

HIF-RAPPORT

2005:8

Hjertefrekvens og hjertefrekvensvariabilitet under og etter fysisk aktivitet ved 70° N

Døgn og sesong variasjon.

Andi Weydahl



HJERTEFREKVENNS OG HJERTEFREKVENNSVARIABILITET UNDER OG ETTER FYSISK AKTIVITET VED 70⁰ N.

Døgn og sesong variasjon.

Førsteamanuensis Andi Weydahl
Høgskolen i Finnmark

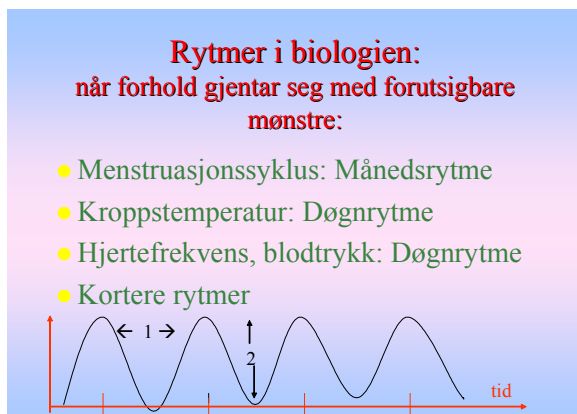
Sammendrag: Hjerterefrekvens (HF) og hjerterefrekvens variabilitet (HRV) brukes til testing av fysisk kapasitet, til fastsettelse av arbeidsintensitet, for å forhindre overtrening og for å vurdere risiko for hjertekarsykdommer. For å se om aktivitet virket på samme måte på HF og HRV dersom samme aktivitet ble gjennomført til ulike tider av døgnet og i ulike sesonger, gjennomførte friske menn det samme arbeidet til ulike tider av døgnet (6 menn) og i ulike sesonger (11 menn). Dersom en vurderer fysisk form ut i fra hjerterefrekvens under aktivitet eller på bakgrunn av hvor fort hjerterefrekvensen synker, vil en få det beste testresultatet om testen gjennomføres tidlig på ettermiddagen og i desember. Det dårligste testresultatet vil en få februar/mars.

Introduksjon

Generelt om kronobiologi

Forandringer i kjemiske sammensetning og fysiologiske størrelser i organismen gjør at dyr skifter farger med årstiden, at mennesker vanligvis sover når det er mørkt og at de som reiser på tvers av tidssonene ofte opplever at kroppen ikke fungerer som "normalt" på flere dager. Verdien for en fysiologisk variabel (for eksempel hormonkonsentrasjon, kroppstemperatur eller hjertefrekvens) er bestemt ut i fra hvilken tid på døgnet, uken, måneden eller året det dreier seg om, ikke bare aktivitetsnivå eller ytre temperatur og stress. Når forhold i biologien gjentar seg med forutsigbare mønstre og til forutsigbar tid, kaller vi det en rytme. De som studerer disse rytmene jobber innen feltet kronobiologi, (chrono = tid). Læren om kroppens rytmer kalles *Kronobiologi*.

Vi snakker om døgnrytmer (circadiane), ukesrytmer (circaseptane), månedsrytmer (circatrigintane), års- (eller sesong-) rytmer (circannual). Menstruasjonsyklus er et kjent forhold som gjen-speiler månedssyklusen for en rekke hormoner. Kroppstemperatur og blodtrykk viser klare døgnrytmer med lave verdier tidlig om morgenen og høye rundt kl 14:00. Sansene våre er skarpest om natten og alkohol virker sterkere på visse tider av døgnet. Likeledes har legemidler spesielle tider på døgnet de har sin mest effektive virkning. Gis legemiddelet i samme dose på ulike tider av døgnet har vi opplevd at forsøksdyrene med en behandlingstid ble friske og raske, men om samme behandling ble gitt på en annen tid, døde alle dyrene (1982).



Figur 1 Rytmer i Biologien: 1) akrofase 2) amplitude

For å beskrive mekanismen(e) som setter i gang og styrer rytmene snakker man om "biologiske klokker", klokke proteiner og spesielle klokkegen (Touitou and Haus 1992). Suprachiasmatic kjerner (SCN) i hypothalamus er hovedsetet for den biologiske klokken (Hofman 2004). Biologiske rytmer reguleres nøye for å tilpasses til variasjoner i lys og temperatur. Den indre mekanismen mener en blir regulert fra hver celle til hele organismen gjennom klokke gen (Badiu 2003). Rytmerne blir karakterisert ut i fra hvor lang tid det er mellom hver topp (maksimalverdi), når rytmen har sitt maksimalpunkt (akrofase), hvor store svingningene er (amplituden) og gjennomsnittverdien for rytmen (MESOR) (Lrum 1988) (Touitou and Haus 1992). Least-squares fit og population mean cosinor er navn på de matematiske beregningsmåtene der kronobiologene beregner rytmekarakteristikkene ut fra de dataene som er samlet inn sammen med angitt tidspunkt for innsamlingen. Amplitude: halvparten av forskjellen mellom høyeste og laveste verdi, Akrofase: tiden der kurven når sin høyeste verdi. Døgnrytmer: referansepunkt er midnatt, Sesongrytmer: referansepunkt er 1.januar (se dessuten ordlisten i vedlegg 1).

Hjertefrekvens og hjertefrekvensvariabilitet

Hjertets aktivitet kan undersøkes ved bruk av EKG (elektrokardiogram). Et EKG viser den elektriske aktiviteten over hjertet. Vi ser den elektriske stimuleringen som forårsaker kontraksjon av de ulike hjertekamrene, og en eventuell dårlig ledning i ulike deler av hjertevevet. Den takken som er markert med R i figur 2, sammenfaller med hjertekammerkontraksjonen, som får blodet ut i kroppen. Ved lang tid mellom hver R-takk, har vi således få hjerteslag per minutt, og derved en lav hjertefrekvens. For å registrere hjertefrekvens i forbindelse med aktivitet og trening, bruker vi ofte

en pulsklokke, f.eks fra Polar ®¹. Mange som har brukt pulsklokke, har lagt merke til at tallene som vises, skifter mye. Dette kommer av at tallene som vises, ikke bare vises hvert minutt, men det som ville blitt antall slag i hele minuttet dersom R-R avstanden (også kalt IBI =inter beat intervall, altså tiden mellom hver kontraksjon av hjertekamrene) var den samme hele minuttet. Det er den ikke. Den varierer og vi har fått begrepet hjertefrekvensvariabilitet, HRV, som er standardavviket til R-R tiden, som oftest tatt over 5 min perioder.

En nedsatt hjertefrekvensvariabilitet (HRV) er blitt knyttet til en økning i risikoen for hjertekar-



Figur 2. De ulike stadier i et elektrokardiogram (EKG) som viser den elektriske aktiviteten over hjertet, 1: P takken: polarisering av forkammeret, 2,3: QRS takken: polarisering av hjertekammeret,

problemer og andre sirkulasjonsproblemer (Baevsky et al. 1997). Det lønner seg altså å ha en høy HRV. Manglende fysisk aktivitet er en av de kjente risikofaktorene for hjerteinfarkt. De Meersman (De Meersman 1993) fant at habituell aerob aktivitet syntes å spille en rolle for å opprettholde en forhøyet HRV hos aktive menn, når de ble sammenliknet med alders og vektmatchede stillesittende kontroller. Levy et al (Levy et al. 1998) fant at aerob trening økte HRV med 19% hos unge og så mye som 68% i aldersgruppen 60-68 år. Det er viktig å skille mellom umiddelbar og langtids effekt av trening på HRV. En langtids effekt av treningen har vist en økning i HRV, mens det

under aktivitet er vist at HRV avtar (Shin et al. 1995) (Hagerman et al. 1996) (Nakamura, Yamamoto, and Muraoka 1993). Et stort fall i HRV kan muligens være en grunn til hjerte-kar problemer som dukker opp under aktivitet. Det kan derfor være nyttig å bruke HRV som en markør for å registrere risikopersoner.

Flere studier beskriver en døgnrytme i HRV. Størst RR intervall er funnet mellom klokka 04:00 og klokka 05:00, etter en normal økning om natta (Massin et al. 2000) og lave verdier om ettermiddagen (klokka 17:00) sammenliknet med morgenverdier (klokka 08:00) (Perini et al. 1998). Hos fysisk godt trente personer er det funnet at de har høyere HRV både om dagen og natta (Molgaard, Sorensen, and Bjerregaard 1991). Kristal-Boneh (Kristal-Boneh et al. 2000) fant laveste HRV verdier om vinteren, og påpeker at også høyere dødelighet fra kardiovaskulære sykdommer, er rapportert om vinteren.

Det er også funnet at trente personer hadde høyere HRV både om dagen og om natten (Molgaard, Sorensen, and Bjerregaard 1991). Under aktiviteten er det rapportert om en nedsatt HRV (Shin et al. 1995), (Hagerman et al. 1996). HRV reflekterer den parasympatiske aktiviteten, og en langsam reaksjon i HF og HRV ved forandring fra liggende til stående stilling blir brukt for å teste for mulig overtrening (Piha 1988).

Hvis det finnes forhold som påvirker HRV i en ugunstig retning og derved utsetter risikopersoner for økt fare, bør vi gjenkjenne slike situasjoner og søke etter alternativer som motvirker eller hindrer den økte risikoen. Aktivitet og tiden rett etter aktiviteten, perioden for restitusjon, samt tid på døgn og årstid, er blitt nevnt som aktuelle påvirkningssituasjoner.

¹ Informasjon om pulsklokker og andre Polar produkter: www.polar.fi

Det er kjent at hjertefrekvens (HF) under aktivitet øker lineært med arbeidsbelastningen og at trenete personer har lavere HF ved samme absolutte arbeidsbelastning sammenliknet med utrente (Wilmore & Costill, 1999). Denne kunnskapen brukes som en indirekte testmetode for maksimalt oksygenopptak (VO_{2max} = aerob kapasitet). For å vurdere fysisk form, benyttes også hvor raskt HF synker etter arbeidet. De som er godt trent, har en HF som synker raskere sammenliknet med personer i dårligere fysisk form.

Ueta et al (Ueta et al. 2002) har resultater som antyder at HF reagerer kraftigere på aktivitet om morgenen enn aktivitet på dagen. Martin et al (Martin, Doggart, and Whyte 2001) fant imidlertid ingen signifikant døgn effekt av løping, hverken på HF eller andre fysiologiske variabler. Det gjorde heller ikke Mossay et al (Moussay et al. 2002), som rapporterte at under submaksimale betingelser viste ikke tid på dagen å ha noen signifikant virkning på HF.

I tiden etter aktiviteten, restitusjonen, er det funnet at HF gradvis avtar, uten å nå før-aktivitets verdien i løpet av de første 30 minuttene etter at aktiviteten avsluttet (Javorka et al. 2002).

Som det går fram av oversikten foran, benyttes hjertefrekvens og hjertefrekvensvariabilitet i ulike sammenhenger, som fastsettelse av arbeidsintensitet, fysisk form og undersøkelse av risiko for hjerte- kar sykdommer. Siden det for flere fysiologiske variabler er funnet døgn og sesongrytmer har jeg derfor valgt å ta for meg følgende *problemstilling*:

Er HF og HRV reaksjonene på 30 minutter aktivitet påvirket av når tid på døgnet og når tid på året aktiviteten blir gjennomført?

Jeg vil se på:

1. Under aktivitet:
 - a. Gjennomsnittelig HF i "steady-state-perioden" (15-20 min inn i aktivitetsperioden)
 - b. HRV (standard avviket til HF) i samme "steady-state-periode".
2. Etter aktiviteten = Restitusjonsperioden:
 - a. HRV (standard avviket til HF) forløpet 5-30 min etter aktiviteten slutter.
 - b. HRV (standard avviket til HF) 20-25 min etter at aktiviteten slutter.
 - c. Gjennomsnittelig HF 20-25 min etter at aktiviteten slutter.
 - d. HF 20-25 min etter at aktiviteten er avsluttet sammenliknet med HF 20-25 min før aktiviteten.

Metode

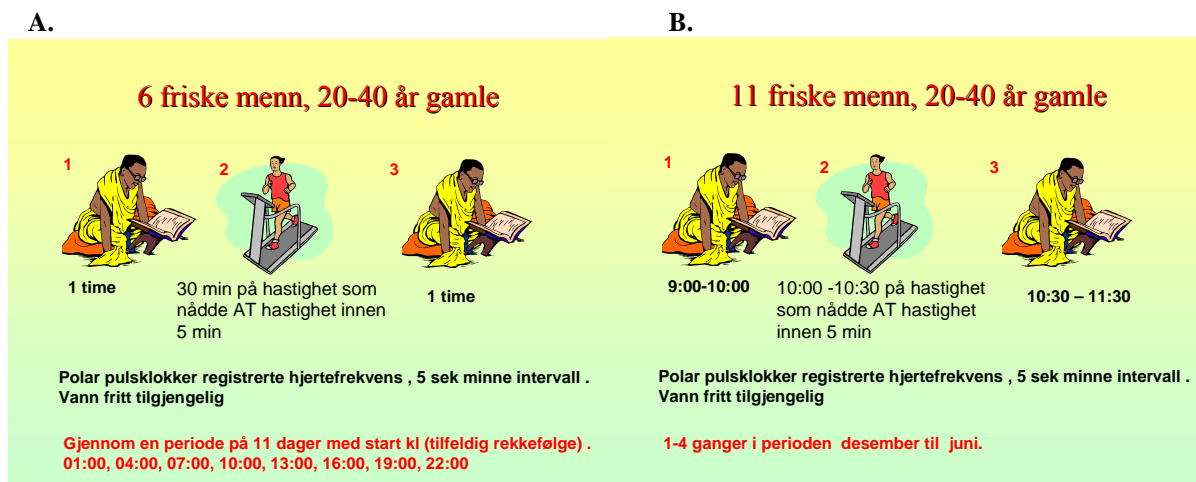
Det ble gjennomført 2 studier, en studie der vi så på HF og HRV etter aktivitet på ulike tider av døgnet (døgnstudiet) og en studie der vi så på HF og HRV etter aktivitet til ulike tider av året (sesongstudiet). Samme prosedyre og databearbeiding ble benyttet i begge studiene. Alle som deltok i studien deltok frivillig og hadde på forhånd blitt informert om opplegg og prosedyrer. De undertegnet deltakerbekreftelse der det gikk fram at de kunne avslutte deltakelsen når de selv ønsket.

Fastsettelse av fysisk form og belastning

Maksimalt oksygenopptak (VO_{2max}) ble testet direkte ved Sensormedics Vmax 29 og protokollen for testing som benyttes ved Testsentret Høgskolen i Finnmark (Thomassen & Weydahl, 1999). Personenes anaerobe terskel (AT) ble fastsatt ved å måle melkesyrekonsentrasjonen ved økende belastninger. AT ble definert som den intensitet der melkesyrekonsentrasjonen er 1,5 mmol over gjennomsnittet av de to lavest målte (Thomassen & Weydahl, 1999). For to av forsøkspersonene (E og S) var ikke melkesyreanalyseutstyr tilgjengelig. Det ble derfor benyttet ventilatorisk anaerobisk terskel. Denne ble satt manuelt ut fra resultatene under VO_{2max} målingene med Sensormedics Vmax, ved å se på den intensitet der det fortsatt er en økning i O_2 mens CO_2 innholdet i ekspirasjonsluften flater ut (Wilmore and Costill 1999)(Vedlegg 2). Testingen foregikk på Woodway® tredemølle for alle utøvere bortsett fra utøver E, som ble testet på en Runrace® mølle. Alle testene foregikk mellom kl 09:00 og 13:00.

