

Even Brøndbo Dahl

---

Morgenøkter påvirker ikke løpsprestasjon  
på ettermiddagen hos  
mellomdistanseløpere på nasjonalt nivå

---

Masteroppgave i idrettsvitenskap  
Seksjon for fysisk prestasjonsevne  
Norges idrettshøgskole, 2019

## Sammendrag

**Innledning:** Det er vanlig praksis at mellomdistanseløpere gjennomfører en løpsspesifikk morgenøkt på konkurransedagen, med den hensikt å forbedre løpsprestasjon på ettermiddagen. Noen studier har vist en positiv effekt på maksimal styrke, hopp høyde eller sprintprestasjon 5-6 timer etter morgenøkter som har inkludert styrke-, spenst-, eller sprinttrening med lavt volum og høy intensitet, men få undersøkelser er gjort på om slike morgenøkter kan forbedre prestasjonen i kondisjonsidretter. Hensikten med denne studien var derfor å undersøke om en morgenøkt bestående av styrketrening med tung motstand og lavt volum, eller en spesifikk løpsøkt, påvirket løpsprestasjon og prestasjonsrelaterte faktorer på ettermiddagen, sammenlignet med hvile.

**Metode:** Sju mannlige mellom- og langdistanseløpere på nasjonalt nivå ble rekruttert ( $25 \pm 3$  år,  $73 \pm 10$  kg,  $184 \pm 9$  cm,  $70,2 \pm 3,9$  ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>). Studiens design var et motbalansert overkrysningsforsøk med repeterte målinger, hvor forsøkspersonene (FP) gjennomførte to ulike morgenøkter: *Løp* (15 min 60 % av  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ , samt fire drag á 15 sek i konkurransefart;  $21\text{--}24$  km·t<sup>-1</sup>) eller *Styrke* (2 x 3 repetisjoner submaksimal oppvarming, samt 2 x 3 repetisjoner maksimum i en grunn ettbeins knebøy med avsluttende hofte- og plantarfleksjon), sammenlignet med *Hvile* (ingen morgenøkt). Seks timer senere gjennomførte FP en test av løpsprestasjon på tredemølle (test av tid til utmattelse (TTU), ~2 min), samt test av prestasjonsrelaterte faktorer; strekkapparatets kontraktile egenskaper (isometrisk kraftutvikling ved elektrisk stimulering av *m. vastus medialis* og hopp høyde ved svikthopp), psykologiske parametere, samt fysiologiske og kinematiske data fra et submaksimalt arbeid og test av TTU.

**Resultater:** Det var ingen signifikante forskjeller i TTU, eller øvrige prestasjonsrelaterte faktorer ( $p > 0,05$ ). Sammenlignet med *Hvile* løp FP  $0,5 \pm 4,5$  % (95 % KI) kortere ved *Løp*, og  $0,9 \pm 7,2$  % lengre ved *Styrke*.

**Konklusjon:** En morgenøkt bestående av styrketrening med tung motstand og lavt volum, eller en spesifikk løpsøkt, påvirket ikke løpsprestasjon målt som TTU på tredemølle (~2 min) eller prestasjonsrelaterte faktorer på ettermiddagen, sammenlignet med hvile. Dette indikerer at det ikke er nødvendig å gjennomføre en morgenøkt på konkurransedagen for å prestere optimalt.

# Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	<b>3</b>
<b>Innhold</b> .....	<b>4</b>
<b>1. Innledning</b> .....	<b>7</b>
1.1 Problemstilling .....	9
1.2 Hypotese.....	9
<b>2. Teori</b> .....	<b>10</b>
2.1 Mellomdistanseløpingens egenart.....	10
2.2 Hva bestemmer prestasjonen i mellomdistanseløping?.....	10
2.2.1 Det maksimale oksygenopptaket .....	11
2.2.2 Utnyttelsesgrad .....	12
2.2.3 Løpsøkonomi .....	13
2.2.4 Anaerob kapasitet .....	14
2.3 Testing av løpsprestasjon .....	15
2.4 Langtidseffekter av styrketrening .....	16
2.5 Akutte effekter av styrketrening .....	17
2.6 Testing av kontraktile egenskaper og muskeltrøtthet .....	19
2.6.1 Isometrisk kraftutvikling ved elektrisk stimulering.....	19
2.6.2 Vertikal hopphøyde ved svikthopp .....	19
2.7 Aktiv oppvarming .....	20
2.8 Effekten av morgenøkt på prestasjon > 2 timer senere.....	20
2.8.1 Hormonelle og temperaturregulerte forklaringsmekanismer .....	20
2.8.2 Nevromuskulære forklaringsmekanismer.....	22
2.8.3 Studier som har undersøkt effekten av morgenøkter på kraft-, effektutvikling og sprintprestasjon .....	23
2.8.4 Studier som har undersøkt effekten av morgenøkter på prestasjonstester som stiller krav til aerob og anaerob kapasitet .....	26
2.9 Oppsummering.....	28
<b>3. Metode</b> .....	<b>29</b>
3.1 Deltakere.....	29
3.1.1 Treningsstatus, konkurranserutiner og personlige rekorder.....	29
3.2 Design.....	30
3.3 Testprotokoller og utstyr.....	31
3.3.1 Tilvenningsdager .....	31
3.3.2 Tilvenningsdag 1 .....	31

3.3.3	Tilvenningsdag 2 .....	34
3.3.4	Hovedtestdager .....	35
3.3.5	Morgenøkter .....	37
3.3.6	Ettermiddagstester .....	38
<b>3.4</b>	<b>Statistikk .....</b>	<b>40</b>
<b>4.</b>	<b>Resultater .....</b>	<b>42</b>
<b>4.1</b>	<b>Kontraktile egenskaper .....</b>	<b>42</b>
4.1.1	Isometrisk kraftutvikling ved elektrisk stimulering .....	42
4.1.2	Svikthopp .....	43
<b>4.2</b>	<b>Submaksimalt arbeid .....</b>	<b>43</b>
<b>4.3</b>	<b>Test av løpsprestasjon som TTU .....</b>	<b>44</b>
<b>4.4</b>	<b>Psykologiske parametere .....</b>	<b>45</b>
<b>4.5</b>	<b>Rekkefølgeeffekter .....</b>	<b>45</b>
<b>4.6</b>	<b>Reliabilitet .....</b>	<b>46</b>
<b>5.</b>	<b>Diskusjon .....</b>	<b>47</b>
<b>5.1</b>	<b>Kontraktile egenskaper og muskeltrøtthet .....</b>	<b>47</b>
<b>5.2</b>	<b>Test av løpsprestasjon som TTU .....</b>	<b>48</b>
<b>5.3</b>	<b>Metodiske betraktninger .....</b>	<b>49</b>
5.3.1	Morgenøktene .....	49
5.3.2	Oppvarmingen før ettermiddagstester .....	51
5.3.3	Test av løpsprestasjon som TTU .....	51
<b>5.4</b>	<b>Avgrensninger ved studien .....</b>	<b>52</b>
<b>5.5</b>	<b>Videre forskning .....</b>	<b>53</b>
<b>5.6</b>	<b>Praktiske implikasjoner .....</b>	<b>53</b>
<b>6.</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>55</b>
	<b>Referanser .....</b>	<b>56</b>
	<b>Tabelloversikt .....</b>	<b>65</b>
	<b>Figuroversikt .....</b>	<b>66</b>
	<b>Forkortelser .....</b>	<b>67</b>
	<b>Vedlegg I .....</b>	<b>69</b>

## Forord

Fem innholdsrike år på Norges Idrettshøgskole går mot slutten, og det er en rekke mennesker som har gjort NIH-hverdagen meningsfull og som har hjulpet meg i mål med masteroppgaven. Dere fortjener en takk!

Takk til min hovedveileder Thomas Johansen Losnegard for at du ga meg frihet under ansvar, og har brukt mye av din tid og kunnskap på en til tider forvirra masterstudent. Det har vært svært givende å få muligheten til å forske på egen idrett, og samtidig kunne være med å designe prosjektet i så stor grad. Jeg setter pris på at du er fornuftig, lite selvhøytidelig, har humor, og at du ga meg noen spark bak da jeg trengte det som mest.

Takk til min biveileder Bjarne Rud for essensiell hjelp med elektrisk stimulering og konstruktive tilbakemeldinger i skriveprosessen. Gøran Paulsen og Truls Raastad for nyttige innspill og tanker i idéfasen. Magne Lund Hansen for hjelp og «barnepass» under gjennomføring av prosjektet. Takk til alle forsøkspersoner og piloter som brukte tid og krefter på å løpe til absolutt utmattelse fire ganger.

Takk til min eminente master-partner Eivind Øygaard, som jeg ikke kunne vært foruten. For et år siden var vi enige om at vi gjerne kunne spole over dette kapittelet i livet, og det er et under at vi har kommet oss i gjennom denne salige blandingen av masteroppgave, jobb og (forsøk på) toppidrett med helsa i behold. På vegne av oss begge er jeg stolt over at vi nå har både mastergrad og drømmejobb, og attpåtil har klart å kvalifisere oss til internasjonale mesterskap i sesongen 18/19.

Takk til Håvard Haga og Kristian Gundersen, som har gjort (NIH)-hverdagen en hel del bedre siden første time, dag én i 1BA-B1.

Takk til Hanne Holmen Eggereide, for at du holder ut med meg og gjør meg god. Jeg er stolt av å ha en samboer med mastergrad i idrettsmedisin. Vi har noen kompromissløse DINK-år foran oss som jeg gleder meg til å nyte!

*Even Brøndbo Dahl*

Oslo, mai 2019

# 1. Innledning

Mellomdistanseløp i friidrett (800- og 1500-meter) har blitt arrangert siden det første moderne sommer-OL i 1896. Prestasjonen i disse tradisjonsrike grenene er et produkt av fysiologiske, biomekaniske, psykologiske, taktiske og miljømessige faktorer, og ofte er det kun brøkdeler av et sekund som skiller seier og fjerdeplass. Det er funnet at prestasjonsendringer så små som 0,3–0,5 % vil være betydelige på elitenivå (Hopkins, 2005), og derfor er utøvere, trenere og forskere alltid ute etter å utvikle faktorer som kan forbedre prestasjonen.

Selv om en mellomdistanseløpers prestasjonsevne i all hovedsak er bestemt av det treningsarbeidet som allerede er gjort, finnes det også strategier som potensielt kan forbedre prestasjonen på selve konkurransedagen. Vi vet fra praksisfeltet at det er vanlig å gjennomføre en lett treningsøkt, en såkalt morgenøkt, på konkurransedagen. Effekten av og mekanismene bak en slik morgenøkt er ikke godt kjent, selv om det i nyere forskning har blitt gjennomført en rekke studier på temaet.

De fleste av studiene som antyder en positiv effekt på prestasjon på ettermiddagen har benyttet en morgenøkt med lavt volum og høy intensitet, eksempelvis styrke-, spenst-, eller sprinttrening. 5–6 timer senere har de sett på hvilken effekt denne morgenøkten har hatt på kraft- eller effektutvikling, eksempelvis maksimal styrke, hopp høyde eller sprintprestasjon (< 1 min). (Cook, Kilduff, Crewther, Beaven, & West, 2014; Ekstrand, Battaglini, McMurray, & Shields, 2013; Fry, Stone, Thrush, & Fleck, 1995; Russell et al., 2016; Sáez de Villarreal, Gonzalez, & Izquierdo, 2007)

Fry et al. (1995) viste tidlig at mannlige vektløftere med høyt angstnivå presterte bedre i en simulert vektløftingskonkurranse på ettermiddagen, etter å ha gjennomført en styrketreningsøkt 5,5 timer tidligere. Nærmere tjue år senere fant Ekstrand et al. (2013) at kastprestasjon på ettermiddagen ble forbedret etter styrketrening på morgenen. Flere studier har siden foreslått at morgenøktene bør være bevegelsesspesifikke. Cook et al. (2014) fant at semi-profesjonelle rugby-spillere hoppet høyere, sprintet raskere og løftet tyngre 6 timer etter å ha trent styrketrening, sammenlignet med hvile. Den morgenen rugbyspillerne gjennomførte en sprint-trening, løp de fortene på ettermiddagen, men klarte hverken å løfte tyngre eller hoppe høyere. Dette funnet samsvarte med Sáez de

Villarreal et al. (2007) som rapporterte at tung dynamisk styrketrening (80–95% av 1 RM) eller en volleyball-spesifikk oppvarmingsprotokoll bedret hopp-prestasjon 6 timer senere hos godt trente volleyballspillere. Tre studier har undersøkt effekten av spesifikke morgenøkter på ballspillspesifikke kondisjonstester, men ingen av disse har funnet en prestasjonsfremmende effekt (Hwan Oh et al., 2018; Marrier et al., 2018; Rampinini et al., 2017).

Få studier har vist positiv effekt av morgenøkter på prestasjonstester med varighet  $\geq 1$  min. Ett av unntakene er McGowan, Pyne, Thompson, Raglin, og Rattray (2017) som undersøkte effekten av to ulike morgenøkter på 100-m svømmeprestasjon (~1 min varighet). De fant at både en ren svømmetreningsøkt, og en kombinert treningsøkt med både svømming og styrketrening, bedret prestasjon på ettermiddagen med henholdsvis 1,6 % og 1,7 %, sammenlignet med hvile.

De bakenforliggende mekanismene for den observerte prestasjonsforbedringen etter morgenøkter er dog ikke godt kjent. Det som hittil er undersøkt og foreslått er psykologiske (Fry et al., 1995), hormonelle (Cook et al., 2014; Hwan Oh et al., 2018; Marrier et al., 2018; Rampinini et al., 2017; Russell et al., 2016) og temperaturregulerte mekanismer (McGowan et al., 2017; Rampinini et al., 2017). Flere studier har observert økt kraft- og effektutvikling 5–6 timer etter en morgenøkt, men ingen av disse har undersøkt andre nevrologiske egenskaper enn vertikal hopp høyde.

Funn fra tidligere studier tyder på at en godt designet morgenøkt, som inneholder spesifikke bevegelser og/eller høy intensitet, potensielt kan forbedre prestasjonen 5-6 timer senere. Finalene i nasjonale og internasjonale mesterskap, og store stevner for øvrig, foregår som regel på ettermiddagen eller på kvelden, og vanligvis velger mellomdistanseløpere å hvile eller gjennomføre en spesifikk økt med lavt volum på morgenen. Det vil det være interessant å sammenligne dette med en morgenøkt med tung styrketrening, som er vist å ha effekt i tidligere studier, og også kan tenkes å ha effekt på løpsprestasjon med varighet  $> 1$  min. Mellomdistanseløping vil fra et fysiologisk perspektiv være interessant å undersøke siden både den aerobe og anaerobe energiomsetningen stresses til det maksimale (Spencer & Gastin, 2001; Thomas et al., 2005; Ward-Smith, 1999).

Med bakgrunn i mangelfull forskning er hovedformålet med denne studien å undersøke om to ulike morgenøker; *Løp og Styrke* gir bedret løpsprestasjon med varighet ~2 min målt som tid til utmattelse (TTU) på tredemølle på ettermiddagen, sammenlignet med *Hvile* (kontroll). Studien vil i tillegg undersøke ulike prestasjonsrelaterte faktorer: strekkapparatets kontraktile egenskaper (isometrisk kraftutvikling ved elektrisk stimulering av *m. vastus medialis* og hopp høyde ved svikthopp), psykologiske parametere, samt fysiologiske og kinematiske data fra et submaksimalt arbeid og test av TTU.

### **1.1 Problemstilling**

Er det forskjell i løpsprestasjon og prestasjonsrelaterte faktorer på ettermiddagen, etter to ulike morgenøker; *Løp og Styrke*, sammenlignet med *Hvile*?

### **1.2 Hypotese**

Følgende hypoteser ble formulert ut fra problemstillingen:

H<sub>0</sub> - Det er ingen forskjell i løpsprestasjon og prestasjonsrelaterte faktorer på ettermiddagen, etter to ulike morgenøker; *Løp og Styrke*, sammenlignet med *Hvile*.

H<sub>1</sub> - Det er forskjell i løpsprestasjon og prestasjonsrelaterte faktorer på ettermiddagen, etter to ulike morgenøker; *Løp og Styrke*, sammenlignet med *Hvile*.



## 2. Teori

### 2.1 Mellomdistanseløpingens egenart

Mellomdistanseløp i friidrett inkluderer mesterskapsdistansene 800-m og 1500-m, og utendørs løpes de som henholdsvis 2 og 3  $\frac{3}{4}$  runder på en 400-meters friidrettsbane. Løperne starter samtidig, og løper uten delte baner (på 800-m løpes første sving i delte baner), noe som innbyr til taktiske løpsopplegg. Dette er oftest synlig i mesterskap, siden det primære målet der er å vinne uavhengig av sluttid. Et kjennetegn på et mesterskapsløp er lav eller varierende fart innledningsvis, med en påfølgende økning i hastighet i løpets avslutningsfase (Thiel, Foster, Banzer, & De Koning, 2012). Dette blant annet grunnet luftmotstanden, som er vist å utgjøre omtrent 10% av energikostnaden ved mellomdistanseløp (Pugh, 1970), og gjør det uhensiktsmessig å lede feltet. Av samme grunn er det i mange enkeltstevner eller stevneserier planlagt at en fartsholder løper først og styrer tempoet, slik at de andre deltakerne skjermes for noe av luftmotstanden og kan oppnå bedre tider. Uavhengig av løpsopplegg er det alltid løperen som bruker kortest tid (har høyest gjennomsnittsfart) som kommer først i mål og vinner løpet.

### 2.2 Hva bestemmer prestasjonen i mellomdistanseløping?

Fra et klassisk fysiologisk perspektiv bestemmes prestasjonen i et mellomdistanseløp (gjennomsnittshastigheten) av to ting: utøverens totale energiomsetning ( $J \cdot s^{-1}$ ), samt hvor effektivt utøveren overfører energien til ytre mekanisk arbeid ( $J \cdot m^{-1}$ ) (Capelli, 1999; di Prampero, 2003). En større energiomsetning og/eller en lavere energikostnad fører dermed til økt gjennomsnittshastighet (bedret prestasjon). Ligning 1 beskriver dette:

$$\text{Hastighet (m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Energiomsetning (J} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}}{\text{Energiomsetning (J} \cdot \text{m}^{-1}\text{)}}$$

*Ligning 1*

Energiomsetningen avhenger av den maksimale hastigheten på den aerobe energiomsetningen ( $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ ), hvor stor andel av  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$  som kan utnyttes over en gitt distanse eller varighet (utnyttelsesgrad), samt den anaerobe energiomsetningen.

Energikostnad er i mellomdistanseløp synonymt med løpsøkonomi (LØ). Prestasjon i mellomdistanseløp kan derfor beskrives med ligning 2, og dersom en morgenøkt skal kunne bedre løpsprestasjon på ettermiddagen, må den påvirke minst én av faktorene i ligningen positivt.

$$\text{Prestasjon} = \frac{\text{Aerob effekt (}\dot{V}O_{2\text{maks}} \cdot \text{Utnyttelsesgrad)} + \text{Anaerob kapasitet}}{\text{Løpsøkonomi}}$$

*Ligning 2*

### 2.2.1 Det maksimale oksygenopptaket

Det maksimale oksygenopptaket ( $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ ) kan defineres som den maksimale hastigheten på den aerobe energiomsetningen under et dynamisk helkroppsarbeid, og det setter derfor det øvre taket for prestasjonen i kondisjonsidretter (Bassett & Howley, 2000). Høy  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$  er med andre ord en forutsetning for å prestere godt i kondisjonsidretter, og studier har vist at mellom- og langdistanseløpere på elite-nivå har et  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$  omkring 65–85 ml·kg·min<sup>-1</sup> (Ferri et al., 2012; Ingham, Fudge, & Pringle, 2012; Ingham et al., 2008; Legaz Arrese, Serrano Ostariz, Jcasajus Mallen, & Munguia Izquierdo, 2005; Rabadan et al., 2011; Saltin & Astrand, 1967; Spencer & Gastin, 2001; Tjelta, 2013). Det er vist at mellomdistanseløpere (800–1500-m) har lavere  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$  enn langdistanseløpere (5 000–10 000-m) (Rabadan et al., 2011). Rabadan og medarbeiderne rapporterte spesifikt at  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$  var  $67,4 \pm 4,7$  ml·kg·min<sup>-1</sup> (n = 23) og  $63,9 \pm 3,4$  ml·kg·min<sup>-1</sup> (n = 17) hos spanske 1500- og 800-m-løpere på elitenivå. Til sammenligning hadde langdistanseløperne på samme relative nivå et  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$  på  $71,6 \pm 5,0$  ml·kg·min<sup>-1</sup> (n = 32).

