhengighet av det glykolytiske system (Guyton, 2006).

Respiratorisk utvekslings ratio

Respiratorisk utvekslingsratio (RER) er forskjellen mellom oksygen inn og karbondioksid ut. Dette vil si noe om hvilke substrater som er brukt til metabolisme. Etter trening vil RER være lavere på både relative og absolutte submaksimale treningsintensiteter. Disse forandringene skyldes høyere forbruk av frie fettsyrer i stedet for karbohydrat ved disse treningsintensitetene (Wilmore JH, 2008).

Forbruk av oksygen

VO₂ vil i liten grad påvirkes under hvile. Under submaksimal intensitet vil både forbruk av O₂ og cardiac output reduseres. Dette skyldes først og fremst en mer energiøkonomisk utføring av aktiviteten.

VO_{2maks} er et godt mål på kardiorespiratorisk kapasitet og vil øke som respons på utholdenhetstrening. En tidligere utrent person vil kunne øke VO_{2maks} med omtrent 20 % ved å trene 3-4 ganger pr uke i 6 måneder (Wilmore JH, 2008).

Energisystemer i bruk i forskjellige idrettsgrener

Ved å se på intensitet og varighet i forskjellige idrettsgrener kan man beregne hvilke energisystemer som hovedsakelig blir brukt (Guyton, 2006):

Fosfagene system	100 meter løp Høydehopp Vektløfting
Fosfagene system og glykogen-melkesyre	200 meter løp Basketball Baseball home run
Glykogen-melkesyre hovedsakelig	400 meter løp 100 meter svømming Tennis Fotball
Glykogen-melkesyre og aerobe system	800 meter løp 200 meter svømming 1500 meter skøyting Boksing 1500 meter løp
Aerobe system	10 000 meter skøyting Skiløp Maraton Jogging

Treningsteori

Generelle prinsipper ved trening

Individualitetsprinsippet betyr at hver utøver har forskjellig utgangspunkt for treningsrespons. Treningsrespons avhenger av en persons cellulære vekstrate og regulering av det metabolske, respiratoriske, kardiovaskulære, nervøse og endokrine system. Både genetikk og miljø vil skape forandringer i dette og betyr at en treningsrespons vil variere stort fra person til person. Ved valg av treningsprogram er dette viktig å tenke på. Man definerer ofte en person som har god effekt av et gitt treningsprogram for en high responder for det treningsprogrammet.

Et annet prinsipp er prinsippet om spesifisitet. Med dette menes at man bør trene så nært som mulig til den øvelsen man vil bli god i. Skal en bruke mye overarmer i en konkurranse, er det viktig at det er disse også blir trent mest. Det samme gjelder for det kardiovaskulære og respiratoriske system.

Et treningsprogram trenger en vedlikeholdsplan. Dette for å hindre tilbakefall av treningseffekt. Det er vist at om man slutter å trene eller trapper kraftig ned vil man til slutt ende opp under eller på samme nivå som man startet. Dette kalles for prinsippet om reversibilitet.

For å bli bedre må man trene på en litt høyere intensitet enn kroppen er komfortabel med. Dette kalles overloadprinsippet. Kroppen vil da adaptere ved å øke kapasitet. Etterhvert som man blir sterkere vil man kunne trene med samme absolutte motstand, men ved å bruke mindre energi. Man må da øke motstanden. Dette kalles prinsippet om progresjon. Sammen kan man kalle disse to for prinsippet om progressiv overload.

Man kan ikke trene overload hver dag. Kroppen vil nå et metningspunkt og i stedet for å bli sterkere, bli svakere. Prinsippet om hard/lett sier at etter en periode med hard trening, kreves en periode med lett trening slik at kroppen kan bygge seg opp og overkompensere.

I designet av et treningsprogram bruker man prinsippet om hard/lett for å få maksimalt utbytte. En viktig del av et treningsprogram blir derfor periodiseringsprinsippet. Der tar man en lengre periode (eks: et år) og deler opp i mindre biter. Hver mindre bit består av periode bestående av forberedelse, konkurranse og overgang. Hvor i året periodene legges bestemmes ofte av viktige konkurranser og når man på året man vil være i best mulig form.

Anaerobe og aerobe treningsprogram

Selv om det er store forskjeller mellom trening til en sprint og til et maratonløp lages treningsprogrammene over et kontinuum. Selv på de mest ekstreme variantene bruker en energi fra alle forskjellige energisystemer. Som en grov regel kan man lage følgende inndeling; for å bli bedre på korte spurter må en hodesaklig trene ATP-PCr systemet, på lengre sprinter og mellomdistanse er hovedfokus på det glykolytiske system. For å forbedre aerob kraft prøver man å fokusere mest på oksidative systemet.

Intervalltrening

Studier har vist at ved å dele opp treningen med små pauser med hvile eller lavere intensitet tåler en et høyere volum med trening. Selv om intervalltrening oftest brukes til friidrett, ski og svømming kan det brukes til alle typer idrett. For å trene intervall velger en først treningsmåte/type, deretter velger man de følgende parametre slik at det passer til idretten;

- frekvens på intervall.
- distanse på intervall.
- antall repetisjoner og sett for hver treningsøkt.
- lengde på hvile eller aktiv restitusjon.
- type aktivitet under aktiv restitusjon.
- frekvens på trening pr uke.
- frekvens på intervall eller intensitet.

Man bestemmer intensitet på intervallet ved å sette en bestemt tid på en distanse. Denne tiden er ofte en gitt prosent av personens bestetid. Man kan også trene på en gitt prosent av maks

hjerterefrekvens. For å trene ATP-PCr systemet bør man trene opp mot maks, altså 90-98% av maksimal hjerterefrekvens. Det anaerobe glykolytiske system trenes best med en intensitet på 80-95% og for å trene det aerobe system bør man moderat til høy intensitet, 75-85% av maksimal hjerterefrekvens.

Distanse på intervall og antall repetisjoner

Distansen vil i stor grad bestemmes av hvilken idrett man trener. Utøvere som løper korte distanser vil velge kortere intervaller enn en som trener for mellomdistanse. Likevel vil en mellomdistanseløper også bruke kortere intervaller, f.eks. for å trene hurtighet. Også antall repetisjoner vil avhenge av idrettsform. En generell regel er at jo kortere og mer intense intervallene er jo høyere skal antall på repetisjoner og sett være.

Varighet av pause

Denne avhenger av hvor fort man restituerer seg etter intervallet, harde sprinter krever ofte lenger pauser fordi det er mye laktat som skal tilbakedannes. Et enkelt mål er å bruke hjerterefrekvens og vente til denne er gått ned til ca 60-70 % av makspuls. Aktivitet i pausen bestemmes også av intensitet. Harde intervall krever lettere pause og noen ganger helt ro.

High Intensity Training (HIT)

Denne treningsformen er ment å øke ytelsen med relativt korte treningsøkter. Den er en form for kardiovaskulær trening hvor øktene vanligvis varierer mellom 15 og 30 minutter. De fleste HIT-treningsprogrammer inneholder en 2:1 ratio i tidsbruken, for eksempel 60 sekunder jogging og 30 sekunder sprint i forbindelse med løping.

Fremgangsmåte

En treningsøkt med HIT inneholder en oppvarmingsperiode, etterfulgt av seks til ti repetisjoner med høyintensitetstrening, oppdelt av trening med middels intensitet. Til slutt er det en periode med nedtrening. Høyintensitetsbolkene skal gjøres med nær maksimal intensitet.

Sammenhengende trening

Med dette menes kontinuerlig trening uten pauseintervall. Dette kan være alt fra langturer i sakte tempo til høyintensitet utholdenhetstrening. Man bruker kontinuerlig trening i all hovedsak for å trene det oksidative og glykolytiske treningssystem. Kontinuerlig trening på høy intensitet gjøres som regel på 85-95% av utøverens makspuls, gjerne nær konkurransefart. Dette blir ofte trening nær laktatterskel, men som regel trener man i rolig tempo når man trener langtur. Dette er basert på prinsippet om hard – lett. En rolig langtur lar utøverene stresse det kardiovaskulære system med minimal fare for skade. Særlig vil det være relativ fart som forbedres.

Tradisjonelt sett har mengdetrening vært ansett som en grunnstein i treningsprogrammet til en utøver i en utholdenhetsidrett. En fordel med treningen i forhold til annen trening er at en får trent mer likt en konkurransesituasjon, fordi det ofte er intensitet over tid som kreves i utholdenhetsidretter. Dette gjør at man lettere får en fortrolighet med sin egen form og kjennskap til sine egne grenser, som kan være avgjørende i konkurranse.

I en konkurransesituasjon er det avgjørende å få så mye som mulig igjen for den intensiteten man legger ned, for eksempel i form av fart i en sykkelkonkurranse. I forhold til dette spiller mengdetrening en viktig rolle, fordi man over tid får bedre teknikk og effektivitet i øvelsen. Et

eksempel på dette kan være en skiløper som over tid får bedre teknikk og kan gå fortere på ski uten å øke intensiteten.

Utvalgte artikler

Effect of short-term high-intensity interval training vs. continuous training on O₂ uptake kinetics, muscle deoxygenation and exercise performance

McKay BR, Paterson DH, Kowalchuk JM.

J Appl Physiol. 2009 Jul;107(1):128-38. Epub 2009 May 14.

I denne studien ble effekten av mengdetrening og HIT på O₂ opptakskinetikk, deoksygenering av muskler og ytelsesevne studert i to grupper med forskjellig treningsregime. Det var også et mål å se på hvor raskt utviklingen satte inn. 12 mannlige forsøkspersoner gjennomgikk 8 seanser med enten HIT (8-12 x 1-minutt interval på 120 % av maksimal VO₂ med 1 minutt hvile innimellom) eller mengdetrening (90-120 minutter på 65 % av VO_{2maks}).

Metoder

12 forsøkspersoner (gjennomsnittsalder 25 år, gjennomsnittsvekt 83 kg) uten noen kjente sykdommer ble randomisert til to grupper med 6 personer i hver som gjennomgikk henholdsvis HIT-trening og mengdetrening. Alle utøverne var vant med å være i aktivitet, men hadde ikke fulgt noe spesifikt treningsopplegg. De ble bedt om ikke å begynne på noen ny trening i løpet av studien.

Forsøksprotokoll

VO_{2maks} og syregrense ble målt regelmessig gjennom studien med gassutvekslingsvariabler. Ytelsesevne ble målt som tiden det tok til full utmattelse, når forsøkspersonene syklet på en ergometersykel.

