

Pustefrekvens som en metode for intensitetsstyring hos godt trente løpere

KRISTOFFER FUGLERUD ASK

VEILEDER

Stephen Seiler, Professor

Universitetet i Agder, 2023

Fakultet for helse og idrettsvitenskap

Institutt for idrettsvitenskap og kroppsøving

INNHOLD

FORORD	I
FORKORTELSER	II
ABSTRAKT	III
SAMMENDRAG	IV

Del 1: Teoretisk rammeverk og metode

Del 2: Forskningsartikkel

Pustefrekvens som en metode for intensitetsstyring
hos godt trente løpere.

Vedlegg

Forord

Motivasjon som lå til grunn for valg av tema på min masteroppgave var å få gjennomføre praktisk forskning innen utholdenhetstrening, med fokus på løpere. Ønsket ble innfridd gjennom utarbeidelsen av denne masteroppgaven, og arbeidet har vært spennende, krevende og ekstremt lærerik. Det å utforske et så nytt felt innen praktisk idrettsfysiologi har vært inspirerende og motiverende.

Et femårig lektorstudium nærmer seg nå slutten. Studiet har ikke kun medført ny kunnskap, det har også vært en fantastisk tid med engasjerte medstudenter og forelesere. Uten dyktige personer rundt meg hadde ikke dette prosjektet vært gjennomførbart og flere fortjener en stor takk.

Først og fremst vil jeg takke min hovedveileder Stephen Seiler for veiledning og hjelp gjennom masterprosjektet. Din rutine og faglige kompetanse har vært en viktig ressurs og motivasjon i utformingen av masteroppgaven. Takk for praktiske råd og tips innenfor mange ulike områder, fra søknadsprosesser til møte med fagpersoner angående teknisk utstyr mm. Det faktum at du responderer raskt på spørsmål og har vært tilgjengelig som veileder, har gitt stor trygghet.

En annen viktig støttespiller i prosjektet har vært utvekslingsstudent Thomas Lagoute, som bisto under alle de praktiske testene. Han har også gitt veiledning og teknisk hjelp i form av koding og resultater. I tillegg vil jeg takke CEO av Tyme Wear™ Arnar Larusson for støtte og veiledning for å sikre riktig bruk av vestene.

Forsøkspersonene fortjener også en stor takk, der de har vært villige til å ”gå i kjelleren” til tross for egne treningsopplegg og individuell satsing. Uten dere hadde det ikke vært mulig.

Til slutt vil jeg takke kjæreste, familie, medstudenter og venner for støtte, veiledning og oppmuntring under jobbing med masteroppgaven. Dere har vist forståelse og tålmodighet, og bidratt til å gjøre studiehverdagen mye lettere.

FORKORTELSER

I rekkefølge etter når de fremtrer i tekst:

HF	Hjertefrekvens (slag per minut)
LA	Laktatkonsentrasjon i blod
RPE	Rate of Perceived Exertion
PF	Pustefrekvens
TV	Tideventilasjon
VE	Minuttvolum for ventilasjon
VO _{2maks}	Maksimalt oksygenopptak
TV	Tideventilasjon
O ₂	Oksygen
ml·O ₂ ·kg ⁻¹ ·km ⁻¹	mengden oksygen som forbrukes per kilometer løpt, per kilogram kroppsvekt til en person
%HFR	%Hjertefrekvens reserve
PaO ₂	Partialtrykk for oksygen i arteriene
%PFR	Pustefrekvensreserve
VE-krav	minimumsbehov for VE
VT	Ventilatorisk terskel
VO ₂	Oksygenopptak
CO ₂	Karbondioksid
H+	Hydrogenioner
pH	Latin pondus Hydrogenium eller potentia Hydrogenium
LT	Laktatterskel
PF _{maks}	Maksimal pustefrekvens under fysisk arbeid
UiA	Universitetet i Agder
CEO	Daglig leder

n	Antall
LT1	Første laktatterskelnivå
LT2	Andre laktatterskelnivå
SF	Stegfrekvens
HA	Hastighet
PRS	Perceived Recovery Status
pod	En teknisk brikke
sRPE	Session Rate of Perceived Exertion
HR _{maks}	Maksimal hjerterefrekvens
LIT	Langkjøring økt
TIT	Terskelintervall økt
\bar{x}	Aritmetisk gjennomsnitt
HIT	Langintervall økt
SIT	Kortintervall økt
IMU	Inertial Measurement Unit
3D motion	3d bevegelse
UK	United Kingdom
FEK	Fakultetets etiske komite
AU	Arbitrære enheter
SPSS	Statistical Package for Social Sciences
p	p-verdi
pCO ₂	Partialtrykk for karbondioksid
SD	Standard avvik (Standard deviation)
RER	Respiratory exchange ratio
PRS	Opplevd restitusjonstilstand skala (0-10)

IMU	Intertialmåleenhet
3D motion	3D bevegelse
AU	Arbitrære enheter

SAMMENDRAG:

BAKGRUNN: Pustefrekvens (PF) er kroppens mest synlige parameter på indre fysiologisk belastning. Grunnet utfordringer rundt måling med andre spesifikke målemetoder har PF i hovedsak blitt benyttet som et subjektivt mål på intensitet utenfor testlaboratorier. Økt fokus på treningsmonitorering har resultert i nye «wearables», som åpner muligheten for å benytte PF som et mål på indre fysiologisk belastning. Denne studien siktet mot å evaluere (1) PF sin nytteverdi som et indre fysiologisk mål for intensitetsstyring og (2) validiteten og funksjonaliteten av den nyutviklede Tyme WearTM vesten.

METODE: Sytten (11 men, 6 kvinner) godt trente løpere (30 ± 6 år, $69 \pm 12,7$ kg, 175 ± 10 cm, maksimalt oksygen opptak 61 ± 4 ml \cdot kg⁻¹ \cdot min⁻¹) deltok i studien. Etter preliminær testing gjennomførte løperne øktene langkjøring (LIT), terskel (TIT), langintervall (HIT) og kortintervall (SIT) i randomisert rekkefølge. Det ble hver treningsøkt ble det utført repeterende målinger av relevant fysiologiske og perseptuelle reseptorer i alle øktene.

RESULTATER: Vyntus og Tyme WearTM vesten viste sterk korrelasjon på måling av maksimal pustefrekvens (PF_{maks}) ($r = 0,986$, $p < ,001$). PF_{maks} målt av vesten viser ved løp til utmattelse uten maske signifikant forskjell ($y = 0,9687x + 10,607$, $p < ,05$, $r = 0,45$) sammenliknet med tilsvarende løp med maske. Prosentvis endring i reserve Pustefrekvens reserver (%PFR) var større sammenliknet med HF reserver (%HFR) under LIT ($p < ,001$, $d = 0,8$), TIT ($p < ,001$, $d = 0,9$), HIT ($p < ,001$, $d = 0,8$) og SIT ($p < ,05$, $d = 0,6$)

KONKLUSJON: PF kan være et nyttig mål på intensitetsstyring, og vesten gir valide målinger av PF under trening i kontrollerte omgivelser. Fordelene med å monitorere PF under trening inkluderer en mer presis intensitetsstyring og bedre kvantifisering av endringer i mobilisering under utfordrende treningsøkter.

NØKKELOD: Utholdenhet, løping, pustefrekvens, treningsbelastning, monitorering

ABSTRACT:

BACKGROUND: Respiratory rate (RR) is the body's most visible parameter of internal physiological load. Due to challenges in measuring it with other specific measurement methods, RR has mainly been used as a subjective measure of intensity outside the lab. Increased focus on training monitoring has resulted in new wearables that open up the possibility of using RR as a measure of internal physiological load. This study aimed to evaluate (1) the utility of RR as an internal physiological measure for intensity control, (2) the validity and functionality of the newly developed Tyme Wear™ shirt.

METHOD: Seventeen (11 men, 6 women) well-trained runners (30 ± 6 years, 69 ± 12.7 kg, 175 ± 10 cm, maximum oxygen uptake 61 ± 4 ml.kg⁻¹.min⁻¹) participated in the study. After preliminary testing, the runners completed a long run, threshold run, long interval run, and short interval run in a randomized order. Relevant physiological and perceptual receptors were repeatedly measured during each training session.

RESULTS: Vyntus and Tyme Wear™ shirt showed strong correlation in measuring maximal respiratory rate (RR_{max}) ($r = 0.986$, $p < 0.001$). RR_{max} measured by the shirt during runs to exhaustion without a mask showed a significant difference ($y = 0.9687x + 10.607$, $p < 0.05$, $r = 0.45$) compared to the same run with a mask. Percent change in respiratory rate reserve (%RRR) was greater compared to %HRR during LIT ($p < 0.001$, $d = 0.8$), TIT ($p < 0.001$, $d = 0.9$), HIT ($p < 0.001$, $d = 0.8$), and SIT ($p < 0.05$, $d = 0.6$).

CONCLUSION: RR can be a useful measure for intensity control, and the vest provides valid measurements of RR during training in controlled environments. The benefits of monitoring RR during training include more precise intensity control and better quantification of changes in mobilization during training sessions.

KEYWORDS: Endurance, running, respiratory rate, training load, monitoring.

OPPGAVENS STRUKTUR

Del 1 presenterer det teoretiske rammeverket, et metodisk kapittel om hvordan studiens gjennomføre og et kapittel hvor metode diskuteres.

Del 2 presenterer en forskningsartikkel, skrevet etter retningslinjene fra International Journal of Sport Physiology and Performance.

Vedlegg presentert gjennom godkjenninger, informativt samtykkeskjema osv.

DEL 1

TEORETISK RAMMEVERK OG METODE

Kristoffer Fuglerud Ask

Innhold

1.0	Introduksjon	12
1.1	Overordnede mål og hensikt	14
2.0	Bakgrunn	15
2.1	Utholdenhetsidrett	15
2.2	Maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks})	15
2.3	Løpsøkonomi og utnyttingsgrad av VO_{2maks}	15
2.5	Treningsbelastning og intensitetsstyring	16
2.6	Kvantifisering av den indre fysiologiske treningsbelastningen	17
2.6.1	Hjertefrekvens	19
2.6.2	Laktat	20
2.6.3	RPE (Borg-skala)	20
2.7	Ventilasjon	22
3.0	Metode	28
3.1	Studiedesign	28
3.2	Utvalg	28
3.3	Testprosedyre	30
3.4	Rutine før/etter økt	31
3.4.1	Preliminær testing	31
3.4.2	Langkjøring (LIT)	34
3.4.3	Terskelintervall (TIT)	35
3.4.4	Langintervall (HIT)	36
3.4.5	Kortintervall (SIT)	36
3.5	Utstyr, kalibrering og mål	37
3.5.1	Tredemølle	37
3.5.2	Ergospiometri	37
3.5.3	Hjertefrekvens	38
3.5.4	Laktat	38
3.5.5	Vest	38
3.5.6	Opplevd anstrengelse	40

3.5.7 Antropometri	40
3.6 Databehandling	41
3.8 Etiske forhold:	42
4.0 Metodediskusjon	43
4.1 Studiedesign	43
4.2 Utvalg	43
4.3 Testprosedyre	44
4.4 Utstyr	45
4.4.1 Oksygenmåling	45
4.4.2 Laktat	45
4.4.3 Tyme Wear™	46
4.5.1 Preliminær testing	46
4.5.2 Langkjøring (LIT)	47
4.5.3 Terskelintervall (TIT)	48
4.5.4 Langintervall (HIT)	48
4.5.5 Kortintervall (SIT)	48
4.6 Styrker og svakheter	48
4.7 Intensitetsstyring	50
5.0 Kilder	53

1.0 Introduksjon

Trening er en prosess hvor utøveren utsettes for strukturert og progressiv stimuli, som utløser akutte, og langsiktige fysiologiske tilpasninger (Düking et al., 2016; McGuigan, 2017).

Eliteutøvere må gjennomføre omfattende treningsmengder for å oppnå et høyt prestasjonsnivå (Fiskerstrand & Seiler, 2004; Seiler, 2010; Tønnessen et al., 2014). Imidlertid vil en intens akutt treningsstimuli tilføye fysiologisk stress på systemnivå, og redusere ytelsespotensialet i fra noen timer opptil flere dager etter økten (Düking et al., 2016). Gjennomføring av repetert trening over en lang tidsperiode forårsaker en rekke fysiologiske endringer som kan resultere i forbedret ytelse i utholdenhetsidrett. Treningsadaptasjon over tid er sterkt avhengig av de tre faktorene treningsfrekvens, øktens varighet og øktens intensitet (Andrew M. Jones & Helen Carter, 2000). Kontroll over treningsbelastning betraktes som en av de viktigste faktorene for optimalisering av prestasjonen i profesjonelle idrettsmiljøer (Akenhead & Nassis, 2016; Kellmann, 2010; Meeusen et al., 2013). For at en utøver skal kunne maksimere den fysiologiske adaptasjonen må faktorer knyttet til treningsorganisering også optimaliseres (Sylta et al., 2016).

Når man planlegger trening, er det viktig å variere både intensitet og varighet på økten. Det finnes ulike metoder for å distribuere intensitet (Fiskerstrand & Seiler, 2004; Laursen, 2010; Stöggl & Sperlich, 2015). Norske utøvere bruker normalt en 5 – sone aerob intensitetskala (Sylta et al., 2016). Intensitetsskalaen er utviklet av den Norske Olympiske komité/Olympiatoppen og fungerer som en veiledende dynamisk skala for intensitetsmåling under utholdenhetstrening. Dette er en rettesnor for å velge ønsket treningsbelastning, styre intensiteten under økter, samt evaluere treningen for så å eventuelt kunne gjennomføre nødvendige justeringer. Skalaen baserer seg på fysiologiske faktorer, subjektive målinger og planleggingsverktøy (Olympiatoppen, 2020). De fysiologiske målemetodene baserer seg som i andre skalaer på avgrensninger av hjerterefrekvens (HF) og blodlaktat (LA)(Seiler, 2010; Sylta et al., 2014). De subjektive metodene baserer seg på Borg-RPE (Rate of Perceived Exertion) og subjektive vurderinger av ventilasjonen. Studier viser at jo mer individualisert og nøyaktig i-sonene deles inn, jo bedre effekt gir de på trening og prestasjon (García-Pallarés et al., 2009; Wolpern et al., 2015)

Intensitets sone	Borg (6-20)	Beskrivelse	% av makspuls	Laktat (mmol/L)	Ventilasjon/pust
I-1	<11	Veldig Lett	~55%-72%	<1,5	Kan prate uanstrengt.
I-2	<13	Nokså lett	~72%-82%	~1,0-2,0	Kan si lengre setninger relativt uanstrengt.
I-3	13-14	Behagelig anstrengende	~82%-87%	~1,5-3,5	Kan si korte setninger.
I-4	15-16	Anstrengende	~87%-92%		Kan si noen ord eller svært korte setninger.
I-5	17-20	Veldig anstrengende	~92%-100%		Kan kun si et ord eller to om gangen samtidig som man puster tungt.

Figur 1: Selvmodifisert fremstilling av I-skalaen til (Olympiatoppen, 2020). I= Intensitets sone.

Betydningen av ventilasjon blir nevnt (Figur 1), men det er i hovedsak kvalitative mål som oppgis i skalaen (Olympiatoppen, 2020). Gjennom videre forklaringen som gjelder ventilasjon skriver Olympiatoppen: “Hvor raskt du puster og hvor lett det er å snakke kan være et godt styringsverktøy for intensitet. Pust og pustefrekvens er spesielt nyttig på intervalløker med kort draglengde, der puls og laktat ofte kan være underestimert for arbeidet og misvisende.” (Olympiatoppen, 2020).

I moderne idrett er relasjon mellom treningen som er utført, de fysiologiske resultatene og prestasjon i fokus. Adaptasjon på en nøyaktig og predikerbar måte må gjøres gjennom kvantifisering av treningsbelastningen (Halson, 2014). Det er en bred enighet om at dagens verktøy for intensitetsstyring fremdeles ikke gir full innsikt i treningsbelastningen. Det varierer hvilke målemetoder og apparater som er mest hensiktsmessig i ulike situasjoner (McGuigan, 2017; Mujika, 2017).

Teknologiutvikling tilfører stadig nye verktøy som muliggjør målemetoder for flere fysiologiske faktorer gjennom en treningsøkt (Düking et al., 2016; McGuigan, 2017). Måling av lungefunksjon, gjennom pustefrekvens (PF), volum luft i hvert pust (tide volumet, TV) og minuttvolumet for ventilasjonen (VE) har over lang tid blitt målt i laboratorium, via målinger med avansert utstyr koblet til munnen (Eks. under VO_{2maks} testing)(Askanazi et al., 1979). Nye «smartvest» med innebygd målesensor, har gjort det mulig å flytte måling av kroppens mest kritiske og relevante funksjoner under utholdenhetstrening- (pusting) ut av laben til der treningen normalt foregår. Undersøkelser har vist at ulike «wearables» kan åpne nye dører

innen monitorering av trening og intensitetsstyring. Det er eksempelvis en sterk sammenheng mellom PF og RPE (Nicolò et al., 2016; Nicolò, Massaroni, et al., 2017). PF har også vist seg å respondere raskt på endring i intensitet. Gouw et al. (2021) foreslår at individualiserte treningsveiledning basert på ventilasjon vil kunne øke treningseffektiviteten og gi bedre respons. Gjennom studiet ønskes det å benytte disse observasjonene til å utvikle en dypere forståelse.

1.1 Overordnede mål og hensikt

Hovedmålene med forskningsprosjektet:

1. Evaluere validitet og pålitelighet til Tyme WearTM vesten ved bruk av en metabolsk vogn, samt å undersøke i hvilken grad maske/munnstykke påvirker pustefrekvensen under løping på høy intensitet.
2. Sammenligne pustefrekvens med andre indre fysiologiske målemetoder som inkluderer laktat, hjertefrekvens og RPE, for å evaluere om pustefrekvens kan benyttes som et verktøy til intensitetsstyring.
3. Undersøke effekten av ulike treningsøkter på pustefrekvens hos godt trente løpere, både gjennom utviklingen av pustefrekvens innad i øktene og i sammenlikning mellom øktene.

2.0 Bakgrunn

2.1 Utholdenhetsidrett

Utholdenhet kan defineres som “kapasiteten til å opprettholde en gitt belastning eller «power output» over lengst mulig tid” (Andrew M. Jones & Helen Carter, 2000). Utholdenhetstrening innebærer gjentatte isotoniske sammentrekninger av de store skjelettmuskelgruppene, som hovedsakelig drives av aerob metabolisme (Kiely, 2018). Over tid vil utholdenhetstrening resultere i økt slagvolum, maksimalt oksygenforbruk og mitokondriell biogenese (Booth et al., 2015; Coyle et al., 1983; Andrew M. Jones & Helen Carter, 2000). Utholdenhetstrening kan derfor resultere i økt kapasitet og høyere prestasjonsnivå. De tre viktigste fysiske faktorene som påvirker utholdenhetsnivået er VO_{2maks} , utnyttingsgrad av VO_{2maks} og løpsøkonomi (Andrew M. Jones & Helen Carter, 2000; Jones & Doust, 1998; Sjödin & Svedenhag, 1985).

2.2 Maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks})

VO_{2maks} defineres som kroppens maksimale evne til å ta opp og forbruke O_2 pr. tidsenhet, under dynamisk arbeid med aktivisering av store muskelgrupper (Bassett & Howley, 2000; Hill & Lupton, 1923). Under standardiserte forhold viser VO_{2maks} seg å være en reproducerbar karakteristikk av individets aerobe kondisjon (Esfarjani & Laursen, 2007; Lortie et al., 1984; Rusdiana, 2020). VO_{2maks} har bred forankring som gullstandard innenfor måling av funksjonsgrense for kardiorespiratorisk kondisjon (Rebecca Tanner, 2012), flere studier har vist at VO_{2maks} i stor grad kan relateres til løpsprestasjon (Billat et al., 2001; Esfarjani & Laursen, 2007). Det er verdt å merke seg at det er individuelle forskjeller i VO_{2maks} på grunnlag av genetiske faktorer (BOUCHARD et al., 1998). Det er derfor ikke nødvendigvis slik at utøvere med høyeste målt VO_{2maks} , presterer best under trening og konkurranse (Impellizzeri et al., 2005; Sjödin & Svedenhag, 1985).

2.3 Løpsøkonomi og utnyttingsgrad av VO_{2maks}

Løpsøkonomi er et mål på de metabolske kostnadene under løping på en gitt belastning, og blir normalt kvantifisert som $ml \cdot O_2 \cdot kg^{-1} \cdot km^{-1}$ (Bassett & Howley, 2000; Jones et al., 2021). Faktorer som treningsbakgrunn, muskelfibertype og biomekanikk påvirker dette målet (Saunders et al., 2004). Ved den samme submaksimale konstante hastigheten, vil en løper med god løpsøkonomi benytte mindre oksygen, kontra en løper med dårligere løpsøkonomi (Thomas et al., 1999).

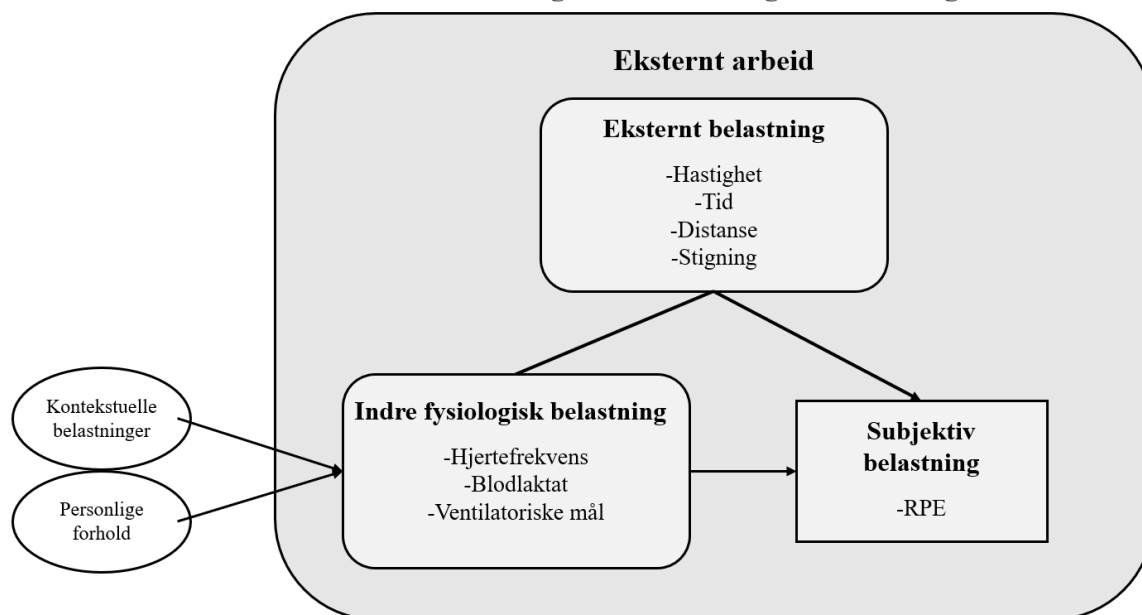
Utnyttingsgrad av VO_{2maks} defineres som “prosentandelen av en utøvers VO_{2maks} som kan benyttes på en spesifikk arbeidshastighet” (Howley et al., 1995). Terskelhastigheten er en viktig faktor for å øke ytelseevnen, og den integrerer VO_{2maks} , brøkutnyttelse og løpsøkonomi (Svedenhag & Sjödin, 1985). Terskelhastigheten definerer den høyeste intensiteten en løper kan tåle over lengre tid uten at laktat akkumuleres (Faude et al., 2009). Godt trente løpere har vanligvis høyere utnyttingsgrad enn mindre trente utøvere (A. M. Jones & H. Carter, 2000).

2.5 Treningsbelastning og intensitetsstyring

Historisk har det vært stor interesse knyttet til kvantifisering av utøveres trening (Hopkins, 1991). Treningsbelastning kan defineres som alle typer stress som belaster kroppen i forbindelse med trening (I.Eitzen, 2020). Intensitetsstyring omhandler evnen til å kontrollere og justere intensitet på trening i samsvar med målsettinger (McGuigan, 2017). For å tilpasse intensiteten i treningen er det viktig å måle relevante variabler som avhenger av bevegelsesform, øktens art og intensitet. De vanligste metodene for måling er gjennom den eksterne belastningen, de interne fysiologiske responsene og den subjektive selvopplevelsen av belastningen (Bourdon et al., 2017; McGuigan, 2017; Mujika, 2017). Måling av den eksterne belastningen refererer til kvantifisering av det fysiske arbeidet som utføres under treningen, mens den indre fysiologiske belastningen er den individuelle fysiologiske responsen som oppstår under en treningsøkt (Jaspers et al., 2018; McGuigan, 2017; Mujika, 2017). Subjektiv opplevelse av innsats, er hvordan utøverens egne oppfatning av intensiteten under trening (Borg & Dahlstrom, 1962; Borg & Linderholm, 1967; Borg, 1982). Det er også viktig å ta hensyn til ytre faktorer som kan påvirke den fysiologiske belastningen, selv ved samme ytre belastning (Drust & Waterhouse, 2010; Hargreaves, 2008; Maughan et al., 2012).

Diverse forskningsstudier anbefaler å bruke en «treenighet» som består av 1) den eksterne belastningen, 2) de interne fysiologiske responsene og 3) den subjektive opplevelsen av belastningen når man skal monitorere treningsprosessen. De påpeker at de ulike målemetodene har ulike styrker og svakheter, og fungerer best i et samspill (McGuigan, 2017; Mujika, 2017; Olympiatoppen, 2020). I denne oppgaven vil fokuset i hovedsak rettes mot måling av den interne fysiologiske belastningen.

Treenigheten av Treningsmonitorering



Figur 2: Treningsbelastning: Hvordan de ulike målbare faktorene er plassert i forhold til hverandre. Illustrasjonen gir en visuell forenklet fremstilling av (Halson, 2014; Impellizzeri et al., 2005; McGuigan, 2017; Mujika, 2017) sine funn. Figuren viser noen av de mest sentrale faktorene som påvirker den indre fysiologiske belastningen.

2.6 Kvantifisering av den indre fysiologiske treningsbelastningen

Kontroll over treningsbelastning betraktes som en av de viktigste faktorene for optimalisering av prestasjonen i profesjonelle idrettsmiljøer (Drew & Finch, 2016). Den indre fysiologisk belastning kan defineres som "summen av den fysiologiske og psykologiske stimuleringen som oppstår under trening" (M. Cardinale & M. C. Varley, 2017). Det er viktig å overvåke treningsbelastningen for å optimalisere treningen samt unngå overtrening, skader og sykdom (Borresen & Lambert, 2009; McGuigan, 2017). Dette kan gjøres ved å kvantifisere biologisk stress påført av treningsøkten (Impellizzeri et al.; Mujika, 2017). Uten presis kvantifisering av treningsbelastningen er det ikke mulig å identifisere effekten av treningen (Mujika, 2017). Treningsbelastning bør sees på som en del av en helhetlig tilnærming til trening og idrettsprestasjon, og ikke isolert fra faktorer som kosthold, søvn og stress. Derfor vil en holistisk tilnærming til trening være nødvendig for å optimalisere utøverens ytelse (Halson, 2014).

Monitorering av treningsbelastning brukes normalt til å måle biologisk stress påført av en treningsøkt (Impellizzeri et al.; McGuigan, 2017; Mujika, 2017). Utøvere og trenere søker stadig etter metoder for å forbedre og tilpasse treningen, slik at man kan maksimere

treningsutbyttet og unngå overtrening. Både utøvere, trenere og støtteapparatet rundt utøvere har i økende grad en vitenskapelig tilnærming til monitorering av belastning (Gabbett et al., 2017; Halson, 2014). Treningsbelastningen tilpasses til ulike tidspunkt i løpet av treningszyklusen for å øke eller redusere tretthet. Dette avhenger av hvilket stadiet individet er på i treningsperioden (Halson, 2014).

Ifølge Gibson og Edwards (1985) defineres tretthet (fatigue) som “unntatelse av å opprettholde en nødvendig eller forventet kraft”, eller unntatelse av å opprettholde kraft uten en økt den indre fysiologiske belastningen. Tretthet fungerer som en selvbeskyttende mekanisme mot skader (Halson, 2014), og blir påvirket av faktorer som type stimuli, varighet, frekvens og intensitet i treningen. En for stor belastning, vil kunne medføre utilstrekkelig fysiologisk og psykologisk tilpasning hos utøveren (Meeusen et al., 2013). Derimot vil tilstrekkelig restitusjon mellom belastning reversere prosessen, homeostase vil gjenopprettes og prestasjonen forbedres (Soligard et al., 2016; Viru & Viru, 2000). Disse faktorene spiller en viktig rolle for å forstå og kunne håndtere tretthet i forbindelse med trening og idrettsprestasjon (McGuigan, 2017).

Utøvere responderer ulikt på samme type ytre belastning (Buford et al., 2013). Den største variasjonen ses mellom individer, men det må også bli tatt høyde for variasjon hos den enkelte utøver (Bagger et al., 2003; McGuigan, 2017). Det er viktig å kvantifisere den indre belastningen, for å kunne forstå hvordan ulike fysiologiske systemer reagerer på den ytre belastningen. Dette gir grunnlag for en mer personlig tilnærming til treningen, samt å identifisere mulig helserisiko og feiltilpasninger (M. Cardinale & M. C. Varley, 2017).

Trenere og utøvere ønsker å overvåke treningsbelastningen for å se om utøveren tilpasser seg treningen, samt redusere risikoen for overbelastning (Halson, 2014). De står imidlertid overfor en kompleks og multifaktoriell utfordring ved måling av tretthet (Gibson & Edwards, 1985; Halson, 2014). Ingen av dagens mål på indre belastning gir et helhetlig bilde og det anbefales derfor å ha en holistisk tilnærming til måling (Borresen & Lambert, 2009; Hopkins, 1991). En omfattende kvantifisering av den indre belastningen vil imidlertid være vanskelig å gjennomføre, grunnet teknologiske begrensninger. En helhetlig vurdering krever at utøveren bruker flere overvåkingsenheter, i tillegg til å benytte både subjektive og objektive målemetoder. Bruk av flere måleenheter samtidig kan forstyrre utøverens treningsgjennomføring og skape utfordringer med hensyn til datainnsamling (M. Cardinale &

M. C. Varley, 2017). Overvåking av trening gir ingen garanti for suksess, men det kan være et nyttig verktøy om det benyttes korrekt.

De siste ~20 årene har det gjentatte ganger blitt vist utfordringer rundt høye kostnader, bemanningsproblemer og mangel på kunnskap og spesifikk erfaring er også gjentakende (McGuigan, 2017). Det er viktig å forstå utfordringene og mulighetene knyttet til ulike kvantitative målemetoder. Oppgaven vil derfor videre se nærmere på de mest brukte målemetodene for indre fysiologisk belastning og subjektiv oppfatning hos løpere. En detaljert beskrivelse av alle tilgjengelige metoder og verktøy faller utenfor oppgavens omfang, kan leseren finne ytterligere informasjon om treningsmonitorering ved å lese: Borresen og Lambert (2009); Halson (2014); Lambert og Borresen (2006); McGuigan (2017); Saw et al. (2016).

2.6.1 Hjerterefrekvens

HF er antall hjerteslag per minutt og er trolig den mest utbredte fysiologiske variabelen for måling av intern belastning for idrettsutøvere (Achten & Jeukendrup, 2003; Bagger et al., 2003). Innen løping og de fleste andre utholdenhetsidretter «anses HF som et gullstandardmål for monitorering av treningsintensitet». Dette baseres på forståelsen av et lineært forhold mellom HF (mer presist %Heart Rate Reserve), arbeidskapasitet og oksygenforbruk (Arts & Kuipers, 1994; Robinson et al., 1991). HF fungerer godt som mål på intensitet ved kontinuerlig arbeid, er enkelt å måle og kan indikere utøveres fysiske form/treningsstatus (Meeusen et al., 2013). Prosent av maksimal hjerterefrekvens brukes vanligvis til å beskrive treningsintensitet (Hopkins, 1991), men Karvonen og Vuorimaa (1988) foreslår at prosent av hjerterefrekvensreserve (%HFR) er mer nøyaktig ($HFR = HF_{maks} - HF_{hvile}$). Under lange treningsøkter med submaksimal intensitet vil HF gradvis øke over tid grunnet kardiovaskulær drift, som skyldes endringer i den sentrale sirkulasjonen (Mattsson et al., 2010; Nelson et al., 2020).

Forsinkelser på justeringen av HF under intervallpreget treningsarbeid gjør metoden ugunstig ved raske endringer (McGuigan, 2017). I tillegg kan den daglige variasjonen være ~ 6-12 slag/min (Bagger et al., 2003; Lambert et al., 1998). Ved høy intensitet på treningen kan det oppstå en takeffekt (ceiling effect) for HF. Dette betyr at HF sin respons på intensitetøkning reduseres, som hemmer dens funksjonalitet (Pattyn et al., 2010).