I en stor heterogen gruppe ( $\dot{V}O_{2\text{maks}} = 54,8\text{--}81,6$  ml·kg·min<sup>-1</sup>) fant Costill, Thomason, og Roberts (1973) en nær perfekt korrelasjon (-0,91) mellom  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$  og løpsprestasjon på 10 miles (~16,1 km). Derimot er korrelasjonen mellom  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$  og løpsprestasjon svak, når spredningen i  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$  er lav (Conley & Krahenbuhl, 1980; Sjodin & Svedenhag, 1985), slik som det ofte er hos utøvere på samme høye nivå. Spredningen i prestasjon kan da være et resultat av ulikheter i utnyttelsesgrad, løpsøkonomi, eller anaerob kapasitet. Dog er det verdt å bemerke at en korrelasjon alltid vil nærme seg null, når spredningen på variablene reduseres.

Ficks ligning (ligning 3) beskriver at  $\dot{V}O_2$  er bestemt av produktet av hjertets minuttvolum ( $Q = \text{hertefrekvens} \cdot \text{slagvolum}$ ) og differansen mellom konsentrasjonen av oksygen i arterielt og venøst blod ( $CaO_2 - CvO_2$ ).

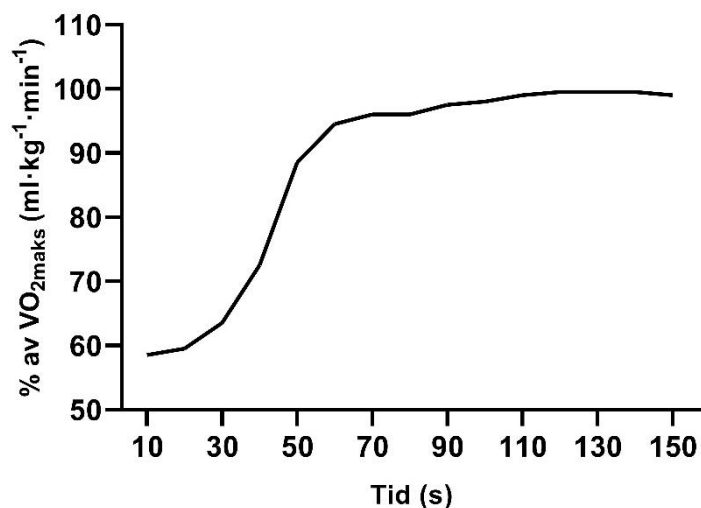
$$\dot{V}O_2 = Q (CaO_2 - CvO_2)$$

*Ligning 3*

Således er  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$  bestemt av både sentrale og perifere faktorer. De sentrale faktorene, som bestemmer hvor mye oksygen som blir levert til arbeidende muskulatur, inkluderer blant annet hjertets slagvolum, blodvolumet, hemoglobinkonsentrasjonen i blodet og lungenes diffusjonskapasitet. De perifere faktorene, altså muskulaturens evne til å ta opp og omsette oksygenet til energi, er faktorer som volum av muskelmasse som er involvert, mitokondriemasse, kapillarisering og konsentrasjon av aerobe enzymer. Under helkroppsarbeid begrenses  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$  hovedsakelig av det kardiorespiratoriske systemets evne til å levere oksygen til arbeidende muskulatur. (Bassett & Howley, 2000)

### **2.2.2 Utnyttelsesgrad**

Utnyttelsesgrad kan defineres som prosentandelen av  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$  utøveren er i stand til å nyttiggjøre under et maksimalt arbeid. Gode distanseløpere kan opprettholde løpshastigheten ved  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$  ( $v\dot{V}O_{2\text{maks}}$ ) i omkring 6 minutter (Bosquet, Leger, & Legros, 2002). Når konkurransetiden overstiger dette, vil utnyttelsesgraden gradvis reduseres. Selv på mellomdistanseløp, der  $\dot{V}O_2$  er nær eller på  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$  under slutten av arbeidet (Spencer & Gatin, 2001; Thomas et al., 2005; Ward-Smith, 1999), vil ikke utnyttelsesgraden være 100 %, ettersom noe av energien vil komme fra anaerob energifrigjøring i starten av arbeidet, som skildret i figur 1. Det akkumulerte oksygenopptaket en utøver klarer å forbruke i løpet av en konkurranse er altså begrenset av  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ , men avhenger også av utnyttelsesgraden. Dette akkumulerte oksygenopptaket er synonymt med en utøvers aerobe kapasitet (Bassett & Howley, 2000).



**Figur 1:** Forholdet mellom tid og oksygenopptak for en representativ forsøksperson i denne studien, under test av tid til utmattelse med en varighet på ~150 sekunder.

Under langvarige arbeid er metabolske tilpasninger i skjelettmuskulaturen bestemmende for utnyttelsesgraden (Bosquet et al., 2002), mens det for mellomdistanseløpere antagelig er oksygenkinetikk og valg av løpsstrategi som påvirker utnyttelsesgraden i størst grad.

### 2.2.3 Løpsøkonomi

Begrepet løpsøkonomi kan uttrykkes som energikostnaden som kreves for å løpe på en gitt hastighet (Bassett & Howley, 2000). Løpere med god løpsøkonomi bruker altså mindre energi enn løpere med dårlig løpsøkonomi på samme hastighet. Det er vist både god (Pollock, 1977) og dårlig (Williams & Cavanagh, 1987) sammenheng mellom løpsøkonomi og løpsprestasjon, og det er også funnet store variasjoner i løpsøkonomi blant løpere med samme  $\dot{V}O_{2maks}$  (Svedenhag & Sjodin, 1985).

Tradisjonelt har løpsøkonomi blitt målt ved å måle oksygenkostnaden ved en gitt submaksimal hastighet under kontrollerte forhold på tredemølle. Valide målinger av  $\dot{V}O_2$  krever en såkalt «steady state», en stabilisering av  $\dot{V}O_2$ , som forekommer etter ~3 min på submaksimale arbeidsbelastninger (Whipp & Wasserman, 1972). Det er også anbefalt å bruke belastninger  $\leq 85\%$  av  $\dot{V}O_{2maks}$ , ettersom forholdet mellom oksygenkostnad og hastighet da er tilnærmet lineært (Bassett & Howley, 2000). Det er nemlig usikkert om denne lineariteten også gjelder for belastninger over melkesyreterskelen, da man ofte ser en forsinket stabilisering av  $\dot{V}O_2$  som overstiger det

estimerte oksygenkravet for belastningen. Dette fenomenet kalles i litteraturen “ $\dot{V}O_2$  slow component”, og årsaken kan være et endret rekrutteringsmønster som følge av trøtthet. Det antas at det rekrutteres flere muskelfibre som er høyere i rekrutteringshierarkiet, og at oksygenforbruket på belastningen øker, ettersom disse muskelfibrene er mindre økonomiske (A. M. Jones et al., 2011). Ved nøye standardisering av arbeidsbelastning, løpesko, tid på dagen og ernæringsstatus er test av løpsøkonomi vist å være sensitiv nok til å detektere små endringer som følge av trening eller andre intervensjoner (dag-til-dag-variasjon  $\sim 1,5\text{--}5\%$ ) (Saunders, Pyne, Telford, & Hawley, 2004).

En utøvers løpsøkonomi påvirkes blant annet av en rekke antropometriske, morfologiske, nevromuskulære og biomekaniske faktorer (Saunders et al., 2004). Intervensjoner som tung eller eksplosiv styrketrening (Blagrove, Howatson, & Hayes, 2018; Denadai, de Aguiar, de Lima, Greco, & Caputo, 2017; Jung, 2003; Saunders et al., 2004), høydetrening (Denadai et al., 2017; Saunders et al., 2004), utholdenhetstrening (Denadai et al., 2017; Saunders et al., 2004) og skotype (Barnes & Kilding, 2019; Fuller, Bellenger, Thewlis, Tsiros, & Buckley, 2015; Hoogkamer et al., 2018) er vist å bedre LØ.

#### **2.2.4 Anaerob kapasitet**

Når kravet til energiomsetning er så stort at det ikke kan dekkes aerobt av løperens  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ , slik som ved mellomdistanseløp, vil den arbeidende muskulaturen i større grad være avhengig av anaerob energiomsetning. Spencer og Gustin (2001) har vist at hastigheten ligger rundt 113 % og 103 % av  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ , og at det anaerobe energibidraget var rundt 34 % og 16 % hos mellomdistanseløpere på høyt nivå, på henholdsvis 800-m og 1500-m.

Siden den anaerobe energiomsetningen avhenger splitting av kreatinfosfat (PCr) med samtidig fall i konsentrasjon i arbeidende muskulatur, og netto produksjon av laktat med tilhørende økning av konsentrasjonen i kroppsvæskene (di Prampero, 2003), er den anaerobe kapasiteten i stor grad bestemt av muskelvolumet som er involvert i arbeidet (Bangsbo et al., 1990). Den anaerobe kapasiteten defineres som den maksimale mengden energi som kan frigjøres anaerobt i én omgang, og kan måles som summen av oksygenunderskuddet på et maksimalt arbeid. Ved maksimale arbeid er

oksygenunderskuddet rapportert å ha en størrelse omkring 30–90 ml·kg·min<sup>-1</sup> (di Prampero, 2003; Medbo et al., 1988; Spencer & Gastin, 2001). Det maksimale oksygenunderskuddet er vist å øke med økende varighet opp til to minutter for så å flate av (Medbo et al., 1988), og Spencer og Gastin (2001) fant at oksygenunderskuddet ved simulerte 800-m og 1500-m-løp var like store; ~48 ml·kg·min<sup>-1</sup>. Dette indikerer at en mellomdistanseløper kan «tømme» den anaerobe kapasiteten under en konkurranse, og den vil derfor være av gradvis mindre betydning ved økende distanse.

Ulike løpsopplegg vil gi ulik hastighetsprofil og dermed stille ulike krav til energiomsetningen. Ofte vil det i mesterskap være lav fart innledningsvis og løpet vil avgjøres med en (lang)spurt. Da vil løperne kunne benytte seg av den anaerobe kapasiteten over en kortere tidsperiode, og dens størrelse vil være av større betydning. I tillegg vil den maksimale anaerobe effekten kunne være avgjørende for den maksimale løpshastigheten i en sluttspurt. Den maksimale anaerobe effekten bestemmes av muskelstyrken, nevralt aktivering, kvalitative egenskaper i muskulaturen og overføring av muskelkraft til ytre mekanisk arbeid (Jung, 2003).

### **2.3 Testing av løpsprestasjon**

På elite-nivå er det ofte kun brøkdeler av et sekund som skiller seier og fjerdeplass. Under reelle konkurranser på elite-nivå fant Hopkins (2005) en «within-athlete» variasjon på 1,0 % for elite-utøvere i friidrett på distanser ≤ 1500 m, og konkluderte med at den minste betydningsfulle endringen i prestasjon for denne gruppen er så liten som 0,3–0,5 %. Dette betyr at det må stilles svært høye krav til testmetoder om man skal finne så små, men betydningsfulle, endringer i prestasjon.

En tradisjonell metode å teste løpsprestasjon er ved en *constant-power-test* (CPT), der målet er å opprettholde en viss effekt (løpshastighet) så lenge som mulig, og prestasjonsmålet er dermed *tid til utmattelse* (TTU). Grunnet det hyperbolske forholdet mellom løpshastighet og TTU, har test av TTU på hastigheter på eller under  $v\dot{V}O_{2\text{maks}}$  (>~6 min) vist seg å være lite reliable. Ved test av TTU på  $v\dot{V}O_{2\text{maks}}$  (~6 min) fant Bosquet et al. (2002) en variasjonskoeffisient (CV) på ~30 %. Mangelen på reproduserbarhet under tester med «åpen slutt» kan også være en følge av psykologiske faktorer, som evnen til å presse seg. Til tross for dette rapporterte Billat, Renoux, Pinoteau, Petit, og Koralsztejn (1994) reproduserbare målinger fra to tester av TTU på

$\dot{V}O_{2\text{maks}}$  hos åtte sub-elite løpere. Testene ble gjennomført med én ukes mellomrom og TTU var henholdsvis  $6:44 \pm 1:41$  (m:ss) og  $6:42 \pm 1:53$  (m:ss) ( $r = 0,86$ ,  $p < 0,01$ ). Dog var de intraindividuelle endringene store, med et gjennomsnitt på 44 s. Forfatterne foreslo derfor at test av TTU på  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$  er reliabelt i en gruppe og kan brukes til å studere effekten av for eksempel trening, formtopping eller ulike oppvarmingsprosedyrer i en gruppe løpere, selv om testen ikke er sensitiv nok til å fange opp endringer hos enkeltutøvere.

CV til tester med en forhåndsbestemt slutt, slik som *constant-duration-test* (CDT) eller *constant-work-test* (CWT), er vist å være så lav som 2–3 % (Bosquet et al., 2002). Ulempen med disse testene er at løpsstrategien til en utøver vil påvirke sluttresultatet. Fordelen med en CWT er at arbeidet er satt, og at det i et laboratorium er mulig å se på endringer i prestasjonsrelaterte faktorer ved samme arbeid, eksempelvis utnyttelsesgrad og maksimalt oksygenunderskudd.

## **2.4 Langtidseffekter av styrketrening**

Meta-analyser har vist at styrketrening har en signifikant effekt på løpsprestasjon hos mosjonister og godt trente løpere målt som TTU (Jung, 2003), og en moderat men signifikant effekt på distanser fra 1500–3000-m (Blagrove et al., 2018). Mange studier har undersøkt ulike prestasjonsrelaterte faktorer og forklaringsmekanismer for den økte prestasjonen sett etter styrketrening.

Endring i  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$  er lite trolig årsak til prestasjonsendringer som følge av styrketrening. Styrketrening gir vanligvis et aerobt stimuli  $< 50$  % av  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ , og vil ikke føre til økt  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$  hos godt trente mellomdistanseløpere (Jung, 2003). Følgelig viser en oversiktsartikkel av Blagrove et al. (2018) ingen endring i  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$  etter perioder med samtidig styrke- og løpstrening hos mellom- og langdistanseløpere. Det kan tenkes at styrketrening er negativt for utøvere i vektbærende idretter, grunnet muskelvekst og økt kroppsvekt, men det er ikke funnet noen økning i kroppsvekt i perioder med samtidig styrke- og løpstrening hos godt trente løpere (Blagrove et al., 2018).

Tung eller eksplosiv styrketrening er vist å være en effektiv strategi for å forbedre  $L\dot{O}$ , og forbedringer på  $\sim 2$ –8 % er blitt funnet etter kortvarige perioder ( $\sim 6$ –8 uker) med samtidig styrke- og løpstrening hos mosjonister og godt trente løpere (Blagrove et al.,

2018; Denadai et al., 2017; Jung, 2003; Saunders et al., 2004). Di Prampero et al. (1993) kalkulerte at en 5 % forbedring i løpsøkonomi ville resultere i ~3,8 % forbedring i løpsprestasjon på mellomdistanse, gitt at de andre prestasjonsrelaterte faktorene forble de samme.

Det har også blitt funnet en god effekt på sprintprestasjon (20–30-m), noe som kan ha betydning for prestasjon i taktiske løp med spurtoppgjør. På mellomdistanseløp vil en økt maksimal løpshastighet også bety at utøveren innehar en større «anaerobic speed reserve» (Blagrove et al., 2018).

Mekanismene som forklarer forbedringene i løpsprestasjon er antatt å være økt andel av den mer trøtthetsresistente og økonomiske muskelfibertypen IIA, økt muskelstyrke og «rate of force development», bedre nevromuskulære egenskaper, økt muskel-senesivhet og redusert kontakttid (Aagaard & Andersen, 2010; Blagrove et al., 2018; Denadai et al., 2017; Jung, 2003).

Få studier har sett på effekten av samtidig styrke- og løpstrening hos utøvere på elite-nivå, og disse viser noe uklare resultater (Blagrove et al., 2018). En grunn til dette kan være at eliteløpere allerede innehar svært gode kvaliteter i de egenskapene som man antar kan forbedres ved styrketrening, og at en ytterligere forbedring da vil være vanskelig å påvise, selv i en godt kontrollert studie med sensitive målemetoder.

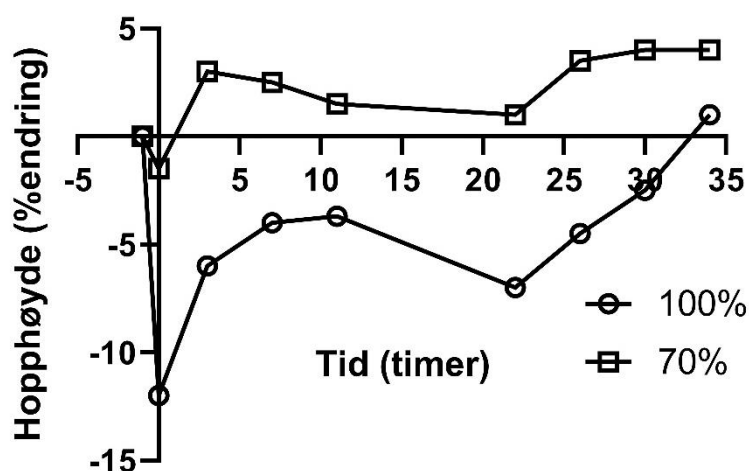
## **2.5 Akutte effekter av styrketrening**

En tung styrketreningsøkt fører til akutt nevromuskulær trøtthet. Denne trøttheten er vist å være en konsekvens av et redusert kraftutviklingspotensiale i muskelen og/eller en nedsatt nevralt aktivering av muskelen (Hakkinen, 1993; Newham, McCarthy, & Turner, 1991). Restitusjonsforløpet etter en styrketreningsøkt vil i stor grad være avhengig av øktas design og utøverens treningsstatus. Tung eksentrisk trening er vist å gi en stor reduksjon i isometrisk maksimal voluntær kontraksjonskraft (MVK) i opptil 2 uker, samt økt muskelsårhet (Newham, Jones, & Clarkson, 1987). Derimot fant Kroon og Naeije (1991) at MVC var restituert under 2 timer etter isometriske kontraksjoner, noe som understreker at muskelens kontraksjonsmønster er avgjørende for restitusjonstiden. Andre studier som har undersøkt restitusjonsforløpet etter dynamisk styrketrening, har



vist at muskelfunksjonen kan være restituert kun noen timer etterpå dersom treningsmotstanden eller treningsvolumet ikke er for stort.

Morgenøktens belastning vil være avgjørende for om den potensielt kan føre til en forbedring av ettermiddagsprestasjon, eller føre til trøtthet og redusert prestasjon. Raastad og Hallén (2000) undersøkte restitusjonsforløpet til ti mannlige utøvere i kraftidretter etter to ulike styrketreningsprotokoller. De fant at muskelens kontraktile egenskaper var tilbake til utgangsverdier 3 timer etter en moderat treningsøkt, mens det tok over et døgn etter en hard (maksimal) treningsøkt. Restitusjonsforløpet viste seg å være to-faset, med en rask fase de første 3–7 timene, etterfulgt av en avflatning eller nytt fall til neste morgen, før en ny restitusjonsfase neste dag (figur 2). Forskerne postulerte at den langvarige reduksjonen i kraftutvikling observert etter den maksimale treningsøkten skyldtes endringer i eksitasjons-kontraksjons-koblingen og forstyrrelser i kontraktile proteiner, samt at infiltrasjon av fagocytter (makrofager og nøytrofile granulocytter) var årsaken til mangelen på restitusjon av kraftutvikling 11–22 timer etter styrkeøkta. Etter den moderate styrkeøkta var både hopp høyde ved knebøyhopp og effektutvikling over baseline-verdier allerede etter 3 timer. Denne studien hadde dog ikke en egen kontrollgruppe, så hvorvidt disse endringene var en følge av døgnvariasjon eller andre faktorer kan ikke sies sikkert. Det er derimot lite sannsynlig at det skjer morfologiske endringer i muskulaturen på så kort tid.