Baseline testing ble gjennomført på tre forskjellige dager. Alle tester ble gjennomført på en ergometersykel.

Dag 1: VO_{2maks}, estimert laktatterskel og målt laktatterskel ble målt med en ramp inkrementell (RI) test. Estimert laktatterskel ble satt som det punkt der VCO₂ økte ut av proporsjoner sammenlignet med VO₂. Målt laktatterskel ble satt som den hjertefrekvens hvor laktatverdier begynte å stige progressivt over baselineverdier. VO_{2maks} ble satt som snitt av VO₂ over siste 15 sekunder på RI test.

Dag 2: VO₂ kinetikk ble bestemt med en femstegs forandringstest med arbeidsmengde på moderat intensitet.

Dag 3: Ytelsesevne ble målt som tiden til full utmattelse.

Alle testene ble målt før start av studien, etter fire treninger (midttrening) og etter åtte treninger (posttrening). VO₂ kinetikk ble også målt etter to og seks økter for å finne en tidlig forandring i denne.

Treningsprotokoll

Treningen startet 2-3 dager etter baseline testing, og inneholdt enten 8 seanser med HIT- eller mengdetrening utført over en 19-dagers periode. Hver treningsøkt ble etterfulgt av 1-2 dager med hvile. Treningen ble utført på en ergometersykel.

HIT-treningen inneholdt 5 minutter med oppvarming etterfulgt av 1 minutt med 120 % av WRmaks og 1 minutt med sykling uten motstand. Dette intervallet ble gjentatt 8 ganger på treningsdag 1 og 2 og økte utover studien til 12 ganger den åttende seansen. WRmaks ble satt som høyeste oppnådde arbeidsmotstand oppnådd under den inkrementelle testen.

Mengdetreningen bestod av 90-120 minutter med sykling med en intensitet på 65 % av VO_{2maks} som målt i forkant av studien. Små hvilepauser på 30-90 sekunder ble tillatt underveis.

Deltakerne ble bedt om å notere diett før RI og utmattelsestest og om å ha samme diett før midt- og slutttest. De ble også bedt om å avstå fra koffein og alkohol minimum 8 timer før testing.

Datainnsamling og analyse

Gassutveklingsvariabler som O_2 , CO_2 og N_2 ble målt ved hjelp av massespektrometri i inspirert og ekspirert luft. Puls ble målt med 3-avlednings EKG. Muskeloksygenering i vastus lateralis ble målt med nær-infrarød spektroskopi.

Dataene ble filtrert for feildata og statistisk analysert. P-verdi for signifikant forskjell mellom de to intervensjonsgruppene ble satt til $<0,05$.

Resultater

Total treningstid for de to gruppene var henholdsvis 80 minutter for HIT-gruppen og 825 minutter for mengdetreninggruppen, altså ca. 90 % lavere i HIT-gruppen. Energiforbruket (treningsmengde) var redusert med 80 % i denne gruppen i forhold til den andre.

Absolutt VO_{2maks} forandret seg ikke gjennom treningsperioden, men relativ VO_{2maks} i forhold til kroppsvekt økte med ~4,5 % i HIT-gruppen og ~7,0 % i mengdetreninggruppen.

Maksimalytelsen (WRmaks) økte likt i begge grupper gjennom testperioden. Syregrensen målt gjennom gassutveklingsvariabler økte med ~13 % gjennom studieperioden, likt i begge grupper.

VO₂ kinetikk

Pulmonal VO_2 (VO_{2p}) var lavere etter trening i både HIT- og mengdetreninggruppen. tVO_{2p} var lavere med 20 % etter to dager og med 40 % etter treningsperioden. Ved hjelp av regresjonsanalyser fant man en forbedring i tVO_{2p} på 2.4 s hver andre dag. Det var ingen forskjell mellom gruppene, men de som hadde dårligest verdier før studien viste en større forbedring.

Hjertefrekvens ved moderat aktivitet

I slutten av studieperioden var hjertefrekvensen ~4,5 % mindre ved moderat aktivitet i både HIT- og mengdetreninggruppen.

Andre variabler

Analyser av kinetikken til deoksygenert hemoglobin-myoglobin i muskler viste ingen forskjell mellom grupper eller i forhold til treningen.

Ytelseevnen som tiden det tok før full utmattelse viste at en økning på ~55 % for HIT-gruppen og ~43 % for mengdetreningsgruppen. Ingen forandring i kontrollgruppen.

Diskusjon

Denne studien sammenliknet effekten av åtte sesjoner med enten lavvolum HIT eller høyvolum mengdetrening på de tidlige forandringene av O_2 -opptak og muskel deoksygenering.

Det mest overraskende funnet i studien ifølge forskerne var at VO_{2p} ble redusert med ~20 % etter bare to treningsøkter og med ~40 % etter 8 dager med trening, likt i de to gruppene. Det ble også vist en lineær forandring gjennom hele studien. Det ble ikke vist noen forskjell i HHB deoksygenering til tross for forandringen i VO_{2p} .

I studien var pulmonært O_2 -opptak ~70-100 ml/min lavere etter treningsperioden i begge treningsgrupper. Dette var overraskende, siden det ikke var noen tendens til at O_2 -opptaket ble redusert i løpet av treningsprogrammet. Det er mulig at dette kan skyldes bedre effektivitet i syklingen, ettersom deltagerne ble vant til denne øvelsen, men det er lite trolig siden de to gruppene har veldig ulike treningsvolum. I løpet av studien viste det seg at O_2 -opptaket ved visse arbeidsbelastninger var forbausende konstant gjennom treningsprogrammet i begge grupper, noe som antyder at kinetikken til O_2 -opptak i muskler ikke ble forandret.

De mulige mekanismene involvert i den raskere O_2 -bruken i musklene er komplekse og er nok delvis forklart av raskere metabolisme og bedre O_2 leveranse til musklene. En raskere aktivering av oksidative enzymer vil gi en bedre tilgang til substrater til mitokondriene tidligere i treningen, noe som gjør at en kan oppnå "steady state" tidligere, med mindre oksyngjeld til følge, noe som vil redusere O_2 -behovet videre i økten. ADP ser ut til å være en drivende faktor for det oksidative enzymet PDH.

Lokale målinger i musklene som tidligere forklart, med målinger som viser balansen mellom lokal muskel O_2 forbruk og tilbud, kan i forbindelse med målinger av pulmonær ventilasjon, si noe om lokale muskelforhold som mikrovaskularisering. Funnene i denne studien tyder på at det raskere O_2 -opptaket ikke henger sammen med raskere eller større O_2 ekstraksjon fra blodet. Dette tyder på at distribusjonen av lokal mikrovaskulær blodsirkulasjon ble raskere som en konsekvens av HIT og mengdetrening.

Pulsresponsen ved trening ble ikke raskere før etter 8 treningsøkter. Dette tyder på at totalblodstrømmen ikke blir endret tidlig i et treningsprogram, men at distribusjonen av blodstrøm i muskler og mikrovaskulære forandringer gir en forbedring.

I denne studien ble det estimert at syreterskelen ble økt med ~13 % i begge grupper. Absolutt VO_{2maks} ble ikke økt i denne studien, men det tilkom en liten økning i relativt maksimalt O_2 opptak. Det trengs sannsynligvis lengre treningsintervensjoner enn det som er gitt i denne studien for å gi forandringer i VO_{2maks} .

Konklusjoner

Denne studien viste at kinetikken til pulmonal VO_2 var raskere ved trening på moderat intensitet allerede etter 2 dager, uavhengig av treningsprogram. Denne forbedringen i VO_2

kinetikk fortsatte utover i studien. Dette tyder på at begge treningsprogrammer påvirker dette likt.

Kommentar til studien

Denne studien sammenligner to treningsprogram med henblikk på å finne forandringer i VO_2 kinetikk. Et interessant funn er at denne forandringen skjer allerede etter to dager med trening og at det samme skjer i begge grupper. Dette tyder på at HIT stimulerer mange av de samme faktorene som kontinuerlig trening. Størst forandring VO_2 kinetikk sees hos de som hadde dårligst utgangspunkt ved start av studien. Det bekrefter at VO_2 forandringer skjer tidlig ved start av trening og at videre forbedring utover i treningsperioden dermed må skyldes andre faktorer.

Det er ikke gjort noen enzymatiske undersøkelser i denne studien, det er likevel trolig at den forandringen man ser i VO_2 kinetikk skyldes bedre bruk av oksygen i musklene. Dette skyldes mest sannsynlig økt enzymmengde og forbedret mitokondriefunksjon. Det ble ikke målt noen forandringer i mengde O_2 som ble tatt opp av musklene, noe som betyr at forbedringen skyldes bedre effektivitet intramuskulært.

Også i denne studien trenes det betraktelig mindre for deltakerne i HIT gruppa (90 % mindre enn mengdetreningsgruppa). Relativ VO_{2maks} ble forbedret med 4,5 % i HIT og 7 % i END gruppen. Mengdetrening kan således se ut til å være en god strategi for å forbedre VO_2 . Det ville vært interessant å følge denne utviklingen videre om studien hadde vart over lenger tid.

Volume vs. Intensity in the Training of Competitive Swimmers

Faude O, Meyer T, Scharhag J, Weins F, Urhausen A, Kindermann W.
Int J Sports Med. 2008 Nov;29(11):906-12. Epub 2008 Apr 17.

Målet med denne studien var å sammenlikne en høydose, lavintensitets treningsform med en lavvolum, høyintensitets treningsform. Dette ble gjort med en randomisert cross-over studie hvor 10 aktive svømmere ble fordelt tilfeldig på to grupper som etter tur utførte et 4 ukers treningsprogram med enten HIT eller mengdetrening. Forsøkspersonene ble regelmessig undersøkt for flere variabler i løpet av studien.

Introduksjon

Trening karakteriseres hovedsakelig av intensitet, varighet og frekvens av treningsøkter. Svømmekonkurranser varer vanligvis mellom 22 sekunder og 15 minutter, og metabolske krav dekkes først og fremst gjennom anaerob metabolisme og aerob glykolyse. Sammenliknet med konkurransesituasjonen er treningsvolumet tradisjonelt veldig høyt for svømmere, og mesteparten av treningen utøves med middels intensitet. Et alternativ til denne treningsformen er HIT-trening med høy intensitet og lite volum. Målet til denne studien var å sammenlikne den treningsformen med den tradisjonelle mengdetreningen (lav-middels intensitet, stort volum).