2.6.2 Laktat

Laktat produseres i muskelcellene gjennom karbohydratforbrenningen, også kjent som glykolysen. Under aerob celleånding oksideres pyruvatene fullstendig i mitokondriene. Dersom pyruvatene ikke kan oksideres fullstendig, blir de omdannet til laktat i cytoplasmaet gjennom celleånding. (Goodwin et al., 2007). Måling av blodlaktat kan angi utøverens intensitetsnivå og tretthet, og kan enkelt gjøres med små bærbare enheter (laktatmåler). Laktat benyttes i stor grad til å kartlegge utøverens kondisjonsnivå ved å definere LA terskel (McGuigan, 2017; PYNE et al., 2001). Laktat kan være et nyttig verktøy for å tilpasse intensiteten i treningen, samt sammenligne utøvere over tid. Ved trening i intensitetssone 1-3 er dette spesielt gunstig (Olympiatoppen, 2020). Laktat til RPE-forholdet kan brukes til å identifisere indre belastning og tretthet hos utøvere (Snyder et al., 1993).

Imidlertid er det viktig å merke seg at LA har begrensninger når det gjelder treningsmonitorering. Det er individuelle forskjeller i LA-akkumulering avhengig av elementer som omgivelsestemperatur, hydreringsstatus, kosthold, glykogeninnhold, tidligere trening og grad av muskelmasse aktivisert (Borresen & Lambert, 2009; Jones et al., 2019). I tillegg peker forskning på en individuell variasjon på opptil 23,9% under submaksimalt arbeid (Bagger et al., 2003). Det er også knyttet utfordringer til pris og utførelse. Derfor bør man være klar over at LA ikke alltid angir sammenlignbare målinger av intensitetsnivå. Målemetoder for måling av indre belastning bør også vurderes i tillegg til laktatmåling.

2.6.3 RPE (Borg-skala)

Borg-skala er en vanlig psyko-fysisk metode for å objektivisere subjektiv opplevelse av innsats under trening (Borg & Dahlstrom, 1962; Borg & Linderholm, 1967; Borg, 1982). Den sikrer en overordnet gestalt måling av innsats, gjennom å vurdere informasjonen fra muskler og ledd opp mot informasjonen fra hjerte- og luftveissystemet, samt nervesystemet (Borg & Noble, 1974). Studier tyder på at RPE korrelerer godt med hjerterefrekvens under steady-state trening og høy intensitet (McGuigan, 2017). RPE er en kombinasjon av den opplevde eksterne belastningen og den indre fysiologiske responsen. Det anbefales å bruke RPE sammen med andre indre fysiologiske responser for å fastsette intensiteten. Borgs-skala tar hensyn til utøverens dagsform og kan være et hjelpemiddel for å fange opp formutvikling, mangel på restitusjon eller overdreven belastning (McGuigan, 2017; Scherr et al., 2013).

Det er viktig å merke seg at Borg-skalaen er sårbar, grunnet målemetodens subjektive aspekter. Faktorer som øktens varighet, samt individuelle forskjeller, kan påvirke opplevelse og forståelse av skalaen. Det kan også være ulikheter mellom den kardiovaskulære

belastningen og den muskulære belastningen. Som et eksempel vil løping i nedoverbakke oppleves lettere, selv om det påfører betydelig belastning muskulært (Olympiatoppen, 2020).

2.6.4 Begrensninger ved HF, LA og RPE

Dagens teknologi har vesentlige begrensninger, og det benyttes derfor ulike måleverktøy for å kvantifisere treningen. For å gi en helhetlig vurdering av løperens prestasjon er det nødvendig å bruke flere ulike monitoreringsenheter i kombinasjon med subjektive målinger (Marco Cardinale & Matthew C. Varley, 2017). Endringer i måleresultater kan også skyldes biologiske variasjoner mellom individer og den biologiske fluktuasjonen rundt et homeostatisk punkt (Bagger et al., 2003).

Etter en gjennomgang av de mest brukte måle metodene vises det at HF fungerer godt på lav intensitet (i-sone 1 og 2) samt under kontinuerlig arbeid på høyere intensitet. Laktat sitt bruksområde er i hovedsak å kontrollere intensitet i i-sone 1-3. I dette intensitetsområdet, vil HF drift og den relative frakobling mellom intern og ekstern belastning, gi viktig informasjon om tretthet og grad av mobilisering (Kilde). Ved gjennomføring av en konkurranse eller hardøkt (i-sone 4-5) vil LA gradvis stige til utmattelse, men tallene er utfordrende å anvende. HF vil forbli relativt stabilt, delvis fordi HF ikke kan øke så mye relativt sett når intensiteten og HF er alt veldig høy (ceiling effect/effekt tak). I tillegg under veldig varierende intensitet vil HF være koblet til det gjennomsnittlige O₂ kravet samtidig som mobilisering og RPE for utøveren er tettere koblet til de intense dragene som «baller på seg». RPE vil øke gradvis, men det er anbefalt å bruke RPE opp mot indre fysiologiske mål for et mer nøyaktig resultat. Dette synliggjør at det er mangel på verktøy som kan gi nøyaktige målinger på den indre fysiologiske belastningen under arbeid på høy intensitet, spesielt når belastningen er intervallpreget (stokastisk). (Kilde)

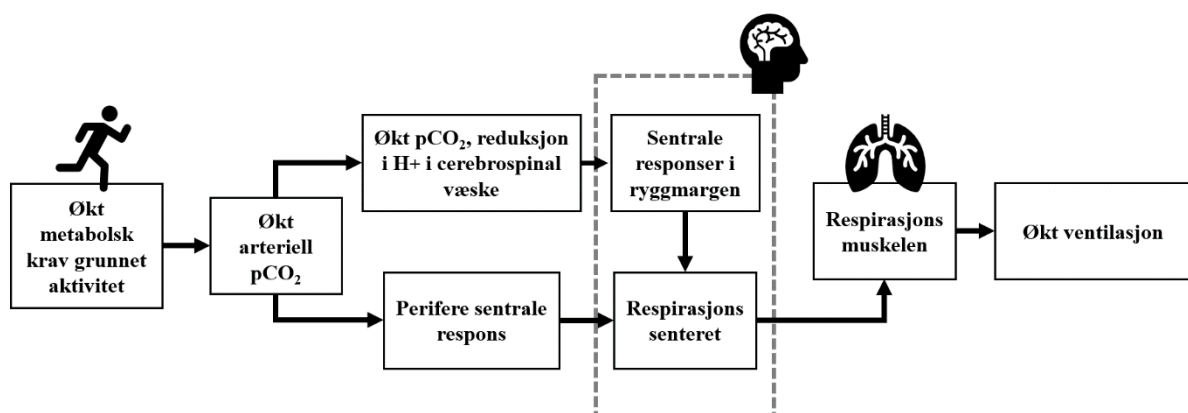
Nicolò et al. (2018) har fremlagt at ventilasjonsdata kan anvendes som et informativt fysiologisk parameter for å monitorere fysisk aktivitet. Gouw et al. (2021) foreslår at individualisert treningsveiledning basert på ventilasjon vil kunne øke treningseffektiviteten og gi bedre respons.

2.7 Ventilasjon

I 1775 oppdaget Antoine L. Lavoisier at levende organismer er avhengig av oksygen for å omsette energi. Han tolket deretter energiomsetningens betydning i forbindelse med ventilasjon. Lavoisiers oppdagelse/forskning anses som starten av kvantitativ forskning på energiforbruk (Åstrand & Rodahl, 2003).

Ventilasjon viser til transporten av luft til og fra lungene/alveolene (Vander et al., 2001) Sand (menneskekroppen-fysiologi og anatomi 2006. Det er bevist at, tidevolum (TV) og pustefrekvens (PF) er de vanligste måtene å måle endringer i ventilasjon (VE) på (Nicolò et al., 2018). TV ser ut til å hovedsakelig reguleres av metabolske faktorer (Nicolò et al., 2018; Nicolò, Massaroni, et al., 2017), samtidig PF og VE ser ut til å kunne påvirkes av både nevrologiske og hormonelle faktorer (Nicolò et al., 2018; Nicolò et al., 2019). Ved fysisk aktivitet vil inspirasjon og ekspirasjon bli mer aktiv, og medføre energikrevende prosess ved bruk av bla. diafragma, interkostal og bukmuskulaturen (Åstrand & Rodahl, 2003). Hvor mye og hvor tungt man puster kan gi verdifull informasjon om hvor høy intensiteten man arbeider på.

VE er mengden luft som pustes inn og ut av lungene per minutt. For å beregne VE multipliserer man PF med TV ($VE = PF \cdot TV$) (Åstrand & Rodahl, 2003). «Henrys lov» forklarer at gasstransporten i kroppen hovedsakelig forekommer ved diffusjon, som betyr at gassen beveger seg fra områder med høyere trykk til områder med lavere trykk (McArdle, 2001). Tilstrekkelig VE sikrer at det er kontinuerlig utveksling av luften i lungene, slik at oksygentrykket i lungealveolene (PaO_2) opprettholdes og O_2 beveger seg fra alveoler til blodet og videre til arbeidende muskler på grunn av trykkforskjellen (Vander et al., 2001).

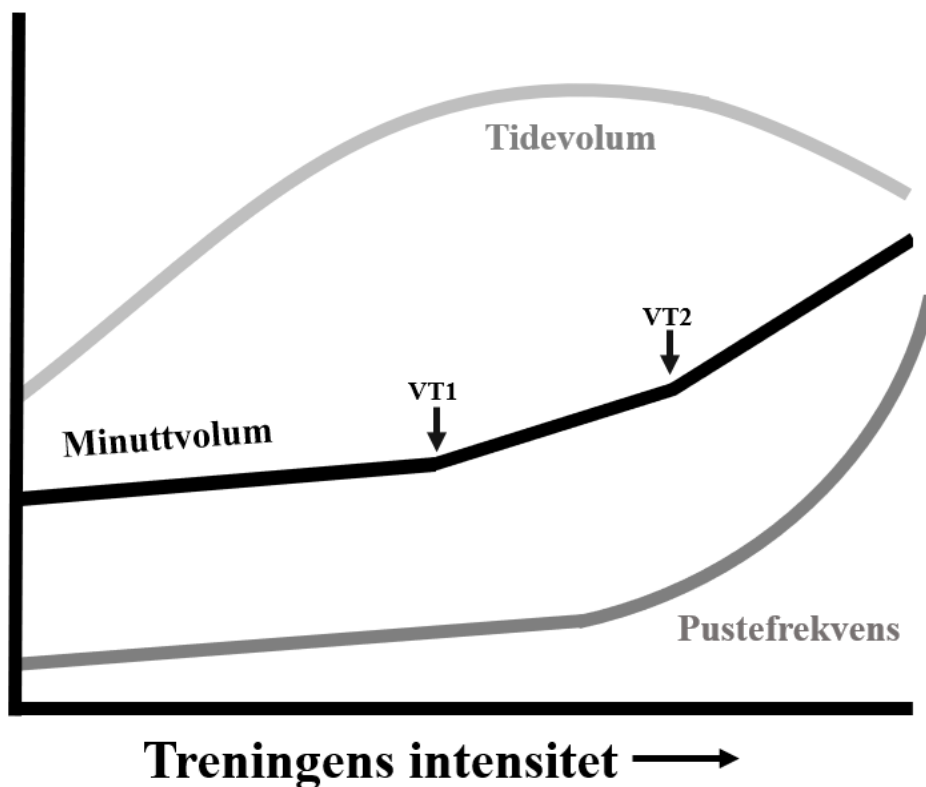


Figur 3: Selvmodifisert forenklet figur av den kompliserte VE reguleringen (Vander et al., 2001). Respirasjonsmuskelen aktiveres via den forlengede marg.

VE kan i motsetning til andre ledd i O₂ transportkjeden, til en viss grad viljestyres ved å øke åndedragenes volum eller frekvens (Haouzi & Bell, 2009). VE øker i en tilnærmet lineær kurve til LT, og deretter øker VE slik at kurven blir gradvis brattere på intensiteter over LT (Åstrand & Rodahl, 2003). Dette indikerer et minimumsbehov for VE (VE-krav) ved en gitt arbeidsbelastning. VE har en sterk sammenheng med ventilasjon karbondioksidutgang, under trening på moderat intensitet, men med en betydelig faseforskyvelse sammenlignet med variasjonen i arbeidsmengden (Fukuoka et al., 2017).

VE øker ved økt belastning grunnet nevralt regulering og ser ut til å være uavhengig av stimuli som brukes (Naranjo et al., 2005). Tidligere har maksimal-testing vist at menn har signifikant høyere VE en kvinner (Askanazi et al., 1980). I dag diskuteres det om det er kjønnsforskjellene eller andre faktorer som kroppsstørrelse, hormonelle forskjeller eller fysisk aktivitetsnivå (Phillips et al., 2019). Det er også vist at VE korrelerer lineært i sammenheng med økt kroppstemperatur (Hayashi et al., 2006).

TV er mengden luft som pustes inn og ut av lungene hvert åndedrag. TV kan i motsetning til PF formidle relasjonen mellom to variabler ved å justere verdien på basis av PF verdier og antyder dermed eksistensen av en ubalansert samhandling mellom PF og TV. Det er vist at progressiv intensitet på sykkel kan føre til en brattere økning i TV gjennom VE enn ved løping med liknende protokoller (Kalsås & Thorsen, 2009). Vanligvis er den maksimale verdien av TV nær 50-60% av den vitale kapasiteten (Blackie et al., 1991; Spiro et al., 1974).



Figur 5: Ventilatoriske effekter under aerob trening. Selvmodoifisert versjon av figur (Exercise, 2014).

Figuren 1 viser lineær sammenheng mellom VE og ventilatorisk terskel (VT). 2 – Økning i VE skyldes hovedsakelig økning i PF. 3- Økning i VE kun mediert av en økning i PF, og VT kan falle ved slutten av denne fasen (GALLAGHER et al., 1987).

Ventilatorisk terskel (VT) er brekningspunktet i respirasjonsraten under arbeid med gradvis økning i belastningen. Den respiratoriske kompensasjonspunktet nås på en høyere VO_2 enn den ventilatoriske terskelen når hyperventilasjon forekommer (Kraemer et al., 2014).

2.7.1 Pustefrekvens (PF)

PF er et grunnleggende klinisk mål, og er en informativ kilde til fysiologisk overvåking. I hvile har en voksen person normalt PF på ~ 12 pust \cdot min $^{-1}$ (Kift & Williams, 2007; Åstrand & Rodahl, 2003). Respirasjonssenteret som styrer pustefrekvensen, ligger i hjernestammen og er ansvarlige for den automatiserte og rytmiske utførelsen. Kjemoreseptorer (en del av nervesystemet som sender ut kommandoer til musklene) registrerer innholdet av O_2 , CO_2 og H^+ i blodet i arteriene ulike steder i kroppen. Signalene formidles til respirasjonssenteret i hjernestammen, hvor de påvirker rytmegeneratoren (Vander et al., 2001).

Påstanden om at PF er en god markør for fysisk anstrengelse underbygges av den nåværende forståelsen av at PF reguleres av raske impulser fra sentralkommando. Sammenlignet med måling av VO_2 og HF, er PF et mer følsomt fysiologisk parameter som raskt responderer på endringer i fysiologisk stress (Nicolò et al., 2019; Nicolò, Massaroni, et al., 2017).

Sentralkommando øker med arbeidshastighet og tid (Nicolò et al., 2019), og derfor er PF spesielt egnet til å følge de raske endringene i innsats som kjennetegner høyintensiv intervalltrening (Nicolò, Bazzucchi, Haxhi, et al., 2014; Nicolò et al., 2019; Nicolò, Massaroni, et al., 2017)

PF kan endres uavhengig av bevegelsesform og er høyst individuelt. Likevel er det observert at PF ofte korrelerer med rytmiske aktivitetsformer som gåing og løping (Bechbache & Duffin, 1977; Björklund et al., 2015; Fabre et al., 2007). Girardi et al. (2021) viser gjennom sin studie på syklistere at sammenhengen mellom tråkkfrekvens og PF er høy ved trening på lav intensitet, men effekten reduseres gradvis ved økende intensiteten. Dette kan tyde på at PF også drives av muskelafferent feedback (Girardi et al., 2021). Én studie har også konkludert med at PF og mekanismen som styrer den er medfødt, og PF og VE utfyller hverandre gjennom signaler fra hjernebarken (Haouzi & Bell, 2009).

Løping påvirker brystveggenes mobilitet og lengde-spenningsforhold til åndedrettsmuskler (Kalsås & Thorsen, 2009). PF responderer raskt, og tilpasser seg til brå endringer i treningsintensitet og stress (Masaoka & Homma, 2001). Dette gjør at PF responderer raskere på arbeid og restitusjonsfaser under ulike intervaller (Nicolò, Bazzucchi, Haxhi, et al., 2014; Nicolò, Massaroni, et al., 2017). PF vil stige ved økende intensitet for å kvitte seg med CO_2 å buffre stigende blodlaktat og nedgang i pH (Gouw et al., 2021). Under langvarige utmattende arbeidsøker over LT/VT, vil PF øke lineært over tid og nå maksimale verdier mot slutten av treningen under protokoller for tidsutmattelse og tempo sykling. Dette gjelder både for kontinuerlig (Nicolò, Bazzucchi, Haxhi, et al., 2014; Nicolò et al., 2016; Pires et al., 2011) og intermitterende (Nicolò, Bazzucchi, Haxhi, et al., 2014; Nicolò, Massaroni, et al., 2017) trening av ulik varighet. Ved maksimal anstrengelse er PF betydelig varierende mellom individer, og PF_{maks} ser ut til å ha ulike signaturer (Lucía et al., 2000; Nicolò, Bazzucchi, Haxhi, et al., 2014; Nicolò, Marcora, et al., 2017). Gjennom ulike kortvarige progressive tester til utmattelse har PF_{maks} på løp og sykkel vist seg å være ca. ~60 (pust/min) ut ifra ulike maksimale protokoller med «metabolic cart» (Kift & Williams, 2007; Lucía et al., 1999; Nicolò, Bazzucchi, Lenti, et al., 2014). Nicolò, Massaroni, et al. (2017) argumenterte for en normalisering av PF til PF_{maks} for å utvikle og standardisere strategier for treningsovervåking.

PF har gjennom flere ulike protokoller vist en sterk sammenheng med opplevd anstrengelse (RPE) under arbeid fra moderat til maksimal intensitet (Masaoka & Homma, 2001; Nicolò et al., 2016; ROBERTSON & NOBLE, 1997). Under trening på lav intensitet (Borg-RPE<11) viser PF liten eller ingen justering ved endring i arbeidsbelastningen. Derimot vil forandring i arbeidsmengde under høy intensitet føre til en betraktelig endring i PF. Derfor er PF følsom overfor trening på høy intensitet, men ikke lavere (Nicolò et al., 2018). PF påvirkes ikke av LA (Forster et al.; Nicolò, Massaroni, et al., 2017)

2.7.2 Måling av ventilatoriske faktorer

Måling av ventilasjon under trening har tradisjonelt blitt utført med luftstrømning gjennom munnen. Verktøy som masker eller et munnstykke benyttes, men dette kan virke påtrengende for utøveren. I tillegg kan motstanden og dødvolumet i pusteapparater påvirke pustemønsteret (Askanazi et al., 1979; Gilbert et al., 1972). En tidligere student ved Universitetet i Agder (UiA) fant lignende resultater gjennom eksperimentell lab-testing på løpere. Hans studie indikerte at PF er lavere med maske eller-/munnstykke kontra frie luftveier, og at Tyme Wear vesten er i stand til å vise dette.

En målemetode som ikke påvirker pustemønster, vil antakelig være mer nøyaktig. Det er viktig at målemetoden filtrerer PF for å fjerne feilaktig pust som følge av hoste, sukk, svelg eller andre lignende faktorer som forekommer ved gassutvekslingsanalyse (Lamarra et al., 1987).

Utarbeiding av en ny teknologisk og innovativ målemetode krever pålitelig treningsdata. Prosessen med å utvikle en slik målemetode innebærer kontinuerlig testing, sammenligning med etablerte metoder samt kvantifisering av validitet og reliabilitet. Flere verktøy har blitt utviklet og utprøvd for måling av PF via strekksensorer i vesten. Resultatene har vist seg å være lovende, eks, Hexoskin (Carré Technologies Inc., Montreal, Que., Canada) (Villar et al., 2015) og Equivital EQ02 LifeMonitor (Hidalgo; Cambridge, U.K.) (Liu et al., 2013). Dersom denne typen utstyr gir valide og reliable mål, vil dette åpne muligheten for å flytte målinger fra lab og ut i felt, til trenings- og konkurransesammenheng.

2.7.3 Tyme Wear™

Tyme Wear™ er et amerikansk selskap grunnlagt i 2014. Selskapet designer smarte treningsvester utstyrt med ulike parametere som skal måle ytelse og ventilasjon. Integrerte sensorer gir mål på ytre belastning, samt den indre fysiologiske belastningen. Tyme Wear™ vesten er en smart vest som hjelper utøvere å individualisere treningen ved å gi tilgang til metabolsk profil fra ventilasjon. Vesten var i utgangspunktet utviklet for måling av ventilasjonsterskel, men nå undersøkes det om nytteverdien kan være større. Selskapet fremstiller at vestene er komfortabel, resistent mot svette, kan vaskes i maskin og er funksjonell som høyprestasjons bekleddning

Gjennom analyse av 202 tidligere treningstester på ulike individer og sammenliknet med forventet ventilasjonsterskel (VT1 og VT2) sammenliknet med gullstandardmetoden indirekte kalorimetri. Testene ble utført på løp (gradvis økning i stigning) og sykkel (Gradvis økning i Watt) Resultatene fra gjennomgangen viste at modellering av ventilasjonsdata har god reliabilitet og kan gjøre ventilasjonsterskel tilgjengelig for en større del av befolkningen (Gouw et al., 2021).

Gouw et al. (2022) undersøkte videre TymeWear™ vesten sin validitet og reliabilitet i deteksjon av individuell ventilatorisk terskel. Vesten ble sammenliknet med Medics TrueOne 2400. Gjennom testing av 15 personer over to testdager ble det vist at Tyme Wear™ vesten var mindre valid, men gjorde det godt på reliabilitet.

I følge Tyme Wear™ CEO Arnar Larusson er det gjennomført flere tester og studier, men kun de to referert til over er publisert. Flere ulike forskningsprosjekter og har blitt gjennomført på UiA for å forbedre vesten, samt kartlegge dens nytteverdi og begrensninger.

3.0 Metode

3.1 Studiedesign

Denne masteroppgaven var en del av et større prosjekt utført ved UiA, Fakultet for helse og idrettsvitenskap, avdeling idrettsvitenskap. Kvantitativ metode ble benyttet for å besvare problemstillingen. Studien var eksperimentell og fulgte et deskriptivt design, med gjentatte målinger av fysiologiske responser under ulike løpeøkter. Deltakerne ble blindet for øktenes rekkefølge for å minske risiko for feilmåling.

Før testperioden begynte, ble alle prosedyrer, tester og metoder nøye gjennomgått og testet i praksis. En forsøksperson stilte frivillig til å gjennomføre hele protokollen, med de fem testene som øving til prosjektet.

3.2 Utvalg

Subjekter ble rekruttert i oktober 2022 gjennom innlegg på den lokale løpeklubbens sosiale medier (Vedlegg 8). Det var også enkelte utøvere som ble kontaktet direkte. Målgruppen for studien var godt trente løpere med flere års erfaring. Totalt viste 57 løpere (49 menn, 8 kvinner) interesse for å delta og ble videre forespurt om å besvare et digitalt standardisert spørreskjema for å kvantifisere deres trening og prestasjonsstatus. De interessertes egnethet ble vurdert ut ifra svarene på spørreskjemaet. Inklusjonskriteriene var knyttet til høye aerobe utholdenhets nivåer innenfor et gitt alderstrinn. Krav knyttet til inklusjons- og eksklusjonskriterier er tydeliggjort i tabell (Tabell 1)

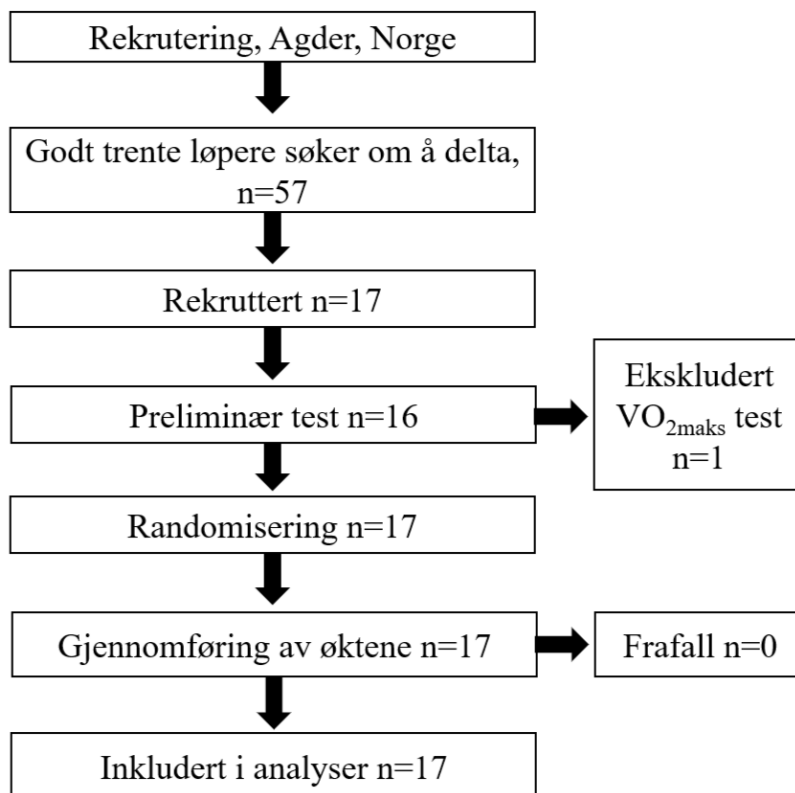
Tabell 1: Inklusjons- og eksklusjonskriterier for studien.

Inklusjonskriterier	Eksklusjonskriterier
>18 år, <40 år	Skader
	Sykdom
>løper 50km gjennomsnittlig ukentlig	Røyker
Tilgjengelig for testing mellom 1.11.2022 - 22.12.2022	Gravid
	Avhengig av å benytte medisiner som kan påvirke prestasjon
	Underliggende sykdom som kan påvirke prestasjon.
	Ikke fulgt standardisering i forkant av testene.
	Ikke gjennomført alle tester etter protokoll.
	Klatrer

For å bli valgt ut til prosjektet måtte alle inklusjonskriterier være oppfylt, og alle eksklusjonskriterier bekreftet fraværende. Deretter ble treningsmengde, kjønnsbalanse i utvalget og oppgitt fysisk form vektlagt. Grunnet tidsbegrensingen og begrensede ressurser i studien, ble det inkludert totalt 17 løpere (11 menn, 6 kvinner) i alderen 20-39 år fra Agder (Norge) i studiet.

Frafall og eksklusjon

En deltaker klarte ikke å oppnå VO_{2maks} på grunn av problemer med pusting i masken. Dette medførte at deltakeren sine resultater fra VO_{2maks} testen ble ekskludert fra alle analyser. To utøvere ble syke i løpet av testperioden, men de ble begge friske i løpet av få dager. Derfor ble ingen ekskludert fra studiens resultater.

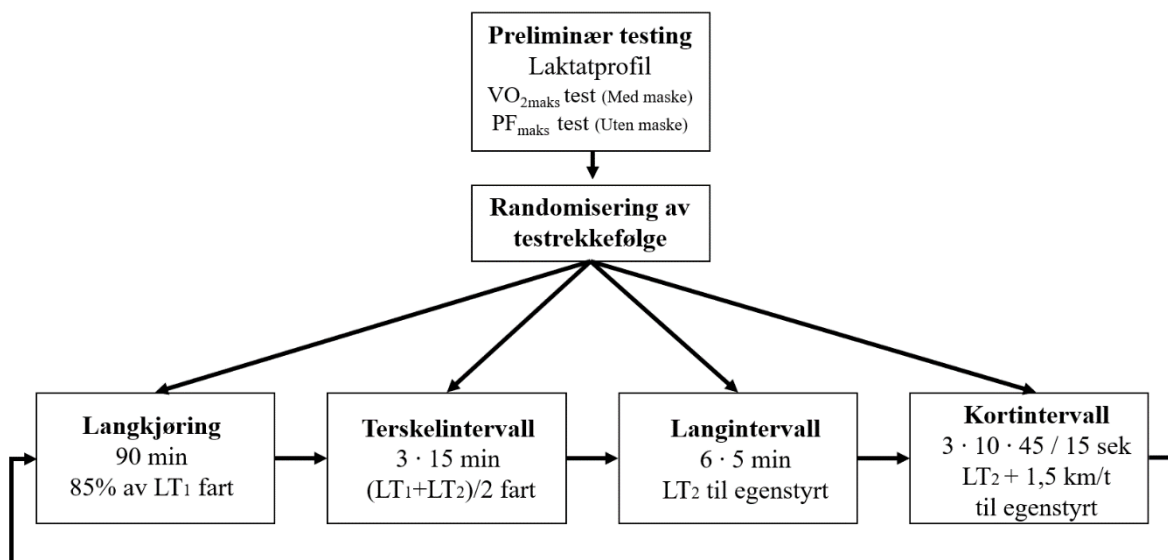


Figur 6: Rekrutteringsprosessen av løpere, oppdeling i grupper og frafall i studien. n= antall løpere

3.3 Testprosedyre

Datainnsamlingen ble gjennomført i perioden 01.11.2022-23.12.2022. Hver utøver møtte opp totalt fem dager på det fysiologiske laboratoriet i andre etasje på Spicheren Treningssenter. Deltakerne gjennomførte først preliminær testing i form av laktatprofil, VO_{2maks} test og PF_{maks} test. Laktatprofilen ble brukt til å avgjøre løperens LT_1 og LT_2 hastighet som ble benyttet til å bestemme fart på øktene. VO_{2maks} testen ble benyttet til å sammenlikne resultatene fra maksimal PF med og uten ventilasjonsmaske. Deretter ble løperne sin testrekkefølge randomisert. Det ble målt PF, HF, LA, RPE, SF i tillegg til tid og hastighet (H) under alle tester. Alle deltakerne utførte alle øktene i løpet av 14-19 dager.

Lokalet hvor testene ble utført holdt en temperatur mellom 18-21 °C. Luftfuktigheten lå et sted mellom 20-60%. Under hver test var alle vinduer åpne, og en vifte sto i brysthøyde 1 meter foran deltakeren. Døren ut til gangen ble også holdt åpen under alle tester, for å sikre luftutskiftning i rommet. Deltakerne hadde tilgang til vann under testen. Alle deltakerne utførte alle øktene i det samme tidsrommet hver gang (± 2 timer), og de ble kun gjennomført ettermiddag/kveld. Alle deltakerne måtte ha minimum 48 timer mellom hver økt for å sikre optimal fysiologisk restitusjon. Løperne ble instruert til å avstå fra alle former for utmattende trening de siste 24 timene før økt. De ble også bedt om å innta samme type måltid før de ulike øktene, samt unngå koffeinholdige produkter de siste 6 timene i forkant av hver økt. Hver løper måtte benytte samme par løpesko på alle økter. De ble videre instruert til å fortsette med sine normale treningsrutiner.



Figur 7: Studiedesign som viser når de ulike testene ble utført i forhold til hverandre.

3.4 Rutine før/etter økt

Før: Det ble fulgt en innledende protokoll ved oppstart av hver økt. Deltakerne fikk ikke vite hvilken økt som skulle gjennomføres på forhånd, men ble fortalt dette når de ankom testlaboratoriet. Deretter ble deltakeren spurt om å oppgi PRS (Perceived Recovery Status) på en skala fra 0-10. Dersom deltakeren sa et tall >4 skulle økten utsettes til en annen dag. Deretter tok deltakeren på seg Tyme WearTM vesten. Når vesten var på, ble løperens vekt målt. Deltakeren tok så på sko og pulsbelte før pod-enheten ble koblet til vesten. Avslutningsvis ble det hver gang spurt om deltakeren hadde forstått hvordan økten skulle gjennomføres.

Etter: Etter testen ble deltakeren vekt målt. Deretter fikk deltakeren hvile på en stol i ca. 10 minutter, imens vesten fortsatte og registrere data. 10 minuttene etter avsluttet test ble deltakeren spurt om sessionRPE (sRPE) og økten avsluttes.

3.4.1 Preliminær testing

Den første testdagen ble det gjennomført tre tester: submaksimal stegvis laktatprofil, progressiv løping til utmattelse test og PF_{maks} test. Testene ble utført med 10 minutter mellomrom, som vist i Figur 5. Hensikt var å kartlegge utøverens fysiske nivå gjennom VO_{2maks} , finne maksimal PF gjennom PF_{maks} testen, og kartlegge LT_1 og LT_2 ved å måle laktatprofil. Testresultatene dannet grunnlag for å beregne HA på øktene.

Laktatprofil

Den første testen var en submaksimal stegvis laktatprofiltest, med mål om å avsløre H og laktatverdier på LT_1 og LT_2 . Testen benyttet Olympiatoppen sin standardiserte protokoll for testing av laktatprofil (Olympiatoppen, 2020) og ble utført på følgende måte:

Deltakeren varmet opp i 10 minutter med kontrollert jogging på ca. 60% av antatt maksimal HF. Under oppvarmingen ble deltakeren gjort kjent med tredemøllen og fikk tildelt relevant informasjon rundt testprotokollen. Etter oppvarmingen ble det gjort laktatmåling for å kontrollere at deltakerens intensitet var under LT_1 verdier.