**Figur 2:** Restitusjon av vertikal hopp høyde ved knebøyhopp etter en tung (100%) eller moderat (70%) styrkeøkt. «100%» bestod av knebøy (3 x 3 RM), frontbøy (3 x 3 RM) og kneekstensjon (3 x 6 RM). «70%» var lik «100%», men med en motstand på 70 % av «100%». Modifisert etter Raastad og Hallén (2000).  
RM = repetisjoner maksimum

Gonzalez-Badillo et al. (2016) bekreftet disse funnene i et lignende studie. Ni styrketrente menn gjennomførte en hard økt bestående av 3 x 8 reps (repetisjoner) på 80% av 1 RM (repetisjoner maksimum) i øvelsene knebøy og benkpress, samt en tilsvarende (moderat) økt med halve antallet reps (3 x 4 reps). Den harde økta resulterte i større grad av nevromuskulær trøtthet, og prestasjonsevnen i svikthopp tok henholdsvis 48 og 6 timer å restituere. Resultatene fra studier som ser på effekten av morgenøkter vil med andre ord påvirkes kraftig av øktens design og forsøkspersonene (FP) sin individuelle evne til restitusjon.

## **2.6 Testing av kontraktile egenskaper og muskeltrøtthet**

### **2.6.1 Isometrisk kraftutvikling ved elektrisk stimulering**

Ved akutt nevromuskulær trøtthet er det observert flere godt dokumenterte endringer i kontraktile egenskaper: 1) redusert maksimal viljestyrt kraftutvikling, 2) redusert kraftutvikling ved elektrisk stimulering, 3) redusert nevralt firing, 4) langsommere «rate of force development» (RFD), 5) og lengre relaksasjonstid (Bigland-Ritchie, Johansson, Lippold, & Woods, 1983). Ved å benytte elektrisk stimulering direkte på muskulaturen kan man måle muskulaturens kraftutvikling uten påvirkning fra sentralnervesystemet, og ergo kvantifisere muskulaturens kontraktile egenskaper og trøtthet.

Ved test av isometrisk kraftutvikling ved elektrisk stimulering av muskulaturen kan man benytte ulike stimuleringsfrekvenser. En nedgang i 20/50 Hz ratio indikerer et fenomen som kalles «lavfrekvenstrøtthet», fordi kraftfallet er størst ved lave stimuleringsfrekvenser. Dette er antagelig en konsekvens av en hemming av eksitasjons-kontraksjonskoblingen; fra t-tubuli til frigjøringen av  $\text{Ca}^{2+}$  fra sarkoplasmatiske retikulum. Ved lavfrekvenstrøtthet vil TroponinC kun mettes fullstendig av  $\text{Ca}^{2+}$  under full tetanus, og fordi det er et sigmoidalt forhold mellom  $[\text{Ca}^{2+}]$  i myoplasma og kraftutvikling, vil en redusert  $\text{Ca}^{2+}$  frigjøring i størst grad påvirke kraftutviklingen ved lave frekvenser (D. A. Jones, 1996; Vollestad, 1997).

### **2.6.2 Vertikal hopp høyde ved svikthopp**

Svikthopp er foreslått som en valid test for å undersøke strekkapparatets kontraktile egenskaper og muskeltrøtthet (Gathercole, Sporer, Stellingwerff, & Sleivert, 2015; Raastad & Hallén, 2000). På kort tid, og med lite anstrengelse, kan man undersøke hopp høyde og nevromuskulær status med relativt høy reliabilitet ( $\text{CV} = \leq 5\%$ )

(Arteaga, Dorado, Chavarren, & Calbet, 2000; Cormack, Newton, McGuigan, & Doyle, 2008; Gathercole et al., 2015; Heishman et al., 2018). Vertikal hopp høyde ved svikthopp bestemmes blant annet av evnen til maksimal kraftutvikling, RFD og nevro-muskulær koordinering (McLellan, Lovell, & Gass, 2011).

## **2.7 Aktiv oppvarming**

Aktiv oppvarming er sannsynligvis den mest brukte strategien for å forbedre prestasjonen på konkurransedagen, og er vist å forbedre prestasjonsevnen i en rekke idretter (Bishop, 2003). En økt muskeltemperatur ( $T_{\text{muskel}}$ ) forbedrer muskulær funksjon, blant annet via økt turnover av ATP (adenosin trifosfat), samt raskere kryssbrosyklus og  $\dot{V}O_2$ -kinetikk (McGowan, Pyne, Thompson, & Rattray, 2015). Mellomdistanseløpere gjennomfører typisk en aktiv oppvarming bestående av en kort aerob del (10–30 min), samt flere drag rundt konkurransefart. Ingham, Fudge, Pringle, og Jones (2013) fant ~1 % forbedring i prestasjon på 800-m ved å inkludere et 200-meters-drag i konkurransefart 20 min før start. Derimot vil en suboptimal oppvarming trolig øke sjansen for å finne en effekt av morgenøkter, siden energiomsetningen og kroppstemperaturen er forhøyet i flere timer etter trening (Melby, Scholl, Edwards, & Bullough, 1993), og kjernetemperatur ( $T_{\text{kjerne}}$ ) og  $T_{\text{muskel}}$  er vist å henge sammen med prestasjonsevne (Kilduff, West, Williams, & Cook, 2013; McGowan, Thompson, Pyne, Raglin, & Rattray, 2016).

## **2.8 Effekten av morgenøkt på prestasjon > 2 timer senere**

Det er per i dag ti studier som har undersøkt effekten av en morgenøkt på ett eller flere prestasjonsmål mer enn 2 timer senere (tabell 1 og tabell 2). Alle studiene er overkrysningsforsøk og har hatt hvile som minst én av betingelsene. Brorparten av studiene har hatt godt eller svært godt trente FP. Studiene har undersøkt et relativt vidt spekter av idretter, morgenøkter og prestasjonsmål, og ulike forklaringsmekanismer har blitt foreslått. Dette kapittelet gjennomgår resultater og foreslåtte forklaringsmekanismer fra relevant litteratur.

### **2.8.1 Hormonelle og temperaturregulerte forklaringsmekanismer**

Svært mange fysiologiske og biokjemiske prosesser i menneskekroppen er vist å ha en tydelig døgnrytme (Teo, Newton, & McGuigan, 2011). Hormonet testosteron har høyest serumverdier på morgenen og en gradvis reduksjon utover dagen (Kraemer et al., 2001).

De fleste studiene som har undersøkt effekten av styrketrening på testosteronrespons har vist en akutt økning i testosteronkonsentrasjon i spytt etter styrketrening hos menn (Kraemer & Ratamess, 2005). Denne forstyrrelsen i testosteronets naturlige døgnvariasjon har blitt foreslått som en potensiell forklaringsmekanisme i studier som har observert forbedret prestasjon på ettermiddagen etter en styrkeøkt på morgenen (Cook et al., 2014; Russell et al., 2016). Det er dog uklart om det er en kausal sammenheng mellom testosteronkonsentrasjon og prestasjon. Det er funnet at kun visualisering av konkurransesituasjon eller oppmuntrende verbale tilbakemeldinger fra en trener kan redusere testosteronnedgangen, noe som kan tyde på at endringer i testosteronkonsentrasjon i spytt kun er et tegn på at man er beredt og klar til yte sitt ypperste (Cook & Crewther, 2012).

Kjernetemperaturen ( $T_{\text{kjerne}}$ ) har en klar døgnvariasjon, med en økning fra morgen til ettermiddag. Siden en økt  $T_{\text{kjerne}}$  er funnet å øke energiomsettingen, forbedre musklens ettergivelse og fasilitere kryssbrosyklusen, er parametere som  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ , anaerob kapasitet og kraft- og effektutvikling vist å være bedre utover dagen (Teo et al., 2011).  $T_{\text{kjerne}}$  henger godt sammen med muskeltemperaturen ( $T_{\text{muskel}}$ ), og det er vist at  $1^{\circ}\text{C}$  økning i  $T_{\text{muskel}}$  gir omkring 2-5% bedre kraft og effektutvikling, så lenge kjernetemperaturen ikke økes utover det normale (hypertermi) (Racinais & Oksa, 2010). Kilduff et al. (2013) undersøkte effekten av passiv varmebevaring på 20 mannlige profesjonelle rugbyspillere. Etter en passiv pause på 15 minutter etter oppvarming, var det en forskjell i  $T_{\text{kjerne}}$  på  $0,3^{\circ}\text{C}$  mellom kontrollgruppen og gruppen som brukte en knelang varmekjappe. Denne forskjellen var tilstrekkelig til å gi bedre maksimal effektutvikling i svikthopp og prestasjon i repetert sprint sammenlignet med kontrollgruppen. McGowan et al. (2016) fant i en lignende studie en svært god sammenheng mellom reduksjon i  $T_{\text{kjerne}}$  etter oppvarming og prestasjon i 100-m svømming ( $r = 0,91$ ). Det er også vist at en styrkeøkt kan forhøye energiomsetningen, og dermed kroppstemperaturen, i opptil 15 timer (Melby et al., 1993). Disse funnene antyder at studier som undersøker effekten av morgenøkter på ettermiddagsprestasjon har en økt sannsynlighet for å finne en effekt hvis oppvarmingen på ettermiddagen ikke er optimal. Ved kort tid mellom morgenøkt og prestasjonstest og/eller suboptimal oppvarming, vil sannsynligheten for temperaturforskjell ( $T_{\text{kjerne}}$  eller  $T_{\text{muskel}}$ ) i gruppen som hvilte og gruppen som hadde morgenøkt øke, noe som potensielt kan gi utslag i prestasjonstestene.

### 2.8.2 Nevromuskulære forklaringsmekanismer

Kontraktiliteten til en skjelettmuskel er til enhver tid bestemt av tidligere muskelkontraksjoner. En tydelig effekt av forutgående muskelkontraksjoner er muskeltrøtthet, som hemmer muskelen i å utvikle et forventet nivå av kraft. Samtidig som denne trøttheten er gjeldende, kan et fenomen kalt *post-aktivering-potensiering* (PAP) eksistere (Sale, 2002). PAP er vist å forbedre muskulaturens yteevne ved å fosforylere myosinets lette kjeder, og slik gjøre aktin og myosin mer sensitive til utslipp av kalsiumioner ( $\text{Ca}^{2+}$ ) fra sarkoplasmatiske retikulum (Hodgson, Docherty, & Robbins, 2005). PAP-effekten er funnet å være større hos sterke og godt styrketrente individer, og ha god sammenheng med andelen type II MHC («myosin heavy chain») (Seitz et al., 2016). Det er vist at en maksimal eller nær maksimal muskelkontraksjon (et PAP-stimuli) kan forbedre prestasjon i hopp, sprint, kast og andre ballistiske øvelser, med størst effekt sett ~7–10 min etter PAP-stimuliet (Seitz & Haff, 2016). Det er foreløpig ikke godt undersøkt om denne potensieringseffekten kan være gjeldende også i flere timer etter et stimuli. Unntaket er et studie av Sáez de Villarreal et al. (2007) på 12 mannlige volleyballspillere (spansk 1. divisjon). De fant at de oppvarmingsprotokollene (PAP-stimuliene) som bedret hopp-prestasjon 5 min etter oppvarming, også ga effekt 6 timer senere. Selv om denne studien ikke direkte målte nevromuskulære egenskaper, antyder disse funnene at nevromuskulær potensiering kan være en forklaringsmekanisme bak de observerte effektene av morgenøkter på ettermiddagsprestasjon.

### 2.8.3 Studier som har undersøkt effekten av morgenøker på kraft-, effektutvikling og sprintprestasjon

*Tabell 1: Studier som har undersøkt effekten av morgenøker på kraft-, effektutvikling og sprintprestasjon*

Studie	Idrett Forsøks- personer	Morgenøkt	P (t)	Ettermidd agstester	Resultat (vs. hvile)
Fry et al. (1995)	Vektløfting 19M Juniorelite. Omfattende styrke-erfaring.	5x3 CP + 3x3 rykkdrag på 85% av 1RM	5,5	Støt, rykk, VJ.	↑støt (5,3%), ↑rykk (6%) og ↑VJ (4,6%) for «respondere». Ingen forskjell mellom hvile og morgenøkt.
Woolsten-hulme et al. (2004)	Basketball 18K. College. ~4mnd styrke-erfaring.	3x5RM støt fra bryst + 3-4x8-12RM benkpress, knebøy, skråbenk, skulderpress og hamstringcurl	6	VJ, Wingate, prestasjon s-kast	Ingen forskjell
Saez de Villarreal et al. (2007)	Volleyball 12M. Spansk 1. divisjon. 2 – 4 års styrke-erfaring.	a) 3x5 hopp m/vekt b) 2x4 80% 1RM + 2x2 85% 1RM knebøy c) 2x4 80% 1RM + 2x2 90% 1RM + 2x1 95% 1RM knebøy d) 3x5 fallhopp e) 2min drill + 3x5 + 1x10 hopp f) 3x5 30% 1RM knebøy	6	CMJ m/u vektvest, fallhopp	a) Tendens ↑fallhopp og ↑CMJ m/vektvest b, c og e) Tendens ↑fallhopp.  Ellers ingen forskjell
Ekstrand et al. (2013)	Friidrett, kast 7M, 7K. Nasjonalt/regionalt nivå. ≥ 1 års styrke-erfaring.	Knebøy til utmattelse + 4 x vending maks innsats	5	Liakov, VJ	↑Liakov (2,6%) ↔ VJ
Cook et al. (2014)	Rugby 18M. Semi-profesjonell. ≥ 3 års styrke-erfaring.	a) 5x40m RS. P:60" b) 3x3 knebøy og benkpress, 50–80–100% av 3RM	6	3RM benkpress, 3RM knebøy, CMJ PO, 3x40m, T	a) ↑RS ↓reduksjon T b) ↑CMJ PO (2,7%), ↑3x40m (1,3%), ↑benkpress (3,6%) og ↑knebøy (4,2%), ↓reduksjon T
Russel et al. (2016)	Rugby 15M. Elite. Antar god styrkeerfaring.	a) 5x10 benkpress 75% 1RM b) 6x6" RS sykkel. P: 54" c) 6x40m RS løp. P: 20"	5	CMJ, RS, T	a) ↑RS ↓reduksjon T b) ↑CMJ (2,3%). ↓reduksjon T c) ↑RS og ↑CMJ (3,9%). ↓reduksjon T
Rampinini et al. (2017)	Fotball 12M. Junior. Ikke rapportert styrkeerfaring.	a) 6x40m RS. P: 20". b) 4x10" raske halvbøy, P: 20" + 6x25m (5m stignedrill + 20m maks). P: 20"	6	MVC, RTD, CMJ, YYIR2, sprint, temperatur, T	a) ↑T (11,6%) ↑RPE. ↓CMJ (-1,4%) ↓YYIR2 (-7,1%) b) ↑RPE. Tendens ↑RTD (4,3%) ↑YYIR2 (+6,5%).

P; pause, CMJ; svikthopp, CP; clean pull, K; kvinne, M; mann, P; pause, PO; power output, RM; repetisjon maksimum, VJ; vertikalt hopp, RS; repetert sprint, T; testosteron, "; sekunder, MVC; maximal voluntary contraction, RTD; rate of torque development, RPE; rating of perceived exertion. YYIR2; yoyo intermittent recovery test level 2

Sju studier har undersøkt effekten av morgenøkter på kraft-, effektutvikling og sprintprestasjon (tabell 1). Det har blitt undersøkt om en morgenøkt kan påvirke prestasjon og psykologiske faktorer på konkurransedagen. Fry et al. (1995) studerte effekten av en morgenøkt på 19 mannlige juniorelite vektløftere. FP gjennomførte 5 x 3 reps «clean pulls» og 3 x 3 reps «snatch pulls» på 85 % av 1 RM på morgenen, og gjennomførte så en simulert vektløftingkonkurranse og test av vertikal hopphøyde 5,5 timer senere. Forskerne fant ingen forskjell mellom gruppene (hvile vs. styrketrening), men fant at de seks FP som responderte positivt på morgenøkten skilte seg fra non-responderne ved at de hadde høyere angstnivå i utgangspunktet. Forskerne foreslo derfor at utøvere med høyt angstnivå kan ha utbytte av en morgenøkt, siden morgenøkten reduserte angstnivået, og sannsynligvis bidro til et mer optimalt spenningsnivå.

Ekstrand et al. (2013) foreslo at det var et vindu på 6 timer etter morgenøkten hvor prestasjon kunne forbedres. De testet effekten av en morgenøkt med styrketrening på kastprestasjon på ettermiddagen hos 14 godt trente kastere i ulike friidrettsgrener. Morgenøkten bestod av totalt seks oppvarmingsserier, i tillegg til én serie knebøy til utmattelse (85 % av 1RM) samt flere serier «power clean» med maksimal innsats. Fem timer senere var kastlengde i øvelsen «Liakov» signifikant lengre enn ved hvile, mens vertikal hopphøyde var lik. Forbedringen i kastlengde var 2,6 % (30 cm), noe som er omtrent den samme som CV for kastere på elite-nivå i friidrett (2,8 %) (Hopkins, 2005), når de testes i sin spesialøvelse. Det er rimelig å anta at CV i denne studien var høyere, siden utvalget var unge kastere på varierende nivå (nasjonalt eller regionalt) i ulike grener og med varierende erfaring i testøvelsen. Forskerne klarte heller ikke å finne samme forbedring i vertikal hopphøyde, noe som svekker deres funn.

En bevegelsesspesifikk effekt har blitt foreslått etter at flere studier viste at morgenøkter med likt bevegelsesmønster som ettermiddagstestene ga effekt på prestasjon. Sáez de Villarreal et al. (2007) gjennomførte en studie på 12 mannlige volleyballspillere (spansk 1. divisjon). De undersøkte effekten av sju ulike morgenøkter som inneholdt ulike kombinasjoner av beinøvelser med tung motstand, hopp med og uten ekstra motstand, eller volleyballspesifikke øvelser. Forskerne fant at protokoller med tung belastning (80–95 % av 1 RM) og/eller spesifikt belastningsmønster ga positiv effekt på ettermiddagsprestasjon i fallhopp, men ikke svikhopp. Dette samsvarer med resultatene

fra en senere studie av Cook et al. (2014) som også fant en bevegelsesspesifikk effekt av morgentrening hos 18 mannlige semi-profesjonelle rugbyspillere. En morgenøkt med sprint (5 x 40 m med 60 sek pause (P)) ga bedre ettermiddagsprestasjon i sprint, mens morgenøkten med styrketrening (3 x 3 reps på 50–80–100% av 3 RM i knebøy og benkpress) ga bedre styrke (3 RM knebøy og benkpress), spenst (svikthopp) og sprintprestasjon på ettermiddagen. Oppfølgingsstudien fra samme gruppe viste dog motstridende resultater: De fant at benkpress (5 x 10 reps på 75 % av 1 RM) bedret sprintprestasjon (6 x 40 m, P: 20 sek) 5 timer senere hos 15 mannlige rugbyspillere på elitenivå (Russell et al., 2016), noe som tyder på at det ikke nødvendigvis er essensielt med en bevegelsesspesifikk morgenøkt. Forskerne postulerte at årsaken til at benkpress var egnet som morgenøkt var ved å redusere nedgangen i testosteronnivå fra morgen til ettermiddag, med tilhørende bedre prestasjonsevne.

Hormonelle forklaringsmekanismer har vært i fokus i flere studier. Rampinini et al. (2017) fant i likhet med Russell et al., (2016) en økning i testosteronnivå 6 timer etter en morgenøkt med repetert sprint (6 x 40 m, P: 20 sek) hos juniorfotballspillere. Tross dette var både hopp høyde i svikthopp og prestasjon i den fotballspesifikke kondisjonstesten «Yo-yo intermittent recovery test level 2» (YYIR2) signifikant redusert, med henholdsvis 1,4 og 7,1 %, noe som antyder at sammenhengen mellom endring i testosteronkonsentrasjon og endring i prestasjon observert i tidligere studier ikke nødvendigvis er kausal, men kun en reflektiv markør (Cook et al., 2014).