Metode

Studiedesignet og prosedyrer var i samsvar med Helsinkideklarasjonen.

Deltakere

15 personer ble i utgangspunktet rekruttert til studien. 5 personer falt ut av studien av forskjellige årsaker. 10 personer (4 damer og 6 menn) fullførte hele studien og ble inkludert i de statistiske analysene. Alle svømmerne var ranket i deres hoveddisiplin mellom nr 1 og 47 (9 av 10 var rangert som nr 10 eller bedre). Gjennomsnittsalder var 16,6 år. Alle var friske. Normalt treningsvolum for deltakerne var rundt 20 timer per uke.

Studiedesign

I denne randomiserte cross-over studien ble deltakerne randomisert til to forskjellige 4 ukers treningsperioder med henholdsvis HIT eller mengdetrening. Deltakerne ble randomisert til enten å begynne med HIT eller mengdetrening først. Mengdetrening ga en økning i treningsvolum for alle deltakere, mens intensitet var det viktigste i HIT – gruppen. Hver 4 ukers periode ble etterfulgt av en hvileuke. Før forsøket begynte hadde alle deltakerne en rolig treningsuke som skulle sørge for at alle deltakerne var på samme nivå ved studiestart. Mellom de to 4 ukers treningsperiodene var det en periode på mellom 5 og 12 måneder som skulle sørge for at deltakerne var ”nullstilt” før neste treningsperiode for å unngå carry-over-effekt. Alle konkurranseresultater ble registrert i 3 måneder etter begge treningsperioder. Alle deltakerne ble undersøkt i forhold til psykologisk helse med et standardisert spørreskjema (POMS) flere ganger i løpet av treningsperiodene. Deltakerne gjennomgikk også 4 tester; en før (T1), en etter to uker (T2), en etter fire uker (T3) og en etter restitusjonsuka (T4).

Treningsopplegg

Mengdetreningsperioden innebar en ~30 % økning i treningsvolum i forhold til normalen for disse svømmerne, mens HIT-perioden ga en reduksjon i totalt treningsvolum på ~40 % og en ~50 % økning i treningsvolum på høy intensitet. Treningen ble monitorert med kapillære blodprøver i forhold til utøverspesifikke intensitetsgrenser. Treningen ble gjennomført i samråd med utøverenes egne trenere. Eventuelle konkurranser ble gjennomført på samme dag i begge treningsprogram.

Testdager og prosedyrer

På hver testdag fylte deltakerne ut en tysk versjon av POMS, med 35 scoringspunkt i 4 fire underenheter; slitenhet, depresjon, sinne og vigør. Etter dette ble det foretatt følgende tester; inkrementell svømmetest for å finne den individuelle syreterskelen og test på 100 meter og 400 meter.

Inkrementell svømmetest (IS)

Denne testen bestod av flere 200 meter etapper, som ble svømt med økende intensitet. Deltakerne så et lys i bunnen av bassenget eller taket som de måtte prøve å følge. Etter 5-6 repetisjoner var målet å nå maksimalgrensen til utøveren. Kapillærblood ble tatt før start og etter hver etappe i tillegg til etter 3,5, 7 og 10 minutter etter siste etappe. De ble så analysert med tanke på laktatverdier for å beregne individuell anaerob terskel (IAT). Hjerterefrekvens ble også målt.

Ytelsestest

En time etter IS-testen gjorde svømmerne en submaksimal og maksimal 100 meter med 30 minutter pause imellom. En time senere svømte deltakerne en 400 meter på maksimal intensitet. Kapillære blodprøver og puls ble tatt som beskrevet under IS-testen etter alle distansene.

Resultater

Inkrementell svømmetest (IS)

Det ble funnet en signifikant økning i individuell anaerob terskel (IAT) i forhold til verdien ved studiestart etter begge treningsperioder. Maksimale laktat konsentrasjoner i blodet var også signifikant høyere ved slutten av treningsperiodene. HIT-perioden ga signifikant høyere maksimalverdier for laktat ved slutten av treningsperioden i forhold til mengdetreningsperioden. Det ble ikke funnet noen signifikant sammenheng mellom testtid og treningstype.

Ytelsestest

Beste 100 meter og 400 meter tid ble ikke signifikant påvirket av noen av treningsprogrammene. Blodlaktat etter maksimal 100 metertest var lavere ved T1 enn ved T3. Laktatverdier ved den submaksimale øvelsen var redusert ved T4 sammenlignet med T1. I høyvolumgruppen var det lavere hjertefrekvens ved T1 og T3 enn ved T4. Det ble ikke funnet noen sammenheng mellom treningsprogram og maksimal ytelse i denne testen.

Konkurranseresultater

Bare 9 deltakere ble analysert på dette. Nesten alle deltakere nådde eller forbedret personlig bestetid etter hver treningsperiode (7 av 9 for HIT og 8 av 9 for mengdegruppen). Det ble ikke funnet noen signifikant forskjell på konkurranseresultater etter HIT-trening eller mengdetrening.

Psykometriske resultater

Det ble ikke funnet noen forskjell mellom de to treningsprogrammene, men det ble målt en reduksjon i vigør hos begge treningsgrupper.

Diskusjon

Denne studien ble gjennomført for å analysere effekten av HIT- og mengdetrening på fysiologiske og psykometriske variabler hos svømmere. Hovedresultatet var at det ikke ble funnet noen forskjell på de analyserte variablene mellom gruppene.

Svømmere går vanligvis gjennom store mengder med trening, spesielt i tidlige oppladningsfaser før konkurranser. Dette blir vanligvis forklart med at utøveren trenger å få varige aerobe tilpasninger. I tråd med resultatene fra denne studien ser det ikke ut til å være nødvendig med store treningsvolumer. En spesielt stor aerob kapasitet ser heller ikke ut til å være nødvendig i forhold til å prestere i konkurranser som varer mellom 20 sekunder og 5 minutter.

Energiforbruket for svømmeren øker i takt med økt fart, fordi motstanden øker. Derfor er det antagelig andre faktorer som teknikk som er viktige for resultatet i en konkurranse, kanskje spesielt hos svømmere siden dette er en komplisert øvelse.

Det har vært fremsatt hypoteser om at HIT-trening fører til sentrale tilpasninger som for eksempel økt slagvolum som leder til en lavere hvilepuls. I denne studien ble det imidlertid ikke funnet noen forandring i hvilepuls etter noen av treningsperiodene. Andre studier har heller ikke klart å vise en forandring i slagvolum hos allerede god trente utøvere.

Det har også vært diskutert om HIT-trening og mengdetrening fører til forskjellige forandringer i den muskulære oksidative metabolismen. I denne studien ble det ikke vist noen forskjell i laktatverdier etter de to programmene.

Deltakerne i denne studien fremsto ikke som overtrent etter noen av de vanlige tegnene (ytelsesevne reduseres, biomekaniske forandringer, søvn og humørsvingninger).

Metodiske vurderinger

Et problem i slike studier som dette er å få tak i nok deltakere slik at studien får statistisk styrke. Denne studien har imidlertid et godt deltakernivå i forhold til liknende studier. Det kan argumenteres med at testene som ble valgt ikke var sensitive nok (100 meter og 400 meter). Lengre tester hadde kanskje vist et annet resultat, men dette var testene som var relevante med tanke på konkurransesituasjonen til disse utøverne og også med tanke på hva flest svømmere konkurrerer i.

Konklusjon

Ut ifra resultatene i denne studien blir det konkludert med at over 4 uker så øker begge treningsprogrammene den aerobe utholdenheten. De vanlige høyvolums treningsprogrammer som svømmere ofte bruker er ikke fordelaktige i forhold til et HIT-program. Derfor ser det ut til at treningen kan gjøres mer effektiv, og mer tid kan brukes på andre prestasjonsfremmende faktorer.

Kommentar til studien

Denne studien har sammenlignet effekt av treningsprogram hos godt trente utøvere. Dette er ofte vanskelig da disse ofte har forbedret aerob kapasitet med tanke på respirasjon, slagvolum og blodvolum. Forandringer vil derfor ofte være på enzymnivå. En interessant vinkling i denne artikkelen hadde vært om det i tillegg ble tatt muskelbiopsier for å se på enzymatiske forandringer. Dette ble ikke gjort og de testene man har valgt er kanskje ikke like egnet til å vise forandringer som følge av et HIT treningsprogram. Det ble ikke funnet noen forbedring på de forskjellige testene noe som kan tyde på at de egentlige resultatene skyldes tidligere trening og treningsprogrammene i denne undersøkelsen simpelthen bare har vedlikeholdt utøverens form.

Blodlaktat steg ved maksimal øvelse. Dette kan tyde på at utøverne er bedre vant til et høyere laktatnivå. Det kan også være at utøverne er slitne og dermed ikke fullt ut restituert, forfatterne sier ingenting om verdier ved T4 og med en uke hvile er det sannsynlig å tro at disse da er mer lik T1. Submaksimale laktatverdier var redusert ved slutten av undersøkelsen, dette brukes ofte som et tegn på at utøveren er i bedre form (se teoridel) da akkumulering av laktat skjer ved en høyere intensitet.

Et viktig funn er det at HIT gruppen reduserer treningsmengde med nærmere 50 %. Dette er viktig med tanke på at det dermed blir mer tid til annet. HIT innebærer trening på høyere hastighet og nærmere konkurransefart, dette er gunstig med tanke på spesifisitetsprinsippet om utvikling av teknikk.

Man kunne tenke seg at mindre treningsvolum ga mer tid til restitusjon, men det synes som om intensitet er viktigere enn volum med tanke på dette da det ikke ble vist noen forandring i overtreningensvariabler.

Training Effects on Endurance Capacity in Maximal Intermittent Exercise: Comparison Between Continuous and Interval Training

Tanisho K, Hirakawa K.

J Strength Cond Res. 2009 Nov;23(8):2405-10.

Innledning

De fleste ballspporter består av perioder med aktivitet med høy intensitet og perioder med hvile eller lavintensitet som krever både anaerobe og aerob metabolisme. Ved maksimal aktivitet blir energien levert gjennom det anaerobe systemet, hovedsaklig gjennom degradering av fosfokreatin. Oksidativ metabolisme gir energi til å reprodusere fosfokreatin i restitusjonsfasen. Hurtig restituering og opprettholdelse av høy intensitet er avgjørende i slike spporter.