Deretter ble laktatprofilen utført gjennom 5-minutters submaksimale trinn med økende hastighet, til deltakeren nådde $>4,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ i blodlaktat. Deretter ble deltakeren stoppet etter utført trinn. Løperen sto stille med et ben på hver side av tredemøllens bånd i 30 sekunder mellom hver 5 minutt, for å utføre fingerstikk og det ble hente ut blod til laktatmåling. HA på det første belastnings trinnet, var individualisert og baserte seg på deltakerens oppgitte prestasjonsnivå og oppvarmingshastighet. HA på tredemøllen ble deretter

økt med $1\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ etter hvert 5- minutters trinn, og det ble totalt utført 7 - 9 steg.

Gjennomsnittlig HF, PF, og SF ble målt over de to siste minuttene av hver 5 minutters bolk. RPE ble målt i løpet av de siste 30 sekundene av hver 5- minutters bolk. LT_1 ble beregnet til hastigheten ved en blodlaktat konsentrasjonen $0,5\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ over de to første målingene (Hughson & Green, 1982; Pallarés et al., 2016), LT_2 ble definert som HA med en blodlaktat konsentrasjon på $2,1\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ over gjennomsnittet av de to laveste blod målingene. Testen baserte seg på nasjonal anbefaling fra Norwegian Olympic and Paralympic Confederation of sport. HF og RPE ble også tatt med i betraktningen for å kvalitetssikre kalkuleringene.

VO_{2maks} test

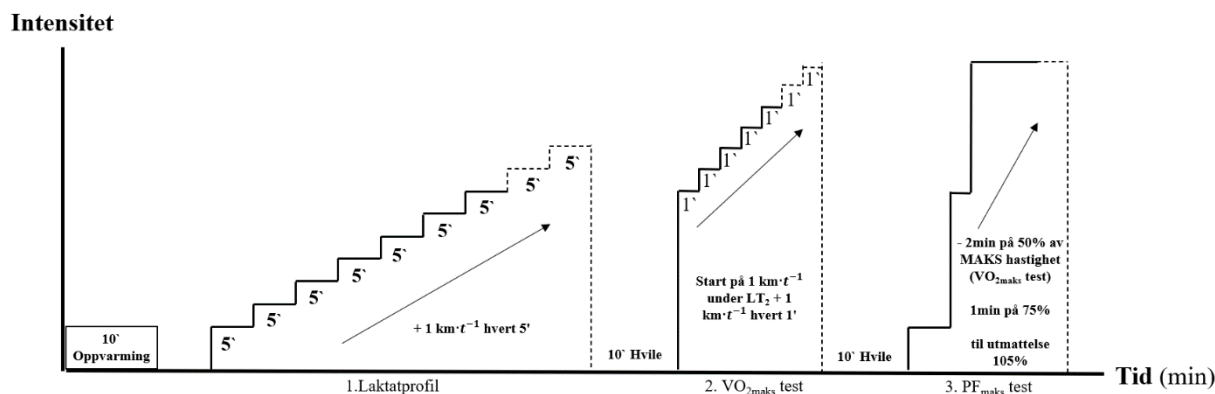
10 minutter etter fullført laktatprofil, ble det gjennomført en test i progressiv løp til utmattelse. Hensikten var å kartlegge VO_{2maks} , maksimal hjerterefrekvens (HR_{maks}), og laktatkonsentrasjon. Testen begynte med løping på en HA som tilsvarte belastningstrinnet før løperen nådde $>4,0\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ på laktatprofilen. Deretter ble HA økt med $1\text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ hvert minutt til utmattelse. Utmattelse ble symbolisert ved at deltakeren hoppet av tredemøllens bånd for å avslutte testen. Verbal oppmuntring ble gitt under testen med hensikt å motivere deltakeren. Det var forventet en total løpstid mellom 4-7 minutter. VO_2 ble målt kontinuerlig og avrundet hvert 30 sekund. Gjennomsnittet av de to høyeste VO_2 målingene ble definert som VO_{2maks} (kilde?). Borg-RPE ble målt så snart deltakeren klarte å kommunisere etter test, og LA ble målt ett minutt etter avsluttet test, fordi man gjerne ser at LA fortsetter å stige en periode etter maksimale protokoller (Goodwin et al., 2007).



Illustrasjon 1: Laktatmåling med eppendorfrør rør og gjennomføring av VO_{2maks} test med maske, Vyntus (metabolsk vogn) og miksekammer. Godkjenning av bilde (Vedlegg 10)

PF_{maks} test

Deltakerne fikk en ny 10 minutters pause, før PF_{maks} testen ble utført. Hensikten med testen var å provosere frem en så høy PF_{maks} som mulig gjennom fysisk aktivitet. HA under testen ble avgjort /satt med utgangspunkt i det siste belastningstrinnet løperen klarte å gjennomføre på VO_{2maks} testen. Først ble det gjennomført 2 minutter på 50% av den høyeste hastigheten deltakeren klarte å holde i minst ett minutt på VO_{2maks} testen. Deretter ble hastigheten økt til 75% av lik utregning. Til slutt ble farten økt til 105% av den høyeste hastigheten deltakeren klarte å holde over minst ett minutt på VO_{2maks} testen. Denne HA ble holdt til løperen var utmattet og måtte hoppe av møllen. Motiverende tilbakemeldinger ble gitt underveis i testen. Total gjennomføringstid var forventet 4 – 6 minutter. Måling av HF, PF, og SF ble gjort kontinuerlig gjennom hele testen. Borg-RPE ble registrert så snart deltakeren var i stand til å kommunisere og LA ble målt ett minutt etter avsluttet test.

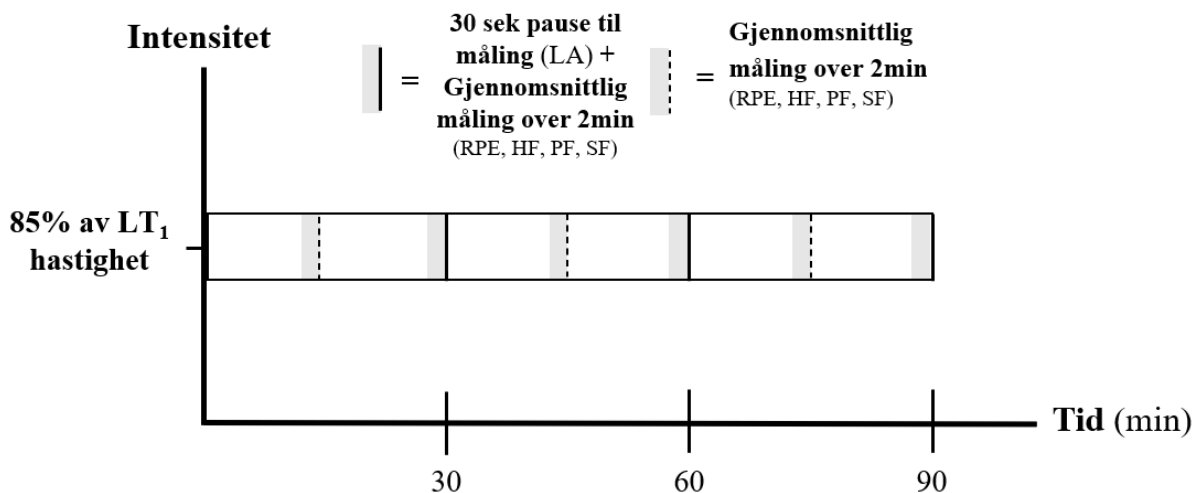


Figur 8: Preliminær testing. Første dag startet med en 10 min lang oppvarming, etterfulgt av en submaksimal 5-min progressiv test for å identifisere LT_1 fart og LT_2 fart. Etter 10 minutters pause ble progressiv test til utmattelse igangsatt for å kvantifisere VO_{2peak} , HF_{peak} , $Fart_{peak}$ og $laktat_{peak}$. Deretter ble nye 10 minutter med hvile igangsatt. PF_{maks} test ble så satt i gang for å måle PF_{maks} .

3.4.2 Langkjøring (LIT)

90min rolig langtur

Økten besto av 90 minutters rolig langkjøring med en hastighet som tilsvarte 85% av LT_1 . Deltakerne utførte 3 · 30 minutter løping med 30 sekunder pause mellom hver blokk. Det ble samlet inn som gjennomsnittlig HF, PF og SF-verdi over en to minutters periode, mellom 13-15 minutter og 28-30 minutter av hver serie. HF ble målt med pulsbelte samtidig som PF og SF ble målt av Tyme Wear vesten. I tillegg ble deltakerens Borg-RPE kartlagt i disse tidsrommene. LA ble målt i pausene samt etter at økten var fullført.

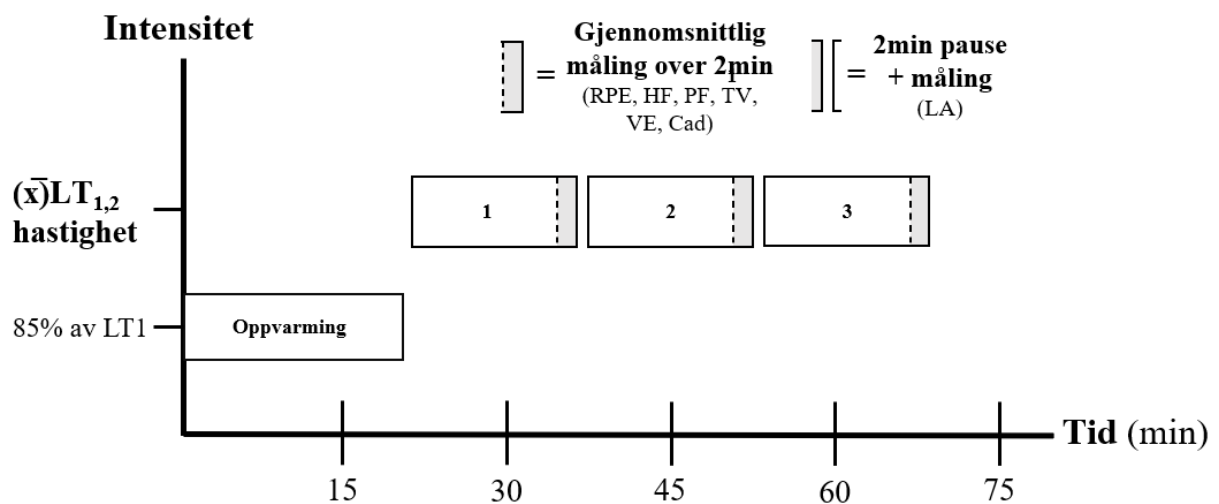


Figur 9: Langkjøring besto av en 90 minutters langtur i fart tilsvarende 85% av LT_1 . Løperen hadde 30 sekunder pause etter 30 minutter for laktatmåling. I tillegg ble Borg-RPE målt hvert 15 minutt og gjennomsnittlig HF, PF over de siste 2 minuttene av hver 15 minutters-bolk.

3.4.3 Terskelintervall (TIT)

3·15 minutters terskelintervall

Økten besto av 3 ·15 minutters intervaller utført på moderat intensitet. Deltakerne begynte med 20 minutters oppvarming i en H tilsvarende 85% av LT_1 fart. To minutter etter oppvarming ble intervallen satt i gang. H tilsvarte $(LT_1+LT_2)/2$, med 2 minutters pause mellom dragene. Måling av HF, PF og SF ble målt som gjennomsnittet over de siste 2 minuttene av hvert drag. Borg-RPE ble kartlagt i løpet av de siste 30 sekundene av hvert intervall. LA ble målt i starten av hver pause. Økten er illustrert i Figur 10.



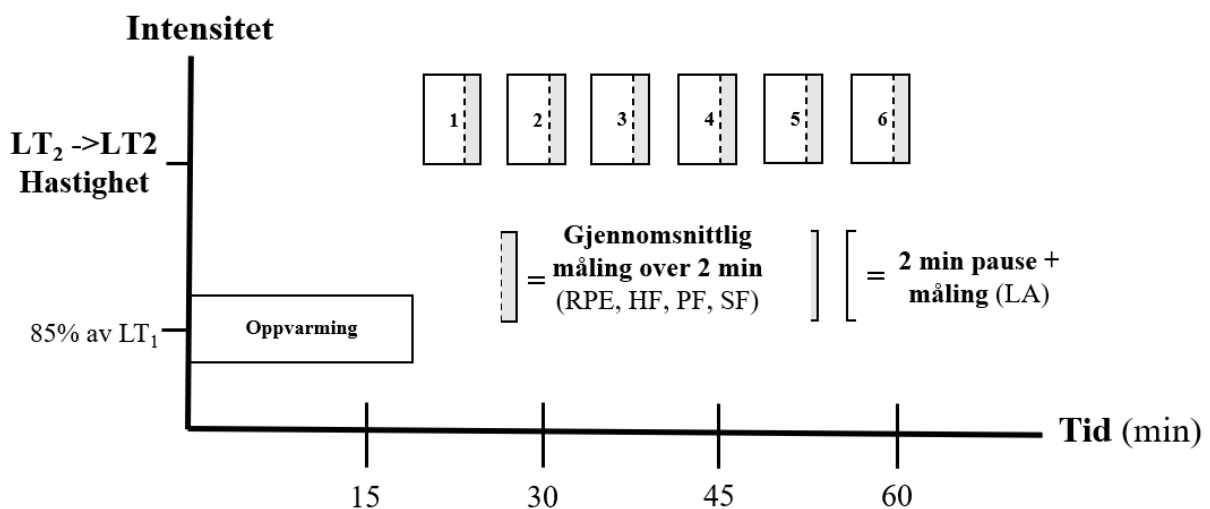
Figur 10: Terskelintervall starter med 20 minutters oppvarming, etterfulgt av 2 minutters pause. Deretter starter 3 ·15 min på hastighet tilsvarende $(LT_1 + LT_2)/2$. Mellom hvert drag var det 2 minutter pause.

3.4.4 Langintervall (HIT)

6·5 Langintervall

Langintervallen besto av 6 · 5 minutters intervall >LT₂ fart, med to minutters pause.

Deltakerne begynte med 19 minutters oppvarming på 85% av LT₁ fart, etterfulgt av ett minutt pause. Etter pausen ble langintervallen igangsatt. Deltakeren hadde mulighet til å øke HA, og ønske om endring måtte formidles til testansvarlig som utførte fartsendringen på hele minutter. LA ble målt etter intervall nummer 2, 4 og 6, og Borg-RPE ble målt etter hvert drag. HR og PF ble målt som gjennomsnittet over de siste to minuttene av hvert intervall.

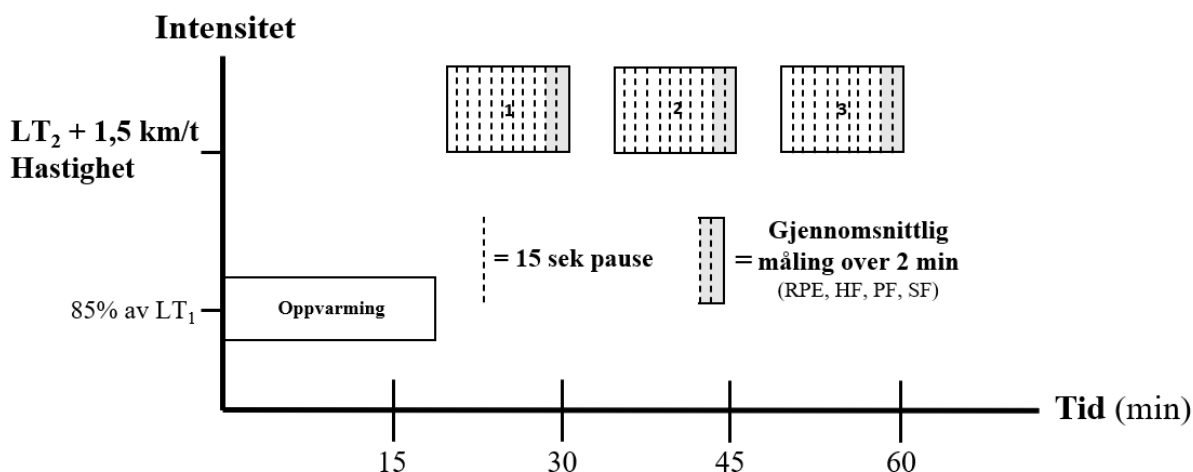


Figur 11: Langintervall starter med en 19 min oppvarming på 85% av LT₁ fart. Hoveddelen besto av 6 intervaller på 5 minutter >LT₂ fart med 2 min pause mellom dragene.

3.4.5 Kortintervall (SIT)

3 · 10min · 45 / 15sek kortintervall

Økten besto av 3·10·45/15 intervall startet på en fart tilsvarende LT₂+1,5 km·t⁻¹, med tre minutters seriepauser. Deltakerne kunne selv øke fart på samme måte som beskrevet i HIT. Innledningsvis utførte alle 19 minutters oppvarming i hastighet tilsvarende 85% av LT₁, etterfulgt av 1 minutt pause. Deretter ble kortintervallene igangsatt. LA og Borg-RPE ble målt i starten av hver pause, imens HF og PF ble målt som gjennomsnitt over de siste 2 minuttene av hver serie.



Figur 12: Kortintervall startet med 19 min oppvarming i 85% av LT₁ fart, etterfulgt av 1 min pause. Deretter fulgte hoveddelen som besto av 3·10·45/15 i LT₂+1,5 km·t⁻¹ fart og raskere, med tre min seriepauser.

3.5 Utstyr, kalibrering og mål

Alle økter ble gjennomført i andre etasje på Spicheren treningssenter, de ble utført på samme rom og det ble benyttet samme type utstyr.

3.5.1 Tredemølle

Alle økter ble utført på en motorisert tredemølle (Katana Sport XL Lode, Groningen, Nederland) med helning på 1° (1,75%). Testansvarlig styrte hastigheten via en manuell kontroll, og det ble jevnlig gjennomført manuell kalibrering av møllens hastighet og stigning under testperioden.

3.5.2 Ergospiometri

Gassutveksling og ventilasjonsparametere ble registrert via bruk av miksekammer. Ved oppstart og mellom hver test ble maksimal O₂- og CO₂-analysatorer kalibrert full automatisk 2-punkt gass kalibrering. Ventilasjonsturbinene kalibreres automatisk av en integrert blåser.

Deltakeren pustet gjennom en maske som var koblet til et miksekammer via en toveisventil (Hans Rudolph) og en fleksibel slange. Ekspirasjonsluften ledes gjennom et 2,6 L miksekammer hvor O₂ og CO₂ ble analysert med en metabolsk vogn (JAEGER Vyntus CPX, Jaeger, Hoechberg, Germany).

3.5.3 Hjertefrekvens

HF ble registrert ved hjelp av et pulsbelte (Polar H9, Kempele, Finland) festet rundt brystet. Hjertets elektriske impulser ble målt og registreres ved hjelp av to elektroder (telemetrisk pulsmåler). Måleusikkerheten er ifølge manualen $\pm 1\%$. Pulsbeltet ble koblet til Tyme Wear™ appen (1.0.5) og lagret etter hver økt. Pulsmålingene ble også lest av og loggført underveis i økten fra den tilkoblede appen på telefonskjermen.

3.5.4 Laktat

Laktat måles ved hjelp av en blodprøve fra fingertuppene på venstre hånd (I hovedsak pekefinger, langfinger eller ringfinger). For hver prøve ble det fylt et 20µl kapillærrør (EKF Diagnostic, Barleben, Tyskland) med venøst blod, før det ble lagt i et 1000 µl eppendorfrør med hemolyserende væske. Dette ble blandet ved forsiktig vending på eppendorfrøret 10 ganger. Prøvene ble analysert av Biosen C_line (EKF Diagnostics GmbH, Barleben, Tyskland) som er semiautomatisk. Dette apparatet ble kalibrert før hver økt med en standardløsning på 12 mmol·L⁻¹, og to testløsninger på 3,02 og 14,56 mmol·L⁻¹ (EKF Diagnostics, Cardiff, Wales). Utstyr som nåler (ACCU-Chek, Mannheim, Tyskland), papir, rør og eppendorfrør ble brukt kun én gang til laktatmåling, før det byttet ut. Alle laktatprøvene ble tatt vare på og retestet etter avsluttet økt, som en ekstra kontroll.

3.5.5 Vest

Deltakerne ble tildelt en teknologisk vest, med utgangspunkt i størrelsesguiden (Vedlegg anbefalt av Tyme Wear™). Vesten består av de syntetiske stoffene polyester og nylon, som tilfører elastiske egenskaper. Pod-enheten er en brikke med innebygget IMU som måler kraft, tid i svevfase, stegfrekvens og forandring i helning. Den festes øverst bak på den teknologiske vesten og veier 20 gram. Poden samler ventilasjonsdata fra vestens sensor og har i tillegg egne sensorer som måler stigning og 3D motion. Vestens sensor er plassert midt bak på ryggen og er en del av vesten. Den måler utvidelser og sammentrekninger av brysthulene ved hjelp av en trykksensor som er resistiv og gir en gitt motstand.

Data fra PF registreres som antall pust i minuttet. For å finne reel data fra TV og MV kan hvert individs verdier kalibreres mot gullstandard. Grunnet at prosessen med å utvikle individuelle TV og MV skalaer er komplisert og tidkrevende ble ikke dette gjennomført.

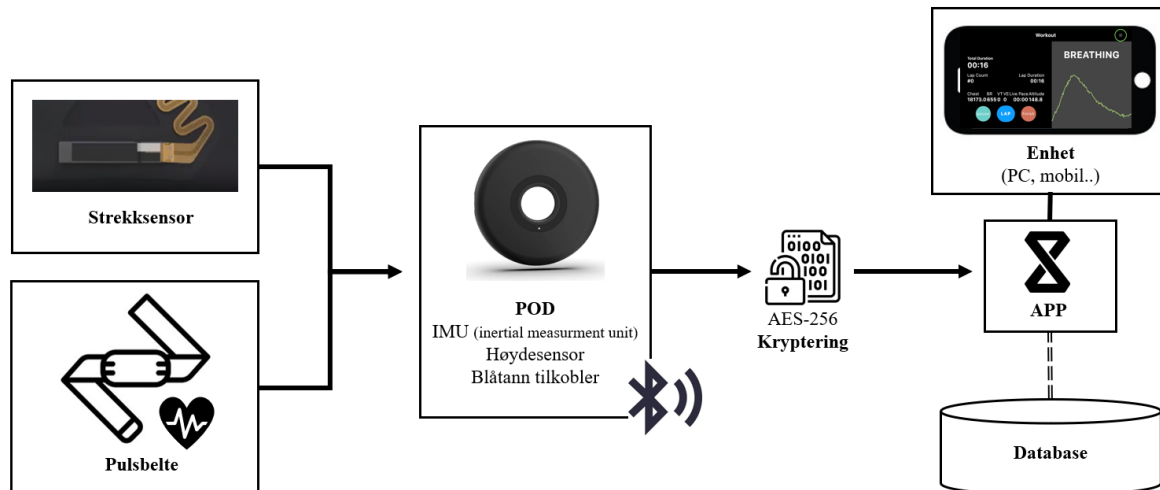
Data ble samlet inn via bluetooth-parkopling mellom poden og Tyme Wear™ appen, som ble gjort på en Iphone SE enhet (Apple, iPhone SE 64GB, California). Vestene ble kalibrert etter

produsentens instruksjoner før hver økt (Vedlegg). Pod-enhetens programvare ble ikke oppdatert under økten og programvaren som ble benyttet var versjon 0.29.

Deltakeren benyttet tildelt vest på alle økter så lenge den opprettholdt sin normale funksjon. Ved øktstart ble det kontrollert at >HZ 12 000, verdier og funksjoner fungerte som normalt. Tett dialog med Tyme Wear™ sikret at alle nødvendige endringer/ tilpasninger ble utført på riktig måte.



Illustrasjon 2: Selvmodifisert illustrasjon av Tyme Wear vesten. Hentet fra ([tymewear.com](https://www.tymewear.com)).



Figur 12: Tyme Wear vestens virkning fra måling til data.

3.5.6 Opplevd anstrengelse

Borg-RPE er et hjelpemiddel som benyttes for å beskrive opplevd anstrengelse (Borg, 1970). Skalaen går fra 6-20, hvor 6=Hvile og 20=Maksimal anstrengelse. Et bilde av skalaen ble skrevet ut og laminert på to A4 ark, og plasseres lett synlig for deltakeren. Før første økt fikk hver deltaker en standardisert gjennomgang av skalaen.

3.5.7 Antropometri

Det ble gjennomført målinger av de antropometriske målene høyde og kroppsvekt. Målingene ble foretatt i lett treningstøy og Tyme Wear™ vest, uten sko. Høyde ble målt ved hjelp av et stadiometer (Seca 217, Seca, Hamburg, Tyskland) før den første økten. De avleste tallene ble rundet av til nærmeste hele centimeter. Kroppsvekt ble målt på en vekt (Seca Robusta 813, Seca, Hamburg, Tyskland) og rundes av til nærmeste 0,1 kg. Målingene av vekt har ifølge manualen en feilmargin på $\pm 0,1$ kg.

3.5.8 Annet

Tidtaking ble gjort med en digital manuell klokke (Hanhart Prisma 200, Tyskland) og mengden vann som ble inntatt ble målt via et desilitermål.

3.6 Databehandling

Tyme Wear™ vestene samlet inn data kontinuerlig gjennom øktene og automatisk opplastning i sky for videre prosessering og lagring. En ferdigprosessert fil ble deretter åpnet på Tyme Wear-dashbordet. Derifra ble filene lastet ned som csv- og fit-filer, før de ble lastet opp i Endura.fit. Programmet er et skybasert software system utviklet av Stephen Seiler (UiA) og John Peters (UK) for å integrere og tidssynkronisere diverse datakilder og analysere treningsfiler. Programmet ble brukt til å sortere data fra Tyme Wear™ for deretter å sortere tallene i Microsoft Excel 2022. Videre ble SPSS til Windows (versjon 28, IBM, Chicago, IL, USA) brukt til statistiske beregninger som ikke kunne gjøres i Excel. Grafer, figurer og tabeller ble laget i Microsoft Excel versjon 16.66.1 (MS, Redmond, WA, USA) og PowerPoint versjon 16.66.1 (MS, Redmond, WA, USA).

Enkeltøkter ble kjørt gjennom Tyme Wear™ sin terskel deteksjon algoritme for å bekrefte verdier og sikre at resultatene var nøyaktige.

3.7 Analyser, tester og statistikk

All statistisk analyse ble utført med SPSS (versjon 28, IBM, Chicago, IL, USA) og presentert som gjennomsnitt \pm standard avvik. Til vurdering av vestens validitet og reliabilitet opp imot den metabolske vognen ble den systematiske skjevheten (gjennomsnitt av PF-forskjellene) og grenser for sammenheng ($1,96 \cdot$ standardavvik for PF-forskjellene) ble regnet ut. Forskjellen mellom PF_{maks} med og uten maske ble funnet med korrelasjonsanalyse. Linear Model Repeated Measures ANOVA ble brukt til å kvantifisere forandringen i fysiologiske og subjektive verdier mellom de ulike dragene. Bonferroni Post hoc test ble brukt til å definere hvor og hvor store de ulike forskjellene var. Individuelle % endringer i

Paired sample T-Test ble benyttet for å teste forskjell mellom PF_{maks} mellom de to testene. En verdi av $p < ,05$ ble vurdert som statistisk signifikant på alle analyser.

3.8 Etiske forhold:

Alle deltakerne i denne studien var friske aktive voksne uten kjente helseproblemer. Før testing begynte ble det sendt ut et informasjonsskriv (Vedlegg 2) til alle deltakerne. Der ble det informerte om studiets bakgrunn, formål, metoder samt, fordeler og ulemper. Det ble spesifisert at deltakelsen var frivillig og at man til enhver tid hadde mulighet til å trekke seg fra studien, uten å måtte oppgi årsak. Deltakeren ble også informert om konfidensiell behandling av data, og skriftlig samtykke ble innhentet fra alle deltakerne.

Studiet ble gjennomført i samsvar med Helsinkideklarasjonen. En prosjektbeskrivelse basert på masteroppgaven ble godkjent av fakultetets etiske komité (FEK)(Vedlegg 4) tilhørende UiA. Dataen ble lagret og behandlet i samsvar med Norwegian Agency for Shared Services in Education and Research (Sikt) (Vedlegg 3).

4.0 Metodediskusjon

4.1 Studiedesign

Denne studien benyttet et eksperimentelt design for å undersøke forskningsspørsmålet ved å manipulere uavhengige variabler og observere påvirkningen på avhengige variabler for å undersøke forskningsspørsmålet (Polit & Beck, 2010).

En deskriptiv karakter med repeterende målinger ble benyttet. Formålet med deskriptive studier er å vurdere situasjonen slik den er i nåtid. En slik vurdering innebærer identifisering av ulike fenomener basert på en observering eller oppdagelse av sammenhenger mellom to eller flere fenomener (Thomas et al., 2015). Deskriptivt studiedesign skal også gi en helhetlig beskrivelse av et fenomen eller en populasjon som er relativt ny eller som har behov for å beskrives grundigere (Davis, 1998).

I denne studien ble gjentatte målinger brukt for å se på endringer over tid hos deltakerne. Det betyr at flere målinger ble utført på hver deltaker, på ulike tidspunkt og under forskjellige forhold. Fordelen med denne metoden er at det kreves færre deltakere for å oppnå tilstrekkelig statistisk kraft sammenliknet med andre metoder (Schober & Vetter, 2018). Økt rekkefølgen ble randomisert etter den preliminare testdagen. Dette ble gjort for å redusere effekten av faktorer, som kan påvirke resultatene. Deltakerne ble også blindet for testrekkefølgen. Blinding refererer til prosessen med å begrense påvirkningen av kunnskap og forventninger. Blindingen av testrekkefølgen bidrar til å redusere bias (Karanicolas et al., 2010).

4.2 Utvalg

Studiepopulasjonen besto av 17 deltakere (11 menn, 6 kvinner). Alle deltakerne fullførte hele studieperioden. Det var henholdsvis et testresultat fra en $VO_{2\text{maks}}$ test som ble ekskludert fra analysene, grunnet avvik i testprotokollen. Det ble ikke foretatt ytterligere eksklusjoner i analysen. Det var ønskelig å maksimere N innenfor de gitte forutsetningene, fordi en stor N er essensielt for å øke den statistiske styrken i studien (Martínez-Mesa et al., 2014). Aldersgrensen for deltakelse i studien ble satt til et alderspenn mellom 18-40 år, der en nedre grense var hensiktsmessig for å unngå å innhente tillatelse fra forsøkspersonens foresatte. Øvre grense ble satt grunnet at lungefunksjon og andre fysiologiske egenskaper progressivt reduseres ved aldring (Lakatta, 1990; McClaran et al., 1995; Spirduso et al., 2005). Det var utfordrende å rekruttere like mange kvinner som menn til studien, og det til like inklusjons- og eksklusjonskriterier. Inklusjonskriteriene ble utformet med hensikt om å fastsette en nedre grense for treningsstatus

som var nødvendig for å kunne delta i studien. Eksklusjonskriterier ble benyttet for å eliminere åpenbare faktorer som kunne påvirke resultatene.

4.3 Testprosedyre

For å forbedre resultatets validitet og reliabilitet ble deltakerne bedt om å utføre alle øktene innen 21 dager (3 uker). Det var nødvendig fordi forskning på løpere viser at det kan forekomme en signifikant forbedring av prestasjonsnivå etter 5 uker gjennom ulike treningsopplegg (Franch et al., 1998; Gist et al., 2014). Hver økt ble separert med minimum 48 timer, som i henhold til tidligere forskning har vist seg å være tilstrekkelig restitusjonstid (PARRA et al., 2000). Deltakerne fikk ved behov 1-2 dager ekstra pause for å sikre at de kunne yte maksimalt under øktene. Hver deltakerne utførte alle øktene på samme tidspunkt på døgnet (± 2 timer). Slik ble det tatt hensyn til individuelle svingninger i prestasjoner grunnet sirkadisk rytme. Tidspunktet en økt blir utført har vist seg å påvirke forskjellige fysiologiske faktorer, som VO_2 kinetikk (Hill, 1996) og LA-intensitet forhold (Deschenes et al., 1998). Individuelle prestasjoner kan ifølge (Facer-Childs & Brandstaetter, 2015) variere med 26% i løpet av en døgnsyklus. I tillegg har trening på ettermiddagen vist seg å gi bedre resultater enn om morgenen (Gholamhasan et al., 2013), som ga tilstrekkelig grunnlag for at alle økter ble utført på ettermiddag/kveld.