Ekspérimentell prosedyre

Etter en times hvile, løp forsøkspersonene 30 minutter på en Run Race mølle® eller en Woodway® tredemølle, samme mølle hver gang. Belastningen (hastighet og stigning) var satt slik at den skulle tilsvare belastningen ved anaerob terskel. Under aktiviteten kunne utøveren drikke så mye vann han ønsket, og se på film. Etter aktiviteten på 30 minutter, fikk de lov til å tøye litt, men ble pålagt å følge samme opplegg på hver aktivitetsdag. Hjerterefrekvens gjennom hele hvile-løp-hvile perioden, ble registrert med Polar accurex® pulsklokker, med minnefunksjon satt til 5 sek. Fra aktivitets slutt og i en time (eller så lenge minnekapasiteten holdt) ble tiden mellom hvert hjerteslag (RR-tiden, IBI-intervall) registrert ved bruk av Minilogger fra MiniMitter® eller Polar Vantage fra Polar®. For to utøvere (E og S) ble Minilogger® benyttet for registrering gjennom hele perioden. I timen før aktiviteten, satt personene stille på laben og leste. En av forsøkspersonene (E) satt på kontoret og gikk langsomt til laben etter 55 minutter, tok av treningsoverall og begynte løping.



Figur 3. Oversikt over opplegget for (A) døgnstudiet og (B) sesongstudiet

Døgnstudiet (se Figur 3A)

6 friske menn 23-36 år gamle deltok. Hvile-løp-hvile opplegget ble gjennomført på 8 ulike tider av døgnet over en 11 eller 12 dagers periode mellom 6.mars og 8.mai klokka: 01:00, 04:00, 07:00, 10:00, 13:00, 16:00, 19:00 og 22:00 (se resultatdelen for tidstabell).

Sesongstudiet (se Figur 3B og 4)

11 friske menn 20-40 år gamle deltok. Hvile-løp-hvile opplegget ble gjennomført kl 10:00 i ulike årstider: 5.desember-15.februar ~ 24 t mørke (n=11), 26.februar-6.april: overgang mørke til lys (n=10), 8.april-8.juni: ~ 24 t lys (n=11).



Figur 4: Inndeling i perioder for sesong studiet avhengig av lysforhold.

Databearbeiding

Tiden mellom hvert hjerteslag (RR-tiden) ble ført over fra Polar Vantage pulsklokker og Minilogger til PC-er, via egne overføringskabler og egne dataprogram (Polar Precision Performance og MiniLogger 2000W). Data fra MiniLogger ble først tatt inn og fremstilt grafisk ved bruk av SPSS 7.5. Det ble oppdaget masse støy i data, sannsynligvis fra dårlig kontakt mellom belte og kropp, eller på grunn av støy fra gnissende bekledning eller tredemølla. For å bli kvitt opplagt gale data, gikk vi gjennom datasettet etter å ha innsisert scatterplott for hvert datasett. De opplagt gale data (outliers) ble fjernet. Svært ofte var en svært høy verdi etterfulgt av en svært lav verdi, hvor gjennomsnittet av disse verdiene var lik nabovertidene. Data ble videre hentet inn i dataprogrammet Excel og bearbeidet der.

- Trenden for HF minsking fra 5-60 minutter i restitusjonsperioden ble beregnet for hver dag og trukket fra RR-tiden. Det gav oss restverdier (residualer) for hver RR-tid verdi.
- Standard avviket (SD) for RR-tid residualene for hvert 5min intervall ble beregnet. Dette er HRV verdien som benyttes i de videre analysene. (5 min SD=HRV).
- Det ble beregnet gjennomsnittverdier for HRV i de ulike situasjoner og hver verdi ble deretter uttrykt i % av gjennomsnittet.
- Individuelle og grupperte HRV-verdier (ved å bruke data som % av gjennomsnittet) ble undersøkt for rytmsitet ved least-squares fit og populasjons mean cosinor.
- Det ble beregnet amplitude og akrofase.

En rytme ble sett på som statistisk signifikant dersom p-verdien var ≤ 0.05 for henholdsvis 24 (12) timers komponenten (døgnstudiet) og 1 års (6 mnds) komponenten (sesongstudiet).

Ved bruk av Polar Precision Performance Software ble data fra Polar klokkene ført over til PC og følgende verdier beregnet:

- Gjennomsnittelig HF og standard avviket (HRV) for hver 5 min periode i timen før aktiviteten (pre aktiv)
- Gjennomsnittelig HF og standard avviket (HRV) for hver 5 min periode i aktiviteten
- Gjennomsnittelig HF og standard avviket (HRV) for hver 5 min periode etter aktiviteten (post aktiv)

Det ble videre beregnet en verdi for avstand fra full restitusjon 20-25 min etter aktiviteten. Verdien angir hvor langt hjertefrekvensen er fra den verdien som var i hvile perioden 20-25 min før aktiviteten, uttrykt i prosent, ”prosent restitusjonsavstand” (recovery shortage, %RS) :

$$\% \text{ RS} = (((\text{post-aktiv HF} / \text{pre-aktiv HF}) \times 100) - 100) \%$$

Post-aktiv HF: HF 20-25 min etter aktiviteten

Pre-aktiv HF: HF 20-25 min før aktiviteten

Dersom hjertefrekvensen 20-25 min etter aktiviteten har nådd tilbake til verdien som var i hvileperioden før aktiviteten, vil vi få en % RS på 0%. Dess høyre % RS verdi, dess lengre er HF 20-25min etter aktiviteten fra den verdien som var før aktiviteten, og motsatt: dess lavere % RS verdi dess nærmere er HF 20-25min etter aktiviteten den verdien som var før aktiviteten. Fallet i HF etter aktiviteten er større dess mindre % RS er. Liten verdi for % RS skal etter teorien vise god fysisk form.

For personer som deltok 3 eller flere ganger ($n = 28$ data sett) ble det for hver originale verdi beregnet en normalisert verdi som var % av hvert individs gjennomsnitt. Originale verdier ($n = 32$ data sett) og normaliserte verdier (% av individuelt gjennomsnitt) ble testet for tid på året effekt ved ANOVA (variensanalyse), og 1år og 0,5 års rytmer med bruk av single cosinor. Det ble i tillegg kjørt en multippel regresjonsanalyse der % RS var den avhengige variable og belastningen under aktiviteten, $VO_{2\max}$, og geomagnetisk aktivitet var de uavhengige variablene.

Resultat

Utøvere og arbeidsbelastning

Tabell 1 viser utøvernes alder, maksimale oksygenopptak, anaerobe terskel, uttrykt som hjertefrekvens på testdagen og i % av $VO_{2\max}$, samt periode for innsamling av data. To utøvere, B og H deltok i begge studiene. Utøvere H gjennomførte 2 tester for fastsettelse av arbeidsbelastning. Utøver B, var syk den dagen testen før sesongstudiet skulle gjennomføres. Ut i fra eget utsagn, hadde han ikke trent noe spesielt og han følte at formen var den samme som første gang. Det ble derfor valgt å bruke samme arbeidsbelastning som ved døgnstudiet.

Arbeidsbelastningen var tenkt å ligge tilnærmet på anaerob terskel. For hver utøver ble det derfor satt opp en løpsprofil med hastighet og stigning som skulle gjennomføres hver gang. Enkelte av

utøverne klarte ikke å gjennomføre den planlagte belastningen den første gangen. Belastningene måtte derfor endres gjennom denne første arbeidsperioden. Belastningen ble notert ned etter hvert som den ble endret, og ble den arbeidsbelastningen som ble gjennomført på de neste arbeidsperiodene. Belastningene er vist i Tabell 2. Utøverne brukte samme tredemølle (Woodway eller Runrace) på alle data innsamlingene.

Tabell 1. Sammendrag av utøvernes alder, maksimale oksygenopptak og anaerobe terskel, uttrykt som hjertefrekvens på testdagen, samt innsamlingsperiode for den enkelte utøver

Utøver	Alder (år)	VO ₂ max (ml/min x kg)	AT		Data innsamling
			HF slag/min	%VO ₂ max %	
B	35	48	172	85	12.mars -23.mars 2001
B	36	”	”	”	22.jan- 4.juni 2002
E	30	62	176	88	24.mars-3.april 1998
F	23	55	177	84	6.mars-15.mars 2000
H	29	61	165	85	13.mars-23.mars 2001
H	30	67	170	79	6.des 01-8.mai 2002
J	40	50	174	80	29.nov 01-28.mai 2002
K	20	66	170	80	3.des 01-8.mai 2002
O	21	70	197	79	29.nov 01-16.sept 2002
P	21	56	184	80	29.nov 01-12.apr 2002
R	20	72	172	79	11.des 01-7.juni 2002
S	24	71	168	78	28.april-8.mai 1999
T	27	66	182	87	6. mars.-15.mars 2000

Tabell 2. Oversikt over den enkelte utøvers løpsprofil under arbeidsperioden. R= Runrace W=Woodway mølle I møllepanelet på Runracemølla er lagt inn antatt belastning for luftmotstand. Når mølla viser 0% stigning er det i virkeligheten 2% stigning. Den stigningsverdien som gis på Runracepanelet viser altså 2% mindre enn tilsvarende stigning på Woodway. I verdiene som gis under er differensen lagt til slik at det er sammenliknbare stigningsverdier for Woodway- og Runracemølla.

Sesongstudiet,

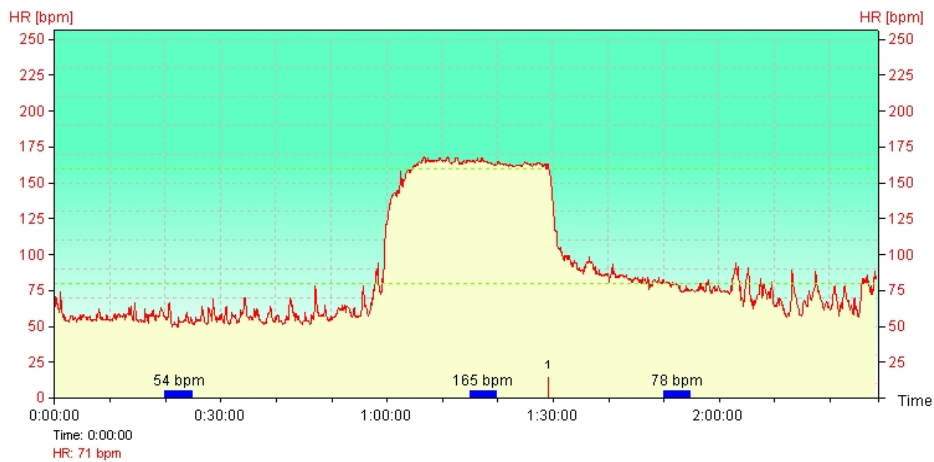
Utøver	Min inn i aktiviteten	Hastighet km/t	Stigning
B	0-1.	9	0 %
W	1-2.	10	0 %
	2.-25:30	11	0 %
	25:30-27:30	stopp-7	0 %
	27:30-30:00	11	0 %
H	0-1.	9	2 %
R	1-2.	10	2 %
	2.-4.	11	2 %
	4.-5.	12	2 %
	5.-6.	13	2 %
	6-30.	13,5	2 %
J	0-1.	9	2 %
R	1-2.	10	2 %
	2.-10.	11	2 %
	10.-11.	stopp	
	11.-15.	10	2 %
	15.-21.	9,4	2 %
	21.-25.	8	2 %
	25	stopp	
	25.-30.	8	2 %
K	0-1.	9	2 %
R	1-2.	10	2 %
	2.-3.	11	2 %
	3.-4.	12	2 %
	4.-5.	11	2 %
	5.-6.	13	2 %
	6.-30.	11	2 %
O	0-1.	9	0 %
W	1-2.	10	0 %
	2.-3.	11	0 %
	3-4.	12	0 %
	4-5.	13	0 %
	5.-30.	13,5	0 %
P	0-1.	9	0 %
W	1-2.	10	0 %
	2.-3.	11	0 %
	3-30.	12	0 %
R	0-1.	9	2 %
R	1-2.	10	2 %
	2.-3.	11	2 %
	3-5.	12	2 %
	5.-30.	13	2 %

Døgnstudiet

Utøver	Min inn i aktiviteten	Hastighet km/t	stigning
H*	0-0:30	9	2 %
R	0:30-1.	10	2 %
	1.-2.	11	2 %
	2.-3.	12	2 %
	3.-4.	13	2 %
	4.-30.	14	2 %
B	0-1.	9	0 %
W	1.-2.	10	0 %
	2.-3.	11	
	3-25:30	11	0 %
	25:30-27:30	0-7	0 %
	27:30-30.	11	0 %
T	0-0:30	9	0 %
R	0:30-1.	10	0 %
	1.-2.	11	0 %
	2.-3.	12	0 %
	3.-4.	13	0 %
	4.-5.	14	0 %
	5.-30.	15	0 %
S	0-1.	8	4 %
R	1.-2.	10	4 %
	2.-3.	11	4 %
	3.-4.	13	4 %
	4.-30.	14	4 %
E	0-1.	8	7 %
R	1.-2.	9	7 %
	2.-3.	10	7 %
	3.-10.	11	7 %
	10-30.	11	2 %
F	0-1.	9	2 %
R	1.-2.	10	2 %
	2.-3.	11	2 %
	3.-5.	12	2 %
	5.-6.	4	2 %
	6.-13.	12	2 %
	13.-22.	11	2 %
	22.-23.	4	2 %
	23.-30.	11	2 %

*: Ved 07. testen, hadde tredemølla store problemer og måtte restartes flere ganger. Utøver brukte en ergometersykel mens tredemølla ble startet på nytt.

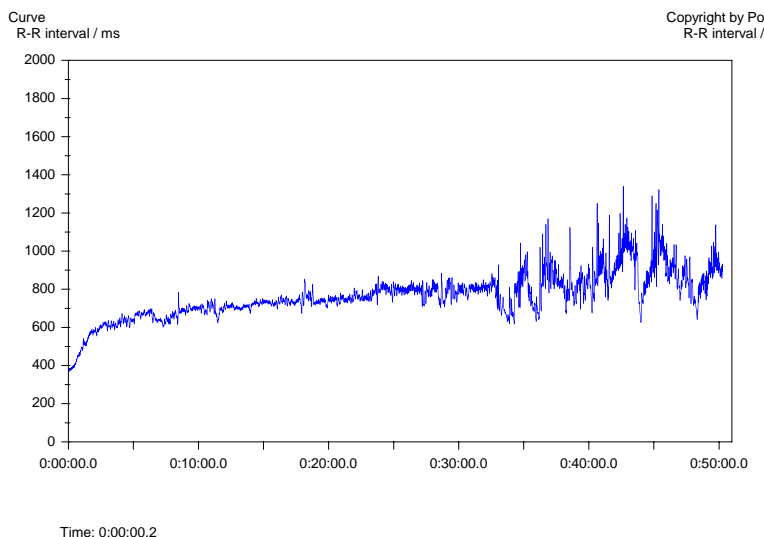
Figur 5 viser en av utskriftene fra en Polar accurex klokke, som utøveren hadde på seg gjennom hele hvile-løp-hvile perioden. På tidsaksen er det markert hvilke 5 minutters perioder som ble tatt ut for å beregne HF og HRV (rest20-25, a15-20 og rec20-25). Det samme mønsteret var i alle utskriften, en tydelig hvileperiode, en rask økning i HF med en gang aktiviteten starter, utflating når løpshastigheten er konstant, et stort rask fall rett etter aktiviteten sluttet det første minuttet og deretter en langsom avtagende HF.



Person	Forsøksperson	Date	14.03.2001	Heart rate avera	99 bpm	Limits 1	80 - 160
Exercise	HPALT16	Time	16:00:00	Heart rate max	167 bpm	Limits 2	80 - 160
Snart	1 an	Duration	2:28:30.3				

Figur 5: Typisk hjertefrekvens kurve, en time hvile, 30 min løp og en time hvile. 5min perioder brukt for analyser er markert i tidsaksen. Markering 1 på x-aksen er markering for stopp aktivitet og start av vantage klokken.