Det har vært vist en sterk sammenheng mellom hvor godt aerobt trent en utøver er og utholdenhetskapasitet. Dette fordi den aerobe metabolismen er mer effektiv, med mindre bruk av anaerob glykolyse og produksjon av laktat. Det er også vist at hos personer med en høy aerob kapasitet er det et høyt nivå av fosfokreatinresyntese og at laktat fjernes raskt i hvilefasen. For høyintensitets utholdenhet er det nødvendig å øke den aerobe kapasiteten og derfor har mengdetrening tradisjonelt vært anbefalt til slike utøvere.

Andre studier har igjen vist at det ikke er noen stor sammenheng mellom hvor godt aerobt trent en utøver er og hastigheten på restitusjon etter høyintensitets anaerobe øvelser. Således ble det vurdert at restitusjonen henger mer sammen med andre faktorer enn VO_{2maks} .

Det er velkjent at intervalltrening og mengdetrening begge fører til forbedret aerob metabolisme. I denne studien ville forskerne finne ut hvilken av de to tilnærmingene til treningsprogram som egner seg for trening av utholdenhet i forbindelse med repetert maksimal aktivitet.

Metode

Eksperimentell tilnærming

Studien ble designet for å sammenlikne de to treningsregimene. Anaerob og aerob kapasitet ble målt hos alle deltakerne, og en intervallbasert ytelsestest ble utført på alle deltakerne før studiestart. Deltakerne ble delt i to treningsgrupper (mengdetrening og intervalltrening) og en kontrollgruppe uten trening. Treningsgruppene trente 3 dager per uke i 15 uker. Etter treningsperioden ble det gjort en intervallbasert ytelsestest på samme måte som før treningsperioden.

Forsøkspersoner

18 mannlige studenter deltok i studien. De var alle aktive i sporten lacrosse og trente 5 dager per uke. Deltakerne ble spurt om å avstå fra fysisk aktivitet som kunne påvirke resultatet på ytelsestesten 24 timer før testen. Etter pretesten ble deltakerne delt i 3 grupper med 6 personer i hver (mengdetrening (MT), intervalltrening (IT) og ingen trening (NT)) i forhold til pretestresultater slik at gruppene skulle være mest mulig like med tanke på VO_{2maks} og anaerob kapasitet.

Prosedyrer

Det ble gjennomført tre tester for å kontrollere deltakernes anaerobe og aerobe kapasitet og maksimal ytelse før og etter trening. Mellom hver test var det 2 dager hvile. Til testene ble det brukt en ergometersykkel.

Anaerob test

Maksimal anaerob kraft ble målt for å beregne anaerob kapasitet. Deltakerne syklet med maksimal intensitet tre ganger i 10 sekunder på forskjellig motstand, med hvile imellom periodene. Maksimal anaerob kapasitet ble beregnet ut fra sammenhengen mellom motstand og generert kraft.

Aerob test

VO_{2maks} ble målt for å beregne den aerobe kapasiteten. Deltakerne gjennomførte en inkrementell sykkeltest til utmattelse. Testen begynte med en kraftgenerering på 50 W og ble økt med 50 W hvert 3. minutt til forsøkspersonen ikke klarte mer. Utpustet luft ble analysert "pust-for-pust" for å finne VO_{2maks} .

Trettbarhetstest

Denne testen ble gjort på en ergometersykkel. Testen bestod av 10x10 sekunders sprinter med maksimal ytelse med 40 sekunders hvilepauser imellom. Blod ble tatt fra deltakerens finger umiddelbart etter hvert 5. og 10. intervall, hvor det ble målt laktatmengde. Trettbarhet ble beregnet med følgende formel: $Trettbarhet = (MPO_{tidlig} - MPO_{sent}) / MPO_{tidlig} \times 100$. MPO_{tidlig} og MPO_{sent} ble definert som gjennomsnittlig kraftutvikling under tidlige (1-3) og sene (8-10) intervall i testen. MPO_{total} var snittet gjennom hele testen. Trettbarhet ble brukt som et mål på utholdenhetskapasitet.

Treningsprogram

Treningen ble gjennomført 3 dager per uke i 15 uker. Gruppen med mengdetrening (MT) syklet på en ergometersykkel som var stilt inn på 120 W i 15 minutter med 60 rpm, og gjennomsnittlig hjertefrekvens var 140-150, som tilsvarer 70-75 % av makspuls. Belastningen ble så økt med 30 W per minutt til deltakerne ikke klarte mer. En økt varte typisk 20-25 minutter og arbeidsbelastning til slutt lå mellom 270 og 330 w.

Intervalltreninggruppen (IT) trente 10x10 sekunders intervall med maksimal ytelse, med 20 sekunders hvilepauser. Testene ble utført som sittende sprinter på sykkel. Arbeidsbelastning ble satt til samme verdi som tidligere observert maksimal anaerob kraft.

Resultater

Anaerob kapasitet steg i begge gruppene (MT, +2,9 %; IT, +6,0 %), men endringen var bare signifikant for intervalltreninggruppen. VO_{2maks} økte signifikant i begge grupper (MT, +11,7 %; IT, +9,9 %). Kontrollgruppen hadde ingen signifikant endring.

Den gjennomsnittlige ytelsen i trettbarhetstesten steg signifikant i begge gruppene (MT, +5,8 %; IT, +9,5 % MPO_{total}). Selve trettbarheten forbedret seg kun i intervalltreninggruppen (IT), de andre gruppene viste ingen signifikant forskjell.

Diskusjon

Målet med denne studien var å se på effekten av to treningsregimer på utholdenhetskapasiteten ved repetitiv maksimal aktivitet. Resultatene viser at VO_{2maks} og MPO_{total} ble signifikant økt på grunn av treningen i denne studien. Det viser at begge programmene egner seg for å forbedre ytelsen til kompetitive ballspillere.

Mengdetrening førte til en økning i VO_{2maks} og MPOtotal i denne studien. Det ser ut til at dette skyldes en økning i energileveranser fra aerob metabolisme, og tretthet (fatigue) fra anaerob metabolisme ble redusert i denne studien. Dette ble bekreftet med blodprøver som viste reduserte laktatnivåer.

Likevel var det små forskjeller i utholdenhetskapasiteten (tretthet) sammenliknet med test før studiestart. Det kan altså se ut til at utholdenhet ved repetitiv maksimal aktivitet ikke påvirkes signifikant av mengdetrening, til tross for en økning av VO_{2maks} og redusert laktatproduksjon.

På den andre siden førte HIT til en bedring av anaerob kapasitet, økning av VO_{2maks} og bedre resultat på ytelsestesten med redusert tretthet, noe som viser at intervalltrening øker både den aerobe og anaerobe kapasiteten.

Den totale ytelsen i ytelsestesten økte signifikant i begge treningsgrupper. Trettheten forbedret seg imidlertid bare i intervalltreningsgruppa, selv om VO_{2maks} økte i begge grupper. Det kan tyde på at VO_{2maks} ikke er en god test for å estimere utholdenhetskapasitet ved repetitiv maksimal aktivitet.

Anvendelse

Utholdenhetskapasitet ved repetitiv maksimal aktivitet ble ikke økt med lavintensitets mengdetrening i denne studien, på tross av en økt aerob kapasitet (VO_{2maks}). Dette tyder på at utholdenhetskapasitet for repetitiv maksimal aktivitet og kontinuerlige øvelser ikke er identiske. Derfor bør utøvere i ballspill øke utholdenheten med et høyintensitets lavvolum treningsprogram (HIT-trening), og det er ikke tilstrekkelig å beregne kapasiteten med kun måling av VO_{2maks} eller kontinuerlige ytelsestester.

Kommentar til studien

Denne testen tar for seg godt trente utøvere og ser på forskjell mellom intervalltrening og mengdetrening. Imidlertid er ikke den mengdetrening man ser i denne studien hva man vanligvis definerer som mengdetrening, til det er intensiteten for høy. En del forandringer man ser her, blant annet i MPO, er forandringer man vanligvis ser ved høyintensitetstrening og som man kanskje ikke hadde sett om man hadde sammenlignet intervalltrening med en gruppe som kun trente på moderat intensitet.

Forsøkene er gjort over 15 uker som er nok tid til å kunne måle forandringer som følge av trening (Wilmore JH, 2008). Det er også forsøkt å få så jevne grupper som mulig slik at mulige resultat ikke skyldes andre faktorer.

En interessant ting med denne studien er at den tar utgangspunkt i et treningsopplegg som er spesialdesignet for utøvere som driver med intermitterende idretter med tanke på å gjenskape noen av de utfordringene de møter i konkurranser. Anvendbarheten for disse resultatene er derfor mindre for en mosjonist enn for fotballspillere som vil forbedre kapasitet i konkurranser.

Influence of continuous and interval training in oxygen uptake on-kinetics

Berger NJ, Tolfrey K, Williams AG, Jones AM.
Med Sci Sports Exerc. 2006 Mar;38(3):504-12.

Innledning

Ved en rask overgang fra hvile til konstant arbeid vil en se en eksponentiell stigning i VO_2 opptak med en obligatorisk kontribusjon fra oksidative prosesser. For all aktivitet under laktatterskel vil det etter hvert innfinne seg en likevekt mellom forbruk av ATP og ATP-syntese gjennom oksidativ fosforylering. Oksygenopptaket vil derfor også stabilisere seg på et gitt nivå utifra ATP-kravet. Tiden det tar til denne likevekten inntre, regnet fra aktivitetsstart, kalles t-verdi. En lav t-verdi betyr at VO_2 likevekt inntre tidligere enn ved høye t-verdier. Ved samme metabolske verdier vil en person med lave t-verdier få et mindre O_2 underskudd og dermed mindre fall i fosfokreatin, mindre stigning i laktatverdier og lavere degradering av muskelglykogen. Ved arbeid over laktatterskel er VO_2 likevekt enten forsinket og høyere enn forventet eller fraværende. Det siste skyldes en forsinket start av VO_2 slow component. Slow component reflekterer økt oksygenforbruk og metabolsk kostnad og er ventet å ha en negativ effekt på aktivitetstoleranse.

Tidligere studier har vist at utholdenhetstrening resulterer i 1) økning i tidlig VO_2 respons både under og over laktatterskel og 2) reduksjon av størrelse av VO_2 slow component. Disse forandringene resulterer i redusert PCr hydrolyse, muskelglykogenforbruk og akkumulering av laktat. Man har til nå ikke blitt enige om hvilken treningsform som er best for å øke VO_2 på-kinetikk.