En stigningsgrad på 1 grad (1,75%) ble benyttet på all testing for å begrense hastighetsutfordringer på VO_{2maks} testen. Dette er i strid med (Jones & Doust, 1996) funn som tilsier at 1% stigningsgrad (0,57 grad) gjenspeiler energikostnaden ved løping utendørs i størst grad (Mooses et al., 2015). Likevel ble det besluttet å følge OLT sin anbefaling for VO_{2maks} testing (OLT). Studier har vist at monitorering av løping får ulike resultater utendørs og på tredemølle (Strohrmann et al., 2012), samt varierende resultater på ulike tredemøller (McKenna & Riches, 2007). Dette understreker viktigheten av å være spesifikk ved overvåking av treningen. Samtidig vil dette valget rundt standardisering av tredemøllen ikke påvirke sammenlikningene av deltakerne.

I testlokalet var lufttemperaturen stabil mellom 18 – 21 °C alle dagene. Dette var for å unngå klimatisk påvirkning av kalde eller varme som igjen kan påvirke prestasjonsnivået (Martin & Buoncristiani, 1999). Varme forhold kan eksempelvis indusere flere fysiologiske belastninger og dermed svekke løperens kapasitet (Racinais et al., 2015). Det har blitt påvist at et varmt klima kan forsterke stressreaksjoner under trening, og blant annet føre til økte nivåer av laktat i blodet. Dette var enda en grunn til å passe på temperaturen i testlokalet (Burfeind &

Heuwieser, 2012; MacDougall et al., 1974). Ingen form for underholdningsmedier ble tillatt under testing. Musikk har vist seg å kunne påvirke prestasjonen (Patania et al., 2020), og kunne gjort studien mindre grad av reproduserbar.

Hver deltaker ble bedt om å følge forberedelsesinstruksjonene (Vedlegg 2) før hver økt, for å unngå usikkerhetsmomenter. Usikkerhetsmomenter kan eksempelvis være at LA konsentrasjonen kan synke ved en gitt intensitet når lagrene av muskelglykogen er oppbrukt (Maassen & Busse, 1989). Koffeininntak før trening har vist seg å kunne være prestasjonsfremmende, og vil derfor også være en faktor som kan påvirke resultater (Guest et al., 2021).

På grunn av de betydelige fremskrittene innen skodesign de siste årene, ble det gjennomført en kartlegging av hvilke sko deltakerne benyttet. For å sikre sammenlignbarhet mellom øktene, ble deltakerne pålagt å bruke samme skomodell i alle øktene. Av de 17 deltakerne i studien benyttet 15 seg av sko med karbon- eller plastplate. Nike ZoomX Vaporfly Next% 2 var den mest brukte skoen, og ny forskning har vist at denne modellen kan forbedre løpsytelsen med opptil 2,4% (Castellanos-Salamanca et al., 2023).

Basert på de gjennomførte målingene er alle øktene antakeligvis utført under så like forhold som mulig.

4.4 Utstyr

4.4.1 Oksygenmåling

Gassutvekslingsdataene fra blanke kammeret ble beregnet som gjennomsnittet over en periode på 30 sekunder. Vyntus (JAEGGER, CPX, Jaeger, Hoechberg, Germany) «Metabolic cart» sitt system har vist seg å være et reliabelt målingsverktøy i tidligere studier (Groepenhoff et al., 2017; Jeu et al., 2018). I tillegg ble det gjenvnlig vedlikeholdt av labansvarlig.

4.4.2 Laktat

LA-konsentrasjonen i det venøst blodet ble målt ved hjelp av laktatanalysator (EKF Diagnostics GmbH, Barleben, Tyskland). Denne målemetoden ble valgt fordi den er kjent for å gi korrekte resultater og ha god korrelasjon med andre anerkjente metoder (Burfeind & Heuwieser, 2012). Analysatoren ble manuelt kalibrert før hver testdag, og kalibrering automatisk hver time. Dersom kalibreringsverdien ikke var korrekt, ble handlingen repetert.

Under optimale forhold er usikkerheten på laktatmålinger $\pm 2\%$ (Åstrand & Rodahl, 2003). For å sikre ensartede resultater ble LA prøver tatt fra samme hånd på deltakeren gjennom hele

studien. Tidligere forskning har vist at forskjellige lokasjoner på kroppen kan gi ulike LA nivåer (Dassonville et al., 1998; Feliu et al., 1999).

4.4.3 Tyme Wear™

Vestens sensorer fanget opp pustedeteksjon med en feilmargin på $\pm 0,7$ pust/min. VE korrelerer gjennomsnittlig 95% med en metabolsk vogn. Signalenes individuelle komponenter av PF og TV korrelerer 97% og 81% (Tyme Wear, 2023).

For å optimaliser bruken av vesten ble det utført en kalibrering (Breathing calibration) (Vedlegg 5). Etter at løperen hadde fått utdelt vest i henhold til størrelsesguiden benyttet personen samme vest og IMU Pod på alle øktene for å ta høyde for at de ulike tvistene kunne ha små variasjoner. Vesten var alltid tørr før deltakeren startet økten, og Podens data ble jevnlig slettet for data etter opplastning. Vestene ble forsiktig vasket for hånd etter utført økt.

4.5.1 Preliminær testing

Laktatprofil

Grunnet variasjon i LA-konsentrasjonen mellom individer, ble anslag av LT_1 og LT_2 individualisert (Faude et al., 2009). Laktatprofilen benyttet 5 minutters drag mellom målingene, som tidligere studier har vist seg å være nok til å gi steady-state HR- og LA (Helgerud, 1994; Støa et al., 2020). Det ble utført 6 til 8 intensitetstrinn for å oppnå minimum 30 minutter intervensjon. Det er den mest anvendte metoden for laktatprofil (Jones & Doust, 1998; Svedahl & Macintosh, 2003). Lange pauser mellom dragene har vist seg å kunne føre til overestimering av terskel intensiteten (Schoenmakers & Reed, 2019). Pausene ble derfor standardisert til 30 sekunder. LT_1 ble satt til $0,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ over gjennomsnittet av de to laveste målingene (Aunola & Rusko, 1992; Helgerud, 1994). LT_2 ble satt til hastigheten hvor LA-verdien nådde $2.1 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ over gjennomsnittet av de to laveste målingene (Dickhuth et al., 1999).

(Helgerud, 1994; HELGERUD et al., 2007; Støa et al., 2020) I tillegg ble RPE og HF tatt i betraktning og benyttet som kontroll punkter. Testen ble avsluttet når testansvarlig var sikker på at LA målingen ville overstige $>4.0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$.

VO_{2maks} test

Utførelsen av progressiv løp til utmattelse ble utført 10 minutter etter endt laktatprofil som er i tråd med Olympiatoppen sine anbefalinger (OLT). Det ble vurdert at utøveren ville klare å prestere med maksimal effekt, selv etter å ha utført 7-89 trinn på laktatprofilen. Under

VO_{2maks} testen ble starthastigheten satt til det siste belastningstrinnet gjennomført før hver person oppnådde >4,0 mmol·L⁻¹. Deretter økte hastigheten med 1km·h⁻¹ hvert minutt. Totalt sett ble løpstiden under VO_{2maks} testen mellom 4 minutter og 36 sekunder og 6 minutter og 32 sekunder blant de 17 forsøkspersonene.

Det mest aksepterte kriteriet for å bekrefte VO_{2maks} er å identifisere et platå i oksygenopptaket, på tross av økende arbeid (Astorino et al., 2009). I denne studien erfarte vi at 12 av 16 testpersoner oppnådde et åpenbart platå. Et annet sekundært VO_{2maks} kriterium som benyttes er RER, som gjenspeiler balansen mellom bikarbonat buffring og hydrogenionakkumulenergi i ved inkrementell trening (KILDE). Litteraturen viser til stor variasjon i bruken av RER (1.0-1.2) for å verifisere VO_{2maks}, men den mest brukte verdien er ≥ 1.15 (Beltz et al., 2016). Av testpersonene kom 13 av 16 over 1.05, 7 av 16 over 1.10. Det enkleste og mest kontroversielle målemetoden av VO_{2maks} kriteriet er RPE (Beltz et al., 2016). Magnan et al. (2013) har gjennom en studie på 240 personer i aldersgruppen 18-45 år funnet at en RPE på ≥ 18 ble nådd av 93,7% av deltakerne selv om kun 59% oppnådde et VO₂ platå.

PF_{maks} test

PF_{maks} testen fulgte Midgley et al. (2009) sin supra maksimale protokoll. Protokollen ble valgt på grunnlag av studiens resultater som fremviste at det ikke er forskjell i oppnådd VO_{2maks} og maksimal hjertefrekvens kontra den progressive testen til utmattelse. I tillegg er starten roligere, som ga deltakerne mulighet til å kvitte seg med akkumulerte slaggstoffer fra VO_{2maks} testen før de igjen skulle «gi alt». PF_{maks} ble regnet ut gjennomsnittet av de 10 sekundene med høyest verdier, i henhold til (Nicolò, Massaroni, et al., 2017) anbefaling. Bakgrunnen for dette er at enkelt pust kan ha store variasjoner.

4.5.2 Langkjøring (LIT)

90 min rolig langkjøring

Haugen et al. (2022) presenterer at normal varighet på langtur for eliteløpere er mellom 45-165 minutter, avhengig av bakgrunn innen mellom eller langdistanse. Siden utvalget besto av løpere med ulike satsningsområder ble langturen satt til 90 minutter. Økten ble gjennomført i lav intensitet (i-sone 1-2)(OLT).

4.5.3 Terskelintervall (TIT)

3 · 15 min terskelintervall

Hensikten med økten var å gjennomføre en terskeløkt. Typisk draglengde i en terskelintervall er 6-20 minutter (Haugen et al., 2022). H ble satt til $(LT_1+LT_2) / 2$ slik at intensiteten skulle tilsvare moderat intensitet (i-sone 3).

4.5.4 Langintervall (HIT)

6 · 5min langintervall

Hensikten med langintervallen var å fremlegge en HIT- økt for å se nærmere på PF sin egnethet ved høyintensiv intervalltrening. Hvert drag hadde en varighet på 5 minutter, som er i tråd med Tschakert og Hofmann (2013) sin definisjon. Deltakerne fikk to minutter pause, i samsvarer med (Haugen et al., 2022; Olympiatoppen, 2020). Grunnen til at testpersonen selv kunne velge var at det var utfordrende å finne HIT fart ut fra den preliminare testingen.

4.5.5 Kortintervall (SIT)

3 · 10 · 45 / 15sek kortintervall

Siden PF er et parameter som responderer raskere enn andre fysiologiske målemetoder (Nicolò et al., 2017c) (Masaoka & Homma, 2001) ønsket vi å utsette løperne for raske endringer i den ekstern belastningen. Kortintervallene besto av 45/15 sekunders-intervaller i henhold til (Tschakert & Hofmann, 2013) sin definisjon av kortintervaller.

4.6 Styrker og svakheter

Studien følger et kontrollert design med ulike testprotokoller. Det var mange løpere som ønsket å delta, som muliggjorde at forfatteren kunne forme utvalget som var mest passende til å svare på forskningsspørsmålet. Det ble lagt ned mye arbeid i forkant for å optimalisere gjennomføringen av de ulike protokollene. Metodene var veletablerte, og testutstyr ble benyttet på en forsvarlig måte.

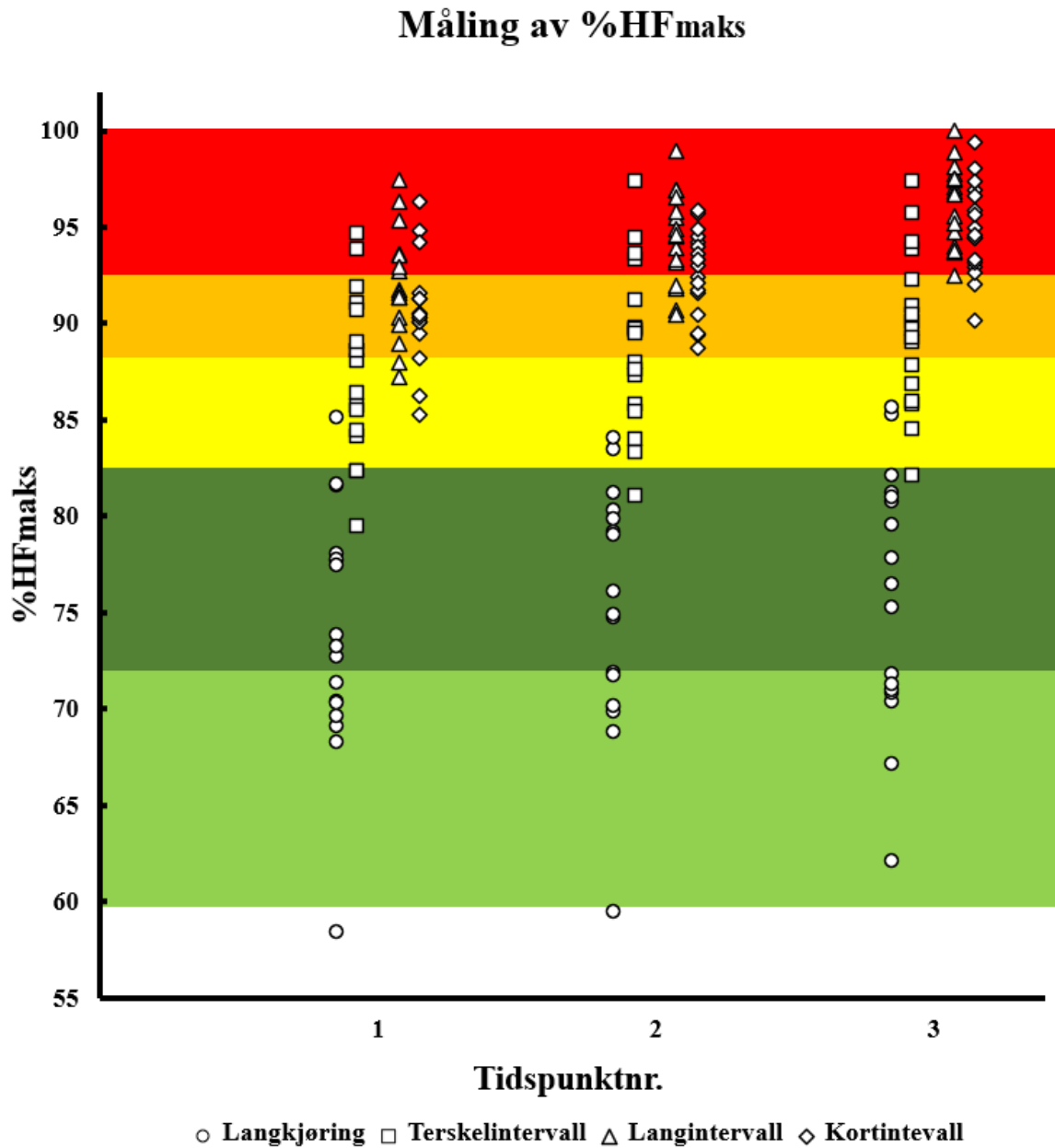
Selv med gode forberedelser og gjennomarbeidede rutiner, er det flere begrensninger knyttet til studien. En ulempe med et deskriptivt studiedesign er at hypoteser ikke kan bekreftes på lik linje med analytiske studier. Det ble ikke målt PF_{hvile} fordi det er komplisert å få en nøyaktig måling av. Tyme Wear-vestene er grundig testet ut, men vestens validitet og reliabilitet har fortsatt et tynt grunnlag. Kunnskap om pustemønster i kombinasjon med trening er begrenset, både i tilgjengelighet og mengde. Det er komplisert å styre intensiteten gjennom fire ulike økter i henhold til de oppsatte målene, og grunnlaget for individualisering var begrenset til

kun en økt. Deltakerne var klar over studien var knyttet til måling av ventilasjons parametere, men det ble forsøkt. Det er tidligere rapportert at bevissthet rundt registrering av ventilasjon kan påvirke pustemekanismen ved eks. økning av PF (Han et al., 1997).

Ut ifra oppgavens omfang og utførelse er det grunnlag for å mene at det presenterte studiet er representativt for godt trente løpere i alderen 18-40 år. Resultatene fra Tyme Wear er påvirket av at løping har stor mekanisk belastning og ofte følger andre pustemønstre en eksempelvis sykling (Kalsås & Thorsen, 2009). Derfor kan ikke resultatene generaliseres og har lav overførbarhet til andre idretter med andre bevegelsesmønstre. Som lektorstudent har tidsrammen vært begrenset, og det å ikke ha gjennomført et ordinært idrettsvitenskaplig studieløp kan ha påvirket oppgavens karakter.

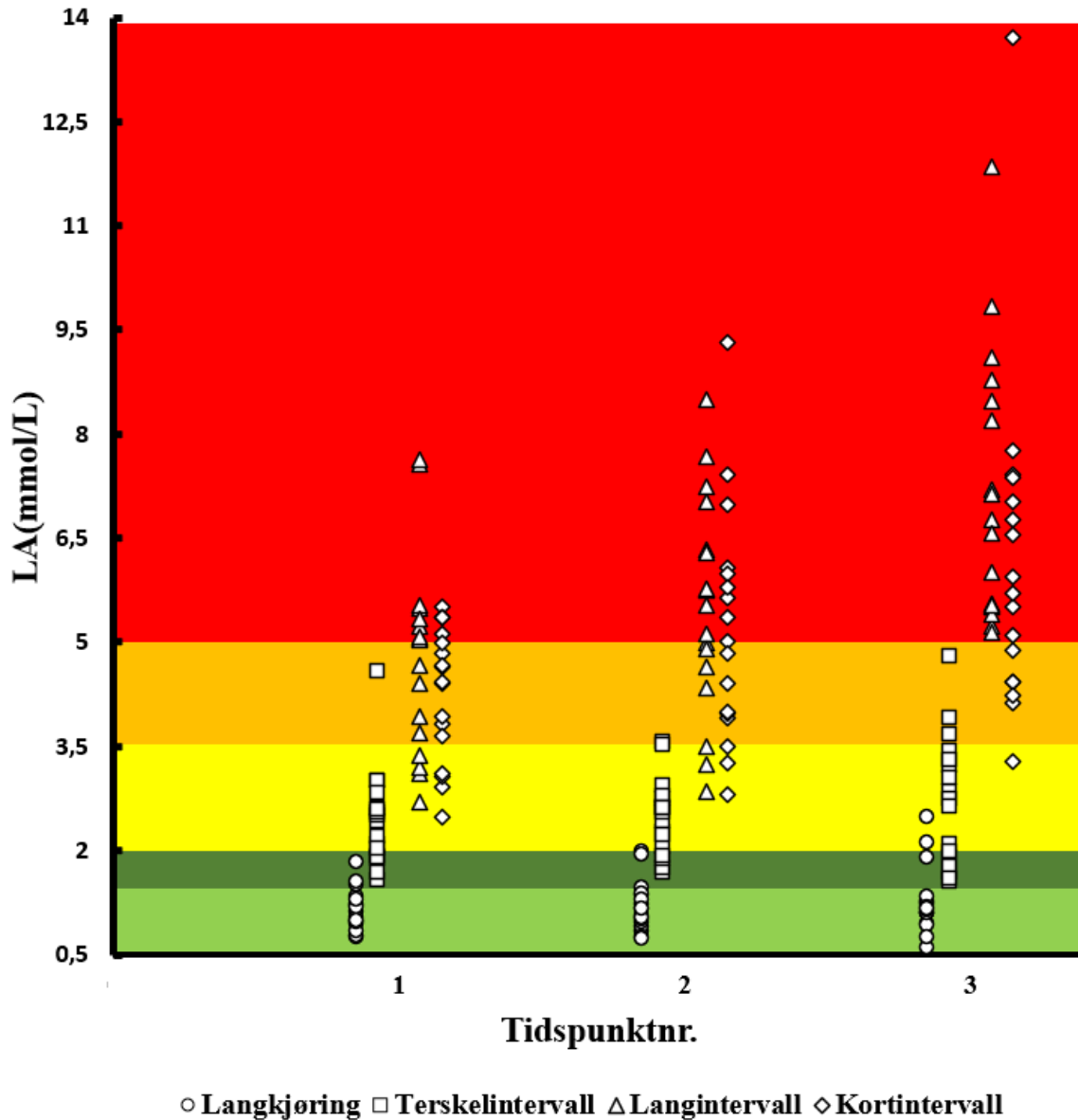
4.7 Intensitetsstyring

I figurene under vises øktenes intensitet ut ifra de indre fysiologisk respons på den eksterne belastningen.

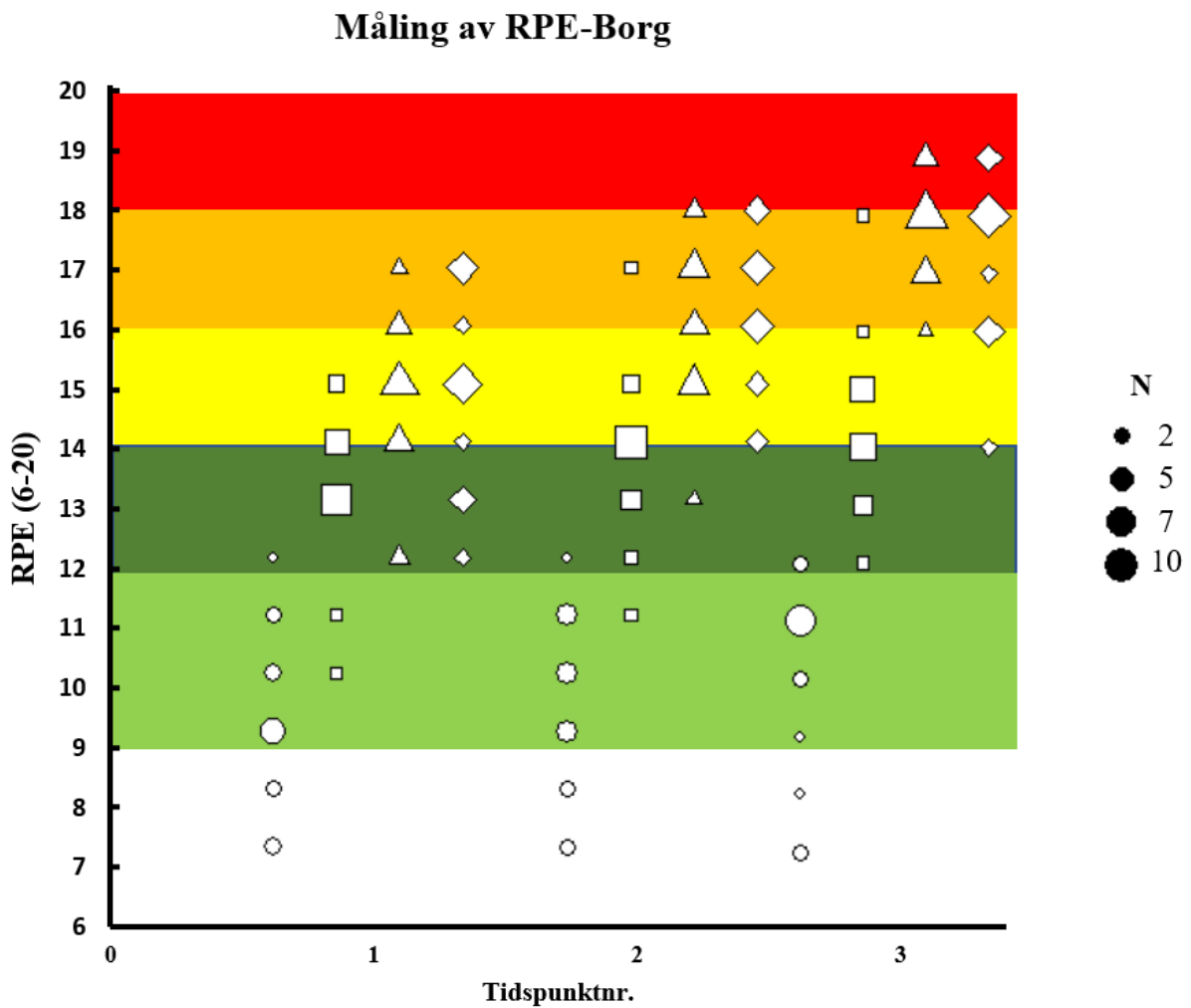


Figur 13: Distribusjonen av intensitet i %HF_{maks} mellom alle økter og personer. X akse representerer måling 1,2 og 3 på terskelintervallene og kortintervallene og måling 2, 4 og 6 på langturen og langintervallene. Hvert merke indikerer antall personer ut ifra størrelses skalaen (n= 17). De ulike formene på merket beskriver hvilken økt målingen er hentet fra. Fargekodene tar utgangspunkt i (OLT) og benytter deres avgrensninger.

Måling av Blodlaktat



Figur 15: Distribusjonen av intensitet i %HF_{maks} mellom alle økter og personer. X akse representerer måling 1,2 og 3 på terskelintervallene og kortintervallene og måling 2, 4 og 6 på langturen og langintervallene. Hvert merke indikerer antall personer ut ifra størrelses skalaen (n= 17). De ulike formene på merket beskriver hvilken økt målingen er hentet fra. Fargekodene tar utgangspunkt i (OLT) og benytter deres avgrensninger.



Figur 16: Distribusjonen av intensitet mellom alle økter og personer. X aksen representerer måling 1,2 og 3 på terskeløkten og kortintervallene og måling 2, 4 og 6 på langturen og langintervallene. Hvert merke indikerer antall personer ut ifra størrelses skalaen (n). De ulike formene på merket beskriver hvilken økt målingen er hentet fra. Fargekodene tar utgangspunkt i (OLT) og benytter deres avgrensninger.

5.0 Kilder

- Achten, J. & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med*, 33(7), 517-538. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333070-00004>
- Akenhead, R. & Nassis, G. P. (2016). Training Load and Player Monitoring in High-Level Football: Current Practice and Perceptions. *Int J Sports Physiol Perform*, 11(5), 587-593. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0331>
- Arts, F. J. & Kuipers, H. (1994). The relation between power output, oxygen uptake and heart rate in male athletes. *Int J Sports Med*, 15(5), 228-231. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021051>
- Askanazi, J., Milic-Emili, J., Broell, J. R., Hyman, A. I. & Kinney, J. M. (1979). Influence of exercise and CO₂ on breathing pattern of normal man. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 47(1), 192-196. <https://doi.org/10.1152/jappl.1979.47.1.192>
- Askanazi, J., Silverberg, P. A., Foster, R. J., Hyman, A. I., Milic-Emili, J. & Kinney, J. M. (1980). Effects of respiratory apparatus on breathing pattern. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 48(4), 577-580. <https://doi.org/10.1152/jappl.1980.48.4.577>
- Astorino, T. A., White, A. C. & Dalleck, L. C. (2009). Supramaximal testing to confirm attainment of VO₂max in sedentary men and women. *Int J Sports Med*, 30(4), 279-284. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1104588>
- Aunola, S. & Rusko, H. (1992). Does anaerobic threshold correlate with maximal lactate steady-state? *Journal of Sports Sciences*, 10(4), 309-323. <https://doi.org/10.1080/02640419208729931>
- Bagger, M., Petersen, P. H. & Pedersen, P. K. (2003). Biological variation in variables associated with exercise training. *Int J Sports Med*, 24(6), 433-440. <https://doi.org/10.1055/s-2003-41180>
- Bassett, D. R., Jr. & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*, 32(1), 70-84. <https://doi.org/10.1097/00005768-200001000-00012>
- Bechbache, R. R. & Duffin, J. (1977). The entrainment of breathing frequency by exercise rhythm. *J Physiol*, 272(3), 553-561. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1977.sp012059>
- Beltz, N. M., Gibson, A. L., Janot, J. M., Kravitz, L., Mermier, C. M. & Dalleck, L. C. (2016). Graded Exercise Testing Protocols for the Determination of VO₂max: Historical Perspectives, Progress, and Future Considerations. *Journal of Sports Medicine*, 2016, 3968393. <https://doi.org/10.1155/2016/3968393>

- Billat, V. L., Demarle, A., Slawinski, J., Paiva, M. & Koralsztein, J. P. (2001). Physical and training characteristics of top-class marathon runners. *Med Sci Sports Exerc*, 33(12), 2089-2097. <https://doi.org/10.1097/00005768-200112000-00018>
- Björklund, G., Holmberg, H. C. & Stöggl, T. (2015). The effects of prior high intensity double poling on subsequent diagonal stride skiing characteristics. *Springerplus*, 4, 40. <https://doi.org/10.1186/s40064-015-0796-y>
- Blackie, S. P., Fairbairn, M. S., McElvaney, N. G., Wilcox, P. G., Morrison, N. J. & Pardy, R. L. (1991). Normal Values and Ranges for Ventilation and Breathing Pattern at Maximal Exercise. *Chest*, 100(1), 136-142. <https://doi.org/https://doi.org/10.1378/chest.100.1.136>
- Booth, F. W., Ruegsegger, G. N., Toedebusch, R. G. & Yan, Z. (2015). Chapter Six - Endurance Exercise and the Regulation of Skeletal Muscle Metabolism. I C. Bouchard (Red.), *Progress in Molecular Biology and Translational Science* (Bd. 135, s. 129-151). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2015.07.016>
- Borg, G. & Dahlstrom, H. (1962). A pilot study of perceived exertion and physical working capacity. *Acta Soc Med Ups*, 67, 21-27.
- Borg, G. & Linderholm, H. (1967). Perceived Exertion and Pulse Rate during Graded Exercise in Various Age Groups. *Acta Medica Scandinavica*, 181(S472), 194-206. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.0954-6820.1967.tb12626.x>
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*, 14(5), 377-381.
- Borg, G. A. V. & Noble, B. J. (1974). Perceived Exertion. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 2(1), 131-154. https://journals.lww.com/acsm-essr/Fulltext/1974/00020/Perceived_Exertion.6.aspx
- Borresen, J. & Lambert, M. I. (2009). The Quantification of Training Load, the Training Response and the Effect on Performance. *Sports Medicine*, 39(9), 779-795. <https://doi.org/10.2165/11317780-000000000-00000>
- BOUCHARD, C., DAW, E. W., RICE, T., PÉRUSSE, L., GAGNON, J., PROVINCE, M. A., LEON, A. S., RAO, D. C., SKINNER, J. S. & WILMORE, J. H. (1998). Familial resemblance for $\dot{V}O_2$ max in the sedentary state: the HERITAGE family study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(2), 252-258. https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/1998/02000/Familial_resemblance_for_VO2maxin_the_sedentary.13.aspx

- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gatin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., Gabbett, T. J., Coutts, A. J., Burgess, D. J., Gregson, W. & Cable, N. T. (2017). Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(s2), S2-161-S162-170.
<https://doi.org/10.1123/ijpspp.2017-0208>
- Burford, T. W., Roberts, M. D. & Church, T. S. (2013). Toward exercise as personalized medicine. *Sports Med*, 43(3), 157-165. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0018-0>
- Burfeind, O. & Heuwieser, W. (2012). Validation of handheld meters to measure blood l-lactate concentration in dairy cows and calves. *Journal of Dairy Science*, 95(11), 6449-6456. <https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2012-5329>
- Cardinale, M. & Varley, M. C. (2017). Wearable Training-Monitoring Technology: Applications, Challenges, and Opportunities. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(s2), S2-55-S52-62.
<https://doi.org/10.1123/ijpspp.2016-0423>
- Cardinale, M. & Varley, M. C. (2017). Wearable Training-Monitoring Technology: Applications, Challenges, and Opportunities. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(Suppl 2), S255-s262. <https://doi.org/10.1123/ijpspp.2016-0423>
- Castellanos-Salamanca, M., Rodrigo-Carranza, V., Rodríguez-Barbero, S., González-Ravé, J. M., Santos-Concejero, J. & González-Mohíno, F. (2023). Effects of the Nike ZoomX Vaporfly Next% 2 shoe on long-interval training performance, kinematics, neuromuscular parameters, running power and fatigue. *Eur J Sport Sci*, 1-9.
<https://doi.org/10.1080/17461391.2023.2171907>
- Coyle, E. F., Hagberg, J. M., Hurley, B. F., Martin, W. H., Ehsani, A. A. & Holloszy, J. O. (1983). Carbohydrate feeding during prolonged strenuous exercise can delay fatigue. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 55(1 Pt 1), 230-235.
<https://doi.org/10.1152/jappl.1983.55.1.230>
- Dassonville, J., Beillot, J., Lessard, Y., Jan, J., André, A., Pourcelet, C., Rochcongar, P. & Carré, F. (1998). Blood lactate concentrations during exercise: Effect of sampling site and exercise mode. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 38, 39-46.
- Davis, T. (1998). Book Reviews : Rubin, A., & Babbie, E. (1997). *Research Methods for Social Work* (3rd ed.). Pacific Grove, CA: Brooks/Cole. 750 pp., \$63.95 hardback, ISBN-0-534-26388-7. Accompanied by: *Instructor's Manual/Test Items* (ISBN-0-534-34499-2). Rubin, A. (1997). *Practice-Oriented Study Guide for Research Methods for Social Work* (3rd ed.). Pacific Grove, CA: Brooks/Cole. 202 pages, \$19.95 paperback,