I Figur 6 vises en typisk utskrift fra en Polar Vantage klokke som er satt til å registrere RR-tiden i perioden aktiviteten slutter og så lenge minne holdt.



Person	forsøksperson	Date	14.03.2001	Average		Recovery
Exercise		Time	17:29:14.0	Duration of exercise:	0:50:17.8	

Figur 6: Typisk RR kurve fra Polar Precision performance software og Vantage klokke for perioden etter aktivitet. Kurven er fra samme utøver og dag som fig 5.

Vi ser i figur 5 at HF avtar gradvis etter at aktiviteten stopper, og fra figur 6 at RR-tiden blir stadig høyere dess lenger tid det er gått fra løpingen sluttet. Vi ser også at det er større svingninger i verdiene etter hvert som tiden går. Disse svingningene er en visualisering av HRV. Det betyr at HRV er lav rett etter at aktiviteten slutter og øker gjennom restitusjonen.

I tabell 3 er lagt inn dato og klokkeslett for den enkelte utøvers arbeidsperiode. Det går her fram at rekkefølge som ble valgt for starttidspunkt, var helt tilfeldig. Det var et mål å ikke få mindre enn 12 timer mellom hver arbeidsperiode, og at deltakelse i prosjektet i minst mulig grad skulle virke inn på deltakernes vanlige aktiviteter. Arbeidsintensiteten var, som før nevnt, tenkt å skulle være på anaerob terskel. I tabell 3 vises den gjennomsnittelige hjerterefrekvensen den enkelte utøver hadde i perioden 15-20min inn i aktivitetsperioden. En ser også hvor stor arbeidsbelastningen virkelig ble i forhold til utøvernes fastsatte AT. En ser at det var forholdsvis hard belastning, over 80 % av den ønskede AT hjerterefrekvensen i de ulike arbeidsperiodene. Belastningen varierer fra dag til dag, selv om innstillingen på tredemøllen er den samme ved hver arbeidsperiode. I vedlegg 3 og 4, er alle HF og HRV resultat for hver 5-min periode for hvileperioden før aktiviteten, perioden 15-20 min inn i løpsperioden og i restitusjonsfasen gitt.

Tabell 3: Innsamlingstidsrom og virkelig belastning i de ulike situasjoner for hver enkelt utøver 15-20 min inn i arbeidsperioden av den 30 minutters arbeidsperioden. HF 15-20: gjennomsnittelig HF, HF AT: Oppnådd HF i % av HF funnet ved AT på testdagen. *: Data mangler.

Utøver	kl	Dato	HF 15-20	% HF AT
B	10:00	12.03.01	176	102
B	04:00	13.03.01	164	95
B	16:00	14.03.01	166	97
B	07:00	15.03.01	163	95
B	01:00	16.03.01	164	95
B	22:00	19.03.01	160	93
B	19:00	21.03.01	160	93
B	13:00	02.05.01	160	93
B	10:00	22.01.02	*	
B	10:00	26.02.02	167	97
B	10:00	05.04.02	178	103
B	10:00	06.06.02	181	105
E	13:00	24.03.98	155	88
E	07:00	25.03.98	156	89
E	01:00	26.03.98	162	92
E	04:00	30.03.98	157	89
E	22:00	31.03.98	155	88
E	16:00	01.04.98	159	90
E	19:00	02.04.98	156	89
E	10:00	03.04.98	168	95
F	13:00	06.03.00	177	100
F	04:00	07.03.00	162	92
F	16:00	08.03.00	167	94
F	22:00	09.03.00	168	95
F	10:00	10.03.00	165	93
F	19:00	12.03.00	168	95
F	01:00	14.03.00	162	92
F	07:00	15.03.00	154	87
H	16:00	14.03.01	164	99
H	07:00	15.03.01	154	93
H	01:00	16.03.01	161	98
H	22:00	19.03.01	155	94
H	13:00	20.03.01	153	93
H	19:00	21.03.01	161	98
H	10:00	22.03.01	155	94
H	04:00	23.03.01	151	92
H	10:00	06.12.01	152	89
H	10:00	07.02.02	158	93
H	10:00	06.03.02	154	91
H	10:00	08.05.02	163	96
J	10:00	11.12.01	167	96
J	10:00	14.02.02	179	103
J	10:00	09.04.02	*	
J	10:00	28.05.02	175	101
K	10:00	12.12.01	158	93
K	10:00	08.02.02	154	91
K	10:00	08.05.02	142	84
O	10:00	07.02.02	181	92
O	10:00	08.03.02	174	88
O	10:00	05.04.02	181	92
O	10:00	28.05.02	186	94
P	10:00	11.12.01	176	96
P	10:00	14.02.02	176	96
P	10:00	12.04.02	175	96
R	10:00	12.12.01	170	99
R	10:00	26.02.02	172	100
R	10:00	11.04.02	171	99
R	10:00	07.06.02	167	97
S	13:00	28.04.99	163	97
S	07:00	29.04.99	165	98
S	01:00	30.04.99	142	85
S	04:00	04.05.99	145	86
S	22:00	05.05.99	139	83
S	16:00	06.05.99	149	89
S	19:00	07.05.99	147	88
S	10:00	08.05.99	141	84
T	13:00	06.03.00	174	96
T	04:00	07.03.00	170	93
T	16:00	08.03.00	178	98
T	22:00	09.03.00	*	
T	10:00	10.03.00	173	95
T	19:00	12.03.00	171	94
T	01:00	14.03.00	170	93
T	07:00	15.03.00	170	93

Døgnstudiet

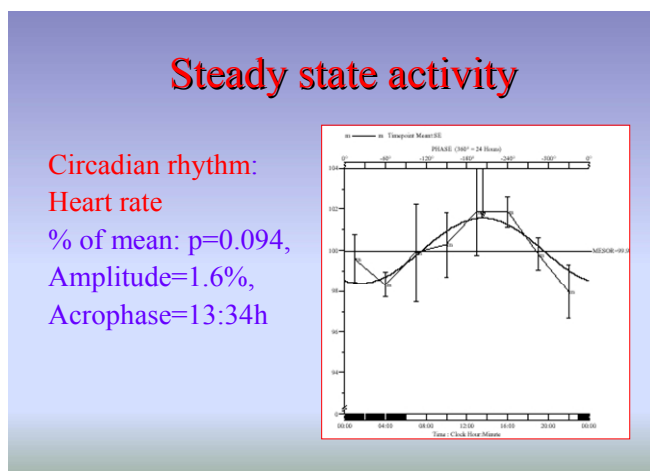
1. Under aktivitet

I tabell 4 og figur 7 og 8 vises resultat fra de kronobiologiske studiene for HF og HRV i "steady-state-perioden" (15-20 min inn i aktivitetsperioden).

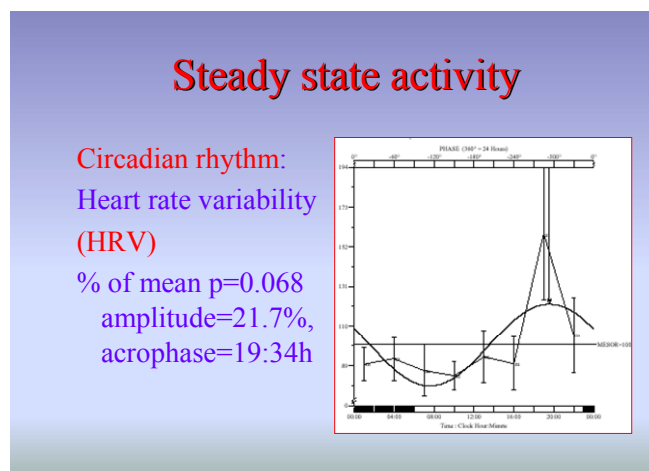
Tabell 4. Sammendrag av resultat fra de kronobiologiske analysene under steady state perioden, 15-20 min inn i aktiviteten, for døgnstudiet, singel cosinor.

Variabel	p	Mesor	Amplitude	Akrofase
HF i original data	0,329	160,5 slag/min	2,8 slag/min	N.S 13:07 h
HF % av snitt	0,094	100 %	1,6 %	N.S 13:34 h
HRV original data	0,193	20,88 msek	4,9 msek	N.S 19:28 h
HRV % av snitt	0,068	100 %	21,7%	N.S 19:34 h

Vi ser at analysene ikke gir noen signifikante rytmer, men en mulig antydning. Analysene gir en p-verdi på 0.094 for en døgnrytme (24 timers rytme) dersom HF uttrykkes i % av gjennomsnittlig verdi. Den høyeste verdien, akrofasen, ble funnet kl 13:34. Analysen for døgnrytme for HRV under steady-state-aktivitet dersom HRV uttrykkes som % av gjennomsnittet gav en $p=0,068$. Den største verdien (akrofasen) finnes kl 19:34, og den laveste verdien 12 timer tidligere, om morgenen, klokka 07:34.



Figur 7: Resultat fra Singel Cosinor analyse for døgnrytme for hjertefrekvens, HF, i steady-state" perioden (15-20 min inn i aktivitetsperioden).



Figur 8: Resultat fra Singel Cosinor analyse for døgnrytme for HRV i steady-state" perioden (15-20 min inn i aktivitetsperioden).

2. Etter aktiviteten = Restitusjonsperioden

I tabell 5, 6 og 7 vises resultat fra de kronobiologiske analysene for døgnstudiet, for det som skjer etter at aktiviteten er avsluttet, de 30 minutter som kalles for restitusjonsperioden. I tabell 5 a ser vi resultatene fra analysene med 24 t komponent for ulike variabler. Vi finner ingen signifikante døgnrytmer. Det er også vist resultater for 12t og 24 t komponent for den geomagnetisk flux, lokal K. I tabell 5 b vises resultater fra analyser for 12t komponenten.

Tabell 5a. Sammendrag av døgnrytme (circadiane) parametre under restitusjon fra 30 minutters aktivitet, 24 timers komponent

Variabel	p	Mesor	Amplitude	Akrofase
HRV 20-25min, original	0,344	33,53	3,70	N.S
HRV 20-25min, % snitt	0,281	100	11,50	N.S
HF 20-25min, original	0,903	85,12	0,80	N.S
HF 20-25min, %snitt	0,551	100	1,39	N.S
% restitusjonsavstand, orig	0,347	29,22	3,95	N.S
% restitusjonsavstand, %snitt	0,203	100	16,37	N.S
Lokal K original	0,358	2,36	0,55	N.S
Lokal K % snitt	0,332	100	23,35	N.S

Tabell 5b. Sammendrag av døgnrytme (circadiane) parametre under restitusjon fra 30 minutters aktivitet, 12 timers komponent

Variabel	p	Mesor	Amplitude	Akrofase
HRV 20-25min, original	0,675		2,29	N.S
HRV 20-25min, % snitt	0,620	100	7,16	N.S
HF 20-25min, original	0,594		1,81	N.S
HF 20-25min, %snitt	0,248	100	2,09	N.S
% restitusjonsavstand, orig	0,057		6,27	06:13 – 18:13
% restitusjonsavstand, %snitt	0,042	100	21,91	06:30 - 18:30
Lokal K original	0,012		1,10	04:29 - 16:29
Lokal K % snitt	0,006	100	48,00	04:41 – 16:42

a. HRV forløpet 5-30 min etter aktiviteten slutter

I tabell 6 og 7 ser vi hvordan rytmeparametrene for HRV endres gjennom restitusjonsperioden. Gjennom restitusjonsperioden som helhet, finner vi en signifikant døgnrytme, men ikke når vi tar 5 minutters intervall for originaldata.

Tabell 6. Sammendrag av døgnrytme (circadiane) parametre for HRV under restitusjon fra 30 minutters aktivitet, original verdier.

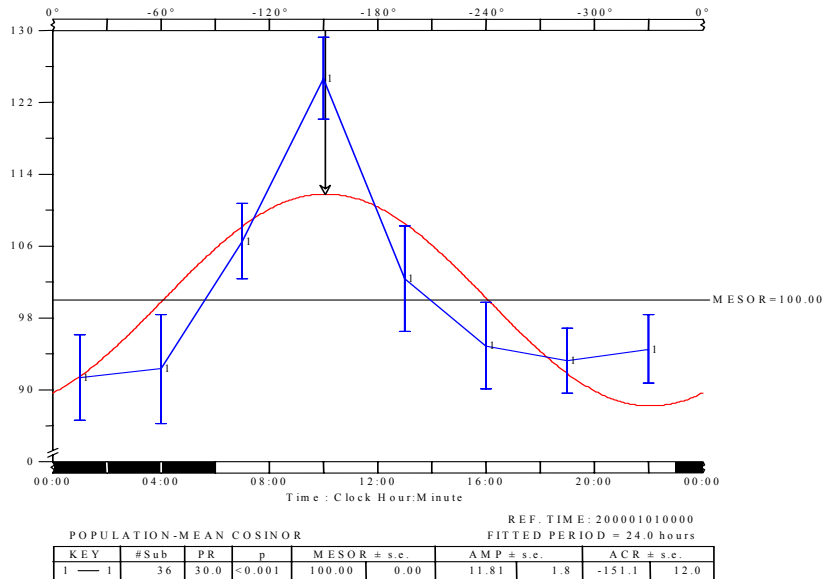
Tid med restitusjon	p	Mesor	Amplitude	Akrofase
5 min	0,262	33,70	6,80	N.S
10 min	0,154	34,37	6,12	N.S
30 min	0,195	59,34	10,80	N.S
5-15 min	<0.001	35,87	5,04	08:09
20-30min	0,024	51,71	6,55	11:50

Bruker vi data uttrykt som prosent av gjennomsnittet, finner vi signifikante rytmer for hver enkelt 5 minutters periode. Akrofase viser seg å være om morgen/formiddag. HRV under restitusjon fra 30 minutters fysisk aktivitet er altså størst om morgen/formiddagen.

Tabell 7. Sammendrag av døgnrytme (circadiane) parametre for HRV under restitusjon fra 30 minutters aktivitet, % av gjennomsnitt.

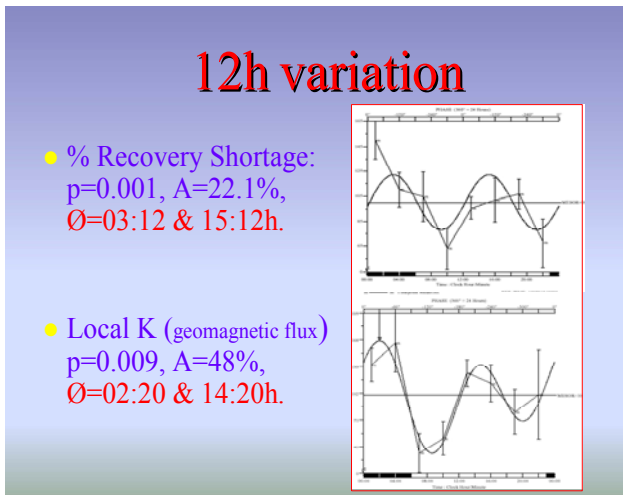
Tid med restitusjon	p	Mesor	Amplitude	Akrofase
5 min	0,017	100	18%	07:03h
10 min	0,015	100	6%	09:29h
30 min	0,043	100	17%	12:38h
5-15 min	<0.001	100	14%	08:35h
20-30min	0,011	100	12%	11:49h

I figur 9 ser vi 24 timers komponenten for HRV, der data fra alle periodene fra 5-30 min etter aktiviteten inngår, vi får altså 36 data som inngår i analysene. Dette gir oss en signifikant 24 timers rytme, $p > 0.001$, for HRV etter aktivitet, med akrofasen, tiden for den høyeste verdien, på formiddagen.