Utholdenhetstrening deles vanlig inn i kontinuerlig trening med trening på submaksimale arbeidsrater, eller intervalltrening med kortere treningsperioder med høy arbeidsrate avbrutt av kortere pauser. Denne formen gir mer veksling over og under laktatterskel og en hypotese er at denne treningsform derfor vil kunne øke VO_2 på-kinetikk i høyere grad enn kontinuerlig trening. Målet med denne studien er å undersøke den relative effektivitet av kontinuerlig trening og intervalltrening på VO_2 på-kinetikk hos tidligere utrente personer. Hypoteser:

1. Begge treningsformer gir reduksjon av t-verdi i tidlig VO_2 respons og svekket slow component. (sammenlignet med en gruppe som ikke trener)
2. Intervalltrening er mer effektivt enn kontinuerlig trening i å få raskere t-verdi i startfasen av en trening og gi bedre reduksjon av VO_2 slow component.

Metoder

Deltakere

23 deltakere meldte seg frivillig. Ingen av deltakerne hadde drevet med regelmessig trening i minst 2 år før start av studiene. Etter innledende tester ble deltakerne delt i følgende grupper:

1. Kontinuerlig moderat intensitet (LO). 8 deltakere.
2. Intervalltrening høy intensitet (HI). 8 deltakere.
3. Kontrollgruppe. Ikke trening (CON). 7 deltakere.

Deltakerne ble fordelt på de tre gruppene (LO, HI, CON) slik at gjennomsnitt t-verdi var omtrent den samme på hver gruppe. I tillegg ble det forsøkt å få jevn kjønnsfordeling og vektfordeling.

Tester før start av studien

Alle deltakere gikk gjennom tester for å bestemme gassutvekslingsterskel, VO_{2maks} og VO_2 på-kinetikk. Testene som ble brukt var en stigningstest og en step-test og begge ble utført på en ergometersykkel.

Ved stigningstest startet man på laveste motstand og økte så med 5 W hver 12. (menn) eller hvert 20. (kvinner) sekund til deltaker ikke klarte fortsette. VO_{2maks} ble bestemt som høyeste snittverdi målt over 30 sek. Gassvekslingsterskel ble bestemt ved hjelp av CO_2 måling i utpust.

Stepptest ble gjennomført med moderat intensitet (baseline – moderat intensitet) og hard intensitet (baseline – hard intensitet). Dette ble gjennomført nok ganger til at det var mulig å bestemme t-verdi for fase 2 VO_2 respons. Hver stepptest ble startet med baseline sykling (20W) og deretter en brå økning til bestemt arbeidsmengde (moderat eller kraftig) som ble holdt i seks minutt.

Tester etter studien

Deltakerne gjennomgikk samme tester som før studien. Steptest ble gjennomført på samme relative arbeidsrate som før studien og i tillegg på nye utregnede verdier basert på tester etter studien.

Treningsprogram

LO gruppen trente tre ganger pr uke på 30 minutter på moderat intensitet (60 % av VO_{2maks}). HI gruppen trente 20 intervaller a 1 minutt med 1 minutt pause mellom hver, disse skulle trene på en intensitet tilsvarende 90 % av VO_{2maks} . Etter to treninger ble det foretatt nye tester og nye intensiteter ble beregnet. De siste 4 ukene ble det trent 4 ganger pr uke.

Målinger og analyser

Det ble målt gassutveksling, hjertefrekvens og laktatverdier. Gassutveksling ble målt pust for pust og satt opp i kurver. Verdier som skyldtes host eller nys ble tatt bort for å få så korrekte verdier som mulig. VO_2 baseline ble satt som gjennomsnitt av målinger ved baselinesykling mellom 150 og 30 sekund før start av øvelsen, T-verdier ble så utregnet og satt opp i kurver for avlesing.

Resultater

Det ble ikke funnet noen forskjell på de tre gruppene før start av perioden. Alle deltakere i gruppene gjennomførte alle treninger.

Stigningstest

Både LO og HI økte verdiene for gassutvekslingsterskel, LO = 43%, HI = 28%. Det samme gjaldt for VO_{2maks} , LO = 20% og HI = 21%. Det var ingen signifikant forskjell mellom de to gruppene.

Arbeidsverdier tilsvarende 70 og 90 % av laktatterskel økte i både LO og HI sammenlignet med CON. Det ble også vist reduksjon i blodlaktatverdier på samme absolutte harde arbeidsrate for LO sammenlignet med CON. Det ble ikke vist noen forskjell mellom LO og HI på hjertefrekvens mot slutt av trening eller på laktat ved samme absolutte arbeidsrate.

Moderat stepptest

Det var ingen forskjell i t-verdi (start økning i VO_2) i CON gruppen, men på de to andre gruppene var det en signifikant reduksjon (LO 26 %, HI 34 %). Det var ingen signifikant forskjell mellom de to treningsgruppene. Det var en signifikant økning i VO_2 respons i begge

treningsgruppene etter trening i forhold til før, dette skyldtes hovedsakelig at samme relative arbeidsmotstand ga en høyere absolutt arbeidsmotstand. Det var ingen forskjell i hurtighet av VO_2 respons mellom de to gruppene.

Hard steptest

På samme absolutte arbeidsmotstand var t-verdien signifikant redusert ved begge treningsgruppene (LO 31% HI 29%). Det var ingen forandringer i baseline VO_2 , amplitude på primær VO_2 respons eller tidsforsinkelse eller tidskonstant assosiert med slow component. Størrelsen på slow component ble derimot signifikant redusert for begge treningsgruppene.

Grunnet økt arbeidsbelastning økte primær VO_2 respons ved relativ arbeidsbelastning. Det var ikke mulig å finne noen forandring i t- verdi eller i slow-component variabler.

T-verdi etter trening var signifikant knyttet til t-verdi før og viste størst forandring hos de med lave verdier før studien.

Diskusjon

Begge treningstypene var like effektive i forbedringen av VO_2 på-kinetikk (redusere t-verdi og VO_2 slow component). Altså ble første hypotese bekreftet. Det var ikke mulig å finne noen forskjell mellom de to gruppene.

Begge treningsprogram viste en signifikant reduksjon i t-verdi når deltakerne ble testet på samme absolutte motstand. Dette tyder på at VO_2 likevekt opptrer tidligere etter en treningsperiode og at denne forbedringen i VO_2 kinetikk skyldes treningsmengde og ikke treningsform siden det ikke var mulig å finne en forskjell mellom de to treningsgruppene.

Det ble vist en forbedring for VO_2 peak ved moderat arbeid, men ikke ved hardt arbeid. Man skulle kunne tenke seg en sammenheng mellom VO_2 på-kinetikk og VO_2 peak, men det kan virke som om disse reguleres av forskjellige faktorer.

Størst reduksjon i t-verdi hadde de med tregest VO_2 kinetikk før trening, dette var lettere å vise ved moderat arbeid enn ved hardt noe som kan tyde på VO_2 kinetikk over laktatterskel trenger andre stimuli for å forbedres og at 6 uker trening ikke er nok.

Begge treningsprogram viste en reduksjon i amplituden av VO_2 slow component. En reduksjon i dette er en viktig følge av trening da det minker O_2 kostnad ved hard belastning. Disse resultatene var ikke mulige å finne når det ble testet med relativ motstand.

Det kan være mange mulige forklaringer til denne forbedring i VO_2 kinetikk. Et viktig resultat av studien er at det ikke er noen forskjell på disse to treningstypene hva gjelder VO_2 kinetikk. Begge vil redusere t-verdien under moderat og hard belastning og redusere VO_2 slow component ved hard belastning.

Bruksområder

LO reduserer blodlaktat ved samme absolutte motstand bedre enn HI. Dette kan skyldes at det fremprovoseres forandringer i forskjellige metabolske system mellom de to treningstypene. Ved valg av treningsform er det viktig å merke seg at det ikke er noen forskjell mellom de to treningsformene og at 4 ganger pr uke med moderat trening er svært effektivt når det gjelder å

forbedre O₂ kinetikk. Dette gjelder særlig for syke og gamle som har mindre mulighet til å trene hardt.

Over et 6 ukers program er treningsform av mindre interesse da begge treningsformer vil gi samme effekt på pulmonal VO₂ kinetikk.

Kommentar til studien

Denne studien ser på forskjell på HIT og LO hos tidligere utrente friske personer. De klarer ikke finne forskjeller på disse to treningsformene i forhold til VO₂-på-kinetikk. Det ble vist en forbedring i O₂-opptak i begge gruppene.

Forfatterne mener selv at dette tyder på at det viktigste for utrente er å trene og ikke hva de trener. En forbedring i VO₂ kinetikk vil komme simpelthen av fysisk aktivitet.

Metabolic Adaptions to Short-term High-Intensity Interval Training: A Little Pain for a Lot of Gain?

Gibala MJ, McGee SL.

Exerc Sport Sci Rev. 2008 Apr;36(2):58-63.

I denne studien ser Gibala og medarbeidere på effektene av HIT trening sammenliknet med mengdetrening, spesielt i forhold til metabolske tilpasninger som vanligvis assosieres med mengdetrening. Artikkelen baserer seg på en rekke studier som er utført av forfatterne tidligere.

Hva er HIT-trening?

HIT blir definert som trening med intervaller nær maksimal ytelse i sekunder til minutter. Mellom hvert intervall er det pauser med hvile eller lavintensitetstrening i noen minutter.

I studiene ble Wingate-testen brukt som standard treningsintervensjon, som inneholder 30 sekunder med maksimal intensitet på en ergometersykel. Hvileperioden var 4 minutter. Det ble kjørt mellom fire og seks repetisjoner, noe som betyr at det totalt ble gjort 2-3 minutter med høyintensitetsaktivitet. Dette ble gjentatt 3 ganger per uke i 2 til 6 uker. Alle deltakere i studiene var friske personer som ikke var aktive i noen form for strukturert trening.

HIT øker utholdenheten raskt

I studiene ble det vist en dramatisk økning i utholdenhet på aktivitet som krever aerob metabolisme. Etter 6 HIT-økter over to uker doblet deltakerne tiden de kunne sykle på nærmaksimal intensitet (80 % VO_{2peak} før trening). Dette ble sammenlignet med en kontrollgruppe som ikke trente og som ikke hadde denne fremgangen.

I en annen studie utført av forfatterne ble det vist at 2 uker med HIT økte prestasjoner i utholdenhetstester. Det ble ikke funnet noen forskjell i VO_{2maks}, som kan tyde på at forandringene etter trening må ha skjedd på muskelcellenivå.