Morgenøktenes design og FP sin individuelle evne til restitusjon vil være avgjørende for effekten på prestasjon på ettermiddagen. Woolstenhulme, Bailey, og Allsen (2004) undersøkte idrettsspesifikke og tekniske parametere i tillegg til anaerob prestasjonsevne (Wingate) og vertikal hopp høyde hos 18 kvinnelige college-basketballspillere. Morgenøkten bestod av styrketrening for store muskelgrupper i over- og underkroppen; 7 øvelser med 3–4 serier á 5–12 RM. Studien fant ingen forskjell i vertikal hopp høyde, Wingate-test eller presisjonskast. Årsaken til dette kan tenkes å være at morgenøkten ikke var egnet til å gi prestasjonsøkning på ettermiddagen fordi 1) motstanden (60–70 % av 1 RM) var for lav, og 2) belastningen for høy (~25 serier til utmattelse). Det er sannsynlig at dette resulterte i muskeltrøtthet, da FP kun hadde ~4 ukers erfaring med styrketrening. Studiene som har funnet positiv effekt av morgenøkter har brukt høyere



motstand og mindre volum på øktene. Det er dog verdt å merke seg at morgenøkten ikke reduserte prestasjonen til tross for den store treningsbelastningen.

#### 2.8.4 Studier som har undersøkt effekten av morgenøkter på prestasjonstester som stiller krav til aerob og anaerob kapasitet

**Tabell 2:** Studier som har undersøkt effekten av morgenøkter på prestasjonstester som stiller krav til aerob og anaerob kapasitet

Studie	Idrett Forsøkspersoner	Morgenøkt	P (t)	Ettermiddagstester	Resultat (vs. hvile)
McGowan et al. (2017)	Svømming 7M, 6K. Junior-elite. Ikke rapportert styrkeerfaring.	a) Svøm: 1200m variert intensitet inkl. 4x30m 80–90% maks + 4x25m 90–100% maks. P: 60". b) a + 10 min hopp-, sprint- og styrkeøvelser	6	100m fri, temperatur	a) ↑100m (1,6%) b) ↑100m (1,7%). ↑kjernetemperatur
Rampinini et al. (2017)	Fotball 12M. Junior. Ikke rapportert styrkeerfaring.	a) 6x40m RS. P: 20". b) 4x10" raske halvøy, P: 20" + 6x25m (5m stigedrift + 20m maks). P: 20"	6	MVC, RTD, CMJ, YYIR2, sprint, T, temperatur	a) ↑T (11,6%) ↑RPE. ↓CMJ (-1,4%) ↓YYIR2 (-7,1%) b) ↑RPE. Tendens ↑RTD (4,3%) ↑YYIR2 (+6,5%).
Hwan Oh et al. (2018)	Fotball 12M. Amatør. Ikke rapportert styrkeerfaring.	a) 60min. 4x90s 2vs2-spill liten bane. P: 3min. + 3x5x10m maks. P: 30". SP: 120". b) 60min. 4x180" 2vs2-spill stor bane. P: 3min. 3x5x20m. P: 30". SP: 120".	5	Bangsbo test	Ingen forskjell
Marrier et al. (2018)	Rugby 14M. Junior-elite. Ikke rapportert styrkeerfaring.	30min. SL + 4vs3-spill + 2x50m maks.	2	6x30m, 7erkamp rugby (2x7min, P: 2min)	Tendens ↓tilbakelagt distanse og ↓akselerasjoner under kamp

K; kvinne, M; mann, MVC: maximal voluntary contraction, P: pause, SP: seriepause, RPE: rating of perceived exertion, RTD; rate of torque development, CMJ; svikthopp, T; testosteron, YYIR2; yoyo intermittent recovery test level 2

Fire studier har undersøkt effekten av morgenøkter på prestasjonstester som stiller krav til aerob og anaerob kapasitet. McGowan et al. (2017) undersøkte effekten av ulike morgenøkter på 100-m sprint i svømming (~1 min varighet) hos 13 svømmere på nasjonalt nivå. De fant at både en ren svømmetreningsøkt (*SvimOnly*: ~30 min variert intensitet), og en kombinert treningsøkt med både svømming og styrketrening (*SvimDry*), bedret prestasjon på ettermiddagen med henholdsvis 1,6 % og 1,7 %, sammenlignet med hvile (*NoEx*). Før prestasjonstesten var  $T_{kjerne}$  signifikant høyere (0,6

$\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ) for *SvimDry* enn *NoEx*, mens den var lik for *SvimOnly*. Til tross for dårlig sammenheng mellom  $T_{\text{kjerne}}$  og prestasjonsforbedring foreslo forskerne at optimalisert  $T_{\text{kjerne}}$  var en mulig mekanisme. De konkluderte også med at det ikke nødvendigvis var viktig å legge til styrketrening (*SvimDry*), siden en tilsvarende prestasjonsforbedring ble sett for *SvimOnly*. Styrketreningen som ble gjennomført (10 minutter med hopp, sprint og kast, samt styrkeøvelser med egen kroppsvekt) var dog av en slik karakter at det er usikkert om den er egnet for å gi prestasjonsøkning på ettermiddagen. Studier som tidligere har vist effekt av styrketrening har inneholdt øvelser med tung belastning (>85 % av 1 RM), og forskernes konklusjon om at det kun er nødvendig med svømming vil derfor svekkes.

Rampinini et al. (2017) fant som tidligere nevnt (kapittel 2.8.3) en redusert prestasjonsevne etter en morgenøkt med repetert sprint på juniorfotballspillere. Derimot fant de en 6,5 % bedre prestasjonsevne på den fotballspesifikke kondisjonstesten YYIR2 når morgenøkten bestod av en kombinasjon av repetert sprint og raske halvbøy (4 x 10 sek, P: 20 sek).

Belastningen på morgenøkten, FP sin treningsstatus, og pausen mellom morgenøkt og ettermiddagstester vil trolig være avgjørende for prestasjon på ettermiddagen. To studier har vist ingen effekt av morgenøkter på prestasjonstester som stiller krav til aerob og anaerob kapasitet. Hwan Oh et al. (2018) testet effekten av to ulike morgenøkter på 12 fotballspillere på amatørnivå. Morgenøktene bestod av repetert sprint (15 x 10–20 m, P: 30 sek) og spillsekvenser (4 x 90–180 sek, P: 3 min) med enten moderat eller høy intensitet. Uavhengig av intensiteten var det ingen endring i prestasjon på ettermiddagen på den fotballspesifikke kondisjonstesten Bangsbo test, sammenlignet med hvile.

Marrier et al. (2018) fant heller ingen forskjell i prestasjon da de testet effekten av en morgenøkt med stigningsløp, spillsekvenser og 2 x 50 m makssprint på 14 mannlige rugbyspillere på juniorlandslagsnivå. I denne studien fikk FP kun 2 timer pause før de ble testet i repetert sprint og ulike parametere (akselerasjoner og total løpt distanse) i en 14-minutters rugbykamp. Pausen i denne studien var betydelig kortere enn studiene som har sett effekt (~5–6 timer), og det kan tenkes at FP ikke var tilstrekkelig restituert etter morgenøkten.

## 2.9 Oppsummering

Fra et klassisk fysiologisk perspektiv er det faktorene  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ , utnyttelsesgrad, anaerob kapasitet og løpsøkonomi som bestemmer prestasjonen på et mellomdistanseløp, og dermed må også minst én av disse faktorene påvirkes om en morgenøkt skal forbedre løpsprestasjon på ettermiddagen. Ti overkrysningsforsøk med hvile som kontrollbetingelse har undersøkt effekten av en eller flere morgenøkter på ett eller flere prestasjonsmål mer enn 2 timer senere. Disse studiene viser inkonsistente resultater, og inneholder et vidt spekter av morgenøkter og prestasjonsmål på ettermiddagen. Studiene som har vist en positiv effekt har til felles at de har testet en morgenøkt bestående av tung styrketrening med lavt volum (>85 % av 1 RM), eksplosive øvelser (hopp, sprint) eller spesifikke bevegelsesmønstre på godt trente FP i eksplosive idretter (ballspill, sprintsømming, vektløfting, kast i friidrett). Hormonelle og temperaturregulerte forklaringsmekanismer er oftest foreslått, og det er ikke usannsynlig at en morgenøkt kan påvirke døgnvariasjonen til testosteronkonsentrasjonen og kroppstemperaturen. Få studier har undersøkt psykologiske faktorer, og ingen studier har direkte testet nevro-muskulære egenskaper eller muskeltrøtthet.

## 3. Metode

### 3.1 Deltakere

Tolv mannlige mellom- og langdistanseløpere på nasjonalt nivå ble rekruttert til prosjektet. Alle FP hadde betydelig erfaring med løping på tredemølle. Fire FP trakk seg underveis grunnet sykdom eller skade, og ytterligere én FP ble ekskludert fra prosjektet da han kun gjennomførte to av tre testbetingelser. Syv FP gjennomførte testing og er inkludert i analysen av resultatene, og deres karakteristikk er presentert i tabell 3.

Prosjektet ble godkjent av Lokal etisk komite ved Norges idrettshøgskole, (Søknad: 61 - 190618), og meldt til Personvernombudet for forskning, NSD - Norsk senter for forskningsdata AS (referansenummer: 61013 / 3 / EPA). Prosjektet er gjennomført i samsvar med Helsinkideklarasjonen og etter norsk lov. Et detaljert informasjonsskriv ble utlevert og deltakerne gav skriftlig informert samtykke før deltakelse i prosjektet (vedlegg I).

**Tabell 3:** Forsøkspersonenes karakteristikk.  $n = 7$ .

Variabel	Gjennomsnitt $\pm$ SD
Alder (år)	25 $\pm$ 3
Høyde (cm)	184 $\pm$ 9
Vekt (kg)	73 $\pm$ 10
KMI (kg·m <sup>-2</sup> )	21,4 $\pm$ 1,0
$\dot{V}O_{2maks}$ (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	70,2 $\pm$ 3,9
vMT 1° stigning (km·t <sup>-1</sup> )	16,0 $\pm$ 0,9

*Forkortelser: KMI = kroppsmasseindeks,  $\dot{V}O_{2maks}$  = maksimalt oksygenopptak, vMT = hastighet ved melkesyreterskel ( $\Delta 2,1 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1} [\text{La}^-_{\text{blod}}]$ )*

#### 3.1.1 Treningsstatus, konkurranserutiner og personlige rekorder

FP rapporterte skriftlig om treningsstatus, konkurranserutiner og personlige rekorder. Alle FP ( $n=7$ ) rapporterte at de løper dagen før konkurranse (~30–60 min), hvorav to rapporterte at de gjennomfører en rolig løpsøkt, mens fem rapporterte at de gjennomfører en løpsøkt med drag, typisk fire til seks drag á 100 meter i konkurransefart. På morgenen før konkurranse rapporterte fem at de kun hviler, mens to rapporterte at de gjennomfører en løpsøkt med lette drag (< 30 min), typisk fire til seks drag á 100 meter i konkurransefart. FP sin treningsstatus er beskrevet i tabell 4.

**Tabell 4:** Forsøkspersonenes treningsdata de siste tre månedene før testing, oppgitt i antall per uke.  $n = 7$

Variabel	Gjennomsnitt $\pm$ SD
Økter	7,1 $\pm$ 3,9
Kilometer løpt	58,1 $\pm$ 37,2
Styrkeøkter*	0,7 $\pm$ 0,4
Hurtighetsdrag**	10,6 $\pm$ 5,2
Spenstøkter	0,1 $\pm$ 0,2

\* Styrkeøkter for strekkapparatet i underekstremiteten

\*\* Stigningsløp/oppvarmingsdrag á 60-100 m er medregnet

Tre FP var mellomdistanseløpere, mens de fire resterende FP var langdistanseløpere. Deres personlige rekorder er oppgitt i tabell 5.

**Tabell 5:** Forsøkspersonenes personlige rekorder, oppgitt som (m:ss).  $n = 7$ .

Variabel	Gjennomsnitt $\pm$ SD
Mellomdistanseløpere (800-m, $n = 3$ )	1:56 $\pm$ 0:06
Langdistanseløpere (5000-m, $n = 4$ )	14:58 $\pm$ 0:29

### 3.2 Design

Studiens design var et motbalansert overkrysningsforsøk med repeterte målinger. FP var sin egen kontroll, og gjennomførte tre hovedtestdager, som hver inneholdt én betingelse; *Løp*, *Styrke* eller *Hvile* (kontroll) etterfulgt av test av løpsprestasjon og prestasjonsrelaterte faktorer seks timer senere. Rekkefølgen på testdagene var randomisert og balansert for å minimere rekkefølgeeffekter. Alle tester ble gjennomført i løpet av maksimalt 14 dager, og med minimum 72 timer mellom hver testdag. Morgenøktene (~30 min) begynte mellom 8:00–10:00, og ettermiddagstesting (~60 min) startet 14:00–16:00, til samme tid for hver enkelt FP. Pre-tester og tilvenning til protokoll og utstyr ble gjennomført ved to oppmøter i ukene før første testdag. Testingen ble gjennomført på Norges idrettshøgskole mellom oktober 2018 og januar 2019, som regnes som en del av grunntreningsperioden for mellom- og langdistanseløpere. FP ble oppfordret til å trene og forberede seg likt, som om de forberedte seg til konkurranse, de to siste dagene før hver hovedtestdag. Under ettermiddagstestene mottok FP hverken tilbakemelding på resultater eller verbale oppmuntringer. Alle tester ble gjennomført innendørs (~20° C).

### 3.3 Testprotokoller og utstyr

#### 3.3.1 Tilvenningsdager

Hensikten med tilvenningsdagene var 1) tilvenne FP til protokoll og utstyr for å redusere læringseffekter, og 2) kartlegge FP for individuell tilpassing av protokoll. Første tilvenningsdag (~120 min) startet med en test av laktatprofil og  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ , før tilvenning til svikthopp på kraftplattform og styrketreningsprotokollen de skulle gjennomføre på morgenøkten *Styrke*. Andre tilvenningsdag (~90 min) startet med tilvenning til elektrisk stimulering av *m. vastus medialis*, samt løping på tredemølle (lik morgenøkten *Løp*) og ytterligere tilvenning til svikthopp og styrketreningsprotokollen.

#### 3.3.2 Tilvenningsdag 1

##### Test av laktatprofil og $\dot{V}O_{2\text{maks}}$

FP sin høyde og vekt målt på et Seca stadiometer og en Seca Model 708 vekt (Voegel & Halke, Hamburg, Tyskland). Laktatprofil og  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$  ble så gjennomført for å kunne beskrive utvalget i studien, samt beregne hastighetene som skulle brukes i hovedtestprotokollen. FP løp på en spesiallaget tredemølle med dimensjon 3 x 4,5 m (Rodby, Södertälje, Sverige), og ble sikret med en sikkerhetssele koblet til en automatisk nødstop. Denne tredemøllen ble benyttet fordi den har tilhørende software som kan forhåndsprogrammere hastighetsprofiler. Testen startet med 10 min oppvarming på  $10 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$  ( $51 \pm 7\%$  av  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ ), etterfulgt av 4–6 drag á 5 min med  $1,5 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$  økning i hastighet per drag, og 30 s pause.  $\dot{V}O_2$  ble målt fra 3:00–4:30 (m:ss) under hvert drag, og oksygenkostnaden fra disse submaksimale belastningene ble brukt til å beregne hastigheten ved  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$  ( $v\dot{V}O_{2\text{maks}}$ ). Blodlaktatkonsentrasjonen  $[\text{La}^-_{\text{blod}}]$  ble målt umiddelbart etter hvert drag. Hastighet ved melkesyreterskel ( $v\text{MT}$ ) ble beregnet ved en  $[\text{La}^-_{\text{blod}}]$  tilsvarende utgangsverdi +  $2,1 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  ( $\Delta 2,1 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1} [\text{La}^-_{\text{blod}}]$ ) og laktatprofilen ble avsluttet når FP var oversteg denne verdien. Protokollen er tilsvarende den som brukes på Olympiatoppen (Tønnessen, 2017). Helningen på tredemølla var  $1^\circ$ , for å kompensere for manglende luftmotstand i høye løpshastigheter (A. M. Jones & Doust, 1996). FP fikk så 5 min pause før test av  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$  ved  $3^\circ$  helning. Testen ble gjennomført som en trappetrinnsprotokoll, der starthastigheten for samtlige FP var  $15 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ , og deretter  $1 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$  økning i hastighet hvert min.  $\dot{V}O_2$  ble målt kontinuerlig og FP løp til utmattelse ( $5:06 \pm 0:46 \text{ m:ss}$ ). Gjennomsnittet av de to høyeste (påfølgende) 30-sekundersmålingene ble ansett som  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ .

### **Måling av oksygenopptak**

$\dot{V}O_2$  ble målt med et automatisk ergospirometrisystem (Oxycon Pro, Jeager-Toennis). FP pustet gjennom et munnstykke og inn i en to-veis ventil som hindret «re-breathing» (Hans Rudolph 2700 series, Hans Rudolph, Inc., Kansas City, USA). En neseklype hindret FP fra å puste med nesene. Den ekspirerte luften gikk videre gjennom en tilførselsslange til et miksekammer (Jeager-Toennis Instr. Hochberg, Tyskland) for analyse. Volumet av luften ble målt med en turbin (Triple V volume transducer; Erich Jaeger GmbH, Hoechberg, Tyskland). Kalibrering ble gjennomført før hver test: Volumkalibrering ble foretatt ved å kalibrere luftstrømturbinen manuelt med en treliters kalibreringspumpe (Calibration Syringe, series 5530, Hans Rudolph Inc., MO, USA). Gassanalysatoren ble kalibrert med romluft (20,94%  $O_2$  og 0,04%  $CO_2$ ) og gasser med kjent konsentrasjon ved 180 kilopascal (kPa) (henholdsvis 15,0%  $O_2$  og 6,01%  $CO_2$ ). I tillegg ble kalibrering for atmosfærisk trykk, luftfuktighet og temperatur gjort for å bestemme luftens tetthet.

### **Måling av laktatkonsentrasjon i blod**

Laktatkonsentrasjon i blod ble målt med en Biosen C-Line GP+ laktatanalysator (Biosen C-line, EKF Diagnostic, Cardiff, Storbritannia). Engangsstikkere av typen Accu-Check Safe-T Pro Plus (Roche Diagnostics, Basel, Sveits) ble brukt til å punktere huden på fingertuppen, og 20  $\mu$ l helblod/kapillærblod ble samlet i et kapillærrør. Kapillærrøret ble lagt i et eppendorfrør (EKF pre-filled 'Safe-Lock' reaction cups (1000  $\mu$ l), EKF Diagnostic, Cardiff, Storbritannia). Innholdet i kapillærrøret ble ristet ut ~20 ganger og mikset med hemolysevæsken i eppendorfrøret, som så ble plassert i analysatoren. Kalibrering ble foretatt før hver test, samt hver time deretter, med en standardløsning på 12  $mmol \cdot L^{-1}$  (Biosen Multi standard solution, EKF Diagnostic, Cardiff, Storbritannia) og to testløsninger med målverdi på 3,02  $mmol \cdot L^{-1}$  (CI: 2,69-3,35  $mmol \cdot L^{-1}$ ) (Biosen Test serum solution Ready Con<sub>norm</sub> for glucose and lactate, EKF Diagnostic, Cardiff, Storbritannia) og 14,56  $mmol \cdot L^{-1}$  (CI: 12,96-16,16  $mmol \cdot L^{-1}$ ) (Biosen Test serum solution ReadyCon<sub>Pat</sub> for glucose and lactate, EKF Diagnostic, Cardiff, Storbritannia).

### **Tilvenning til svikthopp**

Ved første tilvenning til svikthopp på kraftplattform gjennomførte FP totalt 8–12 hopp med mål om å standardisere teknikken de skulle bruke på hovedtestprotokollen.

Hoppene ble utført med valgfri dybde og hastighet, gitt at bevegelsen var jevn. Armene ble holdt i hoftefeste, da dette er vist å gi mer reliable resultater (Heishman et al., 2018). FP fikk ett min pause mellom hoppene. Kraftplattformen (HUR Labs Oy, Tampere, Finland) ble plassert på et hardt, flatt og vannrett underlag før den ble nullkalibrert. FP sin masse ble så målt på kraftplattformen, og hopp høyden ble beregnet etter impulsmetoden ved hjelp av tilhørende programvare (Force Platform Suite, versjon 2.65.5.6).