Figur 9 HRV under 5-30 minutters restitusjon fra aktivitet hos 6 friske menn (% av snitt) .

b. Hvor langt HF er fra HF før aktiviteten



Figur 10: Resultat fra 12 timers komponent ved populasjon mean Cosinor analyse for restitusjonsavstand og geomagnetisk flux.

I tabell 5 ser vi at det ikke er noen signifikant 24 timers rytme for hvor langt HF etter aktiviteten er fra den verdien hjertefrekvensen hadde før aktiviteten, prosent restitusjonsavstand, % RS. I cosinor analysene kjøres det automatisk ulike komponenter, slik at vi også får analysert data for en eventuell 12 timers rytme. Resultatene fra analysene for en 12 timers komponent med singel cosinor analyse er vist i figur 5b. Vi ser at % RS viser en signifikant 12 timers rytme og at % RS og Lokal K (geomagnetisk flux) har omtrent samme akrofase (henholdsvis 6:30 og 4:41). I figur 10 vises resultater fra populasjons mean cosinor analyse, der vi ser at det er en 12 timers rytme i % RS ($p=0.01$). Den største % RS verdi finnes kl 03:12 og 15:12. Det betyr at til disse klokkeslettene er

hjerterefrekvensen etter 30 minutter lengst fra den verdien som var i hvileperioden før aktiviteten startet. Figur 10 viser samtidig rytmen for den lokale K (den geomagnetiske flux), som også har en 12 timers rytme komponent. Vi ser at akrofasen for % RS, er litt etter akrofasen for den geomagnetiske fluxen.

Sesongstudiet

Kronobiologiske analyser

1. Under aktivitet

I tabell 8 og 9 vises resultat fra de kronobiologiske studiene for HF og HRV i "steady-state-perioden" (15-20 min inn i aktivitetsperioden).

Tabell 8. Sammendrag av resultat fra de kronobiologiske analysene under steady state prioden, 15-20 min inn i aktiviteten, for sesongstudiet, original data, 11 utøvere .

Variabel	p	Mesor	Amplitude	Akrofase
<i>12mnds komponent</i>				
HF	0,094	154,4 slag/min	17,38 slag/min	N.S ca 15.des
HRV	0,204	36,3 msek	15,84 msek	N.S
<i>6 mnds komponent</i>				
HF	0,181	156,8 slag/min	15,27 slag/min	N.S
HRV	0,409	32,8 msek	11,47 msek	N.S

Vi ser at analysene ikke gir noen signifikante rytmer, verken for en 12 eller 6 måneds komponent. Det er en mulig antydning til en 12 måneds rytme for hjerterefrekvensen når det benyttes originaldata, $p = 0,094$. Den høyeste verdien, akrofasen, vil da være 15.desember. Når data uttrykkes i % av gjennomsnittet (normaliserte data), er det ingen antydning til signifikante rytmer (Tabell 9).

Tabell 9. Sammendrag av resultat fra de kronobiologiske analysene under steady state prioden, 15-20 min inn i aktiviteten, for sesongstudiet, data som % av gjennomsnitt, 7 utøvere .

Variabel	p	Mesor	Amplitude	Akrofase
<i>12mnds komponent</i>				
HF	0,982	100 %	0,21 %	N.S
HRV	0,826	100 %	6,73 %	N.S
<i>6 mnds komponent</i>				
HF	0,810	100 %	0,63 %	N.S
HRV	0,310	103 %	18,97 %	N.S

2. Etter aktiviteten = Restitusjonsperioden

Tabell 10 viser årsrytme for HRV, HF og % RS for originaldata og normaliserte data. Vi ser at det kun er normaliserte data for % RS som viser en signifikant årsrytme. Tabell 11 viser resultater fra 6 måneds komponenten. Vi finner at HRV i tillegg til % RS viser en 6mnds rytme når vi bruker normaliserte data.

Tabell 10. Sammendrag av sesongrytme (circannual) parametre under restitusjon fra 30 minutters aktivitet, 12mnds komponent. Original data: 11 utøvere. % av snitt: 7 utøvere. Mesor er ikke 100%, siden det var ulik sampling gjennom året.

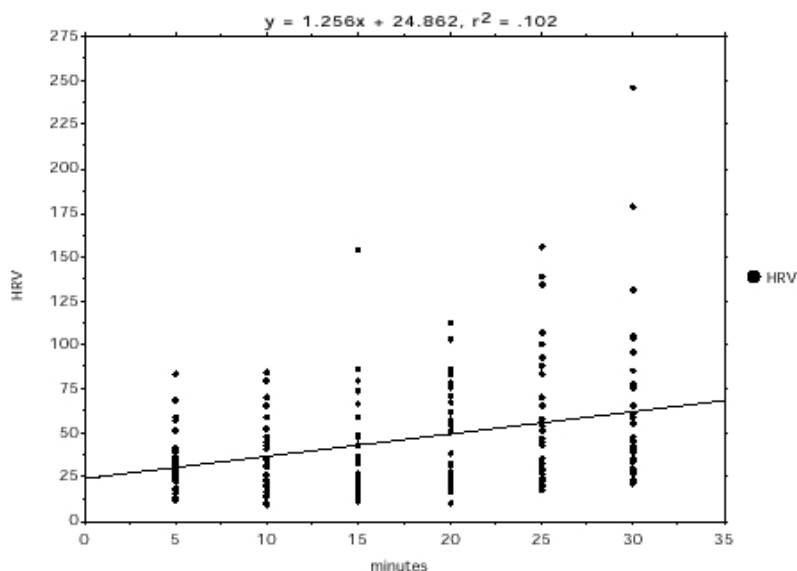
Variabel	p	Mesor	Amplityde	Akrofase
HRV 20-25min, original	0,524	36,24 slag/min	6,9 slag/min	N.S
HRV 20-25min, % snitt	0,214	90,96%	19,69%	N.S
HF 20-25min, original	0,075	83,19 slag/min	7,7 slag/min	N.S
HF 20-25min, % snitt	0,555	102,13%	2,91%	N.S
% restitusjonsavstand, orig	0,152	36,98 %	16,8 %	N.S.
% restitusjonsavstand, %snitt	0,011	68,08%	62,76%	12.februar

Tabell 11 Sammendrag av sesongrytme (circannual) parametre under restitusjon fra 30 minutters aktivitet, 6 mnd komponent. Original data: 11 utøvere. % av snitt: 7 utøvere, ingen data på høsten. Mesor er ikke 100%, siden det var ulik sampling gjennom året.

Variabel	p	Mesor	Amplityde	Akrofase
HRV 20-25min, original	0,802	39,98 msec/5min	2,81 msec/5min	N.S
HRV 20-25min, % snitt	0,017	102,19 %	21,44 %	Ca 1.mars (+1.sept)
HF 20-25min, original	0,325	81,96 slag/min	5,39 slag/min	N.S
HF 20-25min, % snitt	0,455	100,69 %	2,37 %	N.S
% restitusjonsavstand, orig	0,450	33,77 %	11,54 %	N.S
% restitusjonsavstand, %snitt	0,002	102,60 %	46,01 %	Ca 16.mars (+16.sept)

a. HRV forløpet 5-30 min etter aktiviteten slutter

I figur 11 ser vi hvordan RR-tiden endres i tiden etter 30 minutters aktivitet når aktiviteten blir gjennomført fra kl 10:00 til 10:30. Det er en signifikant trend: $p < 0.0001$, $r = 0.32$, helning = 6.3 msec/5min. Snitt RR-tid de første 5 min er 32.4 msec + 3.1(SE) mens de siste 5 min er snitt RR-tiden 64.5 msec + 8.6 (SE).



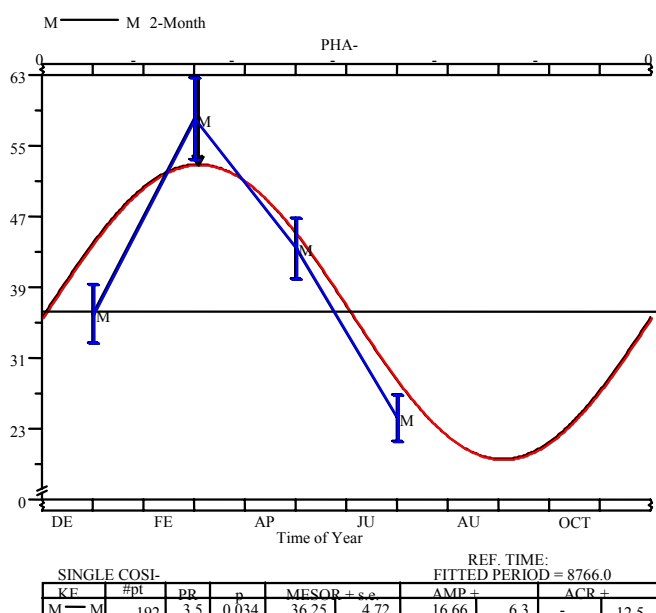
Figur 11: Trenden for HF-minking (økning i RR-tiden) gjennom restitusjon fra 30 minutters morgen aktivitet (10:00-10:30)

I tabell 12 ser vi hvordan rytmeparametrene for HRV endres gjennom restitusjonsperioden. Gjennom hele restitusjonsperioden finner vi en signifikant årsrytme, men ikke når vi kun tar 5 minutters intervall for originaldata. Akrofasen viser seg å være om sen vinter tidlig vår. HRV under restitusjon fra 30 minutters fysisk aktivitet er størst om sen vinter, tidlig vår.

Tabell 12. Sammendrag av årstidsrytmeparametre for HRV under restitusjon fra 30 minutters aktivitet kl 10 om morgenen. Rytmen blir sett på som signifikant dersom $p \leq 0,05$. NS: ikke signifikant rytme.

Tid inn i restitusjon	p	MESOR msec/5min	Amplitude msec/5min	Akrofase
15-20min	0.115	31,7	19,8	NS
25-30 min	0.163	43,1	27,4	NS
5-15 min	0.429	32,1	8,3	NS
20-30 min	0.061	40,4	25,0	NS ca 4.mars
5-30 min	0.034	36,3	16,7	Ca 4.mars

Økningen i HRV under de første 30 min etter aktivitet om morgenen er større på senvinteren og tidlig vinter (dette er en tid på året da mengden med dagslys øker i det området prosjektet ble gjennomført). Figur 11 viser rytmen der originaldata for hele restitusjonstiden er benyttet.



1 år, 12mnd komponent : $p = 0.034$
 Akrofase: 4.Mars
 (+ 95% limits): (30 Jan – 4 Apr)
0.5 år (6 mnd component) $p = 0.024$

FIGUR 11 HRV under restitusjon fra morgenaktivitet kl 10:00 (alle verdier 5-30 min inn i restitusjon, originale verdier)

Variansanalyse (ANOVA) for tid på året effekt

Tabell 15 viser resultat fra variansanalysen, der HRV etter aktivitet i 3 ulike perioder på året, ble sammenliknet. Det ble ikke funnet noen signifikant effekt av sesong på hjertefrekvens, eller HRV etter aktiviteten dersom originale data ble brukt i analysen. Dersom de normaliserte data, % av gjennomsnittet, ble benyttet i analysen, fant vi signifikante forskjeller på % RS (se Tab 15).

Dersom alle 5 min intervallene, ble tatt inn i analysen samlet, finner vi at det er signifikante forskjeller ($p=0,05$) på HRV i restitusjonsperioden i de ulike periodene. HRV er omtrent like stor i perioden med nesten 24 t mørke som i perioden med nesten 24 t lyst. HRV er størst i perioden med overgangen mellom mørke til lys: periode 2, fra februar til april.

Tabell 15 Sammendrag av ANOVA for restitusjons HRV i tre ulike perioder: nesten 24t mørke (1), overgang mørke til lys (2), nesten 24t lyst (3).
Data fra utøvere som deltok 3 eller flere ganger: $n=28$ datasett .

Klasse	kategori	F-verdi	p-verdi
HRV 20-25 min (%snitt)	Mørke vs overgang vs lys	1,15	0,3329 N.S
HF 20-25 min (%snitt)	Mørke vs overgang vs lys	1,189	0,3212 N.S
% RS (%snitt)	Mørke vs overgang vs lys	4,041	0,0313
Restitusjons HRV: Alle 5min (original)	Mørke vs overgang vs lys	3,0	0,05

Restitusjons HRV: ($F=3.0$, $p = 0.05$)

Periode 1 nesten 24t mørke: 43.6 ± 4.4 msec,
Periode 2 overgang mørke til lys: 55.5 ± 4.6 msec.,
Periode 3 nesten 24t lyst: 42.1 ± 3.4 msec

% RS: ($F=4,041$, $p=0,03$)

Periode 1: 119,8
Periode 2: 116,9
Periode 3: 63,2

Multipel regresjon

I den multiple regresjonsanalysen ble data fra kl 10:00 aktiviteten hos alle utøvere benyttet. Prosent restitusjonsavstand, %RS, ble satt som avhengig variabel og VO_{2max} , steady state hjertefrekvens under aktivitet, belastningen i forhold til anaerob terskel og geomagnetisk forhold ble satt som avhengige variabler. Kun belastningen i forhold til anaerob terskel ble tatt inn i en modell for å forklare %RS (se Tabell 16).

Tabell 16 Sammendrag av multipel regresjon, stepwise metode, kl 10:00 data for 11 utøvere, original verdier.

Variabler i modellen:

Variabel	Coefficient	Std.Err	Std.Coeff	F to Remove
INTERCEPT	-108,519			
Belastn %AT	1.381	0.4	0.546	11.901

Variabler ikke i modellen:

Variabel	Par Corr	F to Enter
VO_{2MAX}	0,038	0,039
HR 15min akt	0,168	0,786
Local K	0,108	0,319
K 24	-0,136	0,512

Diskusjon

I resultatdelen er det vist at vi ikke fant noen signifikante døgn eller årstidsrytmer for hjertefrekvens og hjertefrekvensvariabilitet under aktivitet. Vi fant heller ingen signifikant døgn eller årstidsrytme for hjertefrekvens og hjertefrekvensvariabilitet 20-25 min etter aktiviteten.

Andre studier har imidlertid funnet rytmer både i hvile, under aktivitet og etter aktivitet (Reilly, Atkinson, and Waterhous 1997). Reilly og Brooks (Reilly and Brooks 1986) fant HF til å ha sin topp om ettermiddagen (13:50-15:31) med en amplitude på ca 4 slag per minutt eller ca 6% av gjennomsnittet. De hevder at HF under aktivitet bestandig er 5-10 slag lavere per minutt om natten sammenliknet med om dagen, uavhengig av arbeidsbelastning. Samme forhold viser seg i HF under restitusjonen etter aktiviteten. HF reaksjonen på maksimal aktivitet, varierer også med tid på døgnet, selv om amplituden er mindre enn amplituden for hvile HF. Rytmen for HF synes å ha sin topp ca kl 17:00, ut ifra dette har noen kronobiloger feilaktig sluttet at fysisk prestasjon har sin topp om natten, siden HF reaksjonen på arbeidet da er minst. Det er imidlertid ikke funnet noe samsvar mellom circadian rytme predikert VO_{2max} og direkte målt VO_{2max} (Reilly 1990). I sine studier hadde Reilly og medarbeidere sannsynligvis en mer homogen gruppe enn det vi hadde. De hadde 10 idrettsutøvere mellom 19 og 22 år, mens vi hadde utøvere mellom 20-40 år, der ikke alle var idrettsutøvere. Ilmarinen (Ilmarinen et al. 1980) fant også signifikante rytmer for HF både i hvile, under aktivitet av forskjellige intensitet og etter aktivitet. Her var det kun 4 utøvere i en liten aldersgruppe, 23-25 år og i god form (VO_{2max} 54, 66, 76 og 76 ml/min x kg).