- ISBN-0534-34498-4. Data Disk (Macintosh ISBN-0-534-18754-4 ; DOS 3 1/2" disk ISBN-0-534-18748-X; DOS 5 1/4" disk ISBN-0-534-18749-8). Electronic Test Items (DOS ISBN-0-534-34497-6; Macintosh ISBN-0-534-34515-8; Windows ISBN-0-534-34516-6. *Research on Social Work Practice*, 8(6), 715-717.
<https://doi.org/10.1177/104973159800800608>
- Deschenes, M. R., Sharma, J. V., Brittingham, K. T., Casa, D. J., Armstrong, L. E. & Maresh, C. M. (1998). Chronobiological effects on exercise performance and selected physiological responses. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 77(3), 249-256.
<https://doi.org/10.1007/s004210050329>
- Dickhuth, H., Yin, L., Niess, A., Röcker, K., Mayer, F., Heitkamp, H. & Horstmann, T. (1999). Ventilatory, lactate-derived and catecholamine thresholds during incremental treadmill running: relationship and reproducibility. *International Journal of Sports Medicine*, 2(20), 122-127. <https://doi.org/10.1055/s-2007-971105>
- Drew, M. K. & Finch, C. F. (2016). The Relationship Between Training Load and Injury, Illness and Soreness: A Systematic and Literature Review. *Sports Medicine*, 46(6), 861-883. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0459-8>
- Drust, B. & Waterhouse, J. (2010). Exercise at altitude. *Scott Med J*, 55(2), 31-34.
<https://doi.org/10.1258/rsmsmj.55.2.31>
- Düking, P., Hotho, A., Holmberg, H.-C., Fuss, F. K. & Sperlich, B. (2016). Comparison of Non-Invasive Individual Monitoring of the Training and Health of Athletes with Commercially Available Wearable Technologies. *Frontiers in Physiology*, 7.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00071>
- Esfarjani, F. & Laursen, P. B. (2007). Manipulating high-intensity interval training: effects on VO₂max, the lactate threshold and 3000 m running performance in moderately trained males. *J Sci Med Sport*, 10(1), 27-35. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.05.014>
- Exercise, A. C. o. (2014). *American Council on Exercise Personal Trainer Manual*. Example Product Manufacturer.
- Fabre, N., Perrey, S., Arbez, L. & Rouillon, J. D. (2007). Neuro-mechanical and chemical influences on locomotor respiratory coupling in humans. *Respir Physiol Neurobiol*, 155(2), 128-136. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2006.04.015>
- Facer-Childs, E. & Brandstaetter, R. (2015). The Impact of Circadian Phenotype and Time since Awakening on Diurnal Performance in Athletes. *Current Biology*, 25(4), 518-522. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.12.036>

- Faude, O., Kindermann, W. & Meyer, T. (2009). Lactate Threshold Concepts. *Sports Medicine*, 39(6), 469-490. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939060-00003>
- Feliu, J., Ventura, J. L., Segura, R., Rodas, G., Riera, J., Estruch, A., Zamora, A. & Capdevila, L. (1999). Differences between lactate concentration of samples from ear lobe and the finger tip. *J Physiol Biochem*, 55(4), 333-339.
- Fiskerstrand, A. & Seiler, K. S. (2004). Training and performance characteristics among Norwegian international rowers 1970-2001. *Scand J Med Sci Sports*, 14(5), 303-310. <https://doi.org/10.1046/j.1600-0838.2003.370.x>
- Forster, H. V., Haouzi, P. & Dempsey, J. A. Control of Breathing During Exercise. I *Comprehensive Physiology* (s. 743-777). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/cphy.c100045>
- Foster, C., Daniels, J. T. & Yarbrough, R. A. (1977). Physiological and training correlates of marathon running performance. *Aust J Sports Med*, 9, 58-61.
- Franch, J., Madsen, K., Djurhuus, M. S. & Pedersen, P. K. (1998). Improved running economy following intensified training correlates with reduced ventilatory demands. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(8). https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/1998/08000/Improved_running_economy_following_intensified.11.aspx
- Fukuoka, Y., Iihoshi, M., Nazunin, J. T., Abe, D. & Fukuba, Y. (2017). Dynamic Characteristics of Ventilatory and Gas Exchange during Sinusoidal Walking in Humans. *PLOS ONE*, 12(1), e0168517. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168517>
- Gabbett, T. J., Nassis, G. P., Oetter, E., Pretorius, J., Johnston, N., Medina, D., Rodas, G., Myslinski, T., Howells, D., Beard, A. & Ryan, A. (2017). The athlete monitoring cycle: a practical guide to interpreting and applying training monitoring data. *British Journal of Sports Medicine*, 51(20), 1451-1452. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097298>
- GALLAGHER, J., STRANGWAYS, J. E. M. & ALLT-GRAHAM, J. (1987). Contamination control in long-term ventilation. *Anaesthesia*, 42(5), 476-481. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.1987.tb04037.x>
- García-Pallarés, J., Sánchez-Medina, L., Carrasco, L., Díaz, A. & Izquierdo, M. (2009). Endurance and neuromuscular changes in world-class level kayakers during a periodized training cycle. *European Journal of Applied Physiology*, 106(4), 629-638. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1061-2>

- Gholamhasan, J., Sajad, A., Mehdi, R. G. & Shafahi, M. J. (2013). The effect of exercise in the morning and the evening times on aerobic and anaerobic power of the inactive subjects. *World Applied Sciences Journal*, 22, 1146-1150.
<https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2013.22.08.2558>
- Gibson, H. & Edwards, R. H. T. (1985). Muscular Exercise and Fatigue. *Sports Medicine*, 2(2), 120-132. <https://doi.org/10.2165/00007256-198502020-00004>
- Gilbert, R., Auchincloss, J. H., Jr., Brodsky, J. & Boden, W. (1972). Changes in tidal volume, frequency, and ventilation induced by their measurement. *J Appl Physiol*, 33(2), 252-254. <https://doi.org/10.1152/jappl.1972.33.2.252>
- Girardi, M., Nicolò, A., Bazzucchi, I., Felici, F. & Sacchetti, M. (2021). The effect of pedalling cadence on respiratory frequency: passive vs. active exercise of different intensities. *European Journal of Applied Physiology*, 121(2), 583-596.
<https://doi.org/10.1007/s00421-020-04533-z>
- Gist, N. H., Fedewa, M. V., Dishman, R. K. & Cureton, K. J. (2014). Sprint Interval Training Effects on Aerobic Capacity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 44(2), 269-279. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0115-0>
- Goodwin, M. L., Harris, J. E., Hernández, A. & Gladden, L. B. (2007). Blood lactate measurements and analysis during exercise: a guide for clinicians. *J Diabetes Sci Technol*, 1(4), 558-569. <https://doi.org/10.1177/193229680700100414>
- Gouw, A., Guilder, G., Larusson, A., Laredo, G., Weatherwax, R., Byrd, B. & Dalleck, L. (2021). Ventilation can exclusively be used to predict ventilatory thresholds: a retrospective analysis. *16*, 1-18.
- Gouw, A. H., Van Guilder, G. P., Cullen, G. G. & Dalleck, L. C. (2022). Is the Tyme Wear Smart Shirt Reliable and Valid at Detecting Personalized Ventilatory Thresholds in Recreationally Active Individuals? *Int J Environ Res Public Health*, 19(3).
<https://doi.org/10.3390/ijerph19031147>
- Groepenhoff, H., Jeu, R. C. d. & Schot, R. (2017). Vyntus CPX compared to Oxycon pro shows equal gas-exchange and ventilation during exercise. *European Respiratory Journal* 50. <https://doi.org/10.1183/1393003.congress-2017.PA3002>
- Guest, N. S., VanDusseldorp, T. A., Nelson, M. T., Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Jenkins, N. D. M., Arent, S. M., Antonio, J., Stout, J. R., Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., Goldstein, E. R., Kalman, D. S. & Campbell, B. I. (2021). International society of sports nutrition position stand: caffeine and exercise performance. *Journal of the*

- International Society of Sports Nutrition*, 18(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00383-4>
- Halson, S. L. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medicine*, 44(2), 139-147. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>
- Han, J. N., Stegen, K., Simkens, K., Cauberghs, M., Schepers, R., Van den Bergh, O., Clément, J. & Van de Woestijne, K. P. (1997). Unsteadiness of breathing in patients with hyperventilation syndrome and anxiety disorders. *Eur Respir J*, 10(1), 167-176. <https://doi.org/10.1183/09031936.97.10010167>
- Haouzi, P. & Bell, H. J. (2009). Control of breathing and volitional respiratory rhythm in humans. *J Appl Physiol* (1985), 106(3), 904-910. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.90675.2008>
- Hargreaves, M. (2008). Physiological limits to exercise performance in the heat. *J Sci Med Sport*, 11(1), 66-71. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.07.002>
- Haugen, T., Sandbakk, Ø., Seiler, S. & Tønnessen, E. (2022). The Training Characteristics of World-Class Distance Runners: An Integration of Scientific Literature and Results-Proven Practice. *Sports Medicine - Open*, 8(1), 46. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00438-7>
- Hayashi, K., Honda, Y., Ogawa, T., Kondo, N. & Nishiyasu, T. (2006). Relationship between ventilatory response and body temperature during prolonged submaximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 100(2), 414-420. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00541.2005>
- Helgerud, J. (1994). Maximal oxygen uptake, anaerobic threshold and running economy in women and men with similar performances level in marathons. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 68(2), 155-161. <https://doi.org/10.1007/BF00244029>
- HELGERUD, J., HØYDAL, K., WANG, E., KARLSEN, T., BERG, P., BJERKAAS, M., SIMONSEN, T., HELGESEN, C., HJORTH, N., BACH, R. & HOFF, J. (2007). Aerobic High-Intensity Intervals Improve V'O₂max More Than Moderate Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(4), 665-671. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180304570>
- Hill, A. V. & Lupton, H. (1923). Muscular Exercise, Lactic Acid, and the Supply and Utilization of Oxygen. *QJM: An International Journal of Medicine*, os-16(62), 135-171. <https://doi.org/10.1093/qjmed/os-16.62.135>

- Hill, D. W. (1996). Effect of time of day on aerobic power in exhaustive high-intensity exercise. *J Sports Med Phys Fitness*, 36(3), 155-160.
- Hopkins, W. G. (1991). Quantification of Training in Competitive Sports. *Sports Medicine*, 12(3), 161-183. <https://doi.org/10.2165/00007256-199112030-00003>
- Howley, E. T., Bassett, D. R., Jr. & Welch, H. G. (1995). Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc*, 27(9), 1292-1301.
- Hughson, R. L. & Green, H. J. (1982). Blood acid-base and lactate relationships studied by ramp work tests. *Med Sci Sports Exerc*, 14(4), 297-302. <https://doi.org/10.1249/00005768-198204000-00008>
- I.Eitzen, S. M. H.-S., H.Markussen. (2020). *Idrettsfysioterapeuten. Breddeidrett, Toppidrett, Aktivitetsmedisin.* . Cappelen Damm Akademisk.
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M. & Coutts, A. J. Internal and External Training Load: 15 Years On. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 270-273. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0935>
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E. & Marcora, S. M. (2005). Physiological assessment of aerobic training in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 583-592. <https://doi.org/10.1080/02640410400021278>
- Jaspers, A., Kuyvenhoven, J. P., Staes, F., Frencken, W. G. P., Helsen, W. F. & Brink, M. S. (2018). Examination of the external and internal load indicators' association with overuse injuries in professional soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(6), 579-585. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.10.005>
- Jeu, R. d., Schot, R., Groepenhoff, H. & Ninaber, A. K. (2018). Modification of inspired oxygen fraction does not change exercise oxygen uptake measured by JAEGER® Vyntus CPX; a validation study. *European Respiratory Journal* 52. <https://doi.org/10.1183/13993003.congress-2018.PA3400>
- Jones, A. M., Burnley, M., Black, M. I., Poole, D. C. & Vanhatalo, A. (2019). The maximal metabolic steady state: redefining the 'gold standard'. *Physiological Reports*, 7(10), e14098. <https://doi.org/https://doi.org/10.14814/phy2.14098>
- Jones, A. M. & Carter, H. (2000). The Effect of Endurance Training on Parameters of Aerobic Fitness. *Sports Medicine*, 29(6), 373-386. <https://doi.org/10.2165/00007256-200029060-00001>
- Jones, A. M. & Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med*, 29(6), 373-386. <https://doi.org/10.2165/00007256-200029060-00001>

- Jones, A. M. & Doust, J. H. (1996). A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. *Journal of Sports Sciences*, 14(4), 321-327. <https://doi.org/10.1080/02640419608727717>
- Jones, A. M. & Doust, J. H. (1998). The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc*, 30(8), 1304-1313. <https://doi.org/10.1097/00005768-199808000-00020>
- Jones, A. M., Kirby, B. S., Clark, I. E., Rice, H. M., Fulkerson, E., Wylie, L. J., Wilkerson, D. P., Vanhatalo, A. & Wilkins, B. W. (2021). Physiological demands of running at 2-hour marathon race pace. *J Appl Physiol (1985)*, 130(2), 369-379. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00647.2020>
- Kalsås, K. & Thorsen, E. (2009). Breathing patterns during progressive incremental cycle and treadmill exercise are different. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 29(5), 335-338. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1475-097X.2009.00874.x>
- Karanicolas, P. J., Farrokhyar, F. & Bhandari, M. (2010). Practical tips for surgical research: blinding: who, what, when, why, how? *Can J Surg*, 53(5), 345-348.
- Karvonen, J. & Vuorimaa, T. (1988). Heart rate and exercise intensity during sports activities. Practical application. *Sports Med*, 5(5), 303-311. <https://doi.org/10.2165/00007256-198805050-00002>
- Kellmann, M. (2010). Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(s2), 95-102. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01192.x>
- Kiely, J. (2018). Periodization Theory: Confronting an Inconvenient Truth. *Sports Med*, 48(4), 753-764. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0823-y>
- Kift, J. & Williams, E. M. (2007). The respiratory time and flow profile at volitional exercise termination. *Journal of Sports Sciences*, 25(14), 1599-1606. <https://doi.org/10.1080/02640410701275201>
- Kraemer, W., Fleck, S. J. & Deschenes, M. R. (2014). *Exercise physiology: Integrating theory and application: Second edition*.
- Lakatta, E. G. (1990). Changes in cardiovascular function with aging. *European Heart Journal*, 11, 22-29. https://doi.org/10.1093/eurheartj/11.suppl_C.22
- Lamarra, N., Whipp, B. J., Ward, S. A. & Wasserman, K. (1987). Effect of interbreath fluctuations on characterizing exercise gas exchange kinetics. *J Appl Physiol (1985)*, 62(5), 2003-2012. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.1987.62.5.2003>

- Lambert, M. & Borresen, J. (2006). A Theoretical Basis of Monitoring Fatigue: A Practical Approach for Coaches. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 1(4), 371-388. <https://doi.org/10.1260/174795406779367684>
- Lambert, M. I., Mbambo, Z. H. & St Clair Gibson, A. (1998). Heart rate during training and competition for long-distance running. *J Sports Sci*, 16 Suppl, S85-90. <https://doi.org/10.1080/026404198366713>
- Laursen, P. B. (2010). Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training? *Scand J Med Sci Sports*, 20 Suppl 2, 1-10. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01184.x>
- Liu, Y., Zhu, S. H., Wang, G. H., Ye, F. & Li, P. Z. (2013). Validity and Reliability of Multiparameter Physiological Measurements Recorded by the Equivital Lifemonitor During Activities of Various Intensities. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 10(2), 78-85. <https://doi.org/10.1080/15459624.2012.747404>
- Lortie, G., Simoneau, J. A., Hamel, P., Boulay, M. R., Landry, F. & Bouchard, C. (1984). Responses of maximal aerobic power and capacity to aerobic training. *Int J Sports Med*, 5(5), 232-236. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1025911>
- Lucía, A., Carvajal, A., Calderón, F. J., Alfonso, A. & Chicharro, J. L. (1999). Breathing pattern in highly competitive cyclists during incremental exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 79(6), 512-521. <https://doi.org/10.1007/s004210050546>
- Lucía, A., Hoyos, J., Pérez, M. & Chicharro, J. L. (2000). Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Med Sci Sports Exerc*, 32(10), 1777-1782. <https://doi.org/10.1097/00005768-200010000-00018>
- MacDougall, J. D., Reddan, W. G., Layton, C. R. & Dempsey, J. A. (1974). Effects of metabolic hyperthermia on performance during heavy prolonged exercise. *J Appl Physiol*, 36(5), 538-544. <https://doi.org/10.1152/jappl.1974.36.5.538>
- Magnan, R. E., Kwan, B. M., Ciccolo, J. T., Gurney, B., Mermier, C. M. & Bryan, A. D. (2013). Aerobic Capacity Testing With Inactive Individuals: The Role of Subjective Experience. *Journal of Physical Activity and Health*, 10(2), 271-279. <https://doi.org/10.1123/jpah.10.2.271>
- Martínez-Mesa, J., González-Chica, D. A., Bastos, J. L., Bonamigo, R. R. & Duquia, R. P. (2014). Sample size: how many participants do I need in my research? *An Bras Dermatol*, 89(4), 609-615. <https://doi.org/10.1590/abd1806-4841.20143705>

- Masaoka, Y. & Homma, I. (2001). The effect of anticipatory anxiety on breathing and metabolism in humans. *Respir Physiol*, 128(2), 171-177.
[https://doi.org/10.1016/s0034-5687\(01\)00278-x](https://doi.org/10.1016/s0034-5687(01)00278-x)
- Mattsson, C. M., Enqvist, J. K., Brink-Elfegoun, T., Johansson, P. H., Bakkman, L. & Ekblom, B. (2010). Reversed drift in heart rate but increased oxygen uptake at fixed work rate during 24 h ultra-endurance exercise. *Scand J Med Sci Sports*, 20(2), 298-304. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00878.x>
- Maughan, R. J., Otani, H. & Watson, P. (2012). Influence of relative humidity on prolonged exercise capacity in a warm environment. *Eur J Appl Physiol*, 112(6), 2313-2321.
<https://doi.org/10.1007/s00421-011-2206-7>
- McClaran, S. R., Babcock, M. A., Pegelow, D. F., Reddan, W. G. & Dempsey, J. A. (1995). Longitudinal effects of aging on lung function at rest and exercise in healthy active fit elderly adults. *Journal of Applied Physiology*, 78(5), 1957-1968.
<https://doi.org/10.1152/jappl.1995.78.5.1957>
- McGuigan, M. (2017). *Monitoring Training and Performance in Athletes* (Bd. 1). Human Kinetics.
- McKenna, M. & Riches, P. E. (2007). A comparison of sprinting kinematics on two types of treadmill and over-ground. *Scand J Med Sci Sports*, 17(6), 649-655.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00625.x>
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., Rietjens, G., Steinacker, J. & Urhausen, A. (2013). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc*, 45(1), 186-205. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318279a10a>
- Midgley, A. W., Carroll, S., Marchant, D., McNaughton, L. R. & Siegler, J. (2009). Evaluation of true maximal oxygen uptake based on a novel set of standardized criteria. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 34(2), 115-123.
<https://doi.org/10.1139/H08-146>
- Mooses, M., Tippi, B., Mooses, K., Durussel, J. & Mäestu, J. (2015). Better economy in field running than on the treadmill: evidence from high-level distance runners. *Biol Sport*, 32(2), 155-159. <https://doi.org/10.5604/20831862.1144418>
- Mujika, I. (2017). Quantification of Training and Competition Loads in Endurance Sports: Methods and Applications. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(Suppl 2), S29-s217.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0403>

- Naranjo, J., Centeno, R. A., Galiano, D. & Beaus, M. (2005). A nomogram for assessment of breathing patterns during treadmill exercise. *Br J Sports Med*, 39(2), 80-83.
<https://doi.org/10.1136/bjism.2003.009316>
- Nelson, B. W., Low, C. A., Jacobson, N., Areán, P., Torous, J. & Allen, N. B. (2020). Guidelines for wrist-worn consumer wearable assessment of heart rate in biobehavioral research. *npj Digital Medicine*, 3(1), 90. <https://doi.org/10.1038/s41746-020-0297-4>
- Nicolò, A., Bazzucchi, I., Haxhi, J., Felici, F. & Sacchetti, M. (2014). Comparing Continuous and Intermittent Exercise: An “Isoeffort” and “Isotime” Approach. *PLOS ONE*, 9(4), e94990. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094990>
- Nicolò, A., Bazzucchi, I., Lenti, M., Haxhi, J., di Palumbo, A. S. & Sacchetti, M. (2014). Neuromuscular and Metabolic Responses to High-Intensity Intermittent Cycling Protocols With Different Work-to-Rest Ratios. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(1), 151-160. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2012-0289>
- Nicolò, A., Girardi, M., Bazzucchi, I., Felici, F. & Sacchetti, M. (2018). Respiratory frequency and tidal volume during exercise: differential control and unbalanced interdependence. *Physiological Reports*, 6(21), e13908.
<https://doi.org/https://doi.org/10.14814/phy2.13908>
- Nicolò, A., Marco, M., Girardi, M., Felici, F., Bazzucchi, I. & Sacchetti, M. (2019). Respiratory Frequency as a Marker of Physical Effort During High-Intensity Interval Training in Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15, 1-24. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0028>
- Nicolò, A., Marcora, S. M., Bazzucchi, I. & Sacchetti, M. (2017). Differential control of respiratory frequency and tidal volume during high-intensity interval training. *Exp Physiol*, 102(8), 934-949. <https://doi.org/10.1113/ep086352>
- Nicolò, A., Marcora, S. M. & Sacchetti, M. (2016). Respiratory frequency is strongly associated with perceived exertion during time trials of different duration. *J Sports Sci*, 34(13), 1199-1206. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1102315>
- Nicolò, A., Massaroni, C. & Passfield, L. (2017). Respiratory Frequency during Exercise: The Neglected Physiological Measure. *Front Physiol*, 8, 922.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00922>
- Olympiatoppen. (2020). *OLT I-SKALA, 2020*. Olympiatoppen. https://olt-skala.nif.no/I-skala_2020.pdf

- Pallarés, J. G., Morán-Navarro, R., Ortega, J. F., Fernández-Elías, V. E. & Mora-Rodriguez, R. (2016). Validity and Reliability of Ventilatory and Blood Lactate Thresholds in Well-Trained Cyclists. *PLOS ONE*, *11*(9), e0163389.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163389>
- PARRA, J., CADEFAU, J. A., RODAS, G., AMIGÓ, N. & CUSSÓ, R. (2000). The distribution of rest periods affects performance and adaptations of energy metabolism induced by high-intensity training in human muscle. *Acta Physiologica Scandinavica*, *169*(2), 157-165. <https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1365-201x.2000.00730.x>
- Patania, V. M., Padulo, J., Iuliano, E., Ardigò, L. P., Čular, D., Miletić, A. & De Giorgio, A. (2020). The Psychophysiological Effects of Different Tempo Music on Endurance Versus High-Intensity Performances. *Frontiers in Psychology*, *11*.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00074>
- Pattyn, N., Migeotte, P.-F., Neyt, X., den Nest, A. v. & Cluydts, R. (2010). Comparing real-life and laboratory-induced stress reactivity on cardio-respiratory parameters: Differentiation of a tonic and a phasic component. *Physiology & Behavior*, *101*(2), 218-223. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2010.04.037>
- Phillips, D. B., Ehnes, C. M., Stickland, M. K. & Petersen, S. R. (2019). Ventilatory responses in males and females during graded exercise with and without thoracic load carriage. *Eur J Appl Physiol*, *119*(2), 441-453. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-4042-5>
- Pires, F. O., Noakes, T. D., Lima-Silva, A. E., Bertuzzi, R., Ugrinowitsch, C., Lira, F. S. & Kiss, M. A. (2011). Cardiopulmonary, blood metabolite and rating of perceived exertion responses to constant exercises performed at different intensities until exhaustion. *Br J Sports Med*, *45*(14), 1119-1125.
<https://doi.org/10.1136/bjism.2010.079087>
- Polit, D. F. & Beck, C. T. (2010). *Essentials of Nursing Research Appraising Evidence for Nursing Practice* (7. utg.). Wolters Kluwer Health, Lippincott Williams & Wilkins.
- PYNE, D. B., LEE, H. & SWANWICK, K. M. (2001). Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *33*(2), 291-297.
https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2001/02000/Monitoring_the_lactate_threshold_in_world_ranked.19.aspx
- Racinais, S., Alonso, J. M., Coutts, A. J., Flouris, A. D., Girard, O., González-Alonso, J., Hausswirth, C., Jay, O., Lee, J. K. W., Mitchell, N., Nassis, G. P., Nybo, L., Pluim, B.

- M., Roelands, B., Sawka, M. N., Wingo, J. & Périard, J. D. (2015). Consensus recommendations on training and competing in the heat. *British Journal of Sports Medicine*, 49(18), 1164. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094915>
- Rebecca Tanner, C. G. (2012). *Physiological Tests for Elite Athletes* (2. utg.). Human Kinetics.
- ROBERTSON, R. J. & NOBLE, B. J. (1997). 15 Perception of Physical Exertion: Methods, Mediators, and Applications. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 25(1), 407-452. https://journals.lww.com/acsm-essr/Fulltext/1997/00250/15_Perception_of_Physical_Exertion_Methods.17.aspx
- Robinson, D. M., Robinson, S. M., Hume, P. A. & Hopkins, W. G. (1991). Training intensity of elite male distance runners. *Med Sci Sports Exerc*, 23(9), 1078-1082.
- Rusdiana, A. (2020). Analysis Differences of Vo2max between Direct and Indirect Measurement in Badminton, Cycling and Rowing. *Journal of Applied Physiology*, 9, 2322-3537.
- Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D. & Hawley, J. A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Med*, 34(7), 465-485. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434070-00005>
- Saw, A. E., Main, L. C. & Gastin, P. B. (2016). Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. *Br J Sports Med*, 50(5), 281-291. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094758>
- Scherr, J., Wolfarth, B., Christle, J. W., Pressler, A., Wagenpfeil, S. & Halle, M. (2013). Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *Eur J Appl Physiol*, 113(1), 147-155. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2421-x>
- Schober, P. & Vetter, T. R. (2018). Repeated Measures Designs and Analysis of Longitudinal Data: If at First You Do Not Succeed-Try, Try Again. *Anesth Analg*, 127(2), 569-575. <https://doi.org/10.1213/ane.0000000000003511>
- Schoenmakers, P. P. J. M. & Reed, K. E. (2019). The effects of recovery duration on physiological and perceptual responses of trained runners during four self-paced HIIT sessions. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(4), 462-466. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.09.230>

- Seiler, S. (2010). What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? *Int J Sports Physiol Perform*, 5(3), 276-291.
<https://doi.org/10.1123/ijspp.5.3.276>
- Sjödén, B. & Svedenhag, J. (1985). Applied physiology of marathon running. *Sports Med*, 2(2), 83-99. <https://doi.org/10.2165/00007256-198502020-00002>
- Snyder, A. C., Jeukendrup, A. E., Hesselink, M. K., Kuipers, H. & Foster, C. (1993). A physiological/psychological indicator of over-reaching during intensive training. *Int J Sports Med*, 14(1), 29-32. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021141>
- Soligard, T., Schwelnus, M., Alonso, J.-M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P., Gabbett, T., Gleeson, M., Häggglund, M., Hutchinson, M. R., Rensburg, C. J. v., Khan, K. M., Meeusen, R., Orchard, J. W., Pluim, B. M., Raftery, M., Budgett, R. & Engebretsen, L. (2016). How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *British Journal of Sports Medicine*, 50(17), 1030-1041. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096581>
- Spiriduso, W. W., Francis, K. L. & MacRae, P. G. (2005). *Physical Dimensions of Aging* (2. utg.). Human Kinetics.
- Spiro, S. G., Juniper, E., Bowman, P. & Edwards, R. H. T. (1974). An Increasing Work RATE Test for Assessing the Physiological Strain of Submaximal Exercise. *Clinical Science and Molecular Medicine*, 46(2), 191-206. <https://doi.org/10.1042/cs0460191>
- Strohmann, C., Harms, H., Kappeler-Setz, C. & Tröster, G. (2012). Monitoring kinematic changes with fatigue in running using body-worn sensors. *IEEE Trans Inf Technol Biomed*, 16(5), 983-990. <https://doi.org/10.1109/titb.2012.2201950>
- Støa, E. M., Helgerud, J., Rønnestad, B. R., Hansen, J., Ellefsen, S. & Støren, Ø. (2020). Factors Influencing Running Velocity at Lactate Threshold in Male and Female Runners at Different Levels of Performance. *Frontiers in Physiology*, 11.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2020.585267>
- Stöggl, T. L. & Sperlich, B. (2015). The training intensity distribution among well-trained and elite endurance athletes. *Front Physiol*, 6, 295.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00295>
- Svedahl, K. & Macintosh, B. (2003). Anaerobic Threshold: The Concept and Methods of Measurement. *Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquée*, 28, 299-323. <https://doi.org/10.1139/h03-023>
- Svedenhag, J. & Sjödén, B. (1985). Physiological characteristics of elite male runners in and off-season. *Can J Appl Sport Sci*, 10(3), 127-133.

- Sylta, O., Tønnessen, E. & Seiler, S. (2014). From heart-rate data to training quantification: a comparison of 3 methods of training-intensity analysis. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(1), 100-107. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0298>
- Sylta, Ø., Tønnessen, E., Hammerstrøm, D., Danielsen, J., Skovereng, K., Ravn, T., Rønnestad, B. R., Sandbakk, Ø. & Seiler, S. (2016). The Effect of Different High-Intensity Periodization Models on Endurance Adaptations. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(11), 2165-2174. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000001007>
- Thomas, D. Q., Fernhall, B. & Granat, H. (1999). Changes in Running Economy During a 5-km Run in Trained Men and Women Runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13, 162-167.
- Thomas, J. R., Nelson, J. K. & Silverman, S. J. (2015). *Research Methods in Physical Activity* (7. utg.). Human Kinetics.
- Tschakert, G. & Hofmann, P. (2013). High-Intensity Intermittent Exercise: Methodological and Physiological Aspects. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(6), 600-610. <https://doi.org/10.1123/ijsp.8.6.600>
- Tyme Wear. (2023). <https://www.tymewear.com/pages/science#studies>
- Tønnessen, E., Sylta, Ø., Haugen, T. A., Hem, E., Svendsen, I. S. & Seiler, S. (2014). The Road to Gold: Training and Peaking Characteristics in the Year Prior to a Gold Medal Endurance Performance. *PLOS ONE*, 9(7), e101796. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101796>
- Vander, Jerome, A., Luciano, D. & Sherman, J. (2001). *Human Physiology : The Mechanism of Body Function*.
- Villar, R., Beltrame, T. & Hughson, R. L. (2015). Validation of the Hexoskin wearable vest during lying, sitting, standing, and walking activities. *Appl Physiol Nutr Metab*, 40(10), 1019-1024. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0140>
- Viru, A. & Viru, M. (2000). Nature of training effects. I (s. 67-95).
- Wolpern, A. E., Burgos, D. J., Janot, J. M. & Dalleck, L. C. (2015). Is a threshold-based model a superior method to the relative percent concept for establishing individual exercise intensity? a randomized controlled trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 7(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s13102-015-0011-z>
- Åstrand, P.-O. & Rodahl, K. (2003). *Textbook of work physiology : physiological bases of exercise* (4th ed. utg.). Human Kinetics.

DEL 2

FORSKNINGSARTIKKEL

Pustefrekvens som en metode for intensitetsstyring hos godt trente løpere

Manuskriptet er skrevet i henhold til følgende tidsskrift sine standarder:

International Journal of Sport Physiology and Performance

[IJSPP](#)

Kristoffer Fuglerud Ask

1 **Pustefrekvens som en metode for intensitetsstyring hos godt trente løpere**

2

3 Kristoffer Fuglerud Ask¹, Stephen Seiler¹

4

5 ¹Instituttet for idrettsvitenskap og kroppsøving, Fakultetet for helse og idrettsvitenskap,
6 Universitetet i Agder, Kristiansand, Norge

7

8 Korresponderende forfatter:

9 Kristoffer Fuglerud Ask

10 Universitetet i Agder, avdeling for lærerutdanning.

11 Postboks 442, 4604 Kristiansand

12 Norsk epost: krisask97@gmail.com

13 Telefon: +47 454 66 805

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

Sammendrag

27 **Formål:** Studiens hensikt var å evaluere nytteverdien av pustefrekvens (PF) som et mål på
28 indre fysiologisk belastning, og kvantifisere validiteten og funksjonaliteten til den nyutviklede
29 Tyme WearTM vesten. **Metode:** Sytten godt trente løpere (11 men, 6 kvinner) (30 ± 6 år, $69 \pm$
30 $12,7$ kg, 175 ± 10 cm, maksimalt oksygen opptak 61 ± 4 ml.kg⁻¹.min⁻¹) deltok i studien. Etter
31 preliminær testing gjennomførte deltakerne øktene langkjøring (LIT), terskelintervall (TIT),
32 langintervall (HIT) og kortintervall (SIT) i randomisert rekkefølge. Under hver treningsøkt
33 ble det utført målinger av relevante fysiologiske og perseptuelle responser. **Resultater:** Vyntus
34 og Tyme WearTM vesten viste sterk korrelasjon på måling av maksimal pustefrekvens (PF_{maks})
35 ($r = 0,986$, $p < ,001$). PF_{maks} målte en signifikant forskjell ($y = 0,9687x + 10,607$, $p < ,05$, $r =$
36 $,45$) ved bruk av Tyme WearTM uten maske, sammenlignet med tilsvarende målinger med
37 maske. Prosentvis endring i pustefrekvensreserve (%PFR) var større sett opp mot %HFR
38 under LIT ($p < ,001$, $d = 0,8$), TIT ($p < ,001$, $d = 0,9$), HIT ($p < ,001$ $d = 0,8$) og SIT ($p < ,05$ $d =$
39 $0,6$) **Konklusjon:** PF kan være et nyttig mål på intensitetsstyring, og vesten gir valide og
40 reliable målinger av PF under trening i kontrollerte omgivelser. Fordeler med å monitorere PF
41 under trening inkluderer mer presis intensitetsstyring enn andre måleverktøy, og bedre
42 kvantifisering av mobiliseringsendringer underveis i treningsøkten.