### **Tilvenning til morgenøkten *Styrke***

FP gjennomførte til slutt en tilvenning til styrkeøvelsen på morgenøkten *Styrke*. Øvelsen ble utført ved bruk av en 1080 Quantum Syncro (1080 Motion AB, Lidingö, Sverige) som er et apparat for testing og trening av kraft- og effektutvikling. Siden systemet basert på robotikk kan man bestemme både hastigheten og belastningen i den konsentriske og eksentriske delen av en bevegelse. I dette studiet ble smith-maskinen benyttet med fartsbegrensning i den konsentriske fasen for en grunn ettbeins knebøy med avsluttende hofte- og plantarfleksjon (figur 3). I den eksentriske fasen var det ingen ekstra motstand eller hastighetsbegrensning, og FP måtte kun kontrollere selve stanga (26 kg) i et valgfritt og rolig tempo. Bunnposisjonen var ved en knevinkel på 110°, hvor setemuskelene kom i kontakt med en kasse med vektskiver bak FP. Denne vinkelen ble kontrollert med et goniometer (SS21L; Biopac System, Inc., USA) på første tilvenningsdag og videre brukt på øvrige testdager. I den konsentriske fasen var maksimal hastighet satt til  $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , og motstanden kan karakteriseres som variabel siden den ble et resultat av hvor mye kraft FP skyver med. På første tilvenningsdag gjennomførte FP to oppvarmingsserier og fire arbeidsserier med tre reps i hver serie: 2 x 3 repetisjoner oppvarming, i tillegg til 4 x 3 reps med submaksimal innsats. Pausene mellom hver serie var 2 min, mens mellom høyre og venstre bein var pausene 1 min. Kraftutviklingen til hver FP ble overvåket i sanntid ved hjelp av et nettbrett med tilhørende applikasjon (1080 Motion webapp, 1080 Motion, Lidingö, Sverige).





*Figur 3: teknisk utførelse av styrkeøvelsen benyttet ved morgenøkten Styrke.*

### 3.3.3 Tilvenningsdag 2

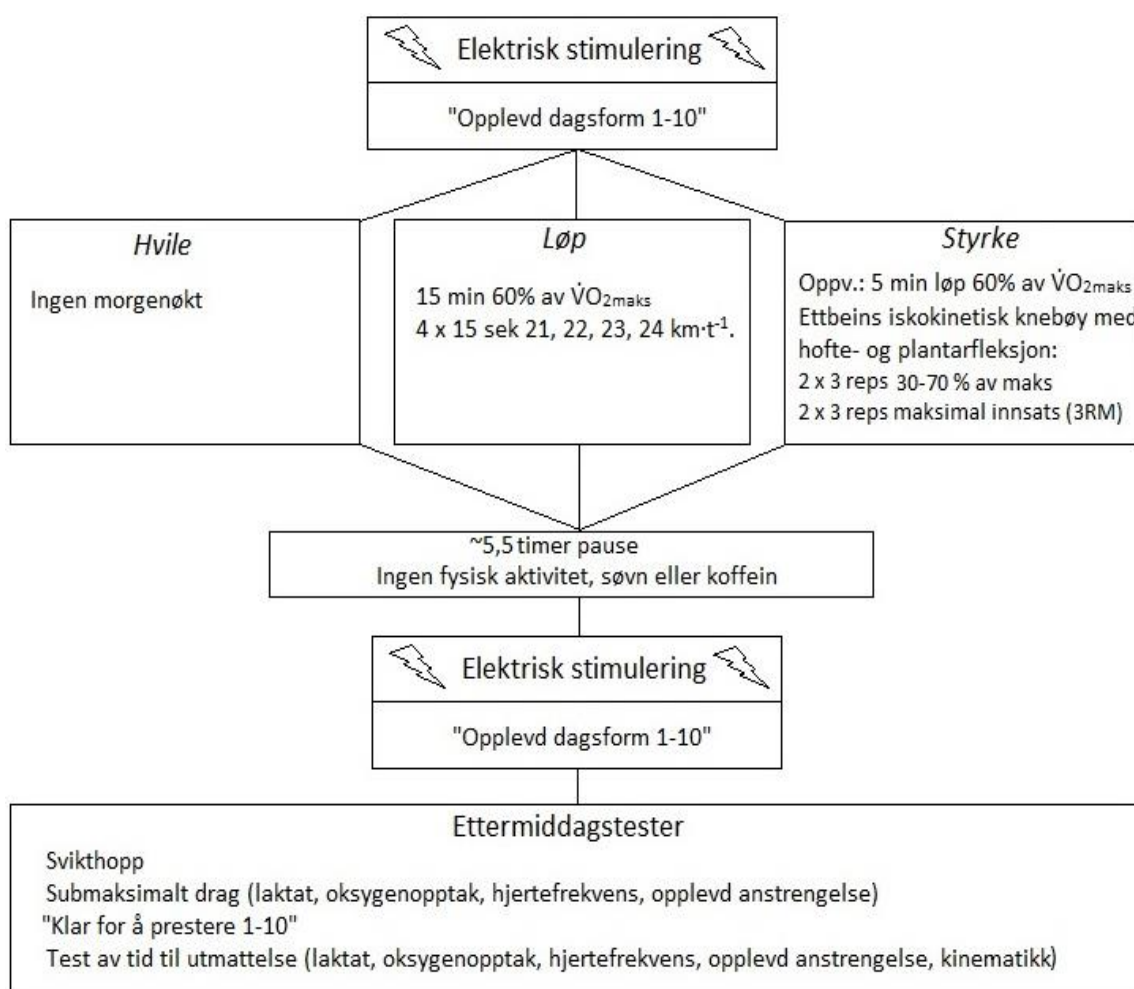
Den andre tilvenningsdagen hadde som mål å simulere ulike deler av hovedtestdagene, herunder elektrisk stimulering, morgenøktene *Løp* og *Styrke*, samt svikthopp på kraftplattform. Dagen startet med tilvenning til elektrisk stimulering av *m. vastus medialis*, med en protokoll som er detaljert beskrevet i kapittel 3.3.4.

Etter dette gjennomførte FP en lignende protokoll som under første del av ettermiddagstestprotokollen; 5 min løp på tredemølle på en fart tilsvarende 60% av  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$  ( $11,7 \pm 0,9 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ ), etterfulgt av oppvarmingshopp og 4–6 maksimale svikthopp på kraftplattform. Etter ytterligere 10 min løp på en fart tilsvarende 60% av  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ , løp FP fire drag á 15 sek på henholdsvis 21, 22, 23 og 24  $\text{km}\cdot\text{t}^{-1}$ , tilsvarende protokollen under morgenøkten *Løp*.

FP gjennomførte til slutt en tilvenning til morgenøkten *Styrke* med identisk protokoll, beskrevet i kapittel 3.3.4.

### 3.3.4 Hovedtestdager

Skjematisk oversikt over hovedtestdagene er skissert i figur 4. Hver enkelt FP møtte til samme tid (08:00 – 10:00), for å minimere effektene av variasjon i døgnrytme. FP ble veid og gjennomførte elektrisk stimulering av *m. vastus medialis*, før de oppga “opplevd dagsform 1–10” og ble randomisert til en av betingelsene. Seks timer senere, etter å ha gjennomført *Løp*, *Styrke*, eller *Hvile*, ble samme prosedyre gjennomført, før FP gjennomførte *ettermiddagstester*, som er ytterligere skissert i figur 6.



**Figur 4:** skjematisk oversikt over hovedtestdager

$\dot{V}O_{2maks}$  = maksimalt oksygenopptak, 3RM = 3 repetisjoner maksimum

### **Isometrisk kraftutvikling ved elektrisk stimulering av *m. vastus medialis***

Elektrisk stimulering ble gjennomført for å undersøke muskulaturens kraftutvikling uten påvirkning fra sentralnervesystemet. Ved å se på den isometriske kraftutviklingen ved elektrisk stimulering med ulike frekvenser, kan man undersøke kontraktile egenskaper, som kontraksjons- og relaksasjonshastighet og lavfrekvenstrøtthet.

Stimuleringene ble gjennomført mens FP satt med en 90° vinkel i kneleddet i en spesialbygget stol som måler kraft ved isometrisk kneekstensjon (Gym2000 Vikersund, Norge). En standardisert sitteposisjon ble tilpasset hver enkelt FP, og høyre legg ble bundet inntil en kraftarm (figur 5). Huden over *m. vastus medialis* på høyre bein ble barbert med engangshøvel og rengjort med isopropranol og sterile kompresser. Da huden var tørr ble selvklebende flergangselektroder for nevromuskulær stimulering (Polar Trode, Medi Stim AS, Norge) festet med 1 cm mellomrom i muskelens lengderetning. Elektrodenes plassering ble merket med tusj på låret og på transparente ark for å sikre samme plassering hver test. FP satt med omtrent 90° i hoftelddet og i samme posisjon gjennom hele testen med venstre fot hvilende på en krakk. FP ble bedt om å slappe godt av under stimuleringene. *M. vastus medialis* ble stimulert ved hjelp av en elektrisk stimulator (Digitimer DS7AH, Hertfordshire, Storbritannia) på to ulike frekvenser; 20 og 50 Hz (0,5 ms pulser, 200 ms varighet) med to reps per frekvens, og om lag 30 sekunder pause mellom hver stimulering. Gjennomsnittet av disse to stimuleringene er brukt i videre databehandling. Kraft ble målt med en veiecelle (U2A 200 Hottinger Baldwin Mestechnik, Darmstadt, Tyskland), og kraftdata ble lagret og analysert med et egenutviklet program (Labview, National Instruments, Texas, USA).

Ved elektrisk stimulering er 20/50 Hz ratio beregnet som høyeste kraft ved stimulering med 20 Hz delt på høyeste kraft ved 50 Hz. Maksimal kontraksjon og maksimal relaksasjon er beregnet som størst forskjell mellom 10 verdipunkter på stigende og synkende del av kraftkurven, delt på kurvens maksimale verdi. Dette blir da et forholdstall mellom stigning i kraft per 10 ms og høyeste kraft under stimuleringen med benevnning % per 10 ms.



*Figur 5: eksperimentelt oppsett for test av elektrisk stimulering av m. vastus medialis.*

### **3.3.5 Morgenøkter**

FP ble så randomisert til en av de tre betingelsene på en motbalansert måte.

Ved *Løp* gjennomførte FP en treningsøkt på tredemølle. FP løp 15 min på en fart tilsvarende 60 % av  $\dot{V}O_{2maks}$  ( $11,7 \pm 0,9 \text{ km} \cdot \text{t}^{-1}$ ), etterfulgt av fire drag á 15 sek på henholdsvis 21, 22, 23 og 24  $\text{km} \cdot \text{t}^{-1}$ , med 2 min pause.

Ved *Styrke* gjennomførte FP en kort oppvarming på tredemølle, 5 min på en fart tilsvarende 60 % av  $\dot{V}O_{2maks}$  ( $11,7 \pm 0,9 \text{ km} \cdot \text{t}^{-1}$ ), etterfulgt av en styrkeøkt for underekstremiteten (metode ytterligere beskrevet i kapittel 3.3.2). FP gjennomførte to oppvarmingsserier og to arbeidsserier med tre reps i hver serie: 2 x 3 reps oppvarming med submaksimal innsats, i tillegg til 2 x 3 reps med maksimal innsats per bein (3RM). Pausene mellom hver serie var 2 min, mens mellom høyre og venstre bein var pausene 1 min. FP ble oppmuntret til maksimal kraftutvikling fra bunn- til topposisjon i arbeidsseriene.

Ved *Hvile* (kontroll) ble ingen trening gjennomført.

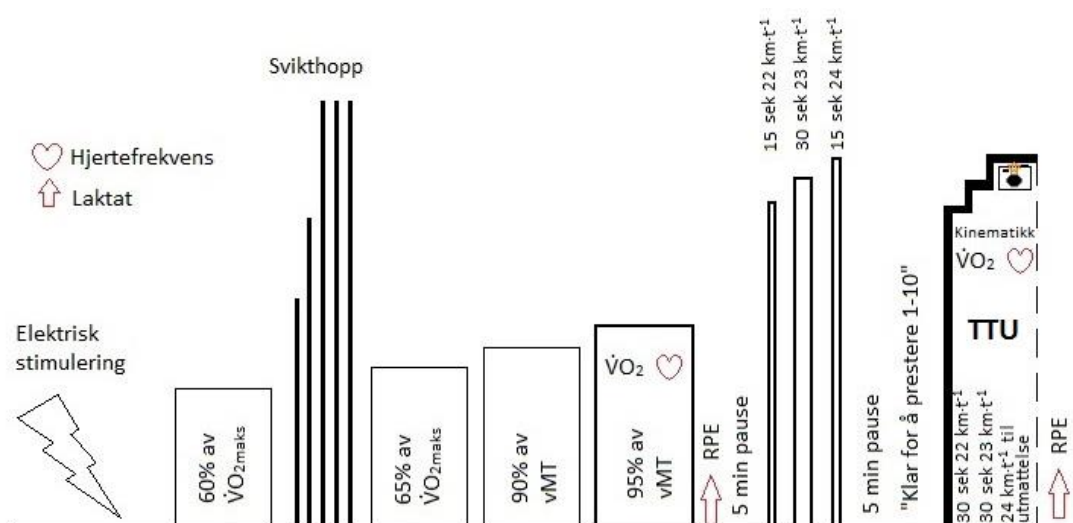
### **Pausen mellom morgenøkt og ettermiddagstester**

Under den rundt fem og en halv time lange pausen oppholdt FP seg på Norges idrettshøgskole, og disponerte fritt tiden til å slappe av, studere, jobbe eller lignende. De fikk ikke lov til å sove eller innta koffeinholdig drikke, og ble ellers oppfordret til et

normalt kosthold og til å forberede seg til ettermiddagstesten som om det var en konkurranse.

### 3.3.6 Ettermiddagstester

Ettermiddagstestene varte rundt 60 min og inneholdt blant annet test av isometrisk kraftutvikling ved elektrisk stimulering av *m. vastus medialis*, svikthopp, submaksimalt arbeid og test av løpsprestasjon som TTU. Skjematisk oversikt over ettermiddagstester vises i figur 6.



**Figur 6:** skjematisk oversikt over ettermiddagstester

$\dot{V}O_{2maks}$  = maksimalt oksygenopptak,  $vMT$  = hastighet ved melkesyreterskel ( $\Delta 2,1 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  [Labblood]), RPE = opplevd anstrengelse, TTU = tid til utmattelse

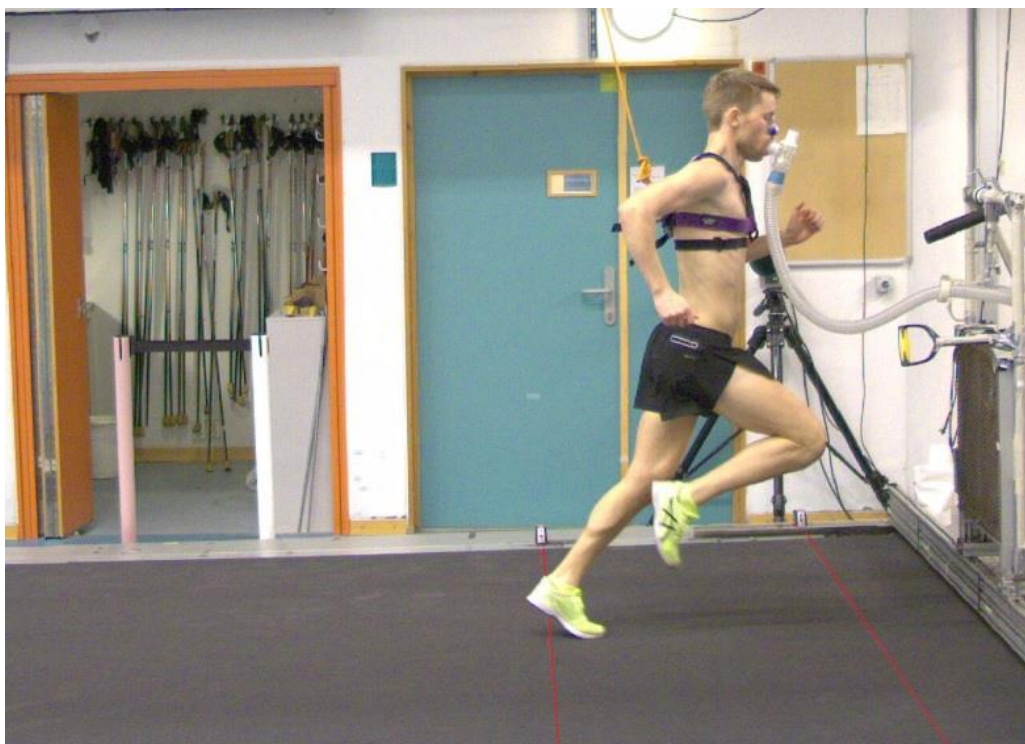
Ettermiddagstesting startet med elektrisk stimulering med identisk protokoll som på morgenen. FP løp så 5 min oppvarming på tredemølle (60 % av  $\dot{V}O_{2maks}$ ), før test av hopp høyde ved svikthopp. Etter to oppvarmingshopp med omkring 50 % og 70 % innsats, gjennomførte FP tre maksimale svikthopp. Snittet av de to høyeste svikthoppene ble videre brukt i analysen. FP fikk 1 min pause mellom hoppene.

Etter test av hopp høyde løp FP tre submaksimale drag á 5 min med økende hastighet: 65 % av  $\dot{V}O_{2maks}$  ( $12,7 \pm 0,9 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ ), 90 % av  $vMT$  ( $14,4 \pm 0,8 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ ), og 95 % av  $vMT$  ( $15,2 \pm 0,9 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ ). Hastigheten på de to siste dragene ble beregnet ut i fra  $vMT$  for å unngå at noen FP løp på hastigheter  $> vMT$ . Pausen mellom hvert drag var 1 min. Under det siste draget ble  $\dot{V}O_2$  målt kontinuerlig, og oksygenkostnaden ble beregnet som gjennomsnittet av disse fire 30-sekundersmålingene ( $\dot{V}O_2$  fra 3:00 – 5:00 (m:ss)).

Gjennomsnittlig hjertefrekvens fra 4:30 – 5:00 (m:ss) ble registrert ved hjelp av en pulsklokke (Garmin Forerunner 935) og et elektrodepulsbelte (Garmin HRM-Run) på brystet (Garmin Ltd, Kansas, USA). Umiddelbart etter draget ble  $[La_{\text{blod}}]$  målt, samtidig som opplevd anstrengelse ble rapportert ved hjelp av Borgs skala 6 – 20 (Borg, 1982), der 6 representerer ingen anstrengelse, og 20 representerer maksimal anstrengelse.

Fem min senere løp FP tre oppvarmingsdrag á 15, 30 og 15 sekunder med økende hastighet, henholdsvis 22, 23 og 24  $\text{km}\cdot\text{t}^{-1}$ . Pausen mellom hvert drag var 2 min, men pausen mellom siste drag og TTU-testen var 5 min. To min før start svarte FP muntlig på spørsmålet «*Hvor klar er du for å prestere, på en skala fra 1 til 10?*». Det siste minuttet før start pustet FP i munnstykket.

TTU-testen var en spesialdesignet kontinuerlig trappetrinnsprotokoll, ment for å simulere et mellomdistanseløp med en varighet rundt 2 min for alle FP: 30 sekunder på 22  $\text{km}\cdot\text{t}^{-1}$ , 30 sekunder på 23  $\text{km}\cdot\text{t}^{-1}$ , etterfulgt av 24  $\text{km}\cdot\text{t}^{-1}$  til utmattelse. FP ble oppfordret til å holde seg innenfor en løpssone markert av to lasere på tredemølla, og utmattelse ble definert som det tidspunktet FP hadde to påfølgende fotisett bak den bakerste lasermarkøren. Eksperimentelt oppsett er vist i figur 7.



**Figur 7:** Eksperimentelt oppsett for test av tid til utmattelse. Løpssonen som var markert med laser er uthevet med røde streker. Bilde med tillatelse fra forsøksperson.