Når vi ikke finner noen signifikante rytmer i våre data, kan det muligens skyldes at vi har en større spredning i alder og fysisk form hos våre utøvere. Det er vel også mulig at tidligere undersøkelser har vært preget av "overinterpretasjon", at det kun er de positive funn som blir rapportert. Litteraturen som tar for seg rytmer og HF er forholdsvis gammel. Mye har skjedd med livsstil og boligforhold fra 1980 til 2005, for eksempel er boligoppvarmingen og innelysning forandret. Det har skjedd store endringer i hvorledes vi forflytter oss, i bekledding og i aktivitetsmønsteret i arbeid og fritid. Kanskje alle disse endringene gir så sterke ytre påvirkninger på organismen, at de indre fysiologiske rytmer ikke lenger kommer til syne?

Det er også rapportert at til tross for døgnrytmer i enkelte fysiologiske variabler, kan rytmen mangle i andre. Martin et al (Martin, Daggart, and Whyte 2001) fant at til tross for døgnvariasjon i kroppstemperaturen, var mange andre fysiologiske reaksjoner på løping med en intensitet på AT i det store og hele upåvirket. De antyder at det kan være nødvendig med en lengre oppvarmingsperiode for morgen aktivitet, siden det vises en langsommere økning i kroppstemperaturen. En lengre oppvarming betyr at det tar lengre tid før HF når steady state HF om morgenen. Vanligvis brukes 6-10 min som norm for hvor lenge en må arbeid på sammen submaksimale belastning for at hjertefrekvensen skal stabilisere seg (steady state HF). Siden vi har brukt HF så langt inn i aktiviteten som 15- 20 min, mener vi at det ikke er en manglende oppvarming som gjør at vi ikke ser noen rytme. En eventuell for sen tilpasning, vil gjøre det mer sannsynlig å finne en rytme med lav verdi om morgenen og høyere verdier om kvelden. Heller ikke Deschenes et al (Deschenes et al. 1998) fant noen kronobiologisk effekt på reaksjon på aktivitet. Oksygenopptak, minutt volum og hjertefrekvens viste ingen tid på døgnet effekt før aktivitet, under submaksimal og maksimal aktivitet. De fant imidlertid at melkesyrenivå i plasma i hvile og melkesyrereaksjonen på maksimal aktivitet, var svært følsom for tid på døgnet. Reilly et al (Reilly and Baxter 1983) har også observert høyere melkesyre opphoping om ettermiddagen ved utmattende aktivitet og videre større arbeidskapasitet om kvelden sammenliknet med morgenen (Reilly 1990). Vi målte ikke melkesyre i våre studier,

men brukte melkesyre terskel for å fastsette arbeidsbelastningen på tredemøllene. Denne testingen ble gjennomført omkring lunsjtid for samtlige utøvere, og burde derfor ikke spille vesentlig inn.

Når et mønster synes som om det er rytmisk, men standard feilen er stor ved ett eller flere tidspunkt, antyder nok dataene at det finnes en rytme, men dataene er ikke gode nok for å oppnå statistisk signifikans. Ved å legge til flere resultater fra flere personer, er sjansen tilstede for å få en analyse som gir en signifikant rytme, dersom disse personene bidrar til å endre grupperesultatene. Kronobiologiske studier trenger data over lange perioder. Når forhold hos mennesker skal undersøkes, er det vanskelig å få deltakerne til å bidra med data over lange perioder. Populasjons mean cosinor analyser vil i mange tilfelle kunne oppveie for få data. Dette ser vi i analysene for døgnstudiet for %RS, original data, der en singel cosinor analyse gir en $p=0,057$ og mean cosinor analyse gir $p=0,01$. Den samme effekten oppnås dersom vi øker antall data for HRV under restitusjonen. Vi ser at dersom vi bruker flere av HRV verdiene i restitusjonsperioden og ikke bare hvert 5 min intervall, finner vi signifikante rytmer. HRV fra 5-15 min gir $p<0,001$ (original data) og HRV 20-30 min gir en $p=0,024$. Det er derfor sannsynlig at det finnes både døgn og årstidsrytme for HRV etter aktivitet. Det hadde vært ønskelig med flere personer og data for å bekrefte tendensen.

I årsstudiet ser vi enkelte ganger at mesor for de normaliserte verdiene ikke er 100%. Dette skyldes at det var ulik sampling gjennom året, sommer og tidlig høst ble ikke dekket av data på samme måte som vinter og vår. Egentlig har vi bare data for den første halvdel av året. Det er derfor ikke helt korrekt å konstruere en 1-års rytme. Vi finner for %RS en 1-års rytme med akrofase 12 februar (95% konfidens intervall 1.jan til 8.mars), og en 6 måneders komponent med akrofase 9.februar (25 jan -1.mars) og 9.august (25.juli – 1.sept). Siden vi ikke har noen data i andre halvår, er den andre toppen kun en spekulasjon eller forutsigelse. Data indikerer imidlertid at vi vil få det dårligste test resultatet for fysisk form om vi bruker fall i hjertefrekvens som metode for fastsettelse av formen, mellom 25 januar og 1.mars, og 25 juli og 1.september. Det er ønskelig å få data også for høstperioden, slik at vi kan se om den antatte 6mnds komponenten virkelig eksisterer.

Flere av forsøkspersonene viste individuelle signifikante rytmer, selv om ikke gruppen som helhet hadde en signifikant rytme. Hva som gjør at noen personer viser en signifikant rytme, men ikke gruppen som helhet, kan danne utgangspunkt for flere undersøkelser. Antallet utøvere i denne studien er for lite til å dele i mindre grupper som for eksempel alder, fysisk form og antall år i aktivitet. Forhold som kanskje kan være av betydning.

Vi fant en 12 timers signifikant komponent ($p<0.001$), for % RS, samtidig som vi fant en signifikant 12 timers komponent for geomagnetisk flux. Dette forholdet fortjener en nærmere undersøkelse.

Når kroppen utsettes for belastning, blir ulike strukturer ødelagt eller tømt. Kroppen vil da naturlig reagere med å sette i gang reparasjonsmekanismer, og så reparere litt mer enn det som egentlig er nødvendig, vi kaller det i treningssammenheng overkompensasjon (Gjerset 1992). HRV de første 30 minuttene etter fysisk aktivitet var størst om morgenen, før lunsj. Dette samsvarer med det Massin et al (Massin et al. 2000) har rapportert. De store restitusjons HRV verdiene om morgenen, kan være en overkompensasjon på stresset som aktivitet gir. Personer som ikke reagerer slik, kan muligens være i en høyrisiko gruppe for CHD, siden morgenen er den tid på døgnet da incidensen av myocardial infarkt er høyest.

Vi fant at HRV reaksjonen etter aktiviteten var størst om vinteren, tidlig vår. Dette er ikke i samsvar med det som Kristal-Boneh et al, (Kristal-Boneh et al. 2000) rapporterte der de fant at HRV var lavest om vinteren. Deres undersøkelse var ikke koplet til aktivitet, slik at resultatene de finner dreier seg om hvile HRV og gir støtte til den økte CHD om vinteren. At vi finner den høyeste HRV etter aktivitet om vinteren, skulle da tilsi at det ikke er økt risiko med aktivitet om vinteren. Kroppen ser etter våre resultat ut til å tilpasse seg den lavere hvile HRV om vinteren med en høyere restitusjons HRV.

Siden HRV har sitt laveste nivå rett etter aktivitet, bør en være mest oppmerksom på hjerte-kar problemer rett etter aktivitet. Det er ikke noe i våre data som skulle tilsi at det er større fare for hjerte-kar problem ved aktivitet om morgenen, mellom klokka 8:00 og 12:00, eller vinteraktivitet, siden dette er tidsrom da HRV øker. Kanskje reaksjonsmønsteret på aktivitet kan brukes for å forutsi hvem som har en HRV reaksjon som gjør at de er risiko personer?

Skal en bruke hjertefrekvens og HRV til å kontrollere fysisk form og overtrening, bør man ta hensyn til når tid på døgnet og året testingen foregår på. Vi fant at HF under aktivitet hadde antydninger til en rytmsitet ($p=0,094$, normaliserte data), med den høyeste HF litt etter lunsj tid. Det vil si at dersom vi bruker et standard arbeid og HF som oppnås under arbeidet, for å vurdere fysisk form (f.eks Åstrands sykkeltest (Testprosedyrer for testledere 1999)) vil vi få det dårligste resultatet på tester som gjennomføres rett etter lunsj. Dette kan være i tråd med det Reilly et al (Reilly, Atkinson, and Waterhous 1997 s 48), beskriver som en feiltolking av data. Mange kronobiologer slutter feilaktig at fysisk prestasjon er best om natten, siden det vil være det tidspunktet der HF reaksjonen på standard aktivitet er lavest. Det ser ikke ut til at tid på året spiller noen rolle for denne testen. Dersom vi ser på hvor langt unna HF etter aktiviteten er fra HF før aktiviteten, finner vi den største forskjellen tidlig om morgenen og kvelden (ca 06:30 og 18:30) og på sen vinteren (mars). Disse tidspunktene vil da gi det dårligste testresultatet ved denne måten å angi fysisk form på. Det er nødvendig å utvise stor varsomhet ved konklusjonene om fysisk form, dersom en bruker HF og HRV for å forutsi fysisk form og prestasjon, da det ikke er funnet noen sammenheng mellom circadian variasjon i antatt og direkte målt VO_{2max} (Reilly, Atkinson, and Waterhous 1997 s 48).

Konklusjon

De reaksjoner en ser i HF og HRV på 30 minutters aktivitet er i noen grad påvirket av når tid på døgnet eller året aktiviteten gjennomføres på. HF og HRV under steady-state perioden viser antydning til en døgnrytme, men ingen årstidsrytme. Restitusjons HRV er størst om morgenen og sen vinter/tidlig vår. HRV øker gjennom en times restitusjon fra aktiviteten, fallet i HF i restitusjonen er minst om morgen og vinter.

Referanseliste

- Badiu, C. 2003. Genetic Clock of Biologic Rhythms. *Journal of Cellular and Molecular Medicine* 7, no. 4: 408-16.
- Baevsky, R. M., V. M. Petrov, G. Cornelissen, F. Halberg, F. Orth-Gomer, T. Akerstedt, K. Otsuka, T. Breus, J. Siegelova, J. Dusek, and B. Fiser. 1997. Meta-analyzed heart rate variability, exposure to geomagnetic storms, and the risk of ischemic heart disease. *Scr Med (Brno)* 70, no. 4-5: 201-6.
- De Meersman, R. E. 1993. Heart rate variability and aerobic fitness. *Am Heart J* 125, no. 3: 726-31.
- Deschenes, M. R., J. V. Sharma, K. T. Brittingham, D. J. Casa, L. E. Armstrong, and C. M. Maresh. 1998. Chronobiological effects on exercise performance and selected physiological responses. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 77, no. 3: 249-56.
- Gjerset, Asbjørn. 1992. Idrettens treningslære. Universitetsforlaget AS.
- Hagerman, I., M. Berglund, M. Lorin, J. Nowak, and C. Sylven. 1996. Chaos-related deterministic regulation of heart rate variability in time- and frequency domains: effects of autonomic blockade and exercise. *Cardiovascular Research* 31, no. 3: 410-8.
- Hofman, M. A. 2004. The Brain's Calendar: Neural Mechanisms of Seasonal Timing. *Biological Reviews* 79, no. 1: 61-77.
- Ilmarinen, J., R. Ilmarinen, O. Korhonen, and M. Nurminen. 1980. Circadian variation of physiological functions related to physical work capacity. *Scand J Work Environ Health* 6, no. 2: 112-22.
- Javorka, M., I. Zila, T. Balharek, and K. Javorka. 2002. Heart rate recovery after exercise: relations to heart rate variability and complexity. *Braz J Med Biol Res* 35, no. 8: 991-1000.
- Kristal-Boneh, E., P. Froom, G. Harari, M. Malik, and J. Ribak. 2000. Summer-winter differences in 24 h variability of heart rate. *J Cardiovasc Risk* 7, no. 2: 141-6.
- Lærum, Ola Didrik. 1982. Mennesket og Biorytmene. Universitetsforlaget.
- Lærum, Ole Didrik. 1988. Kroppsrytmene og lyset. En innføring i kronobiologi. Bergen: Alma Ater Forlag AS.
- Levy, W. C., M. D. Cerqueira, G. D. Harp, K. A. Johannessen, I. B. Abrass, R. S. Schwartz, and J. R. Stratton. 1998. Effect of endurance exercise training on heart rate variability at rest in healthy young and older men. *Am J Cardiol* 82, no. 10: 1236-41.
- Martin, L., A. L. Doggart, and G. P. Whyte. 2001. Comparison of physiological responses to morning and evening submaximal running. *J Sports Sci* 19, no. 12: 969-76.
- Massin, M. M., K. Maeyns, N. Withofs, F. Ravet, and P. Gerard. 2000. Circadian rhythm of heart

- rate and heart rate variability. *Arch Dis Child* 83, no. 2: 179-82.
- Molgaard, H., K. E. Sorensen, and P. Bjerregaard. 1991. Circadian variation and influence of risk factors on heart rate variability in healthy subjects. *Am J Cardiol* 68, no. 8: 777-84.
- Moussay, S., F. Dosseville, A. Gauthier, J. Larue, B. Sesboue, and D. Davenne. 2002. Circadian rhythms during cycling exercise and finger-tapping task. *Chronobiol Int* 19, no. 6: 1137-49.
- Nakamura, Y., Y. Yamamoto, and I. Muraoka. 1993. Autonomic control of heart rate during physical exercise and fractal dimension of heart rate variability. *Journal of Applied Physiology* 74, no. 2: 875-81.
- Perini, R., S. Milesi, L. Biancardi, D. R. Pendergast, and A. Veicsteinas. 1998. Heart rate variability in exercising humans: effect of water immersion. *Eur J Appl Physiol* 77, no. 4: 326-32.
- Piha, Sampo Juhana. 1988. Cardiovascular Autonomic Function Test. Responses in healthy subjects and determination of the age-related reference values. *Doctural Dissertation, Rehabilitation Research Center, Social Institution and Department of Internal Medicine. University of Turku, Finland.*
- Reilly, T. 1990. Human circadian rhythms and exercise. *Crit Rev Biomed Eng* 18, no. 3: 165-80.
- Reilly, T., and C. Baxter. 1983. Influence of time of day on reactions to cycling at a fixed high intensity. *Br J Sports Med* 17, no. 2: 128-30.
- Reilly, T., and G. A. Brooks. 1986. Exercise and the circadian variation in body temperature measures. *Int J Sports Med* 7, no. 6: 358-62.
- Reilly, T, G, Atkinson and J Waterhous. 1997. Biological rhythms and exercise. Oxford University Press.
- Shin, K., H. Minamitani, S. Onishi, H. Yamazaki, and M. Lee. 1995. The power spectral analysis of heart rate variability in athletes during dynamic exercise--part i. *Clinical Cardiology* 18, no. 10: 583-6.
- Thomassen, Tor Oskar, and Andi Weydahl. 1999. *Testprosedyrer for testlederer.*, Vol. 4 HiF Undervisning.
- Touitou, Y, and E Haus. 1992. Biological rhythms in clinical and laboratory medicine. 733. New York: Springer-Verlag.
- Ueta, J., T. Nakatsu, T. Murakami, S. Toyonaga, S. Hirohata, K. Mashima, M. Sangawa, S. Kusachi, and Y. Shiratori. 2002. Intense response of heart rate with pronounced suppression of high-frequency power of heart rate variability to early morning exercise with high-intensity load. *Biomed Pharmacother* 56 Suppl 2: 353s-8s.
- Wilmore, Jack H, and David L Costill. 1999. *Physiology of Sports and Exercise*. Leeds: Human Kinetics.