Forandringer i skjelettmuskler

Biopsier fra muskler i studiene har vist en økning i oksidativ kapasitet i musklene mellom 15 og 35 % målt med mitokondrielt proteininnhold etter 6 økter med HIT over 2 uker. Ved sammenlikning av en gruppe forsøkspersoner som trente HIT og en gruppe som gjennomgikk

et treningsprogram med sykling over 90-120 minutter (65 % av VO_{2maks}), var resultatene overraskende like. Total treningstid for de to gruppene var 2,5 og 10,5 timer for henholdsvis HIT- og mengdegruppa. I studien blir det henvist til andre studier hvor dette blir underbygd, og det kan se ut som om treningstiden som kreves for å oppnå et resultat minker etter hvert som intensiteten øker.

I tillegg til funnet vedrørende oksidativ kapasitet, fant forskerne også forandringer i karbohydratmetabolismen til HIT-trente som vanligvis ses etter langvarig mengdetrening. Dette dreide seg om en økt mengde glykogen i muskler i hvile, en redusert hastighet på glykogenforbruket og laktatproduksjon ved trening og en økt totalmengde enzymer for glukosetransport.

Potensielle signalsystemer involvert i skjelettmuskelforandringer etter HIT

Forfatterne fremhever HIT-treningens evne til å indusere raske forandringer i skjelettmusklers aerobe kapasitet og setter det i sammenheng med treningsformens høye evne til å rekruttere muskelfibre og potensial til å belaste Type II fibre spesielt.

Trening er vanligvis klassifisert som enten styrke eller utholdenhet, der trening med korte intervaller og høy intensitet vanligvis assosieres med økning av muskelmasse og langtidstrening med lav til middels intensitet kobles med økt mengde mitokondrier og oksidativ enzymaktivitet.

Det er lite som er kjent om hvorfor HIT ikke induserer muskelvekst på samme måte som tradisjonell styrketrening. Dette må henge sammen med signalsystemene i musklene, og deres respons på forskjellig trening, og siden HIT induserer forandringer som ved mengdetrening, er antagelig signalsystemene som blir aktivert de samme ved de to treningsformene.

En viktig regulator av ekspresjonen til oksidative enzymer i mange celletyper, inkludert muskelceller, er peroksisom proliferator-aktivert reseptor-gamma coactivator 1 alfa (PGC-1 α). PGC-1 påvirker genekspresjonen ved å rekruttere histon acetyltransferaser (HAT) til spesifikke DNA-bundne transkripsjonsfaktorer på forskjellige geners promotorregioner. Dette forandrer kromosomstrukturen til en variant som fremmer transkripsjon. PGC-1 α kan ha stor innvirkning på muskelceller, med konvertering av fibre fra rask til sakte type i tillegg til en økt enzymproduksjon i mitokondriene.

Utholdenhetstrening øker mengden av PGC-1 α aktivitet og ekspresjon, så det er nærliggende å tenke seg at det er en kritisk komponent i tilpasningen til denne form for trening. Forskerne i denne studien har vist at HIT over 6 uker økte mengden PGC-1 α tilsvarende mengdetrening.

Aktiviteten til PGC-1 α blir regulert av p160myb, som hemmer funksjonen til PGC-1 α . Fosforylering av PGC-1 α gjøres av p38 mitogen-aktivert protein kinase (MAPK) og gjør at den ikke kan hemmes av p160myb. Denne kan derfor regulere hemmingen av PGC-1 α og dermed aktiviteten. Denne responsen er en del av den store MAPK-familien med responser til cellestress, blant annet aerob trening. Den eksakte mekanismen for hvordan MAPK blir aktivert, er foreløpig ukjent, men det er sannsynligvis en kinasekaskade som ligger til grunn.

Analyser av promotorregionen til PGC-1 α , har vist at myocyte enhancer factor 2 (MEF2) og 3-5-adenosin monofosfat respons element binding protein (CREB) trengs for den treningsinduserte økningen av PGC-1 α ekspresjonen. CREB blir kontrollert hovedsakelig av sympatisk nerveaktivitet mens MEF2 ser ut til å bli regulert av adenosin monofosfat-aktivert protein kinase (AMPK), som altså er avhengig av energinivået ($ATP \rightarrow ADP \rightarrow AMP$) i cellen. Aktivering av AMPK er assosiert med aktivering av PGC-1 α og ekspresjon av mitokondrielle

enzymer, og er derfor foreslått som en mulig forklaring på de treningsinduserte tilpasningene i muskelceller. P38 MAPK er trolig også viktig for denne responsen, ved kontrollering av aktiviteten til PGC-1 α . Til sammen tyder dette på at MAPK og AMPK er viktige mediatorer for den treningsinduserte økte oksidative kapasiteten i muskler.

Hvor mye trening er nok?

Selv om det er enighet om at trening er viktig for generell helse, er det usikkert hva den anbefalte minimumsdosen bør være. De offentlige anbefalingene er vanligvis 30-60 minutter trening med moderat intensitet de fleste dagene i uka. Til tross for de kjente positive effektene trening har på helse, er det fortsatt svært mange personer som ikke klarer minimumsanbefalingene. Mange studier har vist til "for lite tid" som forklaring på dette. Her kan HIT vise seg å være en verdifull tilnærming til å øke aktiviteten i befolkningen og dermed helsen generelt. Trenden har vært at HIT er for hardt og farlig for folk flest å drive på med, men ifølge forfatterne av denne artikkelen holder denne oppfatningen på å endre seg.

Perspektiv og begrensninger

Forfatterne fremhever at denne artikkelen ikke må tolkes som om HIT-trening gir de samme fordelene som tradisjonell aerob trening. Forsøket varte kun 6 uker, og det er mye forskning som gjenstår for å se om forandringene holder seg over lenger tid.

Andre spørsmål er hvilke andre forandringer de forskjellige treningsformene inducerer (HIT vs mengde), ikke minst hvordan de påvirker det kardiovaskulære systemet og respirasjonssystemet.

Konklusjon

Forfatterne konkluderer med at nyere data viser at HIT er en tidseffektiv strategi for å fremskaffe de metabolske forandringene i muskler som vanligvis ses etter langvarig mengdetrening. Likevel gjenstår det spørsmål rundt hvor mye treningstid som er nødvendig for å gi helsemessige fordeler, effekten av mindre intense treningsregimer og ikke minst den presise forklaringen på forandringene man ser. Her gjenstår det mye forskning.

Kommentar til studien

Dette er en artikkel basert på flere studier utført av forskerne selv. De har forsket på effekter av HIT hos friske utrente. Et problem med studien er at det er vanskelig å kontrollere alle resultat da dette på mange måter er en best of studie.

Imidlertid viser studien styrke i en grundig gjennomgang av muskelenzymer og cellesignalering etter HIT. Den gir i så måte et godt innblikk i celleforandringer som skjer etter trening og kan hjelpe til å få mer innsikt i hva som skjer etter kontinuerlig trening og HIT trening.

Også i denne studien blir tidsbruken hentet frem som en positiv faktor for HIT. Man kunne trene 2.5 timer i uka og oppnå samme resultat som om man trener 10.5 timer i denne studien. Studien sier likevel lite om forandringer i skjelettmuskulatur etter mengdetrening eller om det er andre variabler som ikke er nevnt her som ble forandret ved mengdetrening,

Man vet at mengdetrening kan øke en persons evne til å prestere submaksimalt (Daussin FN, 2007). Det er da et oppsiktsvekkende funn at man ved å trene HIT kan doble tid ved submaksimal øvelse. Dette resultatet hadde det vært interessant å vite mer om og en grundigere gjennomgang av denne testen hadde vært ønskelig.

Diskusjon

Tradisjonelt har høyintensitets intervalltrening (HIT) vært forbeholdt styrketrening og som trening for eksplosive idretter. I de senere år har det blitt mer og mer fokus på å bruke denne treningsformen som trening for utholdenhetsøvelser også. I Norge har idrettsmiljøet rundt NTNU vært en pådriver for dette (Wisløff U, 2009). Det har således vært en dreining av interesse innen aerob trening fra tradisjonell lavintens høyvolum trening (mengdetrening) i retning HIT. I denne oppgaven har vi ønsket å se på de siste forskningsresultatene i dette feltet og se på forskjeller og likheter mellom de to treningsformene i lys av tradisjonell treningsfysiologi.

Treningseffekter

Aerob ytelse blir ofte målt med VO_{2maks} . Dette maksimale oksygenopptaket forbedres ved trening og henger sammen med mange faktorer; hjertets pumpeevne, musklens opptak og forbruk av oksygen, lungenes effektivitet, kapillærtetthet i muskler, blodets oksygenbærende evne og flere andre faktorer. Hjertets pumpeevne er ofte den viktigste faktoren for den aerobe ytelsen. Det er ikke uten grunn at toppidrettsutøvere i aerobe idretter ofte har hjertehypertrofi (Rawlins J, 2009). Ved kun å måle VO_{2maks} kan det vanskelig fastslås akkurat hvilken mekanisme som ligger til grunn for en eventuell endring.

Vi mener at det er godt dokumentert at HIT og mengdetrening begge har en positiv effekt på VO_{2maks} (Bryon R. McKay, 2009; Hirakawa, 2009; O. Faude, 2008). Hva er mekanismene, og er det i tilfelle de samme?

Muskelforandringer

I studien av Gibala og medarbeidere (Gibala MJ, 2008) ble det tatt muskelbiopsier etter HIT-trening og mengdetrening for å se på eventuelle metabolske forandringer som kunne forklare forbedringen i VO_{2maks} . Resultatene var overraskende like. I begge grupper ble det funnet økt mitokondrielt proteininnhold som et uttrykk for økt oksidativ kapasitet. I tillegg fant forskerne økt glykogeninnhold i hvile, redusert hastighet på glykogenforbruk og laktatproduksjon ved trening og en økt mengde enzymer for glukosetransport (Gibala MJ, 2008).

Forandringer i VO_2 -kinetikk

En tidlig forandring ved trening er en forbedring i O_2 opptak. Den ene studien vi så på (Bryon R. McKay, 2009) viste at forandringer i O_2 opptak kom allerede etter to dager. Dette ble vist med en redusert t-tid. T-tid er den forsinkelsen man ser ved oppstart av et arbeide før O_2 opptak når likevekt. Før dette skjer, brukes anaerob forbrenning. Kort t-tid vil som regel henge sammen med god fysisk form. Som tidligere nevnt så man forandringer i t-tid allerede etter 2 dager, men det ble ikke vist noen forskjell mellom mengdetreningsgruppen og HIT-gruppen. Det ble også registrert en forbedring i t-tid tilsvarende 2,4 sekunder hver andre dag, men heller ikke her var det noen forskjell mellom gruppene. Størst forskjell så man hos de som før studien hadde dårligst verdier.