Testleder hadde visuell kontroll på FP via en PC-skjerm med videooverføring. FP var blindet for tid og mottok ingen verbal tilbakemelding under eller etter test av TTU.  $\dot{V}O_2$  ble målt kontinuerlig (5 s epochs) under hele testen, og  $\dot{V}O_{2peak}$  ble beregnet som snittet av det høyeste halvminuttet, med tilhørende verdier for RER og ventilasjon. Akkumulert  $\dot{V}O_2$  er beregnet fra samme varighet for hver enkelt forsøksperson, med en cut-off-verdi  $\leq 5$  sek før utmattelse fra den testdagen med kortest varighet. Maksimal hjertefrekvens ble registrert under testen med en samlingfrekvens på 1 Hz. Opplevd anstrengelse (Borgs skala 6-20) ble rapportert umiddelbart etter testen, mens  $[La^-]_{blod}$  ble målt ett min etter testen. Temporale kinematiske data, herunder stegfrekvens og kontaktid, ble målt fra 65–75 sekunder ut i testen, da FP løp i  $24 \text{ km} \cdot \text{t}^{-1}$ . Data ble innsamlet ved hjelp av et videoopptak fra høyre side med et høyhastighetskamera (Basler AG, Ahrensberg, Tyskland) med 100 bilder i sekundet. Opptaket ble lagret i SIMI Aktisys (SIMI Reality Motion System GmbH, Unterschleissheim, Tyskland) og data ble analysert i Tracker (Tracker versjon 5.0.6, Douglas Brown, Open Source Physics, USA), der gjennomsnittet av fem påfølgende sykluser ble kalkulert.

### **3.4 Statistikk**

Data ble behandlet i Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft, Redmond, USA) og IBM SPSS Statistics 24 (International Business Machines (IBM), New York, USA).  $P \leq 0,05$  ble ansett som statistisk signifikant.

Alle data er fremstilt som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik (SD). Den relative forskjellen mellom betingelsene er fremstilt som gjennomsnitt  $\pm$  95 % konfidensintervall (KI95).

Parametriske tester ble benyttet for både normalfordelte og skjevfordelte kontinuerlige data, støttet av sentralgrenseteoremet (Hopkins, Marshall, Batterham, & Hanin, 2009). Det ble benyttet en en-veis ANOVA for repeterte målinger for å se på forholdet mellom variabler ved de ulike betingelsene (*Hvile, Løp, Styrke*). En Bonferroni post hoc korreksjon ble utført for å se om det var signifikante forskjeller mellom betingelsene, og eventuelt mellom hvilke betingelser. Ved diskrete data ble det benyttet en Kruskal-Wallis-test av rang for å se om det var signifikante forskjeller mellom betingelsene.

Pearsons produkt-moment korrelasjonskoeffisient ble brukt for å se på samvariasjon mellom variablene for kontinuerlige data, mens Spearmans rangkorrelasjon ble brukt ved diskrete data. Styrken på korrelasjonen ble vurdert som:  $< 0,1$  ingen korrelasjon,  $0,1 - 0,3$  liten korrelasjon,  $0,3 - 0,5$  moderat korrelasjon,  $0,5 - 0,7$ , sterk korrelasjon,  $0,7 - 0,9$  veldig sterk korrelasjon,  $> 0,9$  ekstremt stor (Hopkins et al., 2009).

Dag-til-dag-reliabiliteten og *smallest worthwhile change* ( $SWC = 0,2 \times SD$ ) til utvalgte variabler ble kalkulert ved hjelp av et regneark (Hopkins, 2015). Variasjon i målingene ble uttrykt som CV (%) ved å kalkulere typical error (TE) for log-transformerte data. CV og SWC er kalkulert fra de tre ulike betingelsene *Hvile*, *Løp*, *Styrke* på bakgrunn av at det ikke ble observert signifikante forskjeller mellom betingelsene. Reliabiliteten til 20/50 Hz ratio er testet under like omstendigheter, på morgenen før FP ble randomisert til en av betingelsene.

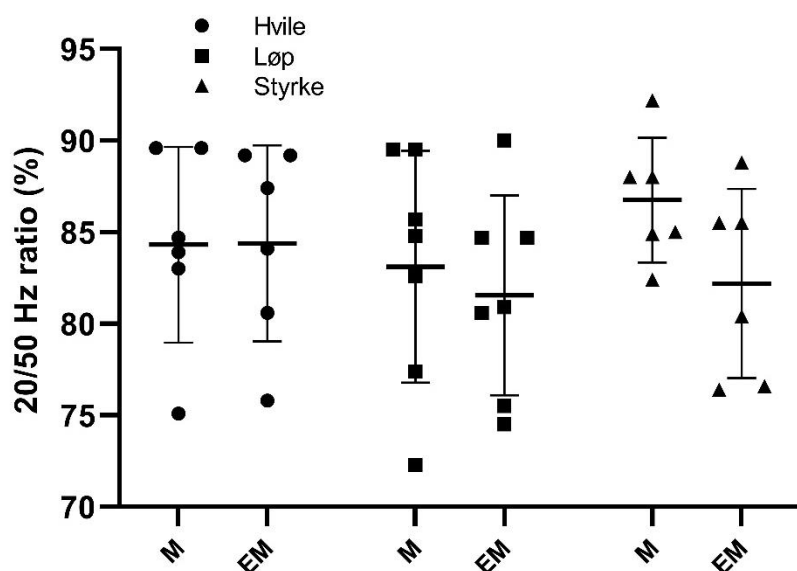


## 4. Resultater

### 4.1 Kontraktile egenskaper

#### 4.1.1 Isometrisk kraftutvikling ved elektrisk stimulering

Det ble ikke funnet noen signifikante forskjeller mellom betingelsene *Hvile*, *Løp* og *Styrke* ved test av isometrisk kraftutvikling ved elektrisk stimulering av *m. vastus medialis*. Det ble heller ikke funnet signifikante endringer fra morgen til ettermiddag. Endring i 20/50 Hz ratio var  $0,1 \pm 2,4 \%$ ,  $-1,6 \pm 5,4 \%$  og  $-5,1 \pm 5,9 \%$  fra morgen til ettermiddag ved henholdsvis *Hvile*, *Løp* og *Styrke* (figur 8). Tabell 6 viser ytterligere data fra elektrisk stimulering; maksimal kontraksjon og relaksasjon, samt tid fra 10–70% amplitude og tid fra amplitude max til 50 % relaksasjon (50 Hz stimulering).



**Figur 8:** 20/50 Hz ratio fra morgen og ettermiddag ved *Hvile* ( $n = 6$ ), *Løp* ( $n = 7$ ) og *Styrke* ( $n = 6$ ). Data er presentert som individuelle verdier og gjennomsnitt  $\pm$  SD. M; morgen, EM; ettermiddag

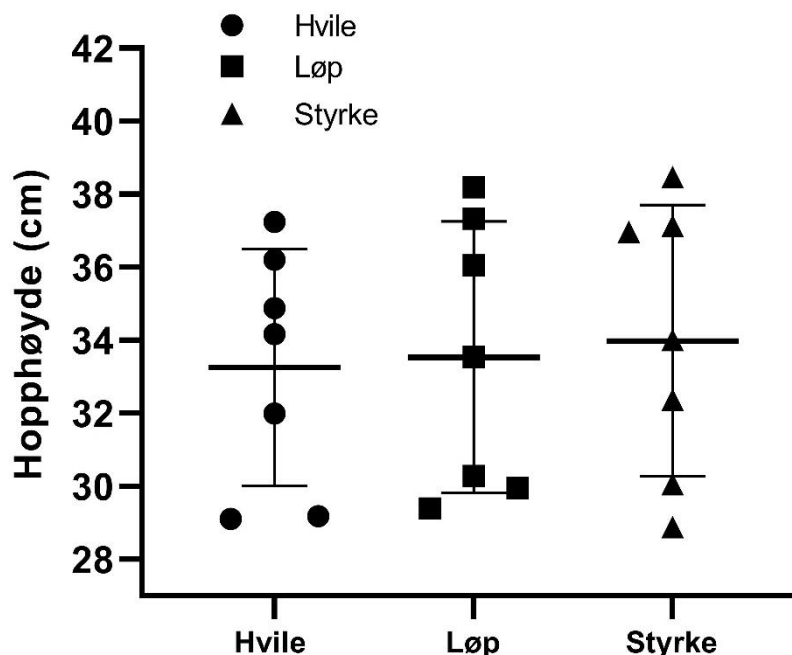
**Tabell 6:** Data fra elektrisk stimulering med 50 Hz av *m. vastus medialis* fra morgen (M) og ettermiddag (EM) ved *Hvile* ( $n = 7$ ), *Løp* ( $n = 7$ ) og *Styrke* ( $n = 6$ ). Data er presentert som gjennomsnitt  $\pm$  SD.

Variabel	M	EM	M	EM	M	EM
	Hvile		Løp		Styrke	
Max kontraksjon (% per 10 ms)	$10,2 \pm 2,6$	$10,0 \pm 2,9$	$8,9 \pm 1,3$	$8,8 \pm 1,4$	$9,0 \pm 1,7$	$8,6 \pm 1,3$
Max relaksasjon (% per 10 ms)	$-8,3 \pm 1,1$	$-8,7 \pm 1,3$	$-8,2 \pm 1,0$	$-8,1 \pm 1,1$	$-8,0 \pm 0,9$	$-8,2 \pm 1,0$
Tid fra 10-70% amp. (ms)	$71 \pm 13$	$73 \pm 12$	$78 \pm 10$	$76 \pm 10$	$77 \pm 13$	$78 \pm 6$
Tid amp. max til 50 % rel. (ms)	$102 \pm 12$	$101 \pm 14$	$108 \pm 11$	$102 \pm 15$	$110 \pm 12$	$102 \pm 9$

M; morgen, EM; ettermiddag, N; Newton, ms; millisekunder, amp.; amplitude, rel.; relaksasjon

### 4.1.2 Svikthopp

Det var ingen signifikant forskjell i hoppøyde mellom de ulike betingelsene (figur 9). FP hoppa  $33,3 \pm 3,3$  cm ved *Hvile*,  $33,5 \pm 3,7$  cm ved *Løp* og  $34,0 \pm 3,7$  cm ved *Styrke*. Dette tilsvarer en forbedring på henholdsvis  $0,6 \pm 1,8$  % og  $2,1 \pm 3,4$  % ved *Løp* og *Styrke*, sammenlignet med *Hvile*.



**Figur 9:** Hoppøyde ved svikthopp ved *Hvile*, *Løp* og *Styrke*. Data er presentert som individuelle verdier og gjennomsnitt  $\pm$  SD.  $n = 7$ .

## 4.2 Submaksimalt arbeid

Det var ingen signifikante forskjeller i fysiologiske data fra et submaksimalt arbeid gjennomført ved en hastighet tilsvarende 95 % av vMT ( $15,1 \pm 1,0$  km $\cdot$ t $^{-1}$ ) mellom *Hvile*, *Løp* og *Styrke* (tabell 7).

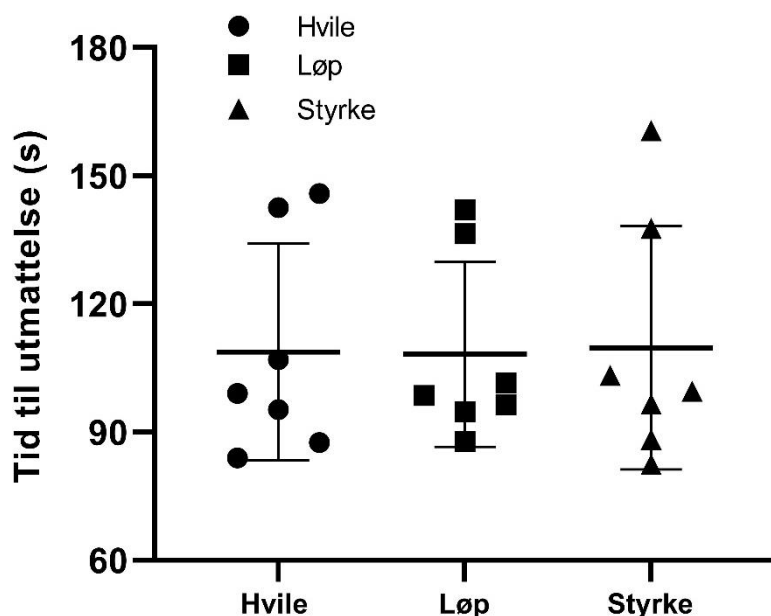
**Tabell 7:** Fysiologiske data fra submaksimalt arbeid. Data er presentert som gjennomsnitt  $\pm$  SD.  $n = 7$ .

Variabel	Hvile	Løp	Styrke
[La <sup>-</sup> <sub>blod</sub> ] (mmol $\cdot$ l $^{-1}$ )	$1,67 \pm 0,55$	$1,60 \pm 0,31$	$1,81 \pm 0,44$
$\dot{V}O_2$ (ml $\cdot$ kg $^{-1}\cdot$ min $^{-1}$ )	$50,3 \pm 1,8$	$50,7 \pm 2,0$	$50,9 \pm 2,0$
HF (slag $\cdot$ min $^{-1}$ )	$165 \pm 10$	$168 \pm 6$	$167 \pm 8$
RPE <sub>submax</sub> (Borg 6-20)	$13,3 \pm 1,5$	$13,3 \pm 1,4$	$13,4 \pm 1,5$

[La<sup>-</sup><sub>blod</sub>]; laktatkonsentrasjon i blod,  $\dot{V}O_2$ ; oksygenopptak, HF; hjertefrekvens, RPE<sub>submax</sub>; rating of perceived exertion etter submaksimalt arbeid

### 4.3 Test av løpsprestasjon som TTU

Det ble ikke funnet noen signifikante forskjeller i TTU, eller tilhørende fysiologiske og kinematiske data (figur 10, tabell 8). FP løp i  $108,7 \pm 25,4$  s,  $108,2 \pm 21,7$  s, og  $109,7 \pm 28,5$  s ved henholdsvis *Hvile*, *Løp* og *Styrke*.



**Figur 10:** Tid til utmattelse ved *Hvile*, *Løp* og *Styrke*. Data er presentert som individuelle verdier og gjennomsnitt  $\pm$  SD.  $n = 7$ .

**Tabell 8:** Fysiologiske og kinematiske data fra test av tid til utmattelse. Data er presentert som gjennomsnitt  $\pm$  SD.  $n = 7$ .

Variabel	Hvile	Løp	Styrke
$[La^-_{\text{blod}}]$ (mmol·L <sup>-1</sup> )	$12,6 \pm 1,5$	$11,8 \pm 0,7$	$12,1 \pm 1,0$
$\dot{V}O_{2\text{peak}}$ (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	$65,8 \pm 3,4$	$66,1 \pm 2,5$	$66,9 \pm 2,3$
Akkumulert $\dot{V}O_2$ (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	$84,6 \pm 28,1$	$84,5 \pm 26,8$	$85,9 \pm 26,7$
RER	$1,21 \pm 0,12$	$1,22 \pm 0,09$	$1,22 \pm 0,13$
Ventilasjon (l·min <sup>-1</sup> )	$170 \pm 41$	$171 \pm 38$	$175 \pm 36$
HF (slag·min <sup>-1</sup> )	$190 \pm 7$	$190 \pm 6$	$190 \pm 6$
RPE <sub>TTU</sub> (Borgs 6-20)	$18,0 \pm 1,5$	$18,3 \pm 1,1$	$18,1 \pm 1,1$
Stegfrekvens (steg·min <sup>-1</sup> )	$202 \pm 12$	$201 \pm 12$	$202 \pm 13$
Kontaktid (s)	$0,16 \pm 0,01$	$0,16 \pm 0,01$	$0,16 \pm 0,01$

$[La^-_{\text{blod}}]$ ; laktatkonsentrasjon i blod,  $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ ; høyeste oksygenopptak over en 30 sekunders periode, RER; respiratory exchange ratio, HF; hjerterefrekvens, RPE<sub>TTU</sub>; rating of perceived exertion under test av tid til utmattelse

#### 4.4 Psykologiske parametere

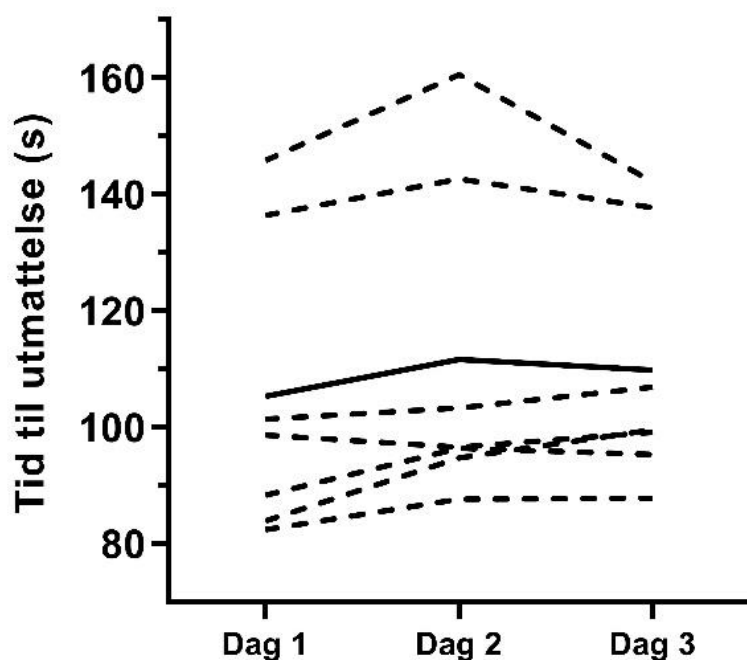
Det var ingen signifikant forskjell i endring av «dagsform», hverken fra morgen til ettermiddag, eller mellom betingelsene *Hvile*, *Løp* og *Styrke* (tabell 9). Det var heller ingen forskjell i opplevd «klarhet for prestasjon» mellom betingelsene (tabell 9).

**Tabell 9:** Psykologiske parametere under testdagene. Data er presentert som gjennomsnitt  $\pm$  SD.  $n = 7$ .

Variabel	Hvile	Løp	Styrke
Dagsform morgen (1-10)	5,6 $\pm$ 1,0	6,4 $\pm$ 1,3	6,7 $\pm$ 1,1
Dagsform ettermiddag (1-10)	6,0 $\pm$ 1,5	6,4 $\pm$ 1,6	6,6 $\pm$ 1,4
Klar for å prestere (1-10)	6,7 $\pm$ 1,0	7,1 $\pm$ 1,2	7,0 $\pm$ 0,8

#### 4.5 Rekkefølgeeffekter

Det var ingen forskjell i TTU mellom testdagene, uavhengig av hvilken betingelse FP hadde gjennomført på morgenen (figur 11). FP løp 105,3  $\pm$  25,6 s (Dag 1), 111,7  $\pm$  28,1 s (Dag 2) og 109,8  $\pm$  21,4 s (Dag 3), noe som tilsvarer 6,1  $\pm$  4,2 % lengre ved Dag 2 og 4,3  $\pm$  5,3 % lengre ved Dag 3.



**Figur 11:** Tid til utmattelse ved Dag 1, Dag 2 og Dag 3. Stiplede linjer viser individuelle verdier, mens heltrukken linje viser gjennomsnittet.  $n = 7$ .

Det var ingen endring i hopp høyde mellom Dag 1, 2 og 3. FP rapporterte en ikke-signifikant økning i «klarhet for prestasjon» før TTU og RPE<sub>TTU</sub> på Dag 2 og 3, kontra Dag 1 (tabell 10).

**Tabell 10:** Data fra testdag 1, 2 og 3. Data er presentert som gjennomsnitt  $\pm$  SD.  $n = 7$ .

Variabel	Dag 1	Dag 2	Dag 3
Svikthopp (cm)	33,5 $\pm$ 3,8	33,8 $\pm$ 3,6	33,5 $\pm$ 3,3
Klarhet for prestasjon (1-10)	6,6 $\pm$ 1,3	7,1 $\pm$ 0,9	7,1 $\pm$ 0,7
RPE <sub>TTU</sub> (6-20)	17,6 $\pm$ 1,4	18,6 $\pm$ 1,0	18,3 $\pm$ 1,1

RPE<sub>TTU</sub>; rating of perceived exertion under test av tid til utmattelse

## 4.6 Reliabilitet

Dag til dag reliabilitet for 20/50 Hz ratio morgen, svikthopp, oksygenkostnad og TTU ved de ulike betingelsene *Hvile*, *Løp* og *Styrke* er presentert i tabell 11.

**Tabell 11:** Dag-til-dag-reliabilitet uttrykt som variasjonskoeffisient (CV) og smallest worthwhile change (SWC) for utvalgte variabler.

Variabel	CV (%)	SWC (%)
20/50 Hz ratio morgen	3,4	1,3
Svikthopp	3,0	2,2
Oksygenkostnad	2,0	0,8
TTU	4,7	4,5

## 5. Diskusjon

Hensikten med denne studien var å undersøke om to ulike morgenøkter; *Løp* og *Styrke* gav forbedret løpsprestasjon og endring i prestasjonsrelaterte faktorer på ettermiddagen, sammenlignet med *Hvile* (kontroll).