Vedlegg 1: ORDLISTE

fra Ole Didrik Lærum: Mennesket og biorytmene, Universitetsforlaget 1982:

Akrofase (acrophase på engelsk). Det tidspunkt i en rytme hvor man finner den høyeste verdien.

Amplitude (amplitude på engelsk). Utslag ved en svingning i forhold til middeltallet.

Biorytme Regelmessige svingninger i biologiske prosesser, skyldes dels ytre årsaker (eksogene) og dels indre årsaker i kroppen (endogene).

Circadian Betyr "omtrent daglig". Betegnelsen for en svingning som kommer omtrent en gang i døgnet.

Circannual Betyr "omtrent årlig". Betegnelsen for en svingning som kommer omtrent en gang i året.

Circaseptan Betyr "omtrent ukentlig". Betegnelsen for en svingning som kommer omtrent en gang i uken.

Cosinoranalyse Matematisk analyse av biorytmer hvor man fremstiller dataene langs en urskive.

Epifysen Corpus pineale (konglelegemet), en liten kjertel midt inne i hjernen som utskiller hormoner med modifierende virkning på den vanlige hormonbalansen. Påvirkes av synsimpulser fra netthinnen.

Hypofysen Hjernevedhenget. En liten kjertel midt under hjernen som utskiller overordnede hormoner.

Hypothalamus Det hjerneavsnittet som ligger like over hypofysen og hvorfra hypofysen reguleres.

Kronobiologi Læren om biologiske prosesser som funksjon av tiden.

MESOR (Midline Estimating Statistic Of Rhythm) Gjennomsnittsverdi over en hel svingperiode av en biorytme.

Nucleus Suprachiasmaticus: En liten nervekjerner som sitter rett over der hvor synsnervene krysser hverandre i hjernen og som overfører nerveimpulser fra netthinnen til epifysen. Er sete for hjernens egensvingninger.

Fra Touitou & Haus: Biological rhythms in Clinical and Laboratory Medicine. Springer Verlag, 1992(oversatt av Andi Weydahl):

Cosinor prosedyre: En matematisk-statistisk metode for å beskrive en rytme ved å bestemme ved hjelp av "least-square" (minste kvadrat) teknikk den sinus kurve som best passer til data og utforske tilstedeværelsen av en rytme ved å undersøke en null hypotese for amplituden ved en F-test. Hvis en rytme kan beskrives ved denne prosedyren gir cosinor prosedyren et rytme tilpasset gjennomsnitt (MESOR), en amplitude som uttrykk for størrelsen av rytmen og en akrofase som en indikasjon på tiden rytmen varierer med.

Single cosinor En cosinor prosedyre som brukes på enkle biologiske tids serier

Populasjons mean cosinor: Cosinor prosedyre som brukes fra tre eller flere biologiske tids serier for å bestemme rytme karakteristikk i en populasjon. Parameter estimatene er basert på gjennomsnittsestimat fra individene i samplet.

Vedlegg 2 Bestemmelse av anaerob terskel

A. Ventilatorisk anaerob terskel.

Når vi bruker oksygenanalyseutstyret, SensorMedics, Vmax29, vil det automatisk bli fastsatt en anaerob terskel, dette er den ventilatoriske anaerobe terskel, som tar utgangspunkt i endringer i CO₂-innholdet i utåndingsluften, « dual criteria»: Anaerob terskel fastsettes som den intensitet der det fortsatt er en økning i O₂ mens CO₂ innholdet i ekspirasjonsluften flater ut. Ved å se på en grafisk framstilling (Fig 6-2) der partialtrykket på slutten av ekspirasjonen av henholdsvis Oksygen (PetO₂ øker fortsatt) og karbondioksyd (PetCO₂ flater ut) alternativt de ventilatoriske ekvivalenter VECO₂ (flater ut) og VEO₂ (øker fortsatt) (fig V1-1). Wilmore & Costill, Physiology of Sports and Exercise, Human Kinetic, 3rd ed, 2004, s 263 gir en grei beskrivelse.

B. Melkesyre terskel.

Utøver løper på ulike belastninger i 5 minutter, en liten blodprøve tas i ett hårrør. Blodprøven analyseres for melkesyre ved bruk av strips og Lactat Pro analyseutstyr.

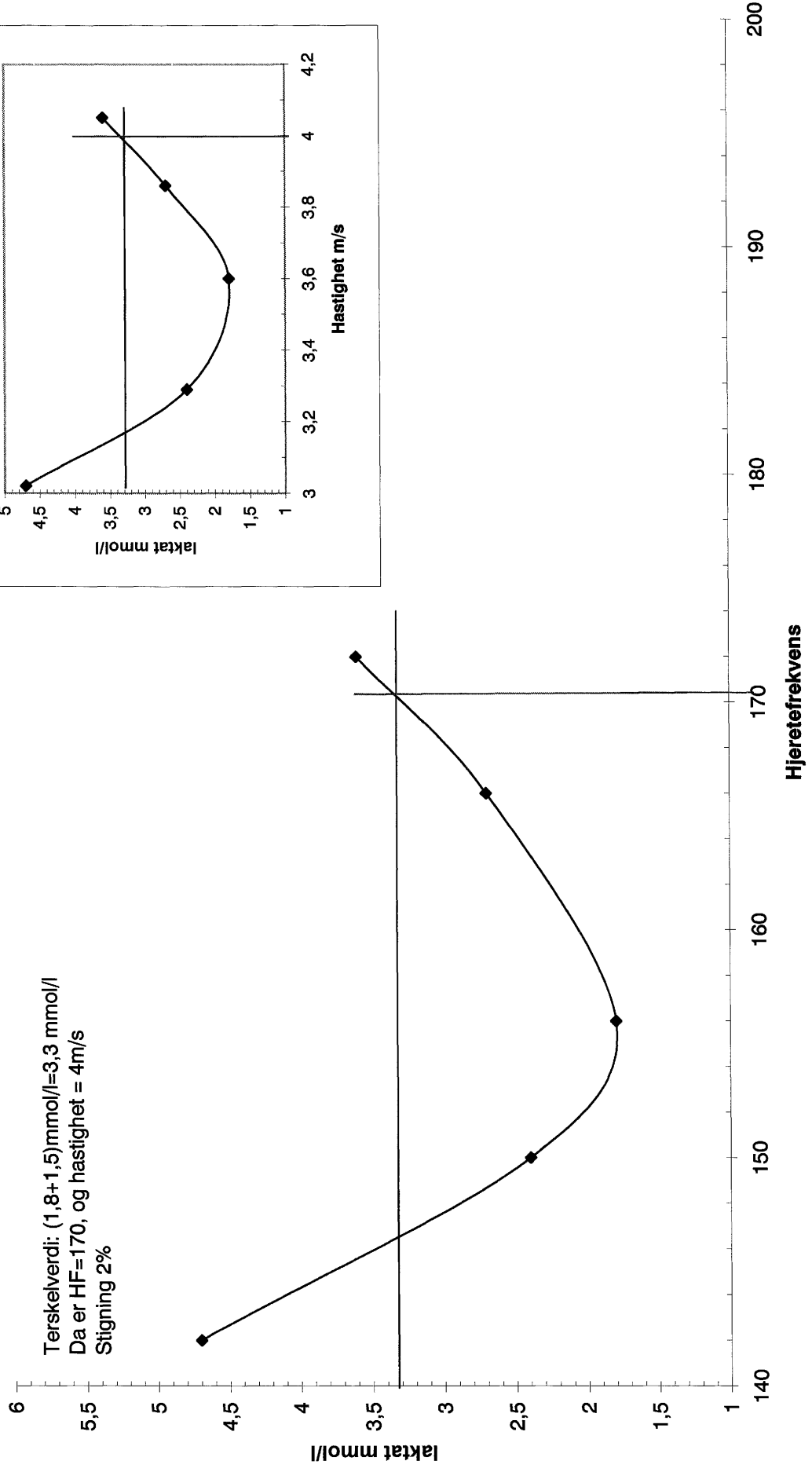
Anaerob terskel defineres som den intensitet der melkesyre konsentrasjonen er 1,5 mmol/l over snittet av de to laveste verdiene.

Beregningene for utøverne vises på de neste sidene.

Resultat fra testing av melkesyreterskel.

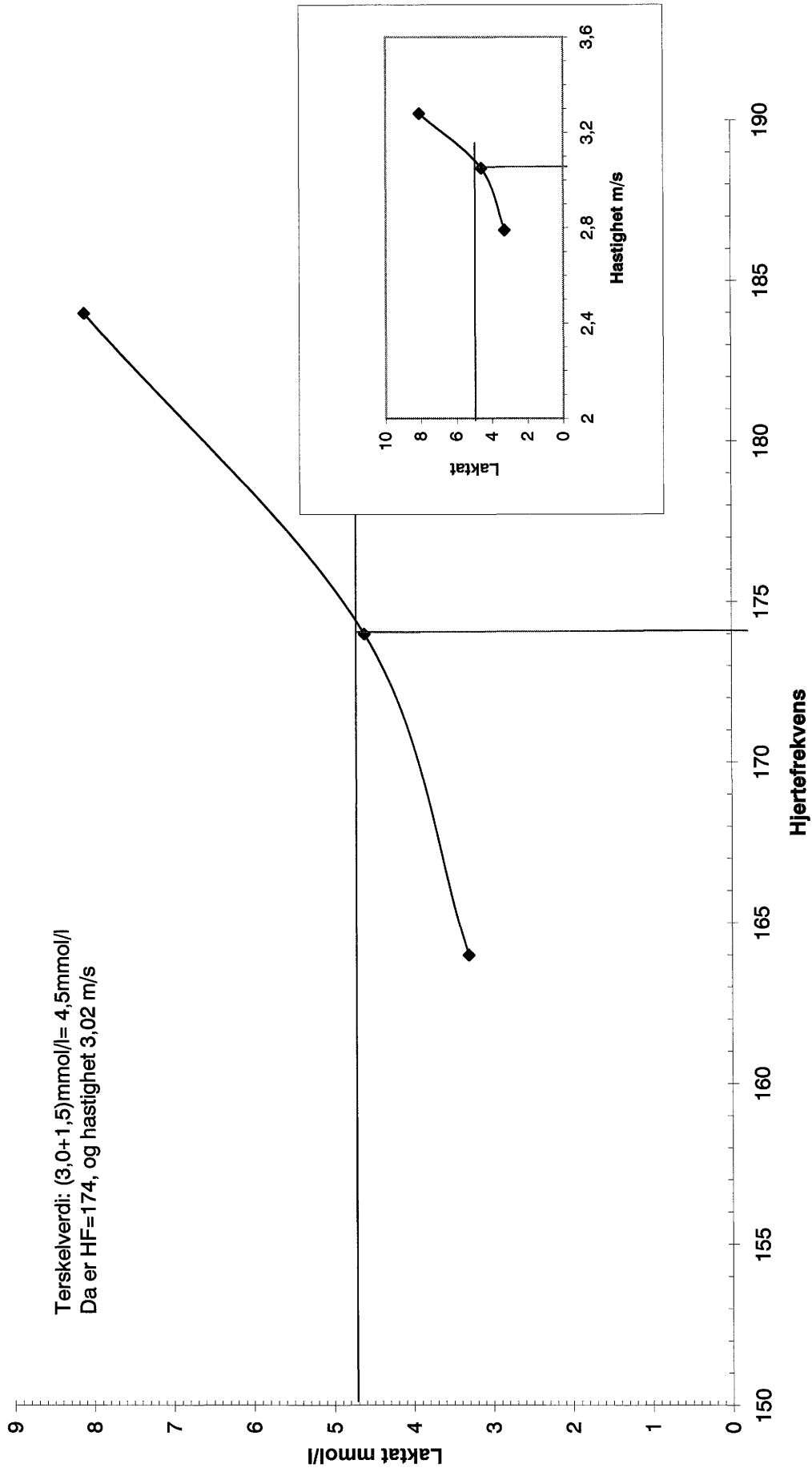
Utøver	HF Slag/min	Laktat Mmol/l	Hastighet m/sek	Stigning %	VO ₂ ml/kgxmin
B	156	3,3	2,4	2	38
B	172	4,3	2,75	2	43
B	182	7,7	3,02	2	45
H	142	4,7	3,02	2	
H	150	2,4	3,29	2	51
H	156	1,8	3,6	2	55
H	166	2,7	3,86	2	60
H	172	3,6	4,05	2	65
H			4,36	2	67
J	154		2,44	0	37
J	164	3,3	2,79	0	40
J	174	4,6	3,05	0	44
J	184	8,1	3,28	0	48
K	138	1	2,75	0	
K	151	1,6	3,09	0	40
K	160	1,3	3,27	0	49
K	168	2,2	3,56	0	52
K	175	2,7	3,82	0	55
K	185	3,6	4,03	0	59
K			4,35	0	
K			4,88	0	66
O	144	1	2,51	3	
O	155	1,1	2,73	3	
O	166	1,6	3,02	3	
O	177	1,9	3,3	3	
O	197	2,6	3,56	3	55
O	222	16,2	5,1	3	70
P	168	4,8	2,75	3	
P	174	3,2	3,07	0	
P	180	3,3	3,29	0	41
P	185	6	3,56	0	47
R	159	3,2	2,77	3	
R	165	3	3,02	3	44
R	169	3,8	3,29	3	53
R	174	5,1	3,56	3	58?
R	195	16	5,14	5	