Også en studie av (Berger NJ, 2006) viste en reduksjon i t-verdi, her var det en reduksjon på 26 % og 34 %. Størst økning fant man hos HIT-gruppen, men det var ingen signifikant forskjell mellom de to gruppene. Et interessant trekk ved denne studien er at det var HIT-gruppen som hadde størst treningsvolum. Likevel var det ingen forskjell mellom de to gruppene. Deltakerne i den siste studien hadde tidligere ikke drevet med fast trening, forfatterne mente derfor at det i denne gruppen deltakere var trening og ikke form for trening som var viktigste årsak til forbedring.

$VO_{2\text{maks}}$ er et mål på når kroppen ikke klarer å forbruke mer oksygen selv om det er mer tilgjengelig. En økning i dette vil tyde på bedre aerob kapasitet. McKay og medarbeidere viste en forbedring med 4,5 % hos HIT og 7 % i mengdetreningsgruppen. Denne forbedringen ble vist på relativ $VO_{2\text{maks}}$, altså $VO_{2\text{maks}}$ i forhold til kroppsvekt. Absolutt $VO_{2\text{maks}}$ viste ingen forbedring. Det var ingen signifikant forskjell mellom de to gruppene, men det er interessant at det var mengdetreningsgruppen som viste størst forbedring. Når Berger og medarbeidere testet utrente utøvere ble det også funnet en forbedring i $VO_{2\text{maks}}$. Her ble det heller ikke funnet noen forskjell mellom gruppene, men man fant en økning på 20 og 21 %. Hos McKay og medarbeidere foregikk treningen over 19 dager, mens de hos Berger og medarbeidere testet over 6 uker. Også Tanisho og medarbeidere fant forbedret $VO_{2\text{maks}}$ hos sine deltakere.

På grunnlag av overnevnte funn kan det virke som om $VO_{2\text{maks}}$ er noe som forandres tidlig ved trening og at størst forandring skjer hos de som er dårlig trent ved start av trening. Man ser også at lengre treningsintervensjon ser ut til å gi ytterligere forbedringer. Slow component er en sen reaksjon av VO_2 respons ved ytelse over laktatterskel. Berger og medarbeidere viste at størrelsen på denne ble signifikant redusert ved hard belastning hos både de som trente HIT og mengde. Dette kan tyde på en forbedret arbeidsøkonomi og viser at O_2 forbruk på lokalt nivå er gått ned.

Kardiovaskulære forandringer

Ved aerob trening er det kjent at hjertet tilpasses den økte belastningen ved å øke pumpeevnen. Hjertet i seg selv blir også påvirket på flere måter, blant annet øker diameter på koronarkarene, karmotstanden blir modulert og kartettheten i myokard økes (Laughlin MH, 1992).

En viktig forutsetning for musklens O_2 -forbruk og dermed $VO_{2\text{maks}}$ er at musklene får god leveranse av oksygenert blod. Det er blitt vist at HIT øker kapillærtettheten i musklene slik som tradisjonell aerob trening (Gibala MJ, 2008). Dette medfører kortere diffusjonsavstand og dermed bedre leveranse av substrater til metabolismen i musklene.

Flere studier har som tidligere omtalt vist like økninger i $VO_{2\text{maks}}$ ved HIT og mengdetrening. I tillegg har vi sett at forandringer i muskelbiopsier er like (Gibala MJ, 2008; Burgomaster KA, 2008). Det tyder på at de kardiovaskulære forandringene også er like, siden muskelforandringene er like og det ikke er funnet noen andre faktorer som er vesentlig forskjellige. Det ser ikke ut til at det for eksempel er en stor forandring som kompenserer for en liten forandring og dermed bidrar til likhet i $VO_{2\text{maks}}$ -utvikling de to gruppene imellom.

Prestasjoner og ytelse

I studiene vi har studert, har vi merket oss at HIT og mengdetrening gir samme resultater i konkurranse (O. Faude, 2008) og i rene ytelsestester (Bryon R. McKay, 2009; O. Faude, 2008; Berger NJ, 2006; Hirakawa, 2009). Dette både på trente toppidrettsutøvere og utrente.

En viktig variabel for en konkurranseutøver er submaksimal utholdenhet. Dette fordi det for de fleste utholdenhetsidretter er på denne intensiteten mest arbeid utføres.

Et mål på submaksimal utholdenhet er laktatterskel. Jo høyere denne er i forhold til VO_2 maks jo bedre fysisk form er man i. En forbedring av denne verdien vil også kunne sees på en forbedring i submaksimal utholdenhet. Hos McKay og medarbeidere så man en økning av puls på laktatterskel på 13 %, målt vha av gassutvekslingsparametre. Hos Berger og

medarbeidere fant man også en økning i gassutvekslingsterskel, her på 43 % og 28 % hos henholdsvis LO og HI gruppene. Det var ingen signifikant forskjell mellom gruppene, men økningen var større i mengdetreningsgruppen. Det kan se ut som om laktatverdier påvirkes mest ved moderat trening. Også Faude og medarbeidere fant en signifikant økning i individuell laktatterskel når de testet konkurransesvømmere, men her var det ingen forskjell mellom gruppene. Disse tre studiene har undersøkt tre vidt forskjellige grupper, fra helt utrente (Berger) til konkurranseutøvere. Et viktig funn er at alle viser en forbedring av laktatterskel hos både de som trente intervaller og de som trente mengdetrening.

Et annet mål på submaksimal kapasitet er å sammenlikne ytelse med laktatverdier. Berger og medarbeidere testet dette og fant økt ytelse ved 70 og 90 % av laktatterskel, likt etter HIT og mengdetrening. Dette er et tegn på at utøveren jobber mer effektivt. Dette kan skyldes flere forandringer, men henger ofte sammen med en forbedret muskelfunksjon (Faude, 2009). Faude og medarbeidere viste lavere laktatverdier ved moderat intensitet uten å vise noen forskjell på gruppene, altså kunne man jobbe på samme intensitet, men med lavere laktatproduksjon. Dette vil gjøre at man kan jobbe over lenger tid uten å tape topp-effekt (Harries, 1998).

Fornuftig tidsbruk

HIT er en treningsform som tar vesentlig kortere tid enn mengdetrening. Mens HIT er et høyintensitets lavvolumprogram, går mengdetrening ut på trening på relativt lavere intensitet over lenger tid. En idrettsutøver er interessert i størst mulig effekt av treningen sin. Bør han da satse på HIT- eller mengdetrening? Hva er fornuftig tidsbruk?

I en studie av McKay og medarbeidere (Bryon R. McKay, 2009) der de sammenliknet effektene av HIT- og mengdetrening hos en gruppe utrente på O₂-opptak og andre variabler, trente HIT gruppen 90 % mindre enn mengdetreningsgruppen gjennom studien (80 minutter og 825 minutter). Resultatet var likevel at O₂-opptaket forbedret seg likt i de to gruppene, til tross for den store forskjellen i treningsmengde.

Disse resultatene blir bekreftet i en nylig publisert artikkel av Gibala og medarbeidere (Gibala MJ, 2008), der det vises at HIT induserer muskelforandringer som vanligvis ses etter langvarig mengdetrening, i form av økt oksidativ kapasitet og mitokondrielt proteininnhold i muskler.

Hos konkurransesvømmere er det blitt vist at aerob utholdenhet økes både ved mengdetrening og HIT (O. Faude, 2008). Dette underbygges av en annen studie som sammenliknet de to treningsformene på aktive idrettsutøvere i lacrosse (Hirakawa, 2009). Her økte den aerobe kapasiteten likt i begge grupper, men kun HIT-gruppen viste en forbedring på utholdenhet i forhold til repetitiv maksimal aktivitet. Likevel er resultatene entydige i den forstand at de begge sier at aerob kapasitet blir økt likt ved begge treningsregimer, til tross for en stor forskjell i tidsbruk.

Det har vært spekulert i at HIT er så hardt at utøvere kan bli utbrente av det. I studien med konkurransesvømmere ble deltakerne monitorert med POMS-testing for å avdekke eventuelle psykologiske forandringer (O. Faude, 2008). Her fant man en minimal reduksjon av scoren for hvor energiske deltakerne følte seg i HIT-gruppen i forhold til mengdetreningsgruppen, men den var liten og så vidt signifikant. I denne studien førte altså ikke HIT-programmet til noen vesentlig større utbrenthet enn mengdetreningsprogrammet, men det er nok et spørsmål som er veldig individ- og volumavhengig, uansett valg av treningsregime.

Et annet poeng man kan tenke seg er at den hurtige treningstilpasningen man oppnår med HIT, samtidig med den harde belastningen på hver treningsøkt, kan gjøre at utøvere står i større fare for å få skader. En sammenheng mellom treningsintensitet og skadefrekvens er vist (Walther M, 2005; McKean KA, 2006), og det er viktig at dette blir motvirket gjennom andre tiltak for de som ønsker å ta i bruk HIT. For eksempel ved at utøverne er enda mer bevisste på riktig teknikk under øvelsene og god restitusjon.

Et poeng ved mengdetrening er at man får trent det tekniske i større grad, fordi man bruker mer tid. Man kan også bruke et lite stresset miljø til å terpe på detaljer. Detaljer som fort forsvinner når stresset øker. En skiløper blir for eksempel god på ski ved å gå mye på ski. For utholdenhetsidretter er i tillegg mengdetreningen mer lik konkurransesituasjonen siden det kreves ytelse over tid. Treningen kan dermed gi erfaring som kan være verdifull i en konkurransesituasjon (for eksempel kroppens signaler på utmattelse). HIT tilbyr derimot en intensitet som likner mer på en konkurransesituasjon. Mengdetrening ser heller ikke ut til å være fordelaktig over HIT når det kun gjelder aerob kapasitet. Ved å bytte treningsregime fra mengdetrening til HIT kan for eksempel konkurransesvømmere få frigjort tid som kan brukes på andre prestasjonsbestemmende faktorer (O. Faude, 2008).