Hovedfunn var ingen signifikante forskjeller i prestasjon eller prestasjonsrelaterte faktorer ved sammenligning av betingelsene *Hvile*, *Løp* og *Styrke*. Herunder resultater fra test av strekkapparatets kontraktile egenskaper (isometrisk kraftutvikling ved elektrisk stimulering av *m. vastus medialis* og hopp høyde ved svikthopp), psykologiske parametere, samt fysiologiske og kinematiske data fra submaksimalt arbeid og test av TTU ved løp på tredemølle (~2 min).

### 5.1 Kontraktile egenskaper og muskeltrøtthet

Både *Styrke* (-5,1 %) og *Løp* (-1,6 %) hadde en reduksjon i 20/50 Hz ratio fra morgen til ettermiddag, noe som indikerer lavfrekvenstrøtthet (D. A. Jones, 1996). CV (3,4 %) og SWC (1,3 %) for 20/50 Hz ratio morgen antyder at nedgangen fra morgen til ettermiddag ved både *Løp* og *Styrke* kan ha vært av betydning, selv om den ikke var signifikant. Det antas at *n* var for lav til å detektere signifikante forskjeller, og at dette trolig var en type II-feil.

Hvis morgenøkten hadde ført til en økt potensiering av muskulaturen 6 timer senere, burde vi observert en økning i 20/50 Hz ratio, fordi potensiering som følge av fosforylering av myosinets lette kjeder vil ha størst effekt på submaksimale stimuleringsfrekvenser, slik som 20 Hz (MacIntosh, Holash, & Renaud, 2012). En økt potensiering kan forklare funnene til Raastad og Hallén (2000), som fant ~1 % økning i 20/50 Hz ratio 7 timer etter en moderat styrkeøkt, med tilhørende ~2 % økning i hopp høyde fra baseline-testing (ingen kontrollgruppe). Derimot var 20/50 Hz ratio redusert med ~12 % etter en maksimal styrkeøkt, og hopp høyde redusert med ~4 %. Disse funnene kan indikere at morgenøkten i denne studien var for hard og/eller pausen for kort til at FP var tilstrekkelig restituert til ettermiddagen, noe som muligens førte til lavfrekvenstrøtthet og manglende potensiering.

Til tross for tendens til lavfrekvenstrøtthet og manglende potensiering hoppet FP henholdsvis  $0,6 \pm 1,8$  % og  $2,1 \pm 3,4$  % ved *Løp* og *Styrke*, enn ved *Hvile*. Forskjellen var imidlertid ikke signifikant, og var mindre enn dag-til-dag-variasjonen (CV = 3,0%) og den minste betydningsfulle endringen (SWC = 2,2%) for svikthopp i dette studiet. Det antas at  $n$  var for lav til å detektere signifikante forskjeller i dette området, og at dette trolig var en type II-feil.

Av de sju tidligere studiene (tabell 1) som har undersøkt effekten av morgenøkter på vertikal hopp høyde, har én studie vist negativ effekt, to studier vist ingen effekt, én studie vist en tendens til positiv effekt, og tre studier funnet en signifikant positiv effekt. Både tung styrketrening med lavt volum (Cook et al., 2014; Fry et al., 1995) og repetert løp- og sykkel sprint (Russell et al., 2016) er vist å øke vertikal hopp høyde med 2,3–4,6 %. FP i studiene som har vist positiv effekt på vertikal hopp høyde var betydelig sterkere, hadde lengre erfaring med styrketrening og har antageligvis større andel type II-muskelfibre enn mellom- og langdistanseløperne i denne studien: Vektløfterne i Fry et al. (1995) løfta ~150–170 kg i 1 RM knebøy mens de semi-profesjonelle rugby-spillerne i studien til Cook et al. (2014) løfta ~170 kg i 3 RM knebøy. Styrketreningserfaringen til elite-rugbyspillerne i Russell et al. (2016) er ikke oppgitt, men antas å være god – tilsvarende Cook et al. (2014). Hvis nevro-muskulær potensiering er en sentral forklaringsmekanisme kan det tenkes at utvalget i denne studien er lite egnet for å se effekt på vertikal hopp høyde, siden PAP-effekten er funnet å være større hos sterke og godt styrketrente individer, og ha god sammenheng med andelen type II MHC (Seitz et al., 2016).

## **5.2 Test av løpsprestasjon som TTU**

Det var ingen signifikante forskjeller i TTU eller tilhørende fysiologiske og kinematiske data. Sammenlignet med *Hvile*, løp FP  $0,5 \pm 4,5$  % kortere ved *Løp* og  $0,9 \pm 7,2$  % lengre ved *Styrke*, noe som er langt mindre enn CV (4,7 %) og SWC (4,5 %) funnet for denne TTU-testen.

De svært like resultatene fra test av TTU støttes av at det ikke ble funnet noen signifikante forskjeller i  $VO_{2peak}$ , akkumulert  $VO_2$ , eller oksygenkinetikk (data ikke vist) under testen, og at det heller ikke ble funnet signifikante forskjeller i oksygenkostnad (LØ) under et forutgående submaksimalt arbeid (95 % av  $vMT = 15,1 \pm 1,0$  km·t<sup>-1</sup>).

Siden det ikke var noen endring i aerob effekt eller LØ, betyr dette at den anaerobe energiomsetningen heller ikke var forskjellig mellom betingelsene.

Selv om det ikke var forskjell i prestasjon mellom de ulike betingelsene var det individuelle endringer i TTU uavhengig av betingelsene gjennomført på morgenen. Korrelasjonsanalyser basert på endringer fra *Hvile* ble benyttet for å undersøke sammenhenger mellom endring i TTU og endring i ulike variabler uavhengig av morgenøkt (*Løp* og *Styrke*,  $n = 14$ ). Endring i TTU korrelerte moderat med endring i oksygenkostnad ( $r = -.47$ ), noe som antyder at en bedring i løpsøkonomi samvarierte noe med bedring i løpsprestasjon. Endring i «klarhet for prestasjon» ( $r = .53$ ) og  $RPE_{TTU}$  ( $r = .52$ ) hadde en sterk korrelasjon med endring i TTU. Dog var disse sammenhengene usikre (tendens:  $p < 0,1$ ), trolig grunnet et lavt antall forsøkspersoner. I tilfelle det er et årsak-virkningsforhold vil disse endringene forklare omkring 25% av variasjon i løpsprestasjon, og indikere at FP løp lengre den testdagen de var mer motivert og presset seg hardere. Dette kan være rene psykologiske effekter, eller at FP opplevde noen fysiologiske endringer som ga utslag i høyere «klarhet for prestasjon» og  $RPE_{TTU}$ , den dagen de presterte best.

FP hadde en ikke-signifikant forbedring i TTU på ~5 % på dag 2 og dag 3. Denne forskjellen antas å være både en læringseffekt og en treningseffekt (Hopkins, 2000). Til tross for å ha gjennomført en TTU (test av  $\dot{V}O_{2maks}$ ) på tilvenningsdag 1, var testen relativt uvant for FP. Et maksimalt løp kan trolig også gi en treningseffekt, spesielt siden testene ble gjennomført utenfor konkurransesesongen. Test av TTU er avhengig av motivasjon og evnen til å presse seg, og FP kan ha et ønske om å forbedre seg fra test til test. Det ble funnet høyere «klarhet for prestasjon» og  $RPE_{TTU}$  på dag 2 og dag 3, noe som antyder økt motivasjon og evne til å presse seg.

## **5.3 Metodiske betraktninger**

### **5.3.1 Morgenøktene**

Volumet og motstanden (2 x 3 reps submaksimal oppvarming + 2 x 3 RM per bein) på morgenøkten *Styrke* ble valgt med mål om å gi en maksimal «neural loading», uten å påføre for lang restitusjonstid. Selv om ingen FP rapporterte muntlig at morgenøktene opplevdes særlig anstrengende, burde *session-RPE* blitt målt, for å kvantifisere den opplevde anstrengelsen av de ulike morgenøktene. *Session-RPE* er et mål på interne



treningsbelastningen for hver enkelt FP og avhenger av graden av forstyrrelse i den psykofysiologiske homeostasen (Foster et al., 2001).

Tunge styrkeøvelser er egnet for å frembringe en PAP-effekt etter en ~5–7 minutters pause (Seitz & Haff, 2016). Grunne knebøy, slik som under morgenøkten *Styrke*, gir en bedre PAP-effekt enn dype, og maksimal motstand (RM) gir bedre PAP-effekt enn submaksimal motstand (Seitz & Haff, 2016). Det er også og vist at PAP-stimuliene som bedrer hopp-prestasjon 5 min etter oppvarming, gir effekt på hopp-prestasjon 6 timer senere (Sáez de Villarreal et al., 2007). I denne studien ble en 1080 Quantum Syncro (1080 Motion AB, Lidingö, Sverige) brukt til å sette den maksimale hastigheten i den konsentriske fasen til  $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Det kan argumenteres at slik isokinetisk trening ikke gir et kontraksjonsmønster som er likt virkeligheten (eksempelvis løp og hopp), og det er ikke tidligere forsket på om isokinetisk styrketrening gir effekt på ettermiddagsprestasjon. Styrkeøvelsen i denne studien ble brukt for å redusere skaderisiko og tilvenningsbehov, og siden motstanden var et resultat av hvor mye kraft FP skyver med, var det lett å fastsette 3 RM. Belastningen i den eksentriske fasen var lav, noe som antas å redusere restitusjonstiden (Newham et al., 1987). Øvelsen var designet for å simulere et løpssteg, siden studier har vist at morgenøkter med spesifikke bevegelsesmønstre og tung motstand har gitt effekt på ettermiddagsprestasjon (Cook et al., 2014; Sáez de Villarreal et al., 2007).

Hvis potensiering av muskulaturen er en antatt forklaringsmekanisme, kan det diskuteres om tung styrketrening var et fornuftig valg av morgenøkt for dette utvalget (mellom- og langdistanseløpere som trener lite styrketrening;  $0,7 \pm 0,4$  økter per uke). Det er vist at plyometriske øvelser kan gi en PAP-effekt som overgår den observerte effekten som er sett etter tunge styrkeøvelser (Seitz & Haff, 2016). For løpere kan det dermed tenkes at sprinter, motstandsløp, vrsthopp, hoppende stegserier e.l. kan være effektive strategier. Morgenøkten *Løp* simulerte en tradisjonell morgenøkt benyttet av mange mellom- og langdistanseløpere, og inneholdt 15 min løp (60 % av  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ ) og 4 drag á 15 sek i konkurransefart ( $21\text{--}24 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ ), men i motsetning til McGowan et al. (2017) ble det ikke funnet noen effekt på ettermiddagsprestasjon etter en idrettsspesifikk morgenøkt i denne studien. Tidligere studier som har sett effekt av repetert sprint på ettermiddagsprestasjon har hatt betydelig høyere intensitet på dragene enn i denne

studien, eksempelvis 6 x 40 m repetert sprint med maksimal innsats (Cook et al., 2014; Russell et al., 2016).

### **5.3.2 Oppvarmingen før ettermiddagstester**

En suboptimal oppvarming vil sannsynligvis øke sjansen for å finne en effekt av morgenøkter, siden energiomsetningen og kroppstemperaturen er forhøyet i flere timer etter trening (Melby et al., 1993), og  $T_{\text{kjerne}}$  og  $T_{\text{muskel}}$  er vist å henge sammen med prestasjonsevne (Kilduff et al., 2013; McGowan et al., 2016). I denne studien gjennomførte FP en omfattende oppvarming før test av løpsprestasjon: totalt 20 min  $\sim 60\text{--}80\%$  av  $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ , samt tre oppvarmingsdrag á 15, 30 og 15 sek på 22, 23 og 24  $\text{km}\cdot\text{t}^{-1}$ . Disse dragene i konkurransefart kan trolig være prestasjonsfremmende: Ingham et al. (2013) fant 1 % forbedring i prestasjon på 800-m ved å inkludere et 200-metersdrag ( $\sim 30$  sek) i konkurransefart 20 min før start. Den grundige oppvarmingen i denne studien utjevnet trolig eventuelle forskjeller i kroppstemperatur som følge av den foregående morgenøkten, og reduserte slik sannsynligheten for å finne en falsk positiv effekt av morgentrening (type I-feil).

### **5.3.3 Test av løpsprestasjon som TTU**

Mellomdistanseløpere på elite-nivå benytter ulike løpsstrategier under konkurranser der målet er en best mulig tid uavhengig av plassering, og under mesterskap, der gullmedaljene ofte vinnes etter en sluttspurt de siste 400 meter (Thiel et al., 2012). I denne studien ble det bevisst brukt en spesialdesignet test av TTU for å simulere et mesterskapsløp med økende hastighet: 30 sek på 22  $\text{km}\cdot\text{t}^{-1}$ , 30 sek på 23  $\text{km}\cdot\text{t}^{-1}$ , og 24  $\text{km}\cdot\text{t}^{-1}$  til utmattelse. En gradvis økning i hastighet høynet sannsynligheten for at samtlige forsøkspersoner ville løpe  $\sim 2$  min, og reduserte samtidig dag-til-dag-variasjon i TTU grunnet det hyperbolske forholdet mellom hastighet og TTU.

Tester med åpen slutt har både fordeler og ulemper. Hastigheten til tredemølla var forhåndsprogrammert, og det var følgelig ingen forskjeller i løpsstrategier mellom testdagene, noe som trolig kunne overgått den potensielle effekten av morgenøkter (Foster, Schrager, Snyder, & Thompson, 1994). Samtidig er en test av TTU ulik reelle konkurransesituasjoner, noe som reduserer den eksterne validiteten. Det kan tenkes at morgenøkter har en psykologisk effekt eller placeboeffekt som utelukkende påvirker FP sin innstilling og løpsstrategi, som ikke fanges opp av en TTU-test.

En TTU krever mindre tilvenning, og er på tross av høyere CV foreslått å være like sensitiv til å avdekke prestasjonsendringer enn CWT og CDT, siden små prestasjonsendringer fører til relativt store endringer i TTU (Hopkins, Schabert, & Hawley, 2001). Amann, Hopkins, og Marcora (2008) bekreftet dette da de sammenlignet tid under en 5-km CWT og tilsvarende varighet for en test av TTU hos syklister under hypoksi og hyperoksi. Forskerne konkluderte med at TTU og CWT var like sensitive til å avdekke effekter knyttet til utholdenhetsprestasjon.

CV for test av TTU i denne studien (4,7 %) er nærme det som er funnet for test av CDT eller CWT i tidligere studier (2–3%) (Bosquet et al., 2002), men samtidig flere ganger større enn CV på distanser  $\leq 1500$  m for løpere på elitenivå (1%) (Hopkins, 2005). Det er foreslått at en test er kapabel til å detektere den minste betydningsfulle endringen hvis SWC er lik eller større enn variasjonen i målingene ( $TE \leq SWC$ ) (Cormack et al., 2008), noe som nesten er tilfelle for test av TTU i denne studien ( $CV = 4,7\%$  vs.  $SWC = 4,5\%$ ). Årsaken til den relativt gode reliabiliteten for denne testen antas å være at samtlige FP var erfarne løpere og ble oppfordret til å forberede seg likt til hver test. Det er funnet at raskere og eldre ( $> 16$  år) løpere har mindre variasjon i løpsprestasjon, og foreslått at mye av forskjellen i variasjon kom av ulik konkurranseerfaring og innstilling (Hopkins & Hewson, 2001).

Den vanligste årsaken til at man finner en falsk negativ (type II-feil) er at man ikke har et tilstrekkelig antall forsøkspersoner til grunn for de statistiske beregningene (Freiman, Chalmers, Smith, & Kuebler, 1978). Til tross for lav  $n$  indikerer de svært like resultatene at det ikke er begått en type II-feil. Resultatene fra test av TTU støttes ytterligere ved at de samsvarer med de andre resultatene i studien.

#### **5.4 Avgrensninger ved studien**

Samtlige FP i denne studien gjennomførte samme morgenøkter til tross for ulike treningsbakgrunn og ulike konkurransedagsrutiner. En slik middelvei øker den interne, og reduserer den eksterne validiteten, og gjør funnene mindre generaliserbare.

Under prosjektets planleggingsfase ble det tilstrebet å rekruttere FP på høyest mulig nivå. Treningsbakgrunnen og konkurransenivået til FP var varierende, og kun tre av sju FP gjennomførte to økter per dag på jevnlig basis, noe som gjør det vanskelig å

generalisere funnene videre til toppidrettsutøvere. Mellom- og langdistanseløpere kan i tillegg tenkes å være en «non-responder-gruppe», da flere studier antyder at hvor godt styrketrente, sterke og eksplosive utøverne er kan ha betydning for effekten av en morgenøkt med styrketrening (Cook et al., 2014; Russell et al., 2016; Seitz et al., 2016).

Testing av løpsprestasjon ble gjennomført som test av TTU på tredemølle, noe som ikke er likt en reell konkurransesituasjon, og dermed reduserer den eksterne validiteten. Ved å teste løpsprestasjon som et testløp over eksempelvis 800-m, ville det vært mindre variasjon i resultater mellom FP, og man kunne gjort fysiologiske beregninger basert på utført arbeid var likt ved hver test. Ulempen med et testløp, både utendørs og på tredemølle, er at det krever mer familiarisering og at potensielle endringer i prestasjon utelukkende kan skyldes ulike løpsstrategier.

## **5.5 Videre forskning**

Fremtidige studier på løpere bør inkludere en morgenøkt med spesifikke plyometriske øvelser eller repetert sprint, og ha hvile som kontroll. Sannsynligheten for å finne en positiv effekt av morgenøkter på ettermiddagsprestasjon vil trolig være større hvis utvalget er sterke og styrketrente utøvere i eksplosive idretter, som er vant til å trene to treningsøkter per dag. For å redusere sannsynligheten for type II-feil bør studiene ha tilstrekkelig utvalgsstørrelse, og en grundig oppvarming bør etterstrebese for å redusere sannsynligheten for type I-feil. Psykologiske og nevrologiske forklaringsmekanismer bør videre studeres, og prestasjonstestene må være sensitive nok til å avdekke små, men betydningsfulle endringer i prestasjon.

## **5.6 Praktiske implikasjoner**

Hverken denne eller tidligere studier tyder på at morgenøkter med styrke- eller kondisjonstrening med lavt volum er negativt for prestasjonsevnen på ettermiddagen (5–6 timer senere). Ergo kan utøvere implementere slike morgenøkter på konkurransedager eller dager med harde treningsøkter uten at det går utover prestasjonsevnen, og slik øke den totale treningsbelastningen.

En kjent utfordring for mellomdistanseløpere som benytter styrketrening som treningsmetode er å implementere dette i konkurransesesong, uten at øktene reduserer prestasjon i konkurranser eller hemmer løpstreningen. Eksisterende litteratur tyder på at

morgenøkter med styrketrening med tung motstand og lavt volum kan gi ingen eller positiv effekt på ettermiddagsprestasjon, og det er vist at å gjennomføre kun én ukentlig styrkeøkt kan vedlikeholde beinstyrke og øke prestasjon i en konkurranseperiode hos godt trente syklister (Rønnestad, Hansen, & Raastad, 2010). Derimot vil maksimale styrketreningsøkter kunne føre til redusert prestasjon i opptil to døgn (Gonzalez-Badillo et al., 2016; Raastad & Hallén, 2000).

Et kjennetegn ved friidrett på høyt nasjonalt og internasjonalt nivå er oppropet («call room»), som vanligvis varer i 10–30 min og er ferdig 5–10 min før løpet starter. I «call room» er mulighetene for aktiv oppvarming svært begrenset, og det kan tenkes at en morgenøkt kan fungere som en «tidlig oppvarming», da det er vist at energiomsetningen og kroppstemperaturen er forhøyet i flere timer etter trening (Melby et al., 1993) og kjernetemperatur ( $T_{\text{kjerne}}$ ) og  $T_{\text{muskel}}$  er vist å henge sammen med prestasjonsevne (Kilduff et al., 2013; McGowan et al., 2016).

Avslutningsvis bør det presiseres at utøvere reagerer ulikt på trening, og at trenerens og utøverens oppgave, i motsetning til forskerens, er å finne den morgenøkten som er optimal for vedkommende, og ikke den morgenøkten som gir best effekt på gruppenivå.