H



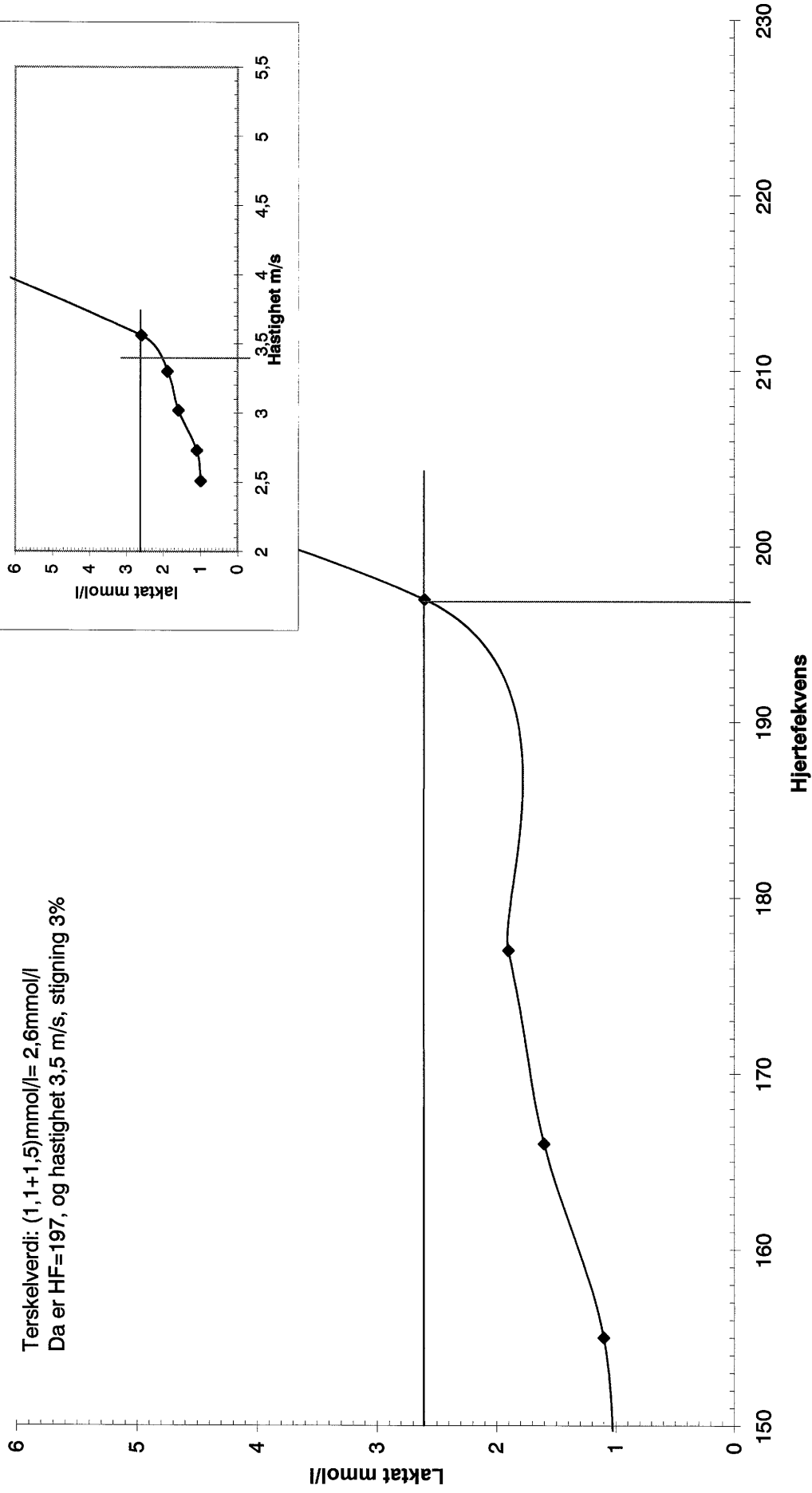
J

Terskelverdi: (3,0+1,5)mmol/l= 4,5mmol/l
Da er HF=174, og hastighet 3,02 m/s



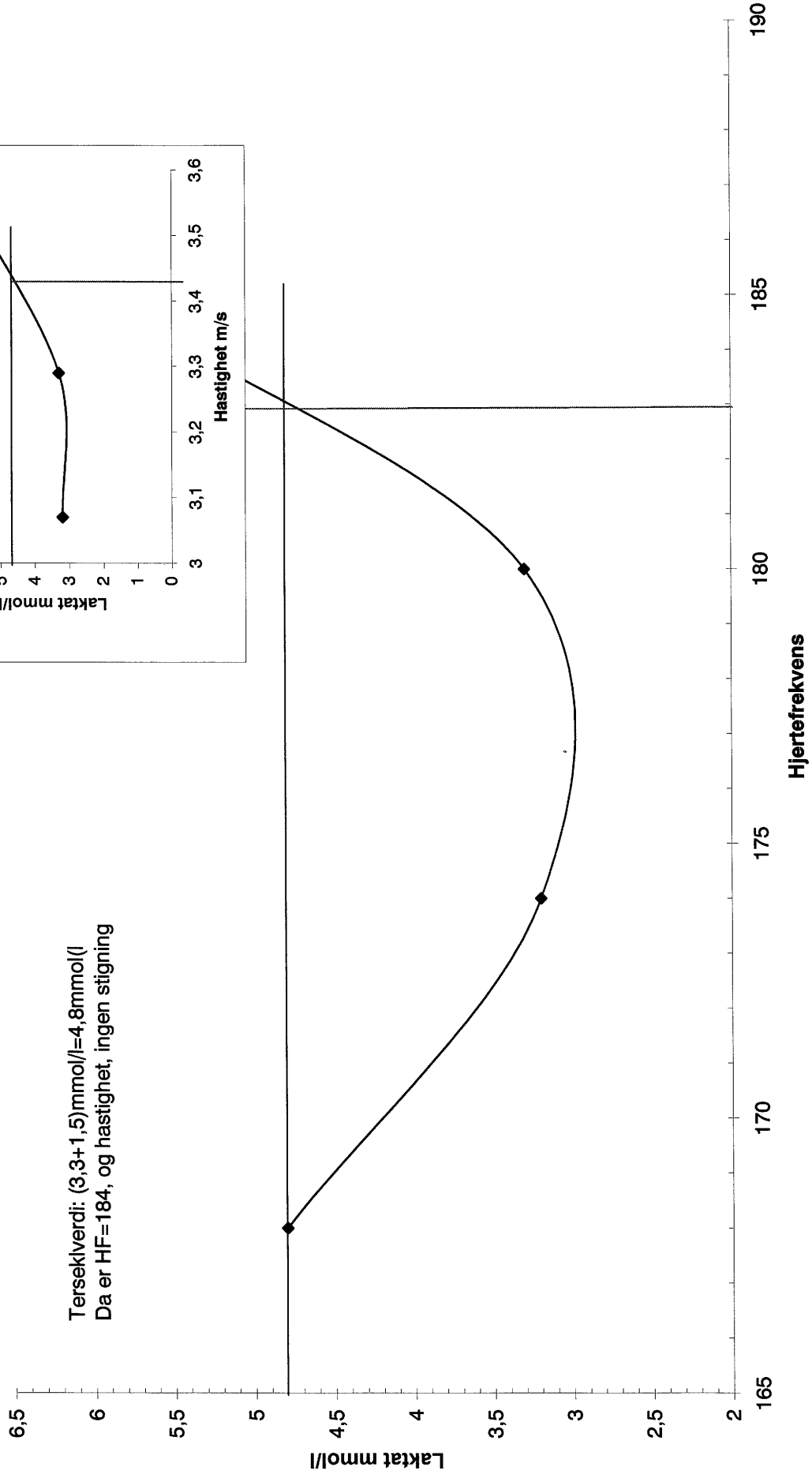
01 13

Terskelverdi: (1,1+1,5)mmol/l= 2,6mmol/l
Da er HF=197, og hastighet 3,5 m/s, stigning 3%



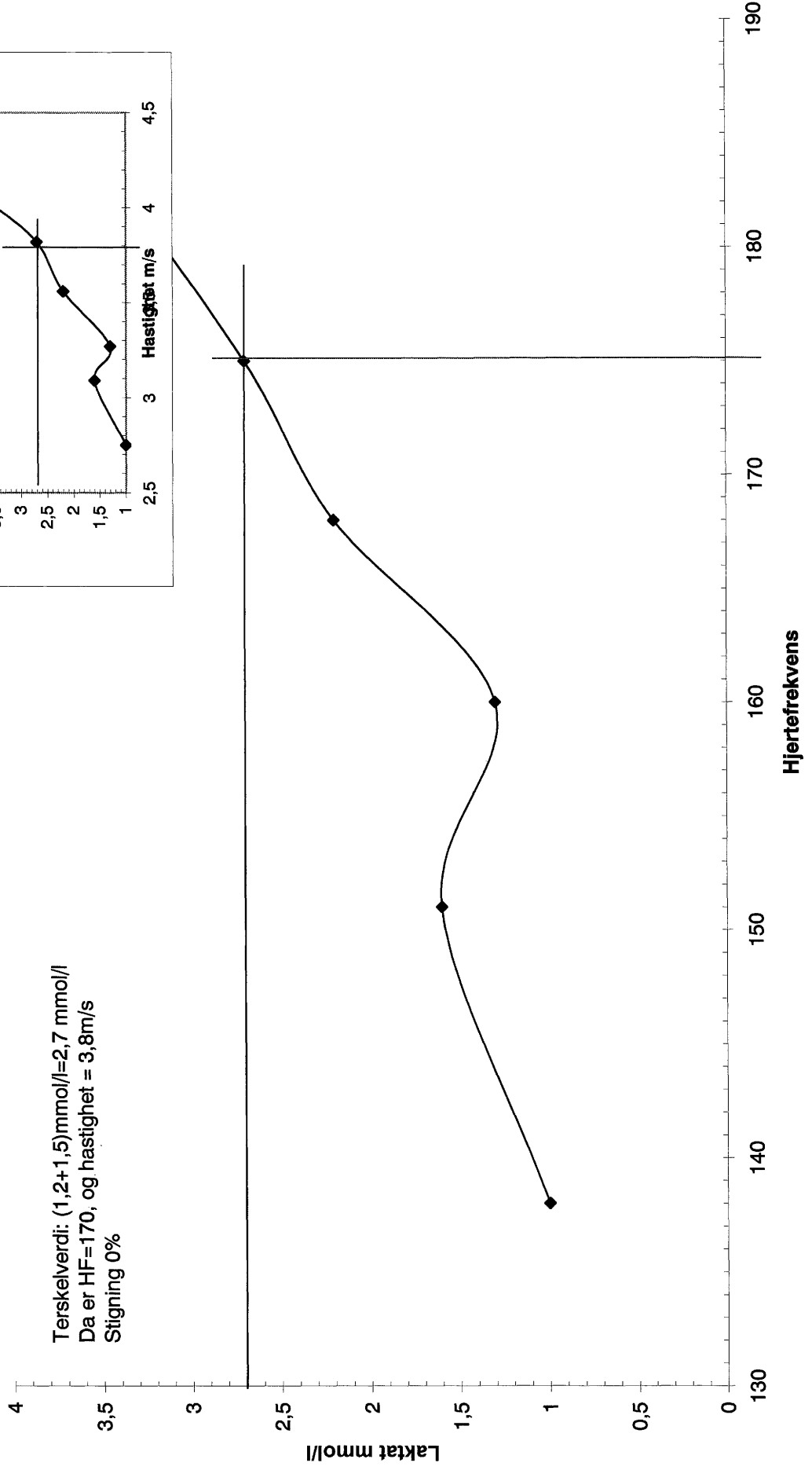
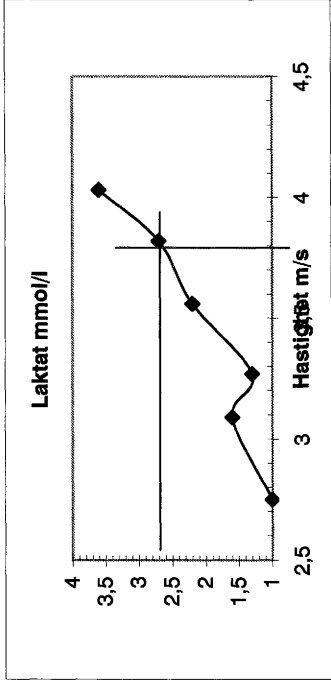
P

Terseklverdi: (3,3+1,5)mmol/l=4,8mmol/l
Da er HF=184, og hastighet, ingen stigning



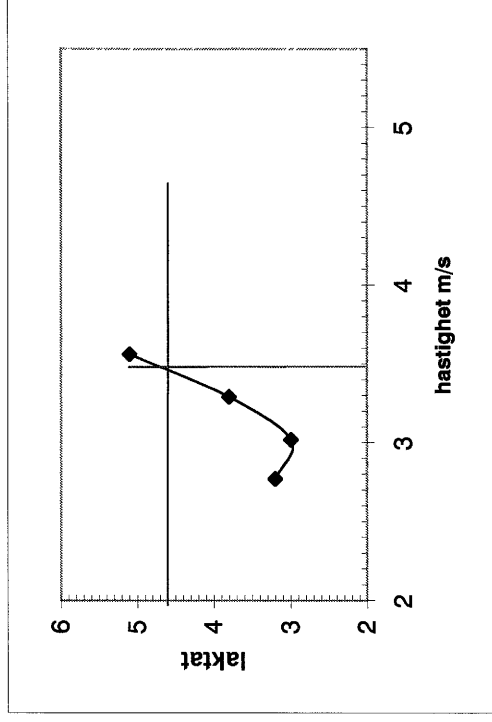
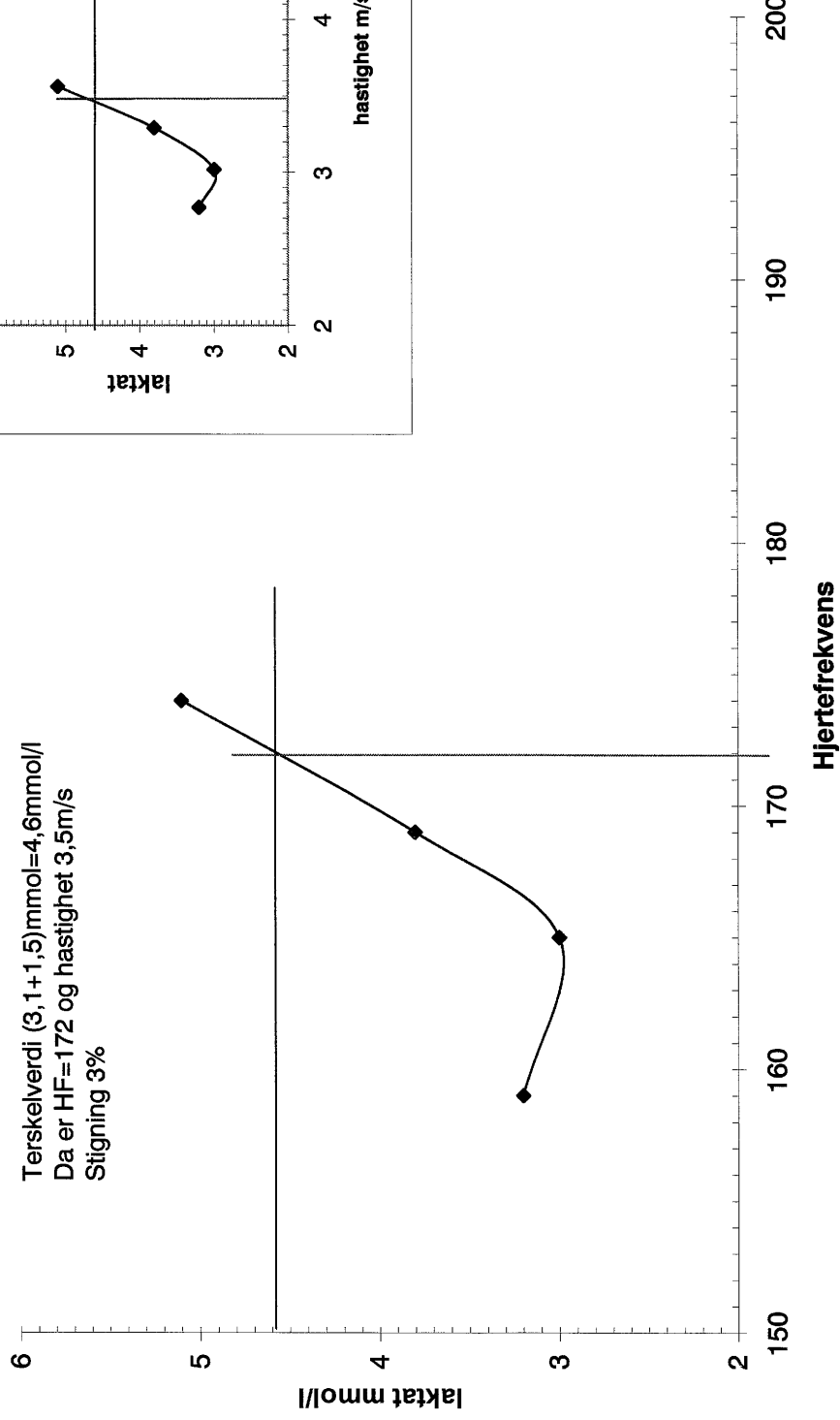
K

Terskelverdi: $(1,2+1,5)\text{mmol/l}=2,7\text{mmol/l}$
Da er HF=170, og hastighet = 3,8m/s
Stigning 0%



R

Terskelverdi (3,1+1,5)mmol/l=4,6mmol/l
Da er HF=172 og hastighet 3,5m/s
Stigning 3%