43 **Nøkkelord:** Utholdenhet, løping, pustefrekvens, treningsbelastning, monitorering

Innledning

45 Eliteutøvere må gjennomføre omfattende treningsmengder for å oppnå et høyt prestasjonsnivå^{1,2}. Å
46 opprettholde en balanse mellom restitusjon og belastning anses som avgjørende for å maksimere
47 treningsutbytte^{3,4}. Kontroll over treningsbelastning betraktes som en av de viktigste faktorene for
48 optimalisering av prestasjonen i profesjonelle idrettsmiljøer⁵ og overvåking av treningsbelastning er
49 essensielt for å optimalisere trening og forebygge overtrening, skader og sykdomer^{6,7}. Overdreven
50 belastning kan resultere i utilstrekkelig fysiologisk tilpasning hos utøveren³, mens adekvat restitusjon
51 bidrar til å gjenopprette homeostase og forbedre prestasjonen^{8,9}. Samhandlingen mellom belastning
52 og restitusjon spiller en viktig rolle i forståelsen av tretthet, som er viktig å kunne håndtere i
53 forbindelse med trening og idrettsprestasjonen⁶.

54 Dagens anvendte målemetoder for indre belastning (summen av den fysiologiske belastningen) har
55 ulike styrker og svakheter. Det anbefales en holistisk tilnærming for en bedre forståelse av en utøvers
56 respons til daglig trening^{7,10}. Hjertefrekvens (HF) er et utbredt monitoreringsverktøy. Målemetoden
57 har derimot flere begrensninger som effekttak (ceiling effect), lang responstid, betydelige indre
58 variasjoner og påvirkning av kardiovaskulær drift¹¹. Blodlaktat (LA) er en annen anvendt
59 målemetode, som også har sine ulemper, eksempelvis rundt praktisk anvendelse og kostnad¹². En
60 subjektiv måling som Borg-RPE (Rate of Perceived Exertion), kan medføre ulikheter i bruk,
61 forståelse og er i liten grad praktisk anlagt. På bakgrunn av de eksisterende
62 monitoreringsverktøyenes utfordringer leter løpere og andre utholdenhetsutøvere fremdeles etter
63 presise målemetoder for den indre fysiologiske belastningen.

64 Den teknologiske utviklingen har ført til introduksjon av nye verktøy, som muliggjør kvantitativ
65 måling av ulike fysiologiske faktorer under trening^{6,13}. En av faktorene som potensielt kan
66 kvantifisere den indre belastningen er måling av lungefunksjon. Ventilasjon har tradisjonelt blitt målt
67 i laboratorium ved bruk av maske eller munnstykke tilkoblet en «metabolic cart». Denne
68 tilnærmingen oppleves påtrengende for testpersonen og kan påvirke pustemønsteret^{14,15}. Gjennom
69 ulike maksimale tester har PF_{maks} på løp og sykkel vist seg å være ca. ~ 60 (pust/min), målt med
70 maske tilkoblet en «metabolic cart»¹⁶⁻¹⁸. Ved bruk av den nyutviklede Tyme WearTM treningsvesten
71 er det ikke lenger behov for å koble utstyr til munnen, grunnet vestens integrerte målesensorer av
72 pustefrekvens (PF), tidevolum (TV) og minuttventilasjon (VE). Denne tilnærmingen kan muligens gi
73 en mer komfortabel og brukervennlig metode for å overvåke lungefunksjonen under trening. Ved å
74 benytte seg av Tyme Wear vesten kan utøvere få kontinuerlig tilgang til informasjon om PF samt
75 andre respiratoriske parametere, uten bruk og påvirkning fra maske eller munnstykke.

76 Måling av PF har vist seg å være nyttig i ulike treningsformer, og det har blitt observert at PF
77 korrelerer med rytmisk aktivitet som eksempelvis løping¹⁹. En sterk sammenheng mellom PF og
78 Borg-RPE under høyintensitetstrening er påvist^{20,21}. Sentral-kommando øker med arbeidshastighet
79 og tid²², og gjør PF spesielt egnet til å følge hurtige endringer i innsatts som fremtrer under
80 høyintensiv intervalltrening^{20,22,23}. Videre har det blitt foreslått at individualiserte treningsplaner
81 basert på ventilasjon kan øke treningseffektiviteten og forbedre responsen²⁴. De positive funnene
82 som er observert, kan tyde på at PF potensielt kan ha flere egenskaper relatert til trening.

83 Hovedmålet med dette forskningsprosjektet var følgende: 1) Kvantifisere validitet og pålitelighet
84 til Tyme WearTM vesten sammenliknet med «metabolic cart», samt undersøke i hvilken grad
85 maske påvirker pustefrekvens ved løping på høy intensitet 2) Sammenligne pustefrekvens med
86 andre etablerte indre fysiologiske målemetoder for å evaluere om pustefrekvens bidrar med unik
87 informasjon til intensitetsstyring 3) Undersøke effekten av ulike treningsøkter på pustefrekvens hos
88 godt trente løpere, gjennom utviklingen av pustefrekvens innad i økter og ved sammenlikning av
89 øktene.

90

Metode

91 Utvalg

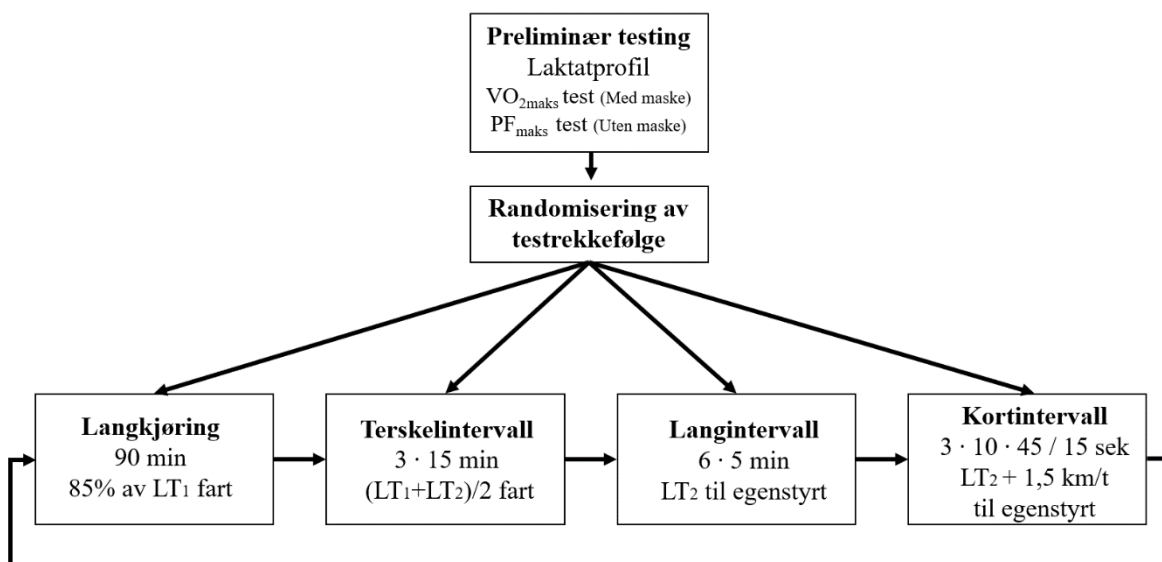
92 Totalt sytten (11 menn, 6 kvinner) løpere ble inkludert i studiens utvalg. De ble rekruttert gjennom
93 henvendelse til det lokale løpemiljøet, ved og benyttelse av et digitalt spørreskjema.
94 Inklusjonskriteriene var (1) alder mellom 18 og 40 år og (2) løper >50km gjennomsnittlig ukentlig.
95 Eksklusjonskriteriene var (1) skadet, (2) syk, (3) røyker, (4) avhengig av prestasjonspåvirkelige
96 medikamenter, (5) underliggende sykdom som kan påvirke prestasjon, og (6) ikke fulgt øktenes
97 retningslinjer. Grunnet et betydelig antall søkere (n=29) som oppfylte alle kravene ble videre
98 selektering utført på bakgrunn av treningsmengde, kjønnsbalanse og oppgitt fysisk form.

99 Studien ble godkjent av fakultetets etiske komité tilhørende Universitetet i Agder, i samsvar med
100 Helsinkideklarasjonen. Data ble lagret og behandlet i overenstemmelse med Norwegian Agency for
101 Shared Services in Education and Research.

102 Studiedesign

103 Studien fulgte et eksperimentelt og deskriptivt studiedesign, hvor det ble utført gjentatte målinger av
104 fysiologiske responser under fire ulike løpeøkter. Deltakerne ble blindet for øktenes rekkefølge etter
105 de preliminære testene.

106 Deltakerne utføre alle øktene med minimum 48 timers mellomrom. Det samme tidsrommet på dagen
107 (± 2 timer), ble benyttet, og øktene ble gjennomført i løpet av maksimalt 21 dager. Hver deltaker ble
108 instruert til å (1) avstå fra all utmattende trening de siste 24 timene før en økt, (2) innta samme type
109 måltid før alle økter, og spise maksimalt 3 timer før øktstart, (3) ikke innta koffein de siste 6
110 timene før økt, (4) benytte samme løpesko på alle økter, og (5) opprettholde så normal trening som
111 mulig gjennom studieperioden.



112

113 **Figur 1** – Studiedesign som viser de ulike øktene og når de ble utført i forhold til hverandre.

114

115

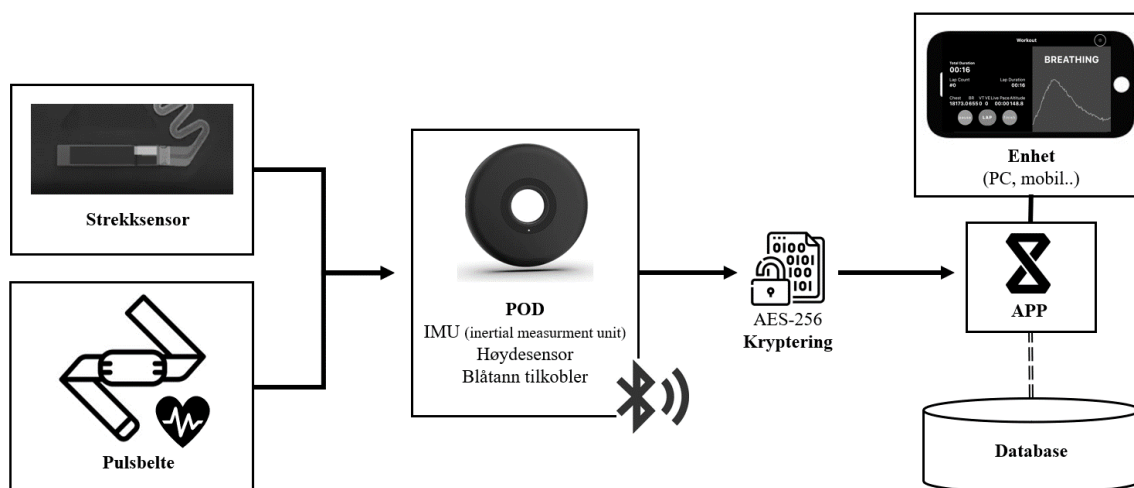
116

117 Utstyr

118 Alle økter ble utført på en motorisert tredemølle (Lode Katan Sport XL, Groningen, Nederland) som
119 ble standardisert til 1 grad stigning (1,75%). For å måle hjertefrekvensen ble målt med pulsbelte
120 (Polar H9, Kempele, Finland). Under $VO_{2\text{maks}}$ testen ble oksygenopptak ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), og PF målt
121 med en «metabolic cart» (JAEGER Vyntus CPX, Jaeger, Hoechberg, Germany) og
122 miksekakkekammer. Kalibrering ble gjennomført i henhold til produsentens retningslinjer før hver
123 test. Blodprøver ble utført ved stikk i fingertuppene. Prøvene ble analysert av Biosen C_line (EKF
124 Diagnostics GmbH, Barleben, Tyskland). Måleren ble kalibrert før hver økt og deretter hver time i
125 henhold til produsentens retningslinjer. Måling av deltakernes høyde og kroppsvekt ble foretatt iført
126 lett treningstøy og Tyme Wear vest, uten sko. Høyde ble målt ved hjelp av stadiometer (Seca 217,
127 Seca, Hamburg, Tyskland), og avrundet til nærmeste hele centimeter. Kroppsvekt ble målt med (Seca
128 Robusta 813, Seca, Hamburg, Tyskland).

129 For å måle den subjektive belastningen ble Borg-skala plassert lett synlig for deltakerne. Før den
130 preliminære testingen fikk hver deltaker en standardisert innførende gjennomgang av skalaen. Det
131 ble også benyttet Fosters session-RPE skala (0-10) 10 minutter etter hver økt.

132 **Tyme Wear™ vesten.** Deltakerne ble tildelt en teknologisk vest, med hensyn til Tyme Wear sin
133 størrelsesguide. Vestens materiale er kombinert av de syntetiske stoffene polyester og nylon, som gir
134 elastiske egenskaper. Vestens validitet og nøyaktighet rundt PF har ifølge Tyme Wear™ en
135 korrelasjon med «Metabolic cart» på 97% (TYMEWEAR). En pod-enhet var festet øverst bak på
136 ryggen (dorsalt superior), og er en brikke med innebygget IMU-sensor. IMU-sensoren måler kraft,
137 tid i svevphase, stegfrekvens og forandring i helning. Poden samlet inn ventilasjonsdata fra
138 strekksensoren. Strekksensoren er plassert midt på ryggen (dorsalt thorakalt) og en en integrert del av
139 vesten. Utvidelser og sammentrekninger av brysthulen, som fører til endring i motstand, måles av
140 strekksensoren.



150 **Figur 2** – Tyme Wear™ vestens dataoverføring fra måling av fysiologiske responser til datalagring.

151 Data ble samlet inn via Bluetooth-sammenkobling mellom pod-enheten og Tyme Wear appen. Det
152 ble benyttet en Iphone SE enhet (Apple, iPhone SE 64GB, California) for å overvåke data underveis i
153 økten. Pod-enheten benyttet programvare versjon 0.29 gjennom alle tester. Deltakerne benyttet tildelt
154 vest på alle økter, så langt den ordinære funksjon var intakt. Vestene ble kalibrert etter produsentens
155 instruksjoner før hver økt. Det ble kontrollert at Chest >12 000 AU() og at verdier og funksjoner
156 fungerte som normalt.

157 **Preliminær testing**

158 Den første dagen gjennomførte deltakerne preliminær testing. Dette ble utført gjennom laktatprofil,
159 VO_{2maks} test og PF_{maks} test ved løp til utmattelse. Mellom hver av de tre tekstene ble det gitt 10
160 minutters pause.

161 **Laktatprofil.** Den første testen var en submaksimal stegvis laktatprofil. Laktatprofil ble
162 gjennomført med 5 minutters belastningstrinn. Hastighet (HA) økte med $1 \text{ km} \cdot \text{t}^{-1}$ etter hvert 5.
163 minutt. Deltakerne fikk 30 sekunder pause før et nytt trinn begynte, for å gjennomføre LA-måling.
164 Testen ble stoppen når LA-verdiene nådde $> 4,0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$. Alle utførte 7-9 trinn, og LT_1 ble beregnet
165 til HA ved en LA konsentrasjon på $0,5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ over de to første målingene²⁵. LT_2 ble definert som
166 HA, der blodlaktatkonsentrasjon målte $2,1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ over gjennomsnittet av de to første LA
167 (laktatterskel)²⁶.

168 **VO_{2maks} test.** En progressiv løpstest til utmattelse (VO_{2maks}) ble igangsatt etter utført laktatprofil.
169 Testen begynte med løping på en HA som tilsvarte belastningstrinnet før løperen nådde $>4,0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$
170 på laktatprofilen. Deretter ble hastigheten økt med $1 \text{ km} \cdot \text{t}^{-1}$ hvert minutt, frem til utmattelse. VO_2
171 ble målt kontinuerlig ved bruk av Vyntys «metabolic cart» med maske over munn og nese. Ved hjelp
172 av et miksekammer ble O_2 og CO_2 verdier målt som gjennomsnitt hvert 30. sekund. Gjennomsnittet
173 av de to høyeste VO_2 -målingene ble definert som VO_{2maks} . Borg-RPE ble målt så snart deltakerne
174 klarte å kommunisere etter test, og LA ble målt ett minutt etter avsluttet test. Time Wear vesten målte
175 PF under hele testen.

176 **PF_{maks} test.** PF_{maks} testen var siste del av den preliminare testingen, og ble utført etter VO_{2maks}
177 testen. Hensikten var å oppnå en høyest mulig PF (PF_{maks}) uten bruk av maske. HA ble vurdert ut fra
178 den siste H løperen klarte å holde i et helt minutt på VO_{2maks} testen. Løperen holdt 50% av denne i to
179 minutter. Deretter økte HA til 75% i ett minutt, og så til 105% frem til utmattelse. Måling av HF, PF
180 og SF ble utført kontinuerlig gjennom testen, og PF_{maks} ble definert som den høyeste
181 gjennomsnittsverdien over 10 sekunder. Borg-RPE ble registrert så fort som mulig etter endt test og
182 LA målt ett minutt etter avsluttet test.

183 **Øktene**

184 **Langkjøring.** LIT ble gjennomført som en rolig økt på 90 minutter, med HA tilsvarende 85% av
185 LT_1 . Deltakerne utførte $3 \cdot 30$ minutter med 30 sekunders seriepause for å utføre LA. PF, RPE og SF-
186 verdier ble loggført som aritmetisk gjennomsnitt (\bar{x}) \pm standard avvik (SD) av en to minutters
187 periode. Målingene ble utført i tidsrommet 13-15 minutter og 28-30 minutter av hver serie.

188 **Terskelintervall.** TIT ble gjennomført som intervaller i moderat intensitet med en konstant HA
189 tilsvarende \bar{x} av LT_1 og LT_2 . Økten besto av $3 \cdot 15$ minutters, med to minutters pause mellom
190 dragene. Deltakerne varmet opp 20 minutter på en HA tilsvarende 85% av LT_1 fart. Økten ble satt i
191 gang to minutter etter oppvarming. Det ble gjort måling av HF, PF, og SF-verdier over de to siste
192 minuttene av hver intervall. RPE ble kartlagt de siste 30 sekundene av hvert drag mens blodlaktat ble
193 målt i starten av hver pause.

194 **Langintervall.** HIT besto av høyintensive intervaller. Deltakerne startet på HA tilsvarende LT_2 .
195 Deretter ble H justert etter individets ønske. Økten besto av $6 \cdot 5$ minutters intervaller, med to
196 minutter pauser. Deltakerne varmet opp i 19 minutter på en HA tilsvarende 85% av LT_1 fart.
197 Dragene ble satt i gang ett minutt etter oppvarming. Måling av HF, PF og SF-verdier ble utført over
198 en 2 minutters periode de siste minuttene av hvert drag. Laktat ble målt etter intervall 2, 4 og 6, og
199 RPE ble målt i løpet de siste 30 sekundene av hvert drag.

200 **Kortintervall.** SIT besto av $3 \cdot 10 \text{ min} \cdot 45 / 15$ sekunders intervaller, med 3 minutter seriepause.
201 Deltakerne begynte på høy HA tilsvarende $LT_2 + 1,5 \text{ km} \cdot \text{t}^{-1}$. Deretter ble HA justert etter subjektets

202 ønske. Deltakerne varmet opp i 19 minutter på HA tilsvarende 85% av LT₁, og startet økten 3
203 minutter etter oppvarmingen. Måling av HF, PF og SF-verdier ble utført over en periode på to
204 minutter i slutten av hver serie. LA og RPE ble målt på slutten av hver serie.

205 Statistisk analyse

206 Til vurdering av vestens validitet og reliabilitet opp imot den metabolske vognen ble den
207 systematiske skjevheten (gjennomsnitt av PF-forskjellene) og grenser for sammenheng (1,96 ·
208 standardavvik for PF-forskjellene) ble regnet ut. Forskjellen mellom PF_{maks} med og uten maske ble
209 funnet med korrelasjonsanalyse. Linear Model Repeated Measures ANOVA ble brukt til å
210 kvantifisere forandringen i fysiologiske og subjektive verdier mellom de ulike dragene. Bonferroni
211 Post hoc test ble brukt til å definere hvor og hvor store de ulike forskjellene var. Paired sample T-Test
212 ble benyttet for å teste forskjell mellom PF_{maks} mellom de to testene. En verdi av p<,05 ble vurdert
213 som statistisk signifikant på alle analyser.

214

Resultater

215 Karakteristikk for de 17 deltakerne i prosjektet er beskrevet i Tabell 1. Det ble oppgitt (N=11)
216 personlig bestenotering fra de siste 2 årene (10km (36:05 ± 3:02) og halvmaraton (1:27:40 ± 9:23)).
217 Tabell 2 viser de fysiologiske karakteristikkene fra den preliminære testingen på et aggregert nivå.

218 Tabell 1 Deskriptiv karakteristikk av deltakerne

	Kvinne (n = 6)	Mann (n = 11)	Totalt (n =17)
Alder (år)	31 ± 6	28 ± 6	30 ± 6
Høyde (cm)	167 ± 8	179 ± 8	175 ± 10
Vekt (kg)	57,8 ± 4,2	75,1 ± 11,7	69,0 ± 12,7
Løps erfaring (år)	8 ± 6	7 ± 9	8 ± 8
Treningsmengde (km/uke)	63 ± 5	81 ± 40	75 ± 33

219 N= Antall

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235 **Tabell 2 Fysiologisk karakteristikk fra preliminær testing**

	Kvinne (n = 6)	Mann (n = 11)	Totalt (n =17)
Laktatprofil			
LT ₁ fart (km · t ⁻¹)	11,6 ± 1,2	12,8 ± 1,2	12,4 ± 1,3
LT ₂ fart (km · t ⁻¹)	13,9 ± 0,9	15,1 ± 0,9	14,7 ± 1,1
VO _{2maks} test (maske og vest)			
VO _{2maks} (ml · kg ⁻¹ · min ⁻¹)	58 ± 3	62 ± 3	61 ± 4
Maks RER	1,08 ± 0,02	1,9 ± 0,04	1,9 ± 0,03
HF _{maks} (slag/min)	183 ± 16	190 ± 9	187 ± 12
Maks hastighet (km·t ⁻¹)	17 ± 1,5	18,5 ± 1	18 ± 1
Maks PF (P · min ⁻¹)	68 ± 6	65 ± 3	66 ± 4
Maks PF (AU, Tyme Wear)	70 ± 6	65 ± 3	67 ± 5
Maks RPE (Borg 6-20)	19 ± 1	19 ± 1	19 ± 1
Maks Laktat (mmol · L ⁻¹)	9,7 ± 1,1	9,5 ± 1,4	9,6 ± 1,4
PF _{maks} test (kun vest)			
HF _{maks} (slag/min)	180 ± 15	186 ± 9	184 ± 12
Maks hastighet (km · t ⁻¹)	17,5 ± 1,5	19,0 ± 1,0	18,5 ± 1,5
Maks PF (P · min ⁻¹)	80 ± 14	75 ± 10	77 ± 12
Maks RPE (Borg 6-20)	19 ± 1	20 ± 1	19 ± 1
Maks Laktat (mmol · L ⁻¹)	9,6 ± 1,7	10,1 ± 1,7	9,9 ± 1,7

236 Verdier er presentert som gjennomsnitt ± standardavvik . LT=laktatterskel; VO₂=; RER = ;HF= ; PF=; RPE= ;AU=; n=
 237 antall løpere

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

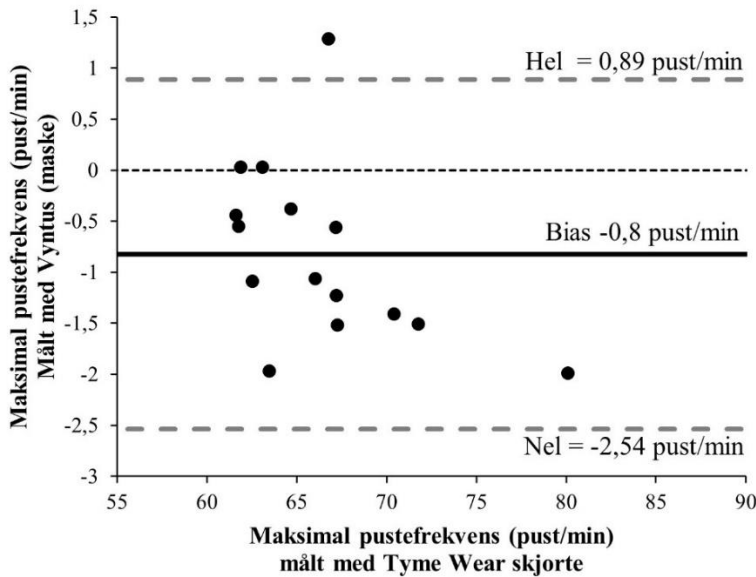
248

249

250

251 **Validitet av Tyme Wear™ vestene**

252 Det var signifikant forskjell ($p < ,001$) (-1,38, 0,42), 95% CI. mellom maksimal PF målt med vest
253 opp mot Vyntus (maske). Målingene viste sterk korrelasjon ($r = ,986$, $p < ,001$).

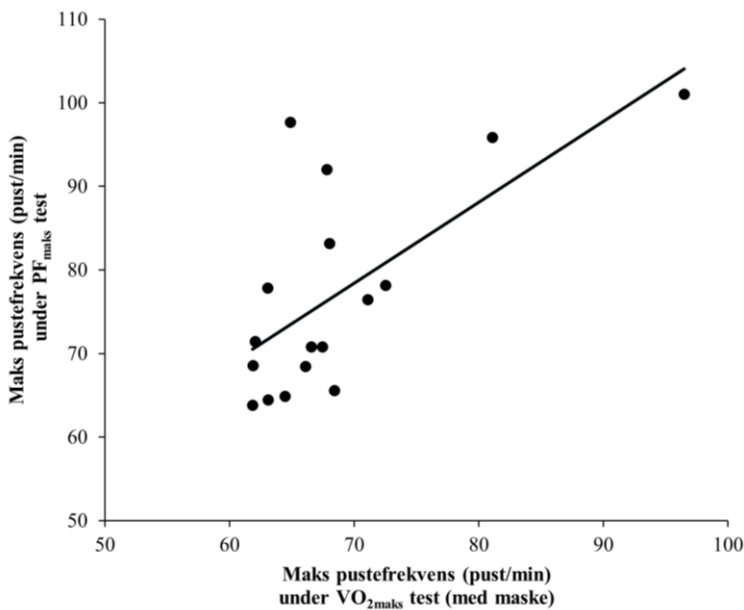


254

255 **Figur 3** – Forskjellen mellom PF_{maks} målt med Tyme Wear vest og Vyntus metabolsk målemetode under VO_{2maks} testen
256 (grense for enighet = -2,54 til 0,89 (pust/min) SB = -0,82). 95% øvre og nedre grense for enighet vises som stiplede grå
257 linjer. SB er heltrukken svart linje. Svart stiplet linje er tydeliggjort ved 0,0.

258 **Sammenlikning av PF_{maks} med og uten maske**

259 Det vises signifikant forskjell mellom PF_{maks} på deltakernes maksimale løps tester ($p < ,05$)(13,21,
260 3,71) 95% CI, og svak korrelasjon ($r = 0,45$, $p < ,05$). Det er en signifikant ($p < ,001$) endring fra
261 VO_{2maks} testen til PF_{maks} testen i HF_{maks} (-3 ± 2 (pust/min) og LA ($0,5 \pm 0,9$ mmol/L), men ingen
262 økning ($p > ,05$) i Borg-RPE (0 ± 1).



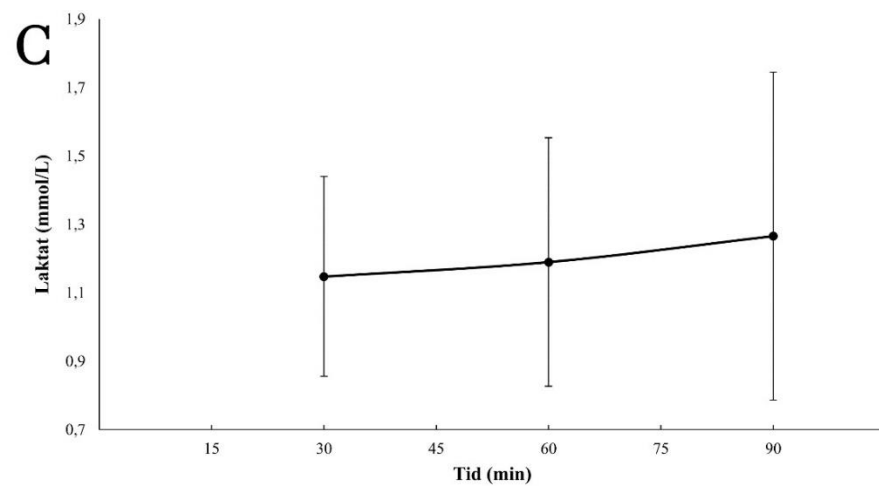
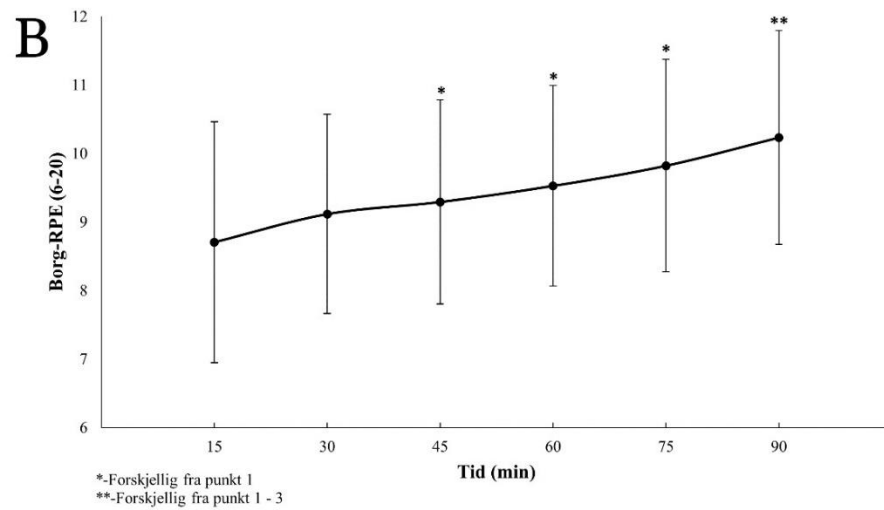
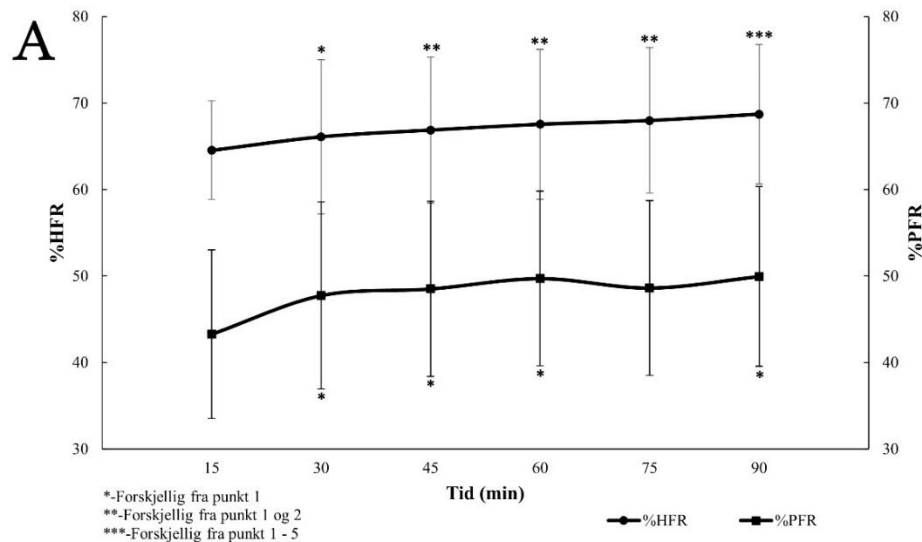
263

264 **Figur 4** – Sammenhengen mellom PF_{maks} under VO_{2maks} testen med maske og PF_{maks} testen uten maske ($y = 0,9687x +$
265 $10,607$, $r = ,45$).