Trening og helse

Livsstilssykdommer er et globalt problem. Et usunt kosthold og en livsstil med lite aktivitet kan føre til diabetes, hjerte-kar-sykdommer og i siste instans til for tidlig død. Trening kan motvirke mye av dette, for eksempel i forhold til hjerte-kar-sykdommer (Amundsen BH, 2007). Dette har tradisjonelt vært et problem i de rike landene i vesten, men er også et økende problem i utviklingsland (Ziraba AK, 2009). Det sier seg selv at disse problemene medfører enorme kostnader. Det har blitt vist gjennom randomiserte kontrollerte studier at trening reduserer glukoseintoleranse og risiko for diabetes type 2 (Thomas D, 2006). Trening er også vist å være fordelaktig i forhold til en rekke andre sykdommer. Det er grunnen til at helsemyndighetene i Norge anbefaler minimum 30 minutter aktivitet med moderat intensitet hver dag (Nasjonalt folkehelseinstitutt).

Det er et paradoks at livsstilssykdommer dominerer så mye som det gjør når vi vet at en så enkel intervensjon som trening har en så positiv effekt. I en studie som hadde som mål å finne årsaker til dette var tidsmangel den hyppigste rapporterte årsaken til lite trening (Godin, 1994). Befolkningen har liten tid til trening. Det er derfor viktig at den tiden som faktisk brukes til trening blir så effektiv som mulig. HIT kan ha en plass her. Det gjenstår imidlertid mye forskning for å finne ut hvor mye HIT som bør anbefales og den helsemessige effekten av denne i forhold til tradisjonell trening. Det er heller ikke sikkert at HIT bør anbefales for alle grupper, for noen kan det være denne treningsformen blir for intens. Wisløff og medarbeidere har imidlertid undersøkt denne treningsformen for



Bilde 2, Endelig i mål

pasienter med hjertesvikt under gjenopptrening etter hjerteinfarkt og funnet bedre resultater for HIT enn mengdetrening (Wisløff U, 2007), så det er ikke sikkert at høy intensitet er ”farligere” enn moderat intensitet, men her gjenstår det mer forskning på langtidseffekter.



Bilde 3, Trening gir glede

Konklusjon

De fleste studier vi har lest har benyttet treningsintervensjoner av ukers varighet, så det gjenstår å se hvorvidt forandringene er like etter år med trening og hvor reversible forandringene er. Det kan for eksempel tenkes at HIT og mengdetrening gir samme resultater etter en måneds trening, men gir vesentlig forskjellig forandring etter flere år. Det kan også være at treningsformene gir forskjellige forandringer som ikke er påvist enda. Vi må således være litt forsiktig med å konkludere, men foreløpig forskning tyder på at forandringene etter HIT og mengdetrening er overraskende like.

Funnene som ble gjort i studiene vi vurderte og funn fra andre artikler tyder på at de fleste vil ha god effekt av å trene HIT i perioder, siden studiene som er utført på svært forskjellige individgrupper viser mange av de samme resultatene. Særlig idrettsutøvere som driver idrett på deltid vil kunne ha godt av å trene HIT. I perioder med mye arbeidsbelastning eller lite tid vil HIT være en treningsform som kan tilby mer tid til restitusjon. Tid som kan bli avgjørende for å klare å bygge seg opp til neste trening eller konkurranse. For idrettsutøvere som studerer ved siden av idretten vil det i eksamensperioden ofte være vanskelig å få tid til trening. Vår anbefaling er derfor at utøvere og trenere må legge opp til kortere og mer intense økter under perioder med utenomsportslig stress. Man får da friggitt mer tid til hvile samtidig som studiene viser at man ikke taper noen metabolske eller kardiorespiratoriske funksjoner ved å utøve HIT.

Spørsmål som fortsatt krever mer forskning for å avklares, er hvordan resultatene etter HIT og mengdetrening er etter lenger tid. I tillegg er det usikkert hvordan de to treningsformene påvirker utøvere på ulike nivåer, for eksempel mosjonister og eliteutøvere, og hvilken effekt disse får av treningen i forhold til idrettsgren. Det gjenstår også forskning for å finne ut om HIT kan inngå i treningsanbefalinger for befolkningen, og hvilken rolle det kan spille her. Endelig er det fortsatt usikkert hvorvidt HIT fullstendig kan erstatte mengdetreningen i treningsprogrammet til en toppidrettsutøver.

HIT er en treningsform som krever stor innsats av deltaker. Det er vondt å presse seg opp til 90 % av VO_{2maks} og å skulle gjøre dette over tid og over flere intervaller kan være ekstra ille. Studiene vi har sett på har hatt treninger i laboratorier hvor det har vært personell til stede som kan heie på deltaker og oppmuntre denne til å yte maks. I en vanlig hverdag kan det være vanskelig å få til dette. Mange trener alene og vil da kanskje ha vanskelig for å yte maks. For slike personer vil kanskje en rolig langtur være å foretrekke.

Referanser

- Amundsen BH, Wisløff U, Slørdahl SA. 2007.** Exercise training in cardiovascular diseases. *Tidsskr Nor Laegeforen.* 2007.
- Berger NJ, Tolfrey K, Williams AG, Jones AM. 2006.** Influence of Continuous and Interval Training on Oxygen Uptake On-Kinetics. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2006.
- Bryon R. McKay, Donald H. Paterson and John M. Kowalchuk. 2009.** Effect of short-term high-intensity interval training vs. continuous training on O₂ uptake kinetics, muscle deoxygenation, and exercise performance. *J Appl Physiol.* 2009.
- Burgomaster KA, Howarth KR, Phillips SM, Rakobowchuk M, Macdonald MJ, McGee SL, Gibala MJ. 2008.** Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J Physiol.* 2008.
- Daussin FN, Ponsot E, Dufour SP, Lonsdorfer-Wolf E, Doutreleau S, Geny B, Piquard F, Richard R. 2007.** Improvement of VO₂max by cardiac output and oxygen extraction adaptation during intermittent versus continuous endurance training. *Eur J Appl Physiol.* 2007.
- Davis, Matthew, Davis, Peter og Ross, David. 2005.** *Expert guide to sports medicine.* Philadelphia : American College of Physicians, 2005.
- Delp MD, Laughlin MH. 1998.** Regulation of skeletal muscle perfusion during exercise. *Acta Physiol Scand.* 1998.
- Faude, O, Kindermann, W, Meyer, T. 2009.** Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports Med.* 2009.
- Gibala MJ, McGee SL. 2008.** Metabolic Adaptations to Short-term High-Intensity Interval Training: A Little Pain for a Lot of Gain? *Exerc. Sport Sci. Rev.* 2008.
- Godin, G., R. Desharnais, P. Valois, P. Lepage, J. Jobin, and R. Bradet. 1994.** Differences in perceived barriers to exercise between high and low intenders: observations among different populations. *Am. J. Health Promot.* 1994.
- Guyton, Arthur C. and Hall, John E. 2006.** *Textbook of medical physiology.* s.l. : Elsevier, 2006.
- Harries, Mark, Williams, Clyde, Stanish, William D. og micheli, Lyle J. 1998.** *Oxford Textbook of Sports Medicine.* New York : Oxford University Press Inc., 1998.
- Hermansen, L., Wachtlova, M. 1971.** Capillary density of skeletal muscle in well-trained and untrained men. *J Appl Physiol.* 1971.
- Hirakawa, Kei Tanisho and Kazufumi. 2009.** Training Effects on Endurance Capacity in Maximal Intermittent Exercise: Comparison Between Continous and Interval Training. *J Strength Cond Res.* 2009.
- Johnson NA, Stannard SR, Thompson MW. 2004.** Muscle triglyceride and glycogen in endurance exercise: implications for preformance. *Sports Med.* 2004.
- Laughlin MH, McAllister RM. 1992.** Exercise training-induced coronary vascular adaptation. *J Appl Physiol.* 1992.
- Martinsen, Egil W. 2004.** *Kropp og sinn. Fysisk aktivitet og psykisk helse.* Bergen : Fagbokforlaget, 2004.
- McKean KA, Manson NA, Stanish WD. 2006.** Musculoskeletal injury in the masters runners. *Clin J Sport Med.* . 2006.
- Milliken, M.C., Stray-Gundersen, J., Peshock, R.M., Katz, J. ,& Mitchell, J.H. 1988.** Left ventricular mass as determined by magnetic resonance imaging in male endurance athletes. *American Journal of Cardiology.* 1988, Vol. 62.
- Nasjonalt folkehelseinstitutt.** Fakta om fysisk aktivitet, elektronisk publisering. [Internett] <http://www.fhi.no/artikler/?id=56857>.
- O. Faude, T. Meyer, J. Scharhag, F. Weins, A. Urhausen,W. Kindermann. 2008.** Volume vs. Intensity in the Training of Competitive Swimmers. *Int J Sports Med.* 2008.

- Peter Krstrup, Karin Söderlund , Magni Mohr, Jens Bangsbo. 2004.** The slow component of oxygen uptake during intense, sub-maximal exercise in man is associated with additional fibre recruitment. *European journal of physiology.* 2004, 447.
- Rawlins J, Bhan A, Sharma S. 2009.** Left ventricular hypertrophy in athletes. *Eur J Echocardiogr.* 2009.
- Thomas D, Elliott EJ, Naughton GA. 2006.** Exercise for type 2 diabetes mellitus. *Cochrane Database of Systematic Reviews.* 3, 2006.
- Walther M, Reuter I, Leonhard T, Engelhardt M. 2005.** Injuries and response to overload stress in running as a sport. *Orthopade.* 2005.
- Wilmore JH, Costill DL, Kenney WL. 2008.** *psysiology of sport and exercise.* s.l. : Human Kinetics, 2008.
- Wilmore, JH., Stanforth, PR., Gagnon, J., Rice, T., Mandel, S., Leon, AS., Rao, DC., Skinner, JS., Bouchard, C. 2001.** Cardiac output and stroke volume changes with endurance training: the HERITAGE Family Study. *Med Sci Sports Exerc.* 2001.
- Wisløff U, Ellingsen Ø, Kemi OJ. 2009.** High-intensity interval training to maximize cardiac benefits of exercise training? *Exerc Sport Sci Rev.* 2009.
- Wisløff U, Støylen A, Loennechen JP, Bruvold M, Rognmo Ø, Haram PM, Tjønnå AE, Helgerud J, Slørdahl SA, Lee SJ, Videm V, Bye A, Smith GL, Najjar SM, Ellingsen Ø, Skjaerpe T. 2007.** Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. *Circulation.* 2007.
- Ziraba AK, Fotso JC, Ochako R. 2009.** Overweight and obesity in urban Africa: A problem of the rich or the poor? *BMC Public Health.* 2009.