Vedlegg 3: HF og HRV i hvileperioden for aktiviteten, 15-20min i aktiviteten, 20-25min etter for hver utøver og arbeidsperiode: rest20-25= hvilt 20-25min er 40-35 før aktivitet, rest25-30=hvilt 25-30min er 35-30 min før aktivitet; rest30-35= hvilt 30-35min er 30-25 min før aktivitet, rest35-40=hvilt 35-40min er 25-20 min før aktivitet. rest40-45=hvilt 40-45min er 20-15 min før aktivitet, rest45-50=hvilt 45-50min er 15-10 min før aktivitet, Rek20-25= 20-25 min etter aktiviteten, manko rec%= avstand fra full restitusjon i %. std= standardavvik, HFgj= gjennomsnitt HF

subj	KI	Dato	std= x10										Aktivitet1:15-1:20				Restitusjon manko rec %				
			rest20-25 20std	20Hfgj	rest25-30 25std	25Hfgj	rest30-35 30std	30Hfgj	rest35-40 35std	35Hfgj	rest40-45 40std	40Hfgj	rest45-50 45std	45Hfgj	a15std	A15Hfgj		r20std	r20Hfgj		
B	01:00	16.03.01	25	74	15	74	17	72	13	72	21	72	21	72	21	72	23	164	54	93	25,68
B	04:00	13.03.01	27	64	39	62	19	61	27	61	26	64	49	63	21	164	16	164	16	85	32,81
B	07:00	15.03.01	26	75	39	75	23	75	48	76	22	74	24	74	24	163	59	92	92	22,67	
B	10:00	12.03.01	21	66	19	65	33	66	30	65	22	63	30	64	16	167	29	82	82	24,24	
B	10:00	26.02.02	14	67	25	67	52	68	16	65	26	67	49	66	15	178	23	100	100	49,25	
B	10:00	05.04.02	24	75	33	74	28	72	24	75	36	75	26	71	13	181	21	100	100	33,33	
B	10:00	06.06.02	22	71	30	72	21	72	34	71	35	70	28	73	16	176	20	94	94	32,39	
B	10:00	22.01.02	33	98	17	92	18	92	17	91	33	90	21	87			33	98	98	0,00	
B	13:00	02.05.01	20	62	29	64	36	63	37	65	41	66	24	61	12	160	20	76	76	22,58	
B 1	16:00	14.03.01	22	63	25	61	27	60	60	61	33	60	33	61	9	166		86	86	36,51	
B	19:00	21.03.01	27	66	25	67	22	66	41	68	26	68	40	71	32	160	46	87	87	31,82	
B	22:00	19.03.01	12	72	15	70	21	70	17	69	26	68	34	68	32	160	22	82	82	13,89	
E	01:00	26.03.98		58												162		92	92	58,62	
E	04:00	30.03.98		72												157		86	86	19,44	
E	07:00	25.03.98		73												156		86	86	17,81	
E	10:00	03.04.98		64												168		90	90	40,63	
E	13:00	24.03.98		64												155		90	90	40,63	
E	16:00	01.04.98		67												159		88	88	31,34	
E	19:00	02.04.98		69												156		88	88	27,54	
E	22:00	31.03.98		65												155		91	91	40,00	
F	01:00	14.03.00	51	64	39	61	74	64	52	62	48	65	37	65	19	162	33	91	91	42,19	
F	04:00	07.03.00	53	69	49	71	60	67	77	63	62	70	78	71	24	162	22	87	87	26,09	
F	07:00	15.03.00	82	63	75	77	54	73	89	65	101	75	206	133	12	154	31	86	86	36,51	
F	10:00	10.03.00	47	84	50	74	36	73	52	73	34	74	73	77	19	165	57	85	85	1,19	
F	13:00	06.03.00	53	78	48	80	60	78	34	78	90	74	49	71	20	177				-100,00	
F	16:00	08.03.00	31	88	31	89	44	89	35	90	38	91	35	89	36	167	34	96	96	9,09	
F	19:00	12.03.00	33	74	54	71	50	75	52	76	48	77	57	75	82	168	21	94	94	27,03	

subj	KI	Date	Aktivitet1:15-1:20										Recovery						
			rest20-25	rest25-30	rest30-35	rest35-40	rest40-45	rest45-50	r20Hfgj	r20std	r20HFgj	r20std		r20HFgj	manko rec %				
F	22:00	09.03.00	48	89	32	89	29	88	43	86	45	86	50	86	12	168	26	89	0,00
H	01:00	16.03.01	40	51	20	51	53	56	52	25	51	18	51	17	161	34	71	39,22	
H	04:00	23.03.01	36	56	40	56	44	56	23	55	41	113	73	10	151	23	68	21,43	
H	07:00	15.03.01	42	65	46	62	50	63	43	45	65	39	61	112	154	34	79	21,54	
H	10:00	06.12.01	47	72	20	67	45	67	46	24	65	30	66	13	152	30	75	4,17	
H	10:00	07.02.02	31	61	36	61	46	56	48	92	68	68	58	23	158	50	71	16,39	
H	10:00	06.03.02	40	62	53	60	38	57	60	58	31	56	59	16	154	39	71	14,52	
H	10:00	08.05.02	36	77	38	75	40	76	37	78	43	74	70	22	163	22	80	3,90	
H	10:00	22.03.01	42	57	32	55	30	56	42	36	54	72	57	16	155	40	63	10,53	
H	13:00	20.03.01	10	53	33	55	22	53	38	55	31	54	29	20	153	31	63	18,87	
H	16:00	14.03.01	34	54	38	56	43	57	31	56	43	54	57	15	164	25	78	44,44	
H	19:00	21.03.01	28	59	46	63	46	61	39	61	49	60	41	62	161	19	73	23,73	
H	22:00	19.03.01	46	50	59	52	11	49	41	50	33	50	65	49	17	155	28	66	32,00
J	10:00	11.12.01	31	71	28	71	34	72	27	70	23	70	34	71	50	167	27	95	33,80
J	10:00	14.02.02	27	76	37	77	27	74	34	76	41	78	50	76	23	179	22	97	27,63
J	10:00	09.04.02														29	86		
J	10:00	28.05.02	22	75	25	76	37	75	31	75	32	76	39	76	20	175	24	91	21,33
K2	10:00	12.12.01	83	67											16	158	33	73	8,96
K	10:00	08.02.02	74	60	42	57	42	58	71	58	63	60	64	61	22	154	43	74	23,33
K	10:00	08.05.02	70	64	49	58	70	57	30	55	59	55	64	59	23	142	43	63	-1,56
P	10:00	11.12.01	33	77	58	81	39	83	81	75	37	75	88	76	20	176	28	103	33,77
P	10:00	14.02.02	46	75	51	76	42	74	73	78	35	76	47	79	18	176	34	97	29,33
P	10:00	12.04.02	40	74	43	74	41	74	41	74	29	77	43	78	16	175	22	95	28,38
R	10:00	12.12.01	25	67	51	69	60	70	35	65	41	65	43	66	13	170	22	84	25,37
R	10:00	26.02.02	20	63	25	63	40	63	17	58	32	60	54	62	15	172	25	86	36,51
R	10:00	11.04.02	25	67	36	69	29	69	31	67	27	67	25	67	21	171	30	91	35,82
R	10:00	07.06.02	25	66	41	66	41	69	70	68	52	69	51	65	24	167	27	86	30,30

subj	KI	Dato	std= x10										Aktivitet1:15-1:20				Recovery		
			rest20-25	rest25-30	rest30-35	rest35-40	rest40-45	rest45-50	rest45-50	rest45-50	rest45-50	rest45-50	rest45-50	rest45-50	rest45-50	rest45-50		Recovery	
			20std	25Hfgj	30std	30Hfgj	35std	35Hfgj	40std	40Hfgj	45std	45Hfgj	a15std	A15Hfgj	r20std	r20Hfgj	manko rec %		
S	01:00	30.04.99	62	54	70	53	89	59	59	75	60	65	93	59	20	142	20	80	48,15
S	04:00	04.05.99	26	50	46	54	45	56	24	48	147	58	15	45	33	145	37	75	50,00
S	07:00	29.04.99	68	72	65	68	57	74	72	76	63	64	38	68	29	165	35	94	30,56
S	10:00	08.05.99	58	64	24	64	48	63	130	68	53	60	38	57	24	141	32	80	25,00
S3	13:00	28.04.99	69	66	74	72	76	72	52	70	61	69	88	64	24	163	45	93	40,91
S4	16:00	06.05.99	77	64	78	63	71	63	68	64	64	57	71	60	22	149	42	85	32,81
S	19:00	07.05.99	30	53	47	54	49	53	51	53	69	54	30	51	28	147	22	80	50,94
S5	22:00	05.05.99	43	63	38	63	44	60	66	57	65	60	55	59	20	139	43	71	12,70
O6	10:00	07.02.02	52	62	110	70	280	94	113	157	31	177	49	180	42	94	101	94	51,61
O	10:00	08.03.02	74	68	45	58	112	66	62	60	96	68	121	64	22	174	69	80	17,65
O	10:00	05.04.02	24	75	33	74	28	72	24	75	36	75	26	71	13	181	18	100	33,33
O	10:00	28.05.02	67	90	114	89	72	82	65	78	63	79	66	79	18	186	62	92	2,22
T	01:00	14.03.00	19	52	39	54	32	54	29	56	58	57	41	56	12	170	48	75	44,23
T	04:00	07.03.00	20	52	30	53	39	54	40	53	32	54	46	55	12	170	31	73	40,38
T	07:00	15.03.00	38	52	55	55	29	54	49	55	20	55	60	61	13	170	33	75	44,23
T	10:00	10.03.00	44	67	44	65	42	64	36	65	41	66	52	65	11	173	31	75	11,94
T	13:00	06.03.00	26	61	74	64	28	59	49	61	36	61	57	60	17	174	46	78	27,87
T	16:00	08.03.00	43	65	55	68	51	64	50	66	32	66	70	66	14	178	47	81	24,62
T	19:00	12.03.00	35	64	26	65	35	64	46	67	38	67	33	67	21	171	30	79	23,44
T7	22:00	09.03.00	29	59	21	58	41	62	21	59	28	59	29	61	21	55*/26	99*/74		

1:rr-file for recovery 20-25, std 76,1 ms2:ikke hvile før, 10-15 hvile før: 3,2; 56

3:en topp inngår, 16-21 etter gir: 13 og 92

4:en topp inngår, 10-15 etter gir: 14 og 84

5:bevegelser

6:15-20.min gir 38 og 92, store svingninger fra 20 min og ut.

7:mangler aktivtetsdelen, bare uttøying

Vedlegg 4 Helling for regresjonslinjen og std til RR-tiden (=HRV) gjennom hver 5-min periode under restitusjon fra aktivitet gjennomført til ulike tider av døgnet (5=5-10 min etter aktivitets slutt, 10=10-15 min osv)

Utøver	Tid på dagen	Helning	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
B	01:00	4,9948	9,93	16,66	42,30	23,00	25,32	44,59	59,39			
	04:00	5,0829	36,20	32,61	30,91	29,61	29,72	24,42	31,52	20,29		
	07:00	7,3546	13,40	22,26	43,24	34,23	46,63	45,68	55,81			
	10:00	7,3535	18,73	35,27	48,93	61,86	54,15	55,45	65,94	277,81		
	13:00											
	16:00	7,2740	16,92	40,93	69,81	53,88	53,87	73,86	71,14	67,06		
	19:00	8,3089	14,77	20,44	35,43	51,59	57,12	68,58	51,94			
	22:00	5,8223	19,97	23,12	32,77	56,33	48,33	48,41	48,93	57,50		
E	01:00	2,3014	22,68	17,08	24,51	35,05	44,90	35,95	33,92	47,37	50,67	50,59
	04:00	1,2197	13,13	18,88	19,73	15,59	45,77	25,62	48,44	41,69	62,63	55,38
	07:00	2,9403	31,76	21,96	29,21	38,10	38,82	49,86	65,01	50,40	76,86	78,96
	10:00	4,0797	33,61	23,39	36,42	52,02	46,67	61,27	42,30	61,51	70,38	95,12
	13:00	2,9594	28,13	16,99	28,27	33,34	39,96	63,22	77,40	80,79	65,15	73,58
	16:00	3,6936	10,04	26,97	24,10	32,17	33,94	32,58	46,52	67,35	44,61	55,84
	19:00	2,8110	25,96	21,26	23,23	37,80	40,31	38,86	55,36	47,95	54,05	41,04
	22:00	1,1955	22,67	22,19	19,22	34,97	17,39	22,49	24,04	25,26	26,41	34,88
F	01:00	1,9922	30,68	37,40	29,44	30,70	32,53	34,28	53,14	38,61		
	04:00	0,3029	32,48	35,94	29,04	23,13	35,65	32,94	51,29	50,61		
	07:00	1,3085	54,16	46,37	35,99	37,29	46,36	56,50	47,72	67,11	51,16	
	10:00	1,6255	39,80	52,44	48,13	71,29	58,57	47,92	52,70	68,66	80,15	
	13:00	2,1799	28,40	29,16	19,18	20,01	24,96	31,32	33,79			
	16:00	1,8231	37,61	38,55	31,64	33,32	32,51	34,65	43,86			
	19:00	1,9029	21,26	30,02	23,34	26,34	27,25	45,60	37,65	50,16		
	22:00	1,8670	27,12	30,92	41,78	38,48	42,74	44,83	43,96	53,49		
H	01:00	3,9654	39,78	40,33	40,93	51,14	70,41	39,63	73,89	106,58	104,59	74,90
	04:00	4,1101	55,45	32,97	26,69	30,07	46,83	90,53	72,75	72,22	132,03	73,28
	07:00	5,0334	36,99	35,55	30,85	42,34	63,06	56,21	65,32	61,38	51,99	88,48
	10:00	2,8861	57,30	31,10	59,57	76,89	70,19	105,36	118,97	114,11	142,00	131,95
	13:00	4,9011	32,62	62,39	48,02	79,07	106,85	192,57	131,41	113,56	162,93	125,28
	16:00	5,1336	25,44	19,77	22,51	24,54	34,74	68,87	91,06	119,63	111,79	25,35
	19:00	6,7534	20,57	37,71	42,62	39,56	69,79	53,21	108,48	96,17	123,22	90,36
	22:00	6,0039	37,47	21,37	46,09	58,41	71,20	100,49	108,06	142,91	112,42	120,94
S	01:00	5,3467	10,25	15,9	16,71	21,48	73,25	97,03	44,09	50,86	57,66	63,5
	04:00	8,8063	28,95	40,76	56,25	51,35	21,74	24,56	112,41	128,9	128,85	128,75
	07:00	2,7702	10,9	27,84	29,82	24,04	60,11	75	27,39	31,06	34,38	32,79
	10:00	4,2958	24,77	43,27	26,43	33,25	35,94	41,34	55,94	56,9	88,58	92,02
	13:00	2,7860	19,7	21,4	31,81	30,36	41,79	64,34	42,76	51,45	62,31	67,63
	16:00	3,2868	22,25	14,21	33,36	46,97	28,45	59,07	43,27	61,54	74,68	53,18
	19:00	4,7185	19,74	26,79	32,23	25,92	71,25	69,36	63,77	80,99	85,46	79,76
	22:00	4,7820	18,66	28,67	33,63	53,53	24,56	31,86	72,68	114,71	60,27	63,75
T	01:00	4,5384	75,13	52,97	77,54	75,30	74,17	79,24	80,75	100,81	110,45	
	04:00	3,5440	75,32	44,56	55,55	59,59	72,85	66,23	79,70	99,64	90,45	
	07:00	3,0248	102,28	81,24	81,45	83,66	90,29	80,08	73,24	72,59	88,99	
	10:00	4,8868	56,98	80,17	74,52	77,62	93,20	95,88	120,95	105,85	113,62	
	13:00	2,8685	40,12	51,58	57,28	41,22	67,09	61,88	54,84	73,20	72,17	
	16:00	4,3630	69,61	54,96	64,31	70,66	69,13	84,27	79,67	78,90	84,94	
	19:00	2,3031	54,47	49,21	58,90	58,49	62,68	58,70	58,82	91,70	77,35	
	22:00	3,5413	70,08	48,88	49,24	58,58	60,35	78,25	77,51	89,51	85,13	