266 **Fysiologiske responser under treningsøktene**

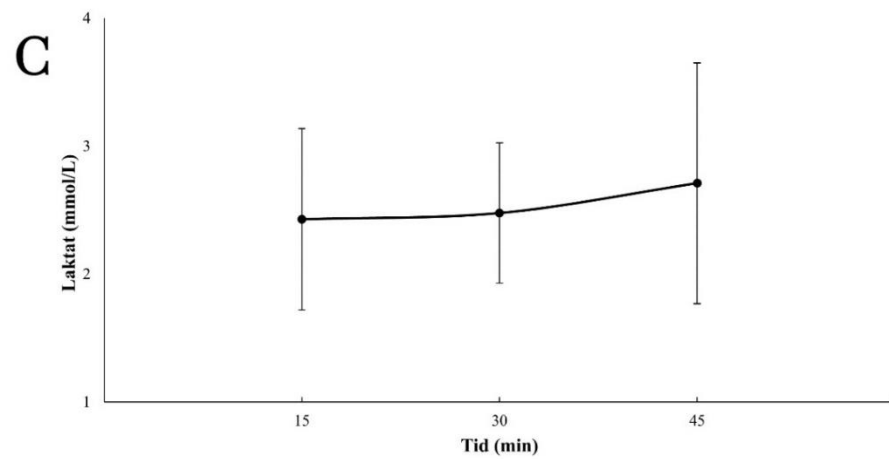
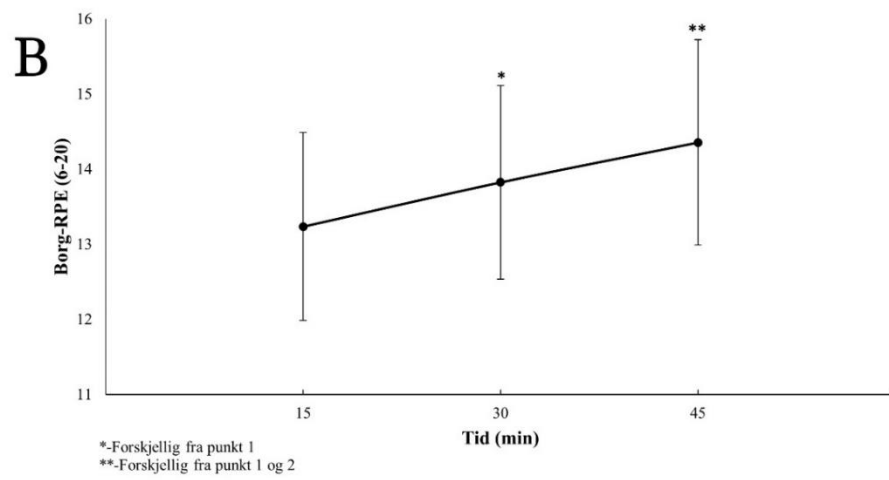
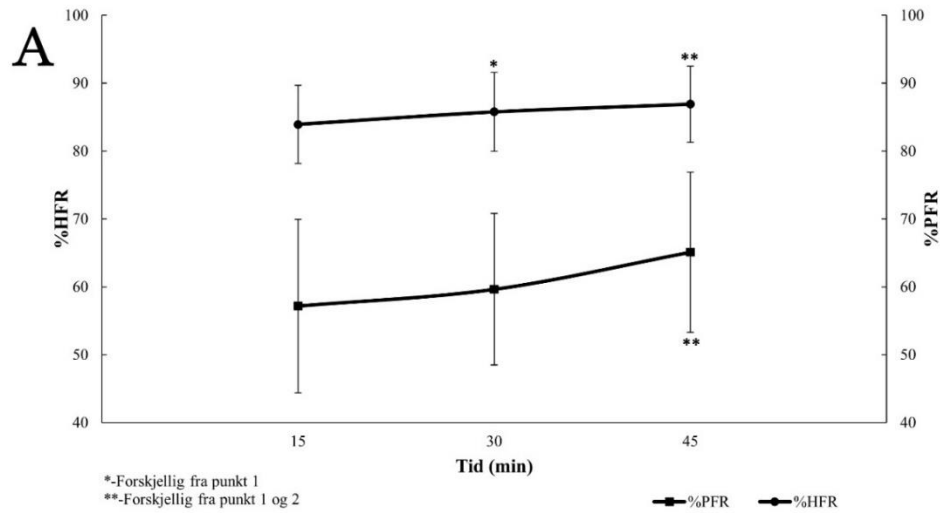
267 Deltakernes (n=17) intensitet gjennom de ulike øktene vises i Figur 5, 6, 7 og 8. Tabell 3 viser reelle
268 PF, HF verdier og sRPE for å supplere figurene.

269 Øktenes eksterne belastning ble målt gjennom HA og SF. HA ble holdt konstant på LIT ($10,5 \pm 1$
270 $\text{km}\cdot\text{t}^{-1}$) og TIT ($13,5 \pm 1 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$). På HIT og SIT øker HA progressivt ($p <,01$) fra start til slutt på
271 henholdsvis ($14,5 \pm 1$ til $15,5 \pm 1,5 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$) og (16 ± 1 til $17 \pm 1,5 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$). SF stiger ikke signifikant
272 ($p >,05$) på LIT (162 ± 17 til 162 ± 19 steg/min) og SIT (167 ± 11 til 168 ± 14 steg/min). Gjennom
273 TIT (173 ± 9 til 175 ± 9 steg/min) og HIT (176 ± 9 til 183 ± 16 steg/min) er økningen av SF
274 signifikant ($p <,05$). Væsketapet fra øktens begynnelse til slutt var signifikant ($p <,01$) gjennom LIT
275 ($0,9 \pm 0,3 \text{ kg}$), TIT ($0,7 \pm 0,3 \text{ kg}$), HIT ($0,5 \pm 0,2 \text{ kg}$) og SIT ($0,5 \pm 0,3 \text{ kg}$). Deltakerne inntok i
276 gjennomsnitt $\sim 300 \text{ ml}$ vann hver økt.



277

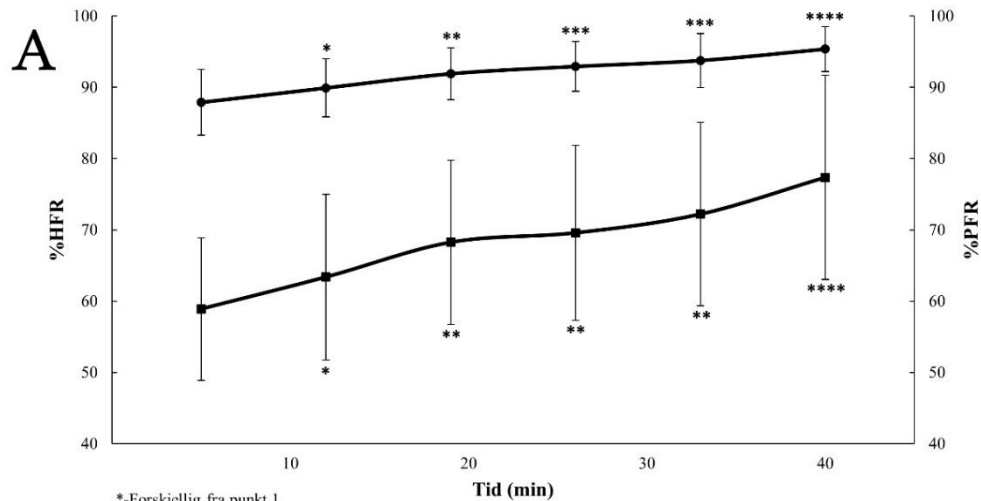
278 **Figur 5** – Utvikling av %HFR, %PFR, Borg-RPE og LA gjennom 90 minutter løping <LT₁ (n=17). Verdier er
 279 gjennomsnitt ± standardavvik. Diagram A presenteres i %. *, ** og *** sin betydning er beskrevet i figur og viser p <
 280 ,05.



281

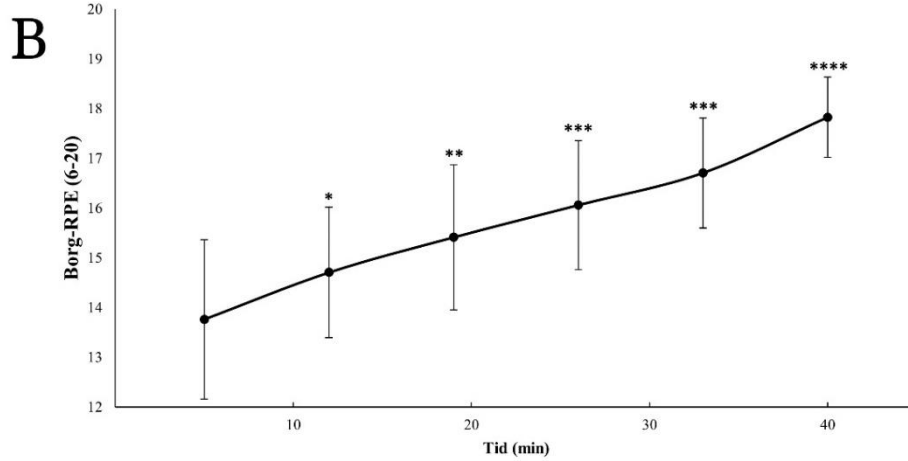
282 **Figur 6** – Utvikling av %HFR, %PFR, Borg-RPE og LA gjennom 3 · 15 min terskelintervall i $(LT_1+LT_2)/2$ fart (n=17).
 283 Verdier er gjennomsnitt ± standardavvik. Diagram A presenteres i %. *, ** og *** sin betydning er beskrevet i figur og
 284 viser $p < ,05$.

285

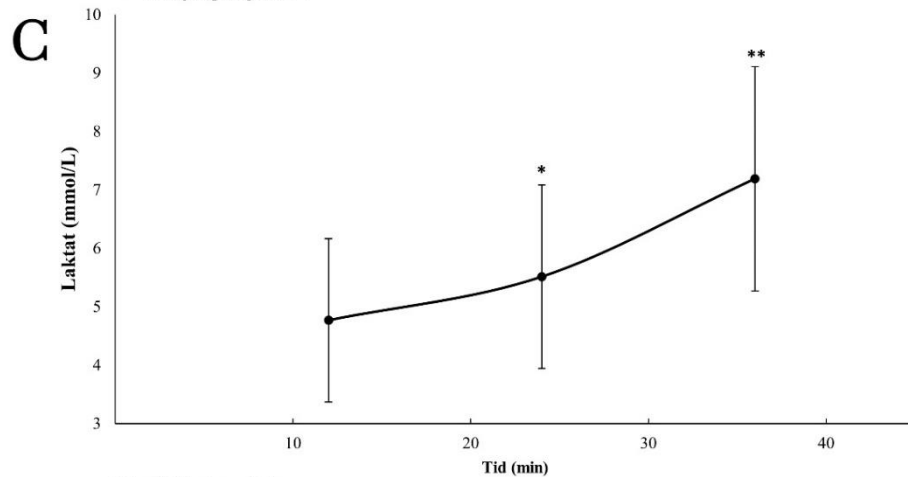


*-Forskjellig fra punkt 1
 **-Forskjellig fra punkt 1 og 2
 ***-Forskjellig fra punkt 1-3
 ****-Forskjellig fra punkt 1-5

■-%PFR ●-%HFR



*-Forskjellig fra punkt 1
 **-Forskjellig fra punkt 1 og 2
 ***-Forskjellig fra punkt 1-3
 ****-Forskjellig fra punkt 1-5



*-Forskjellig fra punkt 1
 **-Forskjellig fra punkt 1 og 2

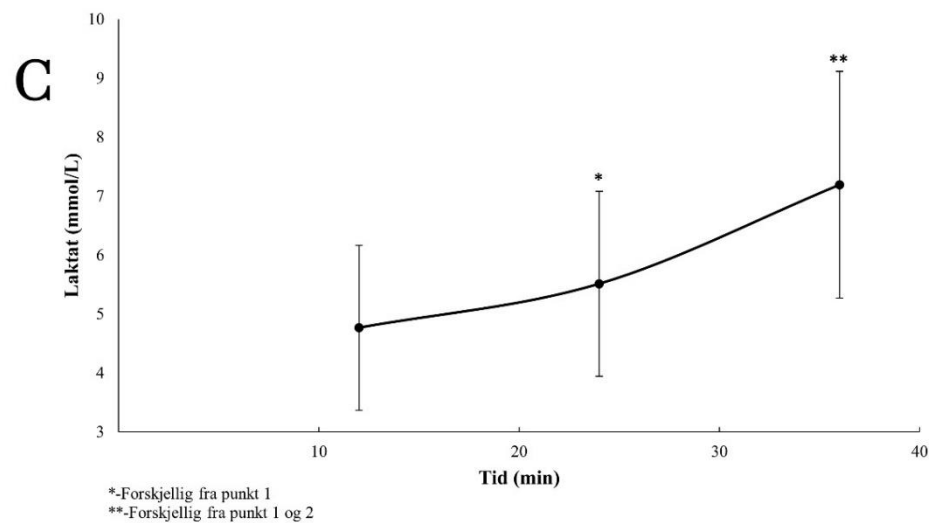
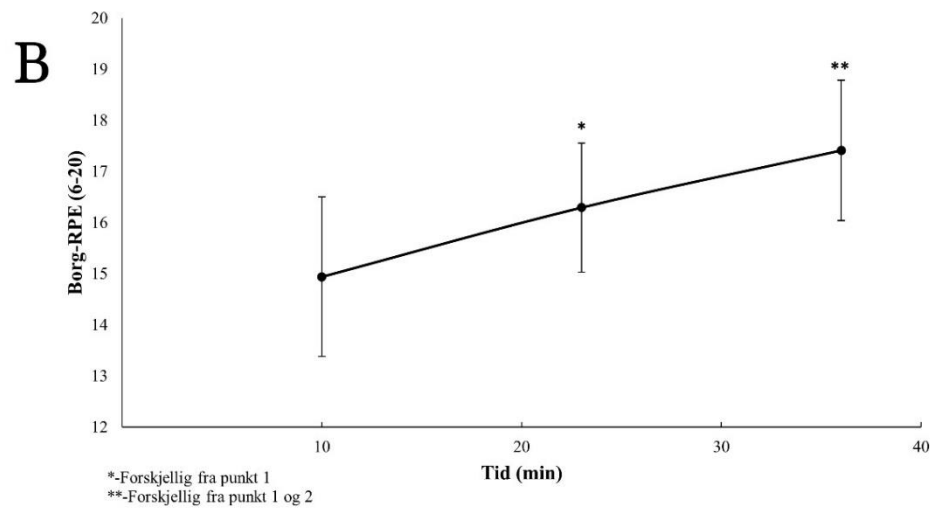
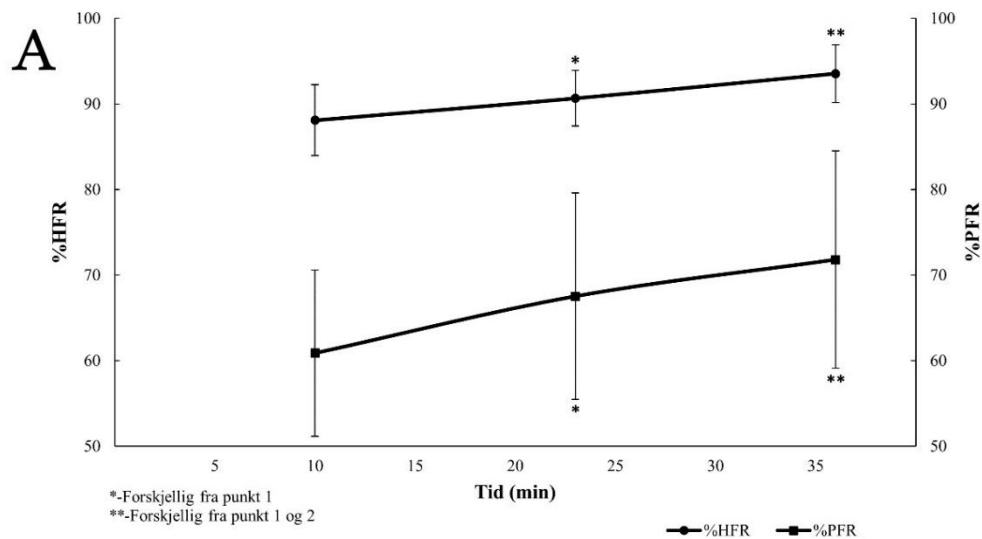
286

287

288

289

Figur 7 – Utvikling av %HFR, %PFR, Borg-RPE og LA gjennom 5 · 6 minutter økten langintervall (n=17). Verdier er gjennomsnitt ± standardavvik. Diagram A presenteres i %. *, ** og *** sin betydning er beskrevet i figur og viser p < ,05.



290

291 **Figur 8** – Utvikling av %HFR, %PFR, Borg-RPE og LA gjennom 3 · 10 minutter · 45/15 sekunder kortintervall økt
 292 (n=17). Verdier er gjennomsnitt ± standardavvik. Diagram A presenteres i %. *, ** og *** sin betydning er beskrevet i
 293 figur og viser p < ,05.

294

Tabell 3: Fysiologiske endringer gjennom øktene (n=17)

Verdi	Tidspunkt	LIT	TIT	HIT	SIT
PF ($P \cdot \text{min}^{-1}$)	1	41 ± 6	50 ± 7	51 ± 6	52 ± 7
	2	45 ± 7	51 ± 7	57 ± 7	56 ± 8
	3	46 ± 8	55 ± 8	62 ± 8	59 ± 7
HF (slag/min)	1	136 ± 13	164 ± 11	170 ± 9	170 ± 10
	2	140 ± 12	167 ± 10	176 ± 10	174 ± 10
	3	142 ± 11	168 ± 10	181 ± 10	178 ± 10
LA ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	1	1,1 ± 0,3	2,4 ± 0,7	4,8 ± 1,4	4,3 ± 0,9
	2	1,2 ± 0,4	2,5 ± 0,5	5,5 ± 1,6	5,2 ± 1,7
	3	1,3 ± 0,5	2,7 ± 0,9	7,2 ± 1,9	6,1 ± 2,4
RPE (Borg6-20)	1	9 ± 2	13 ± 1	14 ± 2	15 ± 2
	2	9 ± 1	14 ± 1	15 ± 1	16 ± 1
	3	10 ± 2	14 ± 1	18 ± 1	17 ± 1
sRPE (0-10)		2 ± 1	5 ± 1	8 ± 1	8 ± 1

296
297

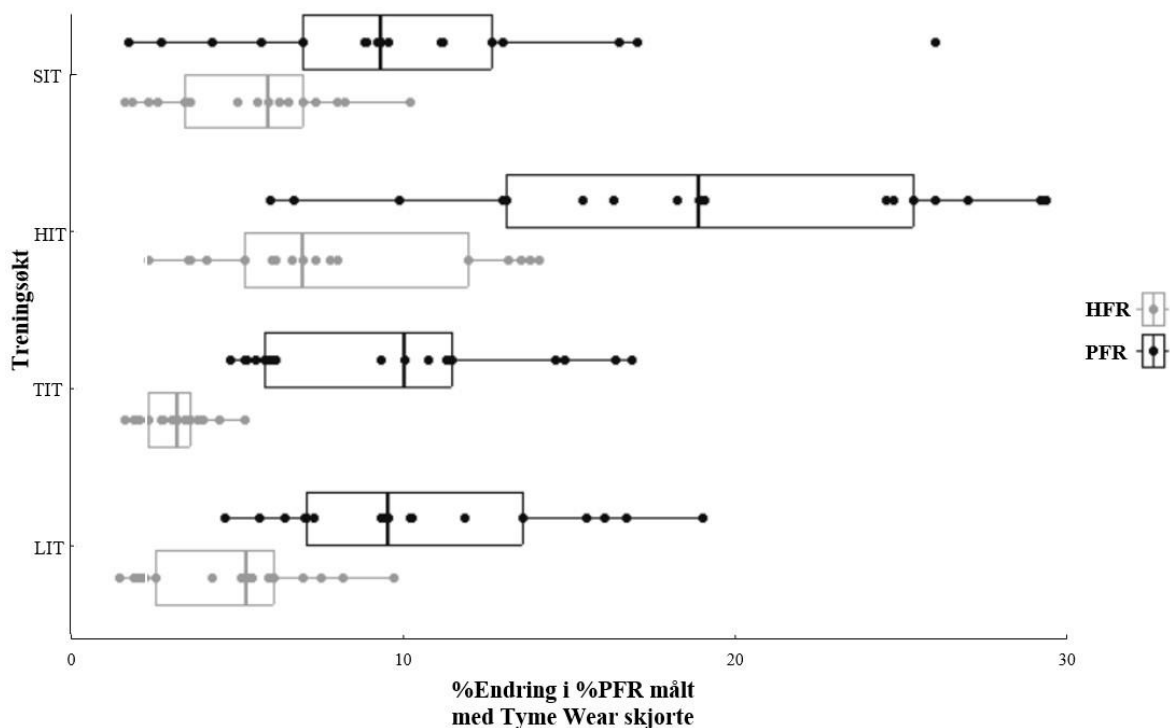
PF= Pustefrekvens; HF= Hjerterefrekvens; LA= blodlaktat; RPE= subjektiv belastning; sRPE= session RPE; n=antall deltakere

298

Variasjon av %HFR og %PFR gjennom øktene

299
300
301
302

Figur 9 viser fordelingen av forskjellen mellom minimal og maksimal %HRF (grå) og %PFR (svart) hos hver deltaker, avhengig av økten. Den gjennomsnittlige %PFR endringen i LIT (11,6%), TIT (9,6%), HIT (19%) og SIT (10,2%) er store. %PFR sammenlignet med %HFR viser gjennom LIT ($p < ,001$, $d = 0,8$), TIT ($p < ,001$, $d = 0,9$), HIT ($p < ,001$, $d = 0,8$) og SIT ($p < ,05$, $d = 0,6$)



303 **Figur 9** – Fordelingen av forskjellen mellom minimum og maksimum %HRF (grå) og %PFR (svart). LIT= langkjøring
 304 90 minutter; TIT= Terskelintervall 3 · 15 minutter; HIT= langintervall 5 · 6 minutter; SIT= 3 · 10 minutter · 45/15 sekunder.

305

306

Diskusjon

307 Studien viser at %PFR kan gi ny og verdifull informasjon om indre fysiologisk belastning under
 308 trening. %PFR har potensiale til å benyttes som verktøy for kvantifisering av intensitet. Dette
 309 demonstreres gjennom den unike responsen i PF under de ulike øktene. Gjennom studien er det
 310 fremtredende at %PFR er mer sensitiv for endring enn %HRF ($p < ,05$). Det ble ikke funnet liknende
 311 studier hvor det ses på PF sin funksjon som et intensitetsstyringsverktøy forløpere under normale
 312 treningsøkter uten bruk av maske.

313 Det var essensielt å kvantifisere validiteten og reliabiliteten til Tyme Wear vesten med en «metabolic
 314 cart» før videre testing. Ved å kartlegge korrelasjonen mellom Vyntus og Tyme Wear vesten sine
 315 PF_{maks} verdier ble lignende resultater oppnådd ($r = ,986$, $p < ,001$) til tross for at vestens nøyaktighet
 316 er ulik ($p < ,001$, systematisk bias $-0,8$), og generelt underrapporterer PF_{maks} i 80% av tilfellene.
 317 Denne ulikheten er fortsatt så liten at vesten har en god validitet. Tyme Wear vesten måler PF_{maks}
 318 med god relabilitet og samsvarer med funn fra tidligere studier, der vestens reliabilitet på VT ble
 319 testet^{24,27}.

320 Videre var det interesse for å undersøke i hvilken grad masken til «metabolic cart» påvirket PF ved
 321 løping på høy intensitet. I denne studien var det ønskelig å definere PF_{maks} for å kunne analysere
 322 øktene gjennom %PFR. Ettersom at pustemønsteret kan påvirkes av maske¹⁴, var det nødvendig å
 323 gjennomføre en ny test med maksimal innsatts etter VO_{2maks} testen. PF_{maks} målt med vesten koblet til
 324 maske og «metabolic cart» ga resultater (66 ± 4) lignende tidligere forskning^{16,17,28}. Derimot viste
 325 PF_{maks} testen en signifikant endring i PF ($9 \pm 9 / 13\% \pm 14\%$) ($r = ,45$, $p < ,001$) til 77 ± 12 . Dette kan
 326 tyde på at reelle PF_{maks} verdier under maksimalt arbeid kan være høyere enn det som antydtes i
 327 dagens forskning.

328

329

330 Sammenligning av PF med andre etablerte indre fysiologiske målemetoder var sentralt for å definere
331 målemetodens nytteverdi i praksis. Det var også prekært å gjennomføre dette på flere ulike økter for
332 å danne et helhetlig bilde. I løpet av HIT-økten ble det observert at %HFR målte høye
333 gjennomsnittverdier allerede fra første intervalldrag ($88 \pm 5\%$). Selv om %HFR økte ($p < ,05$) var
334 den prosentvise endringen 11% lavere enn %PFR ($p < ,001$, $d = 0,8$). Endringsforskjellene ble
335 gradvis større underveis, og ble spesielt stor når deltakerne økte H ($p < ,05$) de siste to dragene. Dette
336 tyder på at %HFR nådde et effekttak rundt 90-95% av maks, og en avtagende marginaleffekt ved
337 endring i H. Gjennomsnittlig %PFR var til forskjell flere prosent under å nå sitt effekttak ved siste
338 måling ($77 \pm 14\%$). Funnet indikerer at dersom utøverne hadde økt intensiteten ytterligere, ville
339 responsforskjellen mellom målemetodene potensielt ha øke. Selv om SIT-økten også var høyintensiv,
340 var forskjellen mellom endringen i %PFR og %HFR mindre ($p < ,05$, $d = 0,6$). Dette kan skyldes at
341 PF har en tendens til å følge raske endringer i innsats som fremtrer på høyintensive intervaller^{20,22,23}.

342 Under LIT hadde %PFR og RPE gjentatte ($p < ,05$) forhøyninger selv om H ble holdt konstant. Dette
343 kan skyldes kardiovaskulær drift som en konsekvens av øktens lengde¹¹. PF øker derimot ikke like
344 mye over tid, og ga generelt et mer uregelmessig mønster enn %HFR og RPE. Dermed kan det antas
345 at PF gir et annet perspektiv på utøverens fysiologiske respons enn %HFR og Borg-RPE, på lav
346 intensitet. Imidlertid vil PF sin underreportering av drift gjøre det hensiktsmessig å benytte andre
347 målemetoder som kan oppfatte driften.

348 **Styrker og begrensninger**

349 Studiens største styrker var: (a) et velkontrollert og standardisert design, og en omfattende
350 testprotokoll, (b) mange løpere som ønsket å delta i forskningsprosjektet muliggjorde seleksjon av
351 det mest passende utvalget til forskningsspørsmålet, (c) et relativt stort utvalg (d) ingen frafall(e)
352 godt etablerte objektive målemetoder, og velutviklet utstyr for hovedmålinger og (f) validering av
353 nytt utstyr før bruk.

354 Studien hadde flere begrensninger som må belyses. For det første ble ikke PF_{hvile} målt, ettersom flere
355 potensielle feilkilder medfører utfordringer i målingen²⁹. Videre ble utregningen av den eksterne
356 belastningen identisk for alle deltakerne, til tross for store individuelle forskjeller i respons på ulik
357 belastning. Deltakerne var klar over at PF ble målt, som fører til at det ikke utelukkes at dette kan ha
358 påvirket PF. VE og TV ble også målt under øktene, men ettersom disse registreres i Tyme Wear sin
359 AU ble ikke dataen analysert. Dette skyldes at prosessen med å oversette fra AU til normalverdier er
360 tidkrevende og komplekst. Det er også uklart i hvilken grad Tyme Wear sitt støyfilter klarer å fjerne
361 påvirkningen sensoren utsettes for i fotisett (støtfasen). En mer grundig analyse av SIT-økten, hvor
362 man går inn og ser på endringer i drag og serier, kunne gitt andre resultater enn kun gjennom analyse
363 av serien.

364 Det ble ikke tatt høyde for forskjellen mellom menn og kvinner, selv om kvinner generelt viste
365 hyppigere PF enn menn i denne studien. Løperne sine satsningsområder varierte fra maraton til 800
366 meter, og det er derfor naturlig å anta at de hadde varierende fysiologisk respons på øktene.

367 **Praktisk anvendelighet**

368 PF_{maks} har indre fysiologiske variasjoner ved ulik intensitet. Det vil derfor kunne være gunstig å
369 benytte %PFR fremfor PF, for å kunne komme med anbefalinger rundt intensitetsstyring.

370 Resultatene i studien gjorde at det ikke kan defineres klare grensepunkter for %PFR eller definere
371 ulike soner. Til tross for det er det mulig å gi noen generelle anbefalinger. Under rolig jogg på lav
372 intensitet ($>LT_1$) anbefales 40-60% av %PFR (ca. 30-45 (pust/min)), men ved moderat løping (LT_1 -
373 LT_2) er 50-75% av %PFR (ca. 40-60(pust/min)) å anbefale. Under høyintensiv løping ($>LT_2$) 60-80%
374 (46-62(pust/min)) og maksimal anstrengelse (%PFR = 100) kan det forventes å oppnå en PF mellom

375 64-101 pust/min. Dersom en utøver skal kunne nyttiggjøre seg av vesten, er det viktig med god
376 innsikt rundt hvilke eksterne faktorer som kan påvirke PF.

377 **Generaliserbarhet**

378 Oppgavens omfang og utførelse gir grunnlag til argumentasjon for at studiet er representativt for
379 godt trente løpere i alderen 18-40 år. Resultatene fra Tyme Wear var påvirket av at løping har stor
380 mekanisk belastning og ofte følger andre pustemønster en eksempelvis sykkel³⁰. Resultatene kan
381 derfor ikke generaliseres, og har lav overførbarhet til idretter med andre bevegelsesmønstre.

382

383

Konklusjon

384 PF kan anses som et nyttig mål på intensitetsstyring, og vesten gir valide målinger av PF under
385 trening i kontrollerte omgivelser. Fordelene ved å overvåke PF under trening er mer presis
386 intensitetsstyring, samt bedre kvantifisering av endringer i mobilisering underveis i treningsøkter.

387 **Annerkjennelse**

388 Studien ble gjennomført i samarbeid med Universitetet i Agder. En ekstra takk gis til alle løperne
389 som deltok i prosjektet.