## 6. Konklusjon

En morgenøkt bestående av styrketrening med tung motstand og lavt volum, eller en spesifikk løpsøkt, påvirket ikke løpsprestasjon målt som TTU på tredemølle (~2 min) eller prestasjonsrelaterte faktorer på ettermiddagen, sammenlignet med hvile. Dette indikerer at det ikke er nødvendig å gjennomføre en morgenøkt på konkurranse-dagen for å prestere optimalt.

## Referanser

- Aagaard, P., & Andersen, J. L. (2010). Effects of strength training on endurance capacity in top-level endurance athletes. *Scand J Med Sci Sports, 20 Suppl 2*, 39-47. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01197.x
- Amann, M., Hopkins, W. G., & Marcora, S. M. (2008). Similar sensitivity of time to exhaustion and time-trial time to changes in endurance. *Med Sci Sports Exerc, 40*(3), 574-578. doi:10.1249/MSS.0b013e31815e728f
- Arteaga, R., Dorado, C., Chavarren, J., & Calbet, J. A. (2000). Reliability of jumping performance in active men and women under different stretch loading conditions. *J Sports Med Phys Fitness, 40*(1), 26-34.
- Bangsbo, J., Gollnick, P. D., Graham, T. E., Juel, C., Kiens, B., Mizuno, M., & Saltin, B. (1990). Anaerobic energy production and O<sub>2</sub> deficit-debt relationship during exhaustive exercise in humans. *J Physiol, 422*, 539-559.
- Barnes, K. R., & Kilding, A. E. (2019). A Randomized Crossover Study Investigating the Running Economy of Highly-Trained Male and Female Distance Runners in Marathon Racing Shoes versus Track Spikes. *Sports Med, 49*(2), 331-342. doi:10.1007/s40279-018-1012-3
- 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.
- Bigland-Ritchie, B., Johansson, R., Lippold, O. C., & Woods, J. J. (1983). Contractile speed and EMG changes during fatigue of sustained maximal voluntary contractions. *J Neurophysiol, 50*(1), 313-324. doi:10.1152/jn.1983.50.1.313
- Billat, V., Renoux, J. C., Pinoteau, J., Petit, B., & Koralsztein, J. P. (1994). Reproducibility of running time to exhaustion at VO<sub>2</sub>max in subelite runners. *Med Sci Sports Exerc, 26*(2), 254-257.
- Bishop, D. (2003). Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Med, 33*(7), 483-498. doi:10.2165/00007256-200333070-00002

- Blagrove, R. C., Howatson, G., & Hayes, P. R. (2018). Effects of Strength Training on the Physiological Determinants of Middle- and Long-Distance Running Performance: A Systematic Review. *Sports Med*, *48*(5), 1117-1149. doi:10.1007/s40279-017-0835-7
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*, *14*(5), 377-381.
- Bosquet, L., Leger, L., & Legros, P. (2002). Methods to determine aerobic endurance. *Sports Med*, *32*(11), 675-700. doi:10.2165/00007256-200232110-00002
- Capelli, C. (1999). Physiological determinants of best performances in human locomotion. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, *80*(4), 298-307. doi:10.1007/s004210050596
- Conley, D. L., & Krahenbuhl, G. S. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc*, *12*(5), 357-360.
- Cook, C. J., & Crewther, B. T. (2012). The effects of different pre-game motivational interventions on athlete free hormonal state and subsequent performance in professional rugby union matches. *Physiol Behav*, *106*(5), 683-688. doi:10.1016/j.physbeh.2012.05.009
- Cook, C. J., Kilduff, L. P., Crewther, B. T., Beaven, M., & West, D. J. (2014). Morning based strength training improves afternoon physical performance in rugby union players. *J Sci Med Sport*, *17*(3), 317-321. doi:10.1016/j.jsams.2013.04.016
- Cormack, S. J., Newton, R. U., McGuigan, M. R., & Doyle, T. L. (2008). Reliability of measures obtained during single and repeated countermovement jumps. *Int J Sports Physiol Perform*, *3*(2), 131-144.
- Costill, D. L., Thomason, H., & Roberts, E. (1973). Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Med Sci Sports*, *5*(4), 248-252.
- Denadai, B. S., de Aguiar, R. A., de Lima, L. C., Greco, C. C., & Caputo, F. (2017). Explosive Training and Heavy Weight Training are Effective for Improving Running Economy in Endurance Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*, *47*(3), 545-554. doi:10.1007/s40279-016-0604-z
- di Prampero, P. E. (2003). Factors limiting maximal performance in humans. *Eur J Appl Physiol*, *90*(3-4), 420-429. doi:10.1007/s00421-003-0926-z



- di Prampero, P. E., Capelli, C., Pagliaro, P., Antonutto, G., Girardis, M., Zamparo, P., & Soule, R. G. (1993). Energetics of best performances in middle-distance running. *J Appl Physiol* (1985), 74(5), 2318-2324. doi:10.1152/jappl.1993.74.5.2318
- Ekstrand, L. G., Battaglini, C. L., McMurray, R. G., & Shields, E. W. (2013). Assessing explosive power production using the backward overhead shot throw and the effects of morning resistance exercise on afternoon performance. *J Strength Cond Res*, 27(1), 101-106. doi:10.1519/JSC.0b013e3182510886
- Ferri, A., Adamo, S., La Torre, A., Marzorati, M., Bishop, D. J., & Miserocchi, G. (2012). Determinants of performance in 1,500-m runners. *Eur J Appl Physiol*, 112(8), 3033-3043. doi:10.1007/s00421-011-2251-2
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., . . . Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res*, 15(1), 109-115.
- Foster, C., Schrage, M., Snyder, A. C., & Thompson, N. N. (1994). Pacing Strategy and Athletic Performance. *Sports Med*, 17(2), 77-85. doi:10.2165/00007256-199417020-00001
- Freiman, J. A., Chalmers, T. C., Smith, H., & Kuebler, R. R. (1978). The Importance of Beta, the Type II Error and Sample Size in the Design and Interpretation of the Randomized Control Trial. *N Engl J Med*, 299(13), 690-694. doi:10.1056/nejm197809282991304
- Fry, A. C., Stone, M. H., Thrush, J. T., & Fleck, S. J. (1995). Precompetition Training Sessions Enhance Competitive Performance of High Anxiety Junior Weightlifters. *J Strength Cond Res*, 9(1), 37-42.
- Fuller, J. T., Bellenger, C. R., Thewlis, D., Tsiros, M. D., & Buckley, J. D. (2015). The effect of footwear on running performance and running economy in distance runners. *Sports Med*, 45(3), 411-422. doi:10.1007/s40279-014-0283-6
- Gathercole, R., Sporer, B., Stellingwerff, T., & Sleivert, G. (2015). Alternative countermovement-jump analysis to quantify acute neuromuscular fatigue. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(1), 84-92. doi:10.1123/ijsp.2013-0413
- Gonzalez-Badillo, J. J., Rodriguez-Rosell, D., Sanchez-Medina, L., Ribas, J., Lopez-Lopez, C., Mora-Custodio, R., . . . Pareja-Blanco, F. (2016). Short-term Recovery Following Resistance Exercise Leading or not to Failure. *Int J Sports Med*, 37(4), 295-304. doi:10.1055/s-0035-1564254

- Hakkinen, K. (1993). Neuromuscular fatigue and recovery in male and female athletes during heavy resistance exercise. *Int J Sports Med*, 14(2), 53-59. doi:10.1055/s-2007-1021146
- Heishman, A. D., Daub, B. D., Miller, R. M., Freitas, E. D. S., Frantz, B. A., & Bembem, M. G. (2018). Countermovement Jump Reliability Performed With and Without an Arm Swing in NCAA Division 1 Intercollegiate Basketball Players. *J Strength Cond Res*. doi:10.1519/jsc.0000000000002812
- Hodgson, M., Docherty, D., & Robbins, D. (2005). Post-activation potentiation: underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Med*, 35(7), 585-595. doi:10.2165/00007256-200535070-00004
- Hoogkamer, W., Kipp, S., Frank, J. H., Farina, E. M., Luo, G., & Kram, R. (2018). A Comparison of the Energetic Cost of Running in Marathon Racing Shoes. *Sports Med*, 48(4), 1009-1019. doi:10.1007/s40279-017-0811-2
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med*, 30(1), 1-15. doi:10.2165/00007256-200030010-00001
- Hopkins, W. G. (2005). Competitive Performance of Elite Track-and-Field Athletes: Variability and Smallest Worthwhile Enhancements. *Sportscience* 9, 17-20. Hentet 14. mai 2019 fra <http://w.sportsci.org/jour/05/wghtrack.htm>
- Hopkins, W. G. (2015). Spreadsheets for Analysis of Validity and Reliability. *Sportscience*, 19, 36-42. Hentet 14. mai 2019 fra <http://www.sportsci.org/2015/ValidRely.htm>
- Hopkins, W. G., & Hewson, D. J. (2001). Variability of competitive performance of distance runners. *Med Sci Sports Exerc*, 33(9), 1588-1592.
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc*, 41(1), 3-13. doi:10.1249/MSS.0b013e31818cb278
- Hopkins, W. G., Schabort, E. J., & Hawley, J. A. (2001). Reliability of Power in Physical Performance Tests. *Sports Medicine*, 31(3), 211-234. doi:10.2165/00007256-200131030-00005
- Hwan Oh, S., Mierau, A., Thevis, M., Thomas, A., Schneider, C., & Ferrauti, A. (2018). Effects of different exercise intensities in the morning on football performance components in the afternoon. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 48(2), 235-244. <https://doi.org/10.1007/s12662-018-0520-5>

- Ingham, S. A., Fudge, B. W., & Pringle, J. S. (2012). Training distribution, physiological profile, and performance for a male international 1500-m runner. *Int J Sports Physiol Perform*, 7(2), 193-195.
- Ingham, S. A., Fudge, B. W., Pringle, J. S., & Jones, A. M. (2013). Improvement of 800-m running performance with prior high-intensity exercise. *Int J Sports Physiol Perform*, 8(1), 77-83.
- Ingham, S. A., Whyte, G. P., Pedlar, C., Bailey, D. M., Dunman, N., & Nevill, A. M. (2008). Determinants of 800-m and 1500-m running performance using allometric models. *Med Sci Sports Exerc*, 40(2), 345-350. doi:10.1249/mss.0b013e31815a83dc
- Jones, A. M., & Doust, J. H. (1996). A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. *J Sports Sci*, 14(4), 321-327. doi:10.1080/02640419608727717
- Jones, A. M., Grassi, B., Christensen, P. M., Krstrup, P., Bangsbo, J., & Poole, D. C. (2011). Slow component of VO<sub>2</sub> kinetics: mechanistic bases and practical applications. *Med Sci Sports Exerc*, 43(11), 2046-2062. doi:10.1249/MSS.0b013e31821f1fc1
- Jones, D. A. (1996). High-and low-frequency fatigue revisited. *Acta Physiol Scand*, 156(3), 265-270. doi:10.1046/j.1365-201X.1996.192000.x
- Jung, A. P. (2003). The impact of resistance training on distance running performance. *Sports Med*, 33(7), 539-552. doi:10.2165/00007256-200333070-00005
- Kilduff, L. P., West, D. J., Williams, N., & Cook, C. J. (2013). The influence of passive heat maintenance on lower body power output and repeated sprint performance in professional rugby league players. *J Sci Med Sport*, 16(5), 482-486. doi:10.1016/j.jsams.2012.11.889
- Kraemer, W. J., Loebel, C. C., Volek, J. S., Ratamess, N. A., Newton, R. U., Wickham, R. B., . . . Häkkinen, K. (2001). The effect of heavy resistance exercise on the circadian rhythm of salivary testosterone in men. *Eur J Appl Physiol*, 84(1), 13-18. doi:10.1007/s004210000322
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2005). Hormonal Responses and Adaptations to Resistance Exercise and Training. *Sports Medicine*, 35(4), 339-361. doi:10.2165/00007256-200535040-00004

- Kroon, G. W., & Naeije, M. (1991). Recovery of the human biceps electromyogram after heavy eccentric, concentric or isometric exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 63(6), 444-448.
- Legaz Arrese, A., Serrano Ostariz, E., Jcasajus Mallen, J. A., & Munguia Izquierdo, D. (2005). The changes in running performance and maximal oxygen uptake after long-term training in elite athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 45(4), 435-440.
- MacIntosh, B. R., Holash, R. J., & Renaud, J. M. (2012). Skeletal muscle fatigue--regulation of excitation-contraction coupling to avoid metabolic catastrophe. *J Cell Sci*, 125(Pt 9), 2105-2114. doi:10.1242/jcs.093674
- Marrier, B., Durguerian, A., Robineau, J., Chennaoui, M., Sauvet, F., Servonnet, A., . . . Le Meur, Y. (2018). Preconditioning Strategy in Rugby-7s Players: Beneficial or Detrimental? *Int J Sports Physiol Perform*, 1-26. doi:10.1123/ijssp.2018-0505
- McGowan, C. J., Pyne, D. B., Thompson, K. G., Raglin, J. S., & Rattray, B. (2017). Morning Exercise: Enhancement of Afternoon Sprint-Swimming Performance. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(5), 605-611. doi:10.1123/ijssp.2016-0276
- McGowan, C. J., Pyne, D. B., Thompson, K. G., & Rattray, B. (2015). Warm-Up Strategies for Sport and Exercise: Mechanisms and Applications. *Sports Medicine*, 45(11), 1523-1546. doi:10.1007/s40279-015-0376-x
- McGowan, C. J., Thompson, K. G., Pyne, D. B., Raglin, J. S., & Rattray, B. (2016). Heated jackets and dryland-based activation exercises used as additional warm-ups during transition enhance sprint swimming performance. *J Sci Med Sport*, 19(4), 354-358. doi:10.1016/j.jsams.2015.04.012
- McLellan, C. P., Lovell, D. I., & Gass, G. C. (2011). The role of rate of force development on vertical jump performance. *J Strength Cond Res*, 25(2), 379-385. doi:10.1519/JSC.0b013e3181be305c
- Medbo, J. I., Mohn, A. C., Tabata, I., Bahr, R., Vaage, O., & Sejersted, O. M. (1988). Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O<sub>2</sub> deficit. *J Appl Physiol*, 64(1), 50-60. doi:10.1152/jappl.1988.64.1.50
- Melby, C., Scholl, C., Edwards, G., & Bullough, R. (1993). Effect of acute resistance exercise on postexercise energy expenditure and resting metabolic rate. *J Appl Physiol*, 75(4), 1847-1853. doi:10.1152/jappl.1993.75.4.1847

- Newham, D. J., Jones, D. A., & Clarkson, P. M. (1987). Repeated high-force eccentric exercise: effects on muscle pain and damage. *J Appl Physiol (1985)*, *63*(4), 1381-1386. doi:10.1152/jappl.1987.63.4.1381
- Newham, D. J., McCarthy, T., & Turner, J. (1991). Voluntary activation of human quadriceps during and after isokinetic exercise. *J Appl Physiol (1985)*, *71*(6), 2122-2126. doi:10.1152/jappl.1991.71.6.2122
- Pollock, M. L. (1977). Submaximal and maximal working capacity of elite distance runners. Part I: Cardiorespiratory aspects. *Ann N Y Acad Sci*, *301*, 310-322.
- Pugh, L. G. (1970). Oxygen intake in track and treadmill running with observations on the effect of air resistance. *J Physiol*, *207*(3), 823-835. doi:10.1113/jphysiol.1970.sp009097
- Raastad, T., & Hallén, J. (2000). Recovery of skeletal muscle contractility after high- and moderate-intensity strength exercise. *Eur J Appl Physiol*, *82*(3), 206-214. doi:10.1007/s004210050673
- Rabadan, M., Diaz, V., Calderon, F. J., Benito, P. J., Peinado, A. B., & Maffulli, N. (2011). Physiological determinants of speciality of elite middle- and long-distance runners. *J Sports Sci*, *29*(9), 975-982. doi:10.1080/02640414.2011.571271
- Racinais, S., & Oksa, J. (2010). Temperature and neuromuscular function. *Scand J Med Sci Sports*, *20 Suppl 3*, 1-18. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01204.x
- Rampinini, E., Donghi, F., Bosio, A., Fanchini, M., Carlomagno, D., & Maffiuletti, N. (2017). Effect of morning priming exercise on afternoon performance in young soccer players. I: *untitled – World Conference on Science and Soccer* (s. 105-106). Rennes: World Conference on Science and Soccer
- Russell, M., King, A., Bracken, R. M., Cook, C. J., Giroud, T., & Kilduff, L. P. (2016). A Comparison of Different Modes of Morning Priming Exercise on Afternoon Performance. *Int J Sports Physiol Perform*, *11*(6), 763-767. doi:10.1123/ijsp.2015-0508
- Rønnestad, B. R., Hansen, E. A., & Raastad, T. (2010). In-season strength maintenance training increases well-trained cyclists' performance. *Eur J Appl Physiol*, *110*(6), 1269-1282. doi:10.1007/s00421-010-1622-4

- Saez de Villarreal, E., Gonzalez-Badillo, J. J. & Izquierdo, M. (2007). Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute jumping performance. *Eur J Appl Physiol*, *100*(4), 393-401. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0440-9>
- Sale, D. G. (2002). Postactivation potentiation: role in human performance. *Exerc Sport Sci Rev*, *30*(3), 138-143.
- Saltin, B., & Astrand, P. O. (1967). Maximal oxygen uptake in athletes. *J Appl Physiol*, *23*(3), 353-358. doi:10.1152/jappl.1967.23.3.353
- 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. doi:10.2165/00007256-200434070-00005
- Seitz, L. B., & Haff, G. G. (2016). Factors Modulating Post-Activation Potentiation of Jump, Sprint, Throw, and Upper-Body Ballistic Performances: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Med*, *46*(2), 231-240. doi:10.1007/s40279-015-0415-7
- Seitz, L. B., Trajano, G. S., Haff, G. G., Dumke, C. C., Tufano, J. J., & Blazevich, A. J. (2016). Relationships between maximal strength, muscle size, and myosin heavy chain isoform composition and postactivation potentiation. *Appl Physiol Nutr Metab*, *41*(5), 491-497. doi:10.1139/apnm-2015-0403
- Sjodin, B., & Svedenhag, J. (1985). Applied physiology of marathon running. *Sports Med*, *2*(2), 83-99. doi:10.2165/00007256-198502020-00002
- Spencer, M. R., & Gastin, P. B. (2001). Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc*, *33*(1), 157-162.
- Svedenhag, J., & Sjodin, B. (1985). Physiological characteristics of elite male runners in and off-season. *Can J Appl Sport Sci*, *10*(3), 127-133.
- Teo, W., Newton, M. J., & McGuigan, M. R. (2011). Circadian rhythms in exercise performance: implications for hormonal and muscular adaptation. *J Sports Sci Med*, *10*(4), 600-606.
- Thiel, C., Foster, C., Banzer, W., & De Koning, J. (2012). Pacing in Olympic track races: Competitive tactics versus best performance strategy. *J Sports Sci*, *30*(11), 1107-1115. doi:10.1080/02640414.2012.701759

- Thomas, C., Hanon, C., Perrey, S., Le Chevalier, J. M., Couturier, A., & Vandewalle, H. (2005). Oxygen uptake response to an 800-m running race. *Int J Sports Med*, 26(4), 268-273. doi:10.1055/s-2004-820998
- Tjelta, L. I. (2013). *Treningsprosessen i distanseløp på internasjonalt nivå. En analyse av treningsmengde, treningsintensitet og krav til fysisk kapasitet*. Universitetet i Stavanger, Stavanger.
- Tønnessen, E., Hem, E., Svendsen, I., Larsen, E. V., Skaugen, M., & Solbakken, E. (2017). Utholdenhetstester ved Olympiatoppen. Protokoller, måleinstrumenter, kalibreringsrutiner og sertifisering. Hentet 10. april 2019 fra [https://www.olympiatoppen.no/fagomraader/trening/testing/testing\\_av\\_utholdenhet/media53703.media](https://www.olympiatoppen.no/fagomraader/trening/testing/testing_av_utholdenhet/media53703.media)
- Vollestad, N. K. (1997). Measurement of human muscle fatigue. *J Neurosci Methods*, 74(2), 219-227.
- Ward-Smith, A. J. (1