390 **Formidling**

391 Forfatteren har ingen egen interesse i forskningen, og data er fremstilt tydelig og ærlig, uten
392 forfalskning.

- 394 1. Seiler S. What is best practice for training intensity and duration distribution in
395 endurance athletes? *Int J Sports Physiol Perform*. Sep 2010;5(3):276-91.
396 doi:10.1123/ijsp.5.3.276
- 397 2. Tønnessen E, Sylta Ø, Haugen TA, Hem E, Svendsen IS, Seiler S. The Road to Gold:
398 Training and Peaking Characteristics in the Year Prior to a Gold Medal Endurance
399 Performance. *PLOS ONE*. 2014;9(7):e101796. doi:10.1371/journal.pone.0101796
- 400 3. Meeusen R, Duclos M, Foster C, et al. Prevention, diagnosis, and treatment of the
401 overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science
402 and the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc*. Jan 2013;45(1):186-
403 205. doi:10.1249/MSS.0b013e318279a10a
- 404 4. Akenhead R, Nassis GP. Training Load and Player Monitoring in High-Level Football:
405 Current Practice and Perceptions. *Int J Sports Physiol Perform*. Jul 2016;11(5):587-93.
406 doi:10.1123/ijsp.2015-0331
- 407 5. Drew MK, Finch CF. The Relationship Between Training Load and Injury, Illness and
408 Soreness: A Systematic and Literature Review. *Sports Medicine*. 2016/06/01 2016;46(6):861-
409 883. doi:10.1007/s40279-015-0459-8
- 410 6. McGuigan M. *Monitoring Training and Performance in Athletes*. vol 1. Human
411 Kinetics; 2017:264.
- 412 7. Borresen J, Lambert MI. The Quantification of Training Load, the Training Response
413 and the Effect on Performance. *Sports Medicine*. 2009/09/01 2009;39(9):779-795.
414 doi:10.2165/11317780-000000000-00000
- 415 8. Soligard T, Schwelnus M, Alonso J-M, et al. How much is too much? (Part 1)
416 International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury.
417 *British Journal of Sports Medicine*. 2016;50(17):1030-1041. doi:10.1136/bjsports-2016-
418 096581
- 419 9. Viru A, Viru M. Nature of training effects. 2000:67-95.
- 420 10. Hopkins WG. Quantification of Training in Competitive Sports. *Sports Medicine*.
421 1991/09/01 1991;12(3):161-183. doi:10.2165/00007256-199112030-00003
- 422 11. Coyle EF, González-Alonso J. Cardiovascular Drift During Prolonged Exercise: New
423 Perspectives. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 2001;29(2):88-92.
- 424 12. Jones AM, Burnley M, Black MI, Poole DC, Vanhatalo A. The maximal metabolic
425 steady state: redefining the 'gold standard'. *Physiological Reports*. 2019;7(10):e14098.
426 doi:<https://doi.org/10.14814/phy2.14098>
- 427 13. Jaspers A, Kuyvenhoven JP, Staes F, Frencken WGP, Helsen WF, Brink MS.
428 Examination of the external and internal load indicators' association with overuse injuries in
429 professional soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2018/06/01/
430 2018;21(6):579-585. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.10.005>
- 431 14. Askanazi J, Milic-Emili J, Broell JR, Hyman AI, Kinney JM. Influence of exercise and
432 CO₂ on breathing pattern of normal man. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. Jul
433 1979;47(1):192-6. doi:10.1152/jappl.1979.47.1.192
- 434 15. Gilbert R, Auchincloss JH, Jr., Brodsky J, Boden W. Changes in tidal volume,
435 frequency, and ventilation induced by their measurement. *J Appl Physiol*. Aug
436 1972;33(2):252-4. doi:10.1152/jappl.1972.33.2.252
- 437 16. Kift J, Williams EM. The respiratory time and flow profile at volitional exercise
438 termination. *Journal of Sports Sciences*. 2007/12/01 2007;25(14):1599-1606.
439 doi:10.1080/02640410701275201
- 440 17. Nicolò A, Bazzucchi I, Lenti M, Haxhi J, di Palumbo AS, Sacchetti M. Neuromuscular
441 and Metabolic Responses to High-Intensity Intermittent Cycling Protocols With Different

- 442 Work-to-Rest Ratios. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 01 Jan.
443 2014;9(1):151-160. doi:10.1123/ijsp.2012-0289
- 444 18. Lucía A, Carvajal A, Calderón FJ, Alfonso A, Chicharro JL. Breathing pattern in
445 highly competitive cyclists during incremental exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*.
446 May 1999;79(6):512-21. doi:10.1007/s004210050546
- 447 19. Bechbache RR, Duffin J. The entrainment of breathing frequency by exercise rhythm.
448 *J Physiol*. Nov 1977;272(3):553-61. doi:10.1113/jphysiol.1977.sp012059
- 449 20. Nicolò A, Massaroni C, Passfield L. Respiratory Frequency during Exercise: The
450 Neglected Physiological Measure. *Front Physiol*. 2017;8:922. doi:10.3389/fphys.2017.00922
- 451 21. Nicolò A, Marcora SM, Sacchetti M. Respiratory frequency is strongly associated with
452 perceived exertion during time trials of different duration. *J Sports Sci*. 2016;34(13):1199-
453 206. doi:10.1080/02640414.2015.1102315
- 454 22. Nicolò A, Marco M, Girardi M, Felici F, Bazzucchi I, Sacchetti M. Respiratory
455 Frequency as a Marker of Physical Effort During High-Intensity Interval Training in Soccer
456 Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 04/29 2019;15:1-24.
457 doi:10.1123/ijsp.2019-0028
- 458 23. Nicolò A, Bazzucchi I, Haxhi J, Felici F, Sacchetti M. Comparing Continuous and
459 Intermittent Exercise: An “Isoeffort” and “Isotime” Approach. *PLOS ONE*. 2014;9(4):e94990.
460 doi:10.1371/journal.pone.0094990
- 461 24. Gouw A, Guilder G, Larusson A, et al. Ventilation can exclusively be used to predict
462 ventilatory thresholds: a retrospective analysis. 05/22 2021;16:1-18.
- 463 25. Pallarés JG, Morán-Navarro R, Ortega JF, Fernández-Elías VE, Mora-Rodriguez R.
464 Validity and Reliability of Ventilatory and Blood Lactate Thresholds in Well-Trained Cyclists.
465 *PLOS ONE*. 2016;11(9):e0163389. doi:10.1371/journal.pone.0163389
- 466 26. Dickhuth H, Yin L, Niess A, et al. Ventilatory, lactate-derived and catecholamine
467 thresholds during incremental treadmill running: relationship and reproducibility.
468 *International Journal of Sports Medicine*. 1999;2(20):122-127. doi:10.1055/s-2007-971105
- 469 27. Gouw AH, Van Guilder GP, Cullen GG, Dalleck LC. Is the Tyme Wear Smart Shirt
470 Reliable and Valid at Detecting Personalized Ventilatory Thresholds in Recreationally Active
471 Individuals? *Int J Environ Res Public Health*. Jan 20 2022;19(3)doi:10.3390/ijerph19031147
- 472 28. Nicolò A, Marcora SM, Bazzucchi I, Sacchetti M. Differential control of respiratory
473 frequency and tidal volume during high-intensity interval training. *Exp Physiol*. Aug 1
474 2017;102(8):934-949. doi:10.1113/ep086352
- 475 29. Han JN, Stegen K, Simkens K, et al. Unsteadiness of breathing in patients with
476 hyperventilation syndrome and anxiety disorders. *Eur Respir J*. Jan 1997;10(1):167-76.
477 doi:10.1183/09031936.97.10010167
- 478 30. Kalsås K, Thorsen E. Breathing patterns during progressive incremental cycle and
479 treadmill exercise are different. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. 2009;29(5):335-
480 338. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1475-097X.2009.00874.x>

481

482

483

484

485

486

487

488

489

VEDLEGG

490

491 **Innhold:**

492 Vedlegg 1: Digitalt spørreskjema

493 Vedlegg 2: Informasjonsskriv og personvern

494 Vedlegg 3: NSD godkjenning

495 Vedlegg 4: FEK godkjenning

496 Vedlegg 5: Breathing calibration

497 Vedlegg 6: Size guide Tyme Wear

498 Vedlegg 7: OLT I-skala

499 Vedlegg 8: Some innlegg

500 Vedlegg 9: Vestens sensor

501 Vedlegg 10: sRPE skala

502 Vedlegg 11: Samtykke om bilde

503 Vedlegg 1

504

505

506

507

508

509

510

511

512

513

514

515

516

517

518

519

520

521

522

523

524

525

526

527

528

529

530

Deltaker skjema.

Dersom du ønsker å delta i prosjektet trenger vi litt informasjon angående din fysiske form og generelle helse/tilstand.

Email *

Valid email

This form is collecting emails. [Change settings](#)

Hva er alderen din? (Alder i hele tall eks. 25)

Short answer text

Hva er ditt kjønn? *

Kvinne

Mann

Ikke-Binær

Hva er din typisk treningsmengde i km/uke, basert på de siste 8 ukene? *

0 km

1-30 km

30 - 50 km

50 - 70 km

70 - 100 km

Over 100 km per uke

Other...

I gjennomsnitt, hvor mange kilometer/uke forventer du å løpe de neste 4 ukene?

0 km

1-30 km

30-50 km

50-70 km

70-100 km

Over 100 km i uke

Other...

531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559

I gjennomsnitt, hvor mange kilometer/uke forventer du å løpe de neste 4 ukene?

- 0 km
- 1-30 km
- 30-50 km
- 50-70 km
- 70-100 km
- Over 100 km i uka
- Other: _____

Har du en relativ fersk (siste par år) personlig rekord på en eller flere av følgende distanser?: 3km, 5 km, 10km, Halvmaraton eller Maraton? (Dersom JA: skriv ned både distanse og tid)

Your answer _____

Er du nå eller har du vært skadet (nok til å måtte stå over løping) de siste 8 ukene?
(Dersom JA: gjerne utdype om skaden med et par setninger)

Your answer _____

Har du erfaring med å løpe forskjellige økttyper på trødemølle?

- Ja, masse erfaring med å trene på mølla
- Litt erfaring
- Løper aldri på mølla

Jeg driver aktivt med klatring?

- Ja
- Nei

Jeg er eller forventer å bli gravid i løpet av november/desember?

- Ja
- Nei

Har du noen datoer eller perioder 1. November til 22. Desember hvor du ikke er tilgjengelig for testing? (Trenger kun oppgi dato ikke årsak)

Long answer text _____

560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582

Har du erfaring med å løpe forskjellige økttyper på trødemølle?

Ja, masse erfaring med å trene på mølla

Litt erfaring

Løper aldri på mølla

Jeg har mulighet til å møte opp på Spicheren treningssenter 5 ganger i perioden November/ Desember (Oppsatt test tid er i hovedsak mellom 17-21)

Ja, jeg er fleksibel og tilgjengelig

Ja, jeg ønsker å få det til men kan være avhengig av noen tilpasninger

Jeg er usikker

Nei

Other: _____

Er du avhengig av å bruke medisiner som kan påvirke prestasjonen på noen måte?
(EKS. astmamedisin)

Ja

Nei

Other: _____

Jeg har andre helseopplysninger som jeg mener kan påvirke fysiologiske tester
(EKS. underliggende sykdommer). Skriv eventuelt hva det gjelder:

Your answer _____



Informasjon og forespørsel om deltakelse i forskningsprosjekt

Du er invitert til å delta i et forskningsprosjekt som skal undersøke intensitetsskala basert på ventilasjon hos løpere. Gjennom dette informasjonsskrivet vil du få beskrevet prosjektet, prosessen og alt du må vite som deltaker. Vennligst les gjennom følgende informasjon nøye før du avgjør om du ønsker å delta eller ikke.

Bakgrunn og hensikt med studien

Organisering av treningsintensitet inn i ulike soner som et mål på belastning er vanlig. Hvilken sone du befinner deg i defineres oftest av hjertefrekvens (HF) eller Laktat (La-) verdier. Den norske skalaen som er utviklet av Olympiatoppen baserer seg på tall fra RPE, HF og La- som måler den indre belastningen. Måling av RPE i ulike intensitet soner og med ulik lengde samsvarer i mange sammenhenger ikke med HF og La. Forskning på ventilasjon har derimot vist at korrelasjonen mellom RPE og ventilasjon er sterk uavhengig av intensitet og treningsform. RPE og pustefrekvens øker lineært og har en sterk korrelasjon gjennom ulike protokoller.

Hensikten med dette prosjektet er å sammenlikne endringen av ventilasjon på ulik intensitet hos godt trente løpere. Fokuset vil bli rettet mot å se om det er noen klare skiller mellom arbeid på ulik intensitet og ventilasjon. Kan ventilasjon brukes til å styre intensitet på lik linje med HF og La?

Forsøket vil starte datainnsamling 1 november 2022 og bli fulført og ferdigstilt innen august 2023.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Universitetet i Agder, institutt for idrettsvitenskap og kroppsøving er ansvarlig for prosjektet. Professor Stephen Seiler er prosjektansvarlig. Mastergrad student Kristoffer Fuglerud Ask gjennomfører all testing.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Du får spørsmål om å delta fordi vi ønsker å rekruttere 10 erfarne løpere i alderen 18 til 40 år som løper ~5 ganger eller mer i uka og/eller løper 50km/uke eller mer. Deltakeren må være i stand til å gjennomføre intensive treningsøkter på tredemølla. For å delta må du ha mulighet til å møte opp på Spicheren i perioden 1. November-22. Desember.

Hva innebærer det å delta?

Å være med i prosjektet innebærer at du stiller opp på følgende testlaben på UiA 5 ganger over en 2-4 ukers periode:

Dag 1: **Første lab besøk:** Laktat profil test - 15-20min hvile - VO₂ maks test – 15min hvile – Ny maksimal løpetest.

Dag 2: 90min rolig langkjøring sone 1.

Dag 3: 3x15min intervall i sone 3, med 1min pause.

Dag 4: 6x5 min intervall i sone 4/5, med 1min pause.

Dag 5: 3x10x45/15 intervall, med 3 min seriepause.

- Det er opp til deg når øktene skal gjennomføres, men de må være med minimum 48 timers mellomrom og gjennomføres på maksimalt 3 uker.
- Under testingen vil du **ikke** få tilbakemelding om resultatene. Informasjonen holdes tilbake for at de ikke skal påvirke prestasjon eller motivasjon. Alle testresultater vil derfor deles ut etter testingen er avsluttet
- De to siste dagene for lab testene skal du trene rolig. Ikke drikk koffeininnholdige drikke for testen. Ikke spis store måltider de siste 2 timene for testingen. Du skal helst løpe i de samme skoene under alle testene. Helst forbered deg så likt som mulig til de ulike testene.

589

590

591

592

593

Frivillig?

Det er frivillig å delta i prosjektet. Som deltaker kan du når som helst trekke deg fra studien uten å måtte oppgi grunn om hvorfor. Alle opplysninger om deg, vil da bli anonymisert eller slettet. Dersom du trekker deg, vil ikke dette ha noen negative konsekvenser.

Hvordan fungerer oppbevaring og behandling av dine opplysninger?

Vi vil bare bruke forskningsresultatene til formålene vi har fortalt om i dette skrevet. Vi behandler opplysningene dine konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. Navn og kontaktopplysninger om deg vil bli anonymisert og kodet slik at dine data ikke er direkte knyttet til ditt navn. All data vil bli lagret på en sikker måte og utilgjengelig for andre enn de som er involvert i prosjektet. Det innebærer at data oppbevares aidentifisert på instituttets passordbelagte PC. Anonymisert data vil kunne bli brukt i forbindelse med publisering av artikkel i tidsskrift eller i undervisning og kongresser.

Hva skjer med opplysningene dine når prosjektet er avsluttet?

Prosjektet skal etter planen avsluttes innen august 2023. Ved prosjektslutt skal koblingen mellom anonymiserte datafiler og personinformasjon (navn og e-postadresse) slettes.

Dine rettigheter:

- Innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om deg
- Få rettet personopplysninger om deg
- Få slettet personopplysninger om deg
- Få utlevert en kopi av dine personopplysninger (dataportabilitet)
- Kunne sende klage til personvernombudet eller Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger
- Du, som deltaker, er ellers også forsikret av UiAs egen forsikringsordning for forskningsprosjekter.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler personopplysninger om deg basert på ditt samtykke. Studien har blitt godkjent for innsamlingen starter. Sikt har vurdert at prosjektet er i overensstemmelse med personvernregelverket.

594

595

596

597

598

599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625

Hvordan bli med?

Ønsker du å delta kan du sende melding eller e-post til Kristoffer Fuglerud Ask med overskrift «DELTAKER».

- **Kristoffer Fuglerud Ask krisask97gmail.com tlf: 45466805**

Hvor kan jeg finne ut mer?

Hvis du har ytterligere spørsmål til studien eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, vennligst ta kontakt med:

- **Stephen Seiler PhD Stephen.Seiler@uia.no tlf: 91614578**
- **Kristoffer Fuglerud Ask krisask97gmail.com tlf: 45466805**
- Vårt personvernombud: Trond Hausø trond.hauso@uia.no tlf:93601625
- Sikt (tidligere NSD) kan kontaktes for spørsmål til selve vurderingen, på epost (personverntjenester@nsd.no) eller telefon: **55 58 21 17**.

Samtykke til deltakelse «Intensitetsskala basert på ventilasjon hos løpere.»

Ved å signere samtykkeerklæringen bekrefter du at du har lest informasjonsskrivet og er kjent med hensikten og innholdet i studien. Du bekrefter også at du ikke har noen kjent hjertesykdom eller lidelser/sykdom som medfører at din fastlege har frarådet deg å trene intensivt.

- Jeg bekrefter å ha fått, lest og forstått informasjon om studien og at jeg er villig til å delta.
- Jeg bekrefter at jeg er informert at jeg kan trekke meg fra studien når som helst uten begrunnelse.
- Jeg samtykker at dataen samlet under laboratorietesting kan brukes til forskning på gruppenivå i anonyme format.

Ja

Nei

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

[Meldeskjema](#) / [Intensitetsskala basert på ventilasjon hos løpere](#) / Vurdering

Vurdering

Referansenummer	Type	Dato
768447	Standard	26.09.2022

Prosjekttittel

Intensitetsskala basert på ventilasjon hos løpere

Behandlingsansvarlig institusjon

Universitetet i Agder / Fakultet for helse- og idrettsvitenskap / Institutt for idrettsvitenskap og kroppsøving

Prosjektansvarlig

Kerry Stephen Seiler

Student

Kristoffer Fuglerud Ask


Prosjektperiode

01.11.2022 - 31.08.2023

Kategorier personopplysninger

Alminnelige

Særlige

[Meldeskjema](#) 

Kommentar

OM VURDERINGEN

Personverntjenester har en avtale med institusjonen du forsker eller studerer ved. Denne avtalen innebærer at vi skal gi deg råd slik at behandlingen av personopplysninger i prosjektet ditt er lovlig etter personver regelverket.

Personverntjenester har nå vurdert den planlagte behandlingen av personopplysninger. Vår vurdering er at behandlingen er lovlig, hvis den gjennomføres slik den er beskrevet i meldeskjemaet med dialog og vedlegg.

TILLATELSER

Det skal innhentes godkjenning fra Fakultetets Etisk Utvalg (FEK), Fakultet for Helse- og Idrettsvitenskap, Universitet i Agder. Personverntjenester forutsetter at denne innhentes før prosjektet starter.

VIKTIG INFORMASJON TIL DEG

Du må lagre, sende og sikre dataene i tråd med retningslinjene til din institusjon. Dette betyr at du må bruke leverandører for spørreskjema, skylagring, videosamtale o.l. som institusjonen din har avtale med. Vi gir generelle råd rundt dette, men det er institusjonens egne retningslinjer for informasjonssikkerhet som gjelder.

TYPE OPPLYSNINGER OG VARIGHET

Prosjektet vil behandle alminnelige personopplysninger og særlige kategorier av personopplysninger om helse frem til 31.08.2023.

LOVLIG GRUNNLAG

Prosjektet vil innhente samtykke fra de registrerte til behandlingen av personopplysninger. Vår vurdering er at prosjektet legger opp til et samtykke i samsvar med kravene i art. 4 nr. 11 og 7, ved at det er en frivillig, spesifikk, informert og utvetydig bekreftelse, som kan dokumenteres, og som den registrerte kan trekke tilbake.

For alminnelige personopplysninger vil lovlig grunnlag for behandlingen være den registrertes samtykke, jf. personvernforordningen art. 6 nr. 1 a.

Behandlingen av særlige kategorier av personopplysninger er basert på uttrykkelig samtykke fra den registrerte, jf. personvernforordningen art. 6 nr. 1 a og art. 9 nr. 2 a.

PERSONVERNPRINSIPPER

Personverntjenester vurderer at den planlagte behandlingen av personopplysninger vil følge prinsippene i personvernforordningen:

- om lovlighet, rettferdighet og åpenhet (art. 5.1 a), ved at de registrerte får tilfredsstillende informasjon om og samtykker til behandlingen

- formålsbegrensning (art. 5.1 b), ved at personopplysninger samles inn for spesifikke, uttrykkelig angitte og berettigede formål, og ikke viderebehandles til nye uforenlige formål
- dataminimering (art. 5.1 c), ved at det kun behandles opplysninger som er adekvate, relevante og nødvendige for formålet med prosjektet
- lagringsbegrensning (art. 5.1 e), ved at personopplysningene ikke lagres lengre enn nødvendig for å oppfylle formålet.

DE REGISTRERTES RETTIGHETER

Vi vurderer at informasjonen om behandlingen som de registrerte vil motta oppfyller lovens krav til form og innhold, jf. art. 12.1 og art. 13.

Så lenge de registrerte kan identifiseres i datamaterialet vil de ha følgende rettigheter: innsyn (art. 15), retting (art. 16), sletting (art. 17), begrensning (art. 18) og dataportabilitet (art. 20).

Vi minner om at hvis en registrert tar kontakt om sine rettigheter, har behandlingsansvarlig institusjon plikt til å svare innen en måned.

FØLG DIN INSTITUSJONS RETNINGSLINJER

Personverntjenester legger til grunn at behandlingen oppfyller kravene i personvernforordningen om riktighet (art. 5.1 d), integritet og konfidensialitet (art. 5.1 f) og sikkerhet (art. 32).

For å forsikre dere om at kravene oppfylles, må prosjektansvarlig følge interne retningslinjer/rådføre dere med behandlingsansvarlig institusjon.

MELD VESENTLIGE ENDRINGER

Dersom det skjer vesentlige endringer i behandlingen av personopplysninger, kan det være nødvendig å melde dette til oss ved å oppdatere meldeskjemaet. Før du melder inn en endring, oppfordrer vi deg til å lese om hvilken type endringer det er nødvendig å melde:

<https://www.nsd.no/personverntjenester/fyll-ut-meldeskjema-for-personopplysninger/melde-endringer-i-meldeskjema>

Du må vente på svar fra oss før endringen gjennomføres.

OPPFØLGING AV PROSJEKTET

Vi vil følge opp ved planlagt avslutning for å avklare om behandlingen av personopplysningene er avsluttet.

Kontaktperson hos oss: Line Raknes Hjellevik

Lykke til med prosjektet!



Kristoffer Fuglerud
Ask

Visiting adress:
Universitetsveien 25
Kristiansand

Ref: [object Object]

Time of approval: : 24/10/2022

Application for ethical approval of research projects - Professor

We are glad to inform that your application has been reviewed and approved.

Comments from approver:

FEK godkjenner søknaden under forutsetning om at prosjektet gjennomføres som beskrevet i søknaden.

Regards
Committee for Research Ethics
Faculty of Health and Sport Sciences
University of Agder

UNIVERSITETET I AGDER
POSTBOKS 422 4604 KRISTIANSAND
TELEFON 38 14 10 00
ORG. NR 970 546 200 MVA - post@uia.no -
www.uia.no

FAKTURAADRESSE:
UNIVERSITETET I AGDER,
FAKTURAMOTTAK
POSTBOKS 383 ALNABRU 0614 OSLO

632

633

634

635

636

637

638

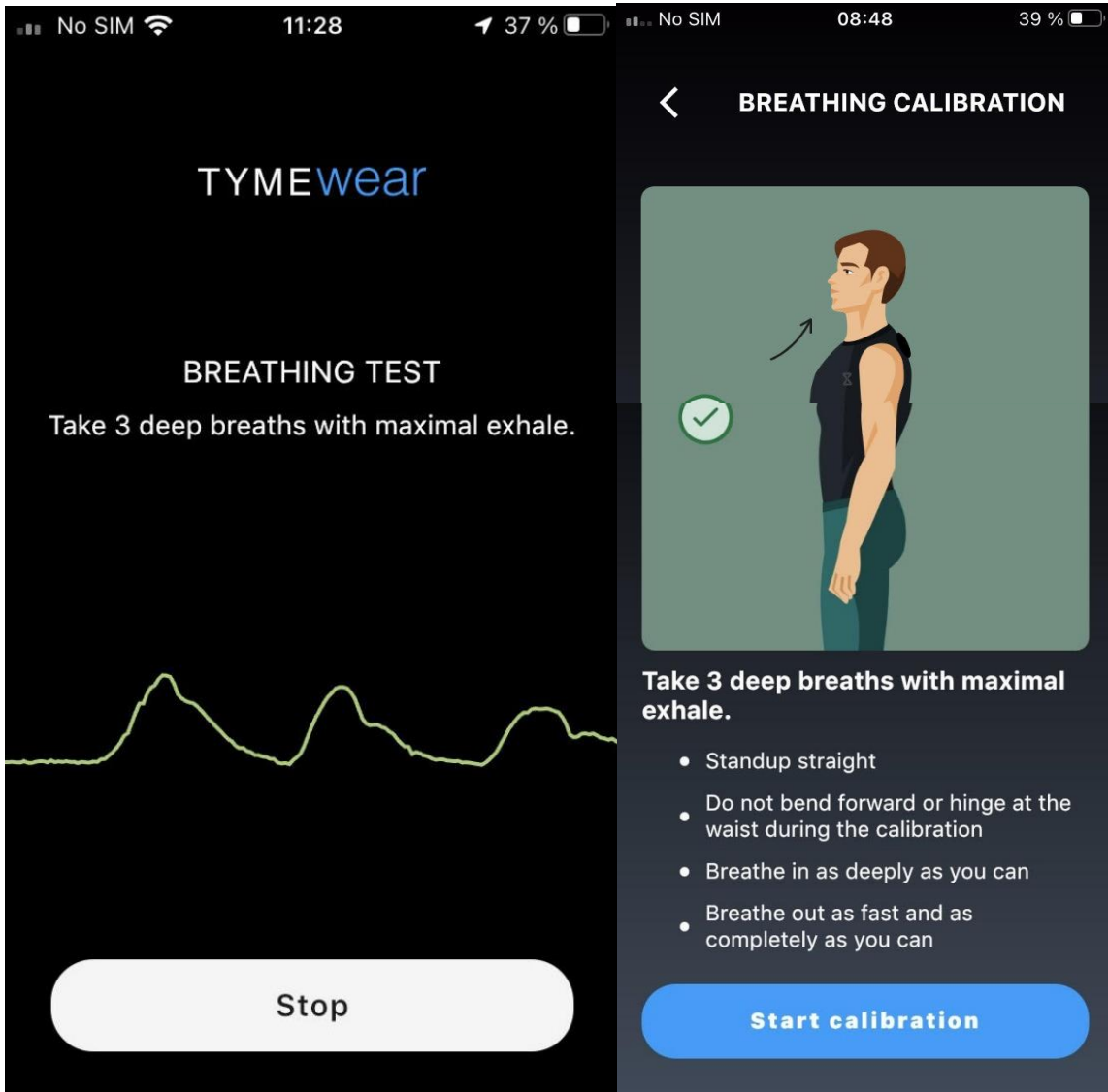
639

640

641

642 Vedlegg 5

643



644

645

646

647

648

649


650

651

652

653

Tyme Wear™ sin størrelsesguide

	Size	Measurement (inches)
	Small	30.5"-33.5"
	Medium	33.5"-36.5"
	Large	36.5"-39.5"
	X-Large	39.5"-43"
	Size	Measurement (inches)
	X-Small	26.5"-28.5"
	Small	28.5"-31.5"
	Medium	31.5"-34"
	Large	34"-36.5"

Omregning fra tommer til centimeter

Mann:

Small: 77,47 - 85,09

Medium: 85,10 - 92,71

Large: 92,72 - 100,33

X-Large: 100,34 - 109,22

Kvinne:

X-Small: 67,31 - 72,39

Small: 72,40 - 80,01

Medium: 80,02 - 86,36

Large: 86,37 - 92,71

OLYMPIATOPPENS I-SKALA, 2020

Tabell 1. Olympiatoppens I-skala

	RPE BORG (6-20)	RPE CR10 (1-10)	Beskrivelse	% av makspuls	Laktat	Ventilasjon / pust	Effekt (Watt)	Fart/ rundetid
I-1	<11	1-2	Veldig lett	~ 55% - 72%	< 1,5 mmol/L	Kan prate uanstrengt.		
I-2	<13	2-3	Nokså lett	~ 72% - 82%	~ 1,0 - 2,0 mmol/L	Kan si lengre setninger relativt uanstrengt.		
I-3	13-14	4-5	Behagelig anstrengende	~ 82% - 87%	~ 1,5 - 3,5 mmol/L	Kan si korte setninger.		
I-4	15-16	6-7	Anstrengende	~ 87% - 92%	-	Kan si noen ord eller svært korte setninger.		
I-5	17-20	8-10	Veldig anstrengende	~ 92% - 100%	-	Kan kun si et ord eller to om gangen samtidig som man puster tungt.		
I-6	19-20	9-10	Veldig, veldig, anstrengende	-	-	Kan kun si korte ord samtidig som man hiver etter pusten.		
I-7	20	10	Veldig, veldig, anstrengende	-	-	Ikke aktuelt for å styre intensitet.		
I-8	-	-	Maksimal mobilisering	-	-	Ikke aktuelt for å styre intensitet.		

*NB: I-skalaen er veiledende og bør ikke brukes slavisk, men sees i sammenheng med flere parametere som bevegelsesform, treningsstatus, individuelle forskjeller mm.

**Laktatverdiene er basert på Biosen laktatanalysator (det vil være små variasjoner mellom håndholdte enheter).

656

657

658

659

660

661

662

663

664

665

666

667

668

669

670

671

672

673

674 Vedlegg 8



Kristoffer Ask

6. oktober 2022 · 🌐



Hei, i forbindelse med mitt masterprosjekt ved UiA ønsker vi å rekruttere 10 løpere til forskningsprosjektet. Prosjektet vil foregå i perioden November-Desember og vil innebære 5 fysiologiske tester på lab i Olympiatoppen sine lokaler. Vi trenger løpere i alderen 18-40 år. Minimumskravet er at man har en ukentlig treningsmengde på 50 km. Dette kan være en fin mulighet til å kartlegge sin fysiske form og få gjennomført gode treningsøkter med høy kvalitet.

Vedlagt ligger info om prosjektet.

Gjerne ta kontakt med meg enten her, på tif eller på mail om du ønsker å delta / har noen spørsmål.



PDF

Deltaker.pdf · versjon 1

675

676

677

678

679

680

681

682

683

684

685

686

687

688

689

690

691

692

693

694

695

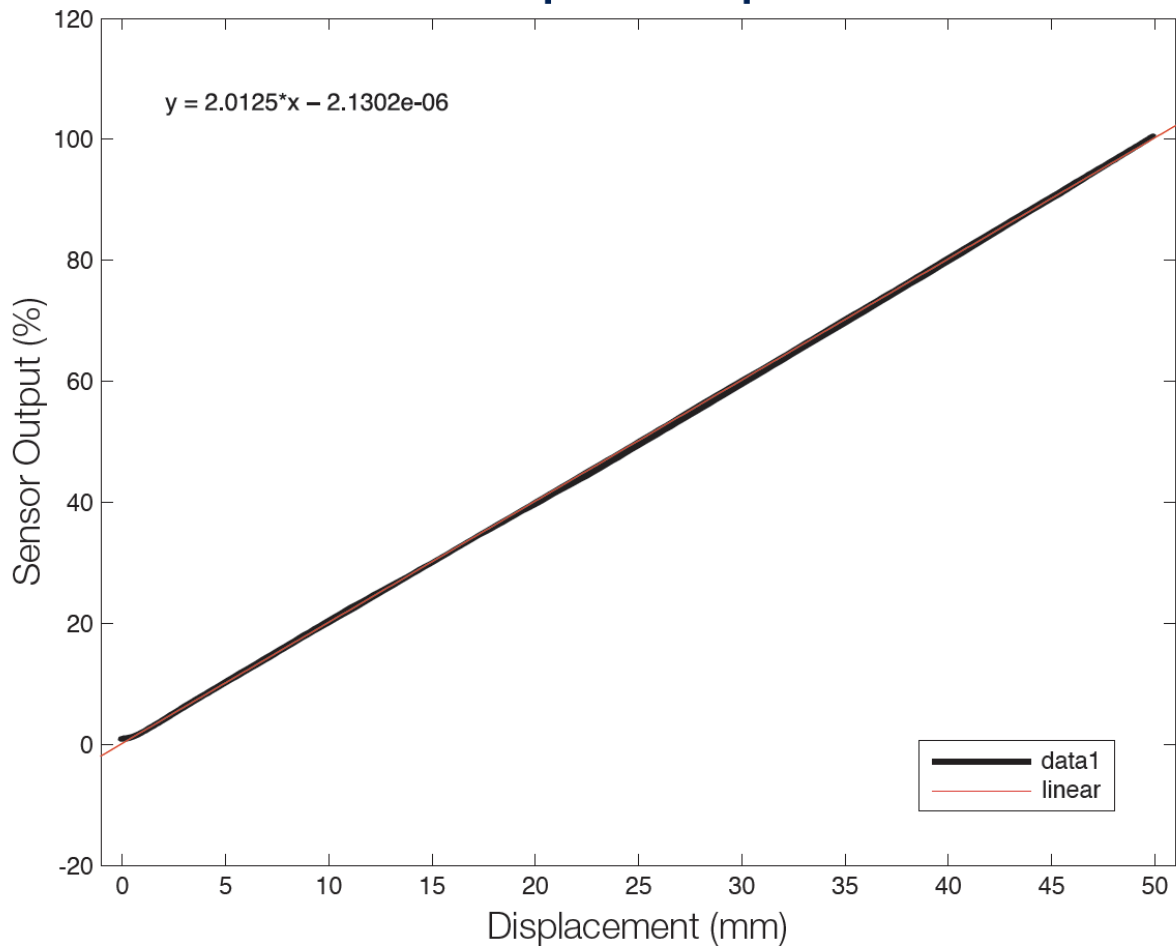
696

Specifications

	Description	Unit	Digital Output	Analog Output
Output Type			Serial (ASCII) Data Format	Analog Voltage, 0-V Supply (5V typ)
Range	Maximum stretch	%,mm	0-100% (0-50mm)	
Sensitivity	Minimum detectable output change per mm stretch	%/mm or V/mm	2%/mm	83.3mV/mm
Precision	Maximum error when stretching to same known value	%	0.10%	
Resolution	Smallest detectable output within noise	% (um) or V (um)	0.1% (50um)	6mV (72um)
Accuracy	Maximum difference between real stretch and sensor output	% (mm) or V (mm)	0.6% (0.3mm)	
Linearity	Maximum difference between output and ideal linear curve	%	0.60%	
Non-Linearity	Maximum input deviation / FS input X 100	%	0.60%	
Hysteresis	Maximum measured width of hysteresis curve	%	<1%	
Response Time	Maximum time to reach steady state from step input	ms	<10ms	

698

Sensor Output vs. Displacement



699

700

701

702

703

704

705

0	Rest
1	Really easy
2	Easy
3	Moderate
4	A little hard
5	hard
6	
7	Really Hard
8	
9	Really, Really Hard
10	Just like my hardest race

707

708

709

710

711

712

713

714

715

716 Vedlegg 11

717



Samtykkeerklæring

Jeg samtykker i at det tas bilder/video/lydopptak og at dette materialet kan brukes i forbindelse med masteroppgave i prosjektet til Kristoffer Fuglerud Ask.

Navn: Gabriel Ingebretsen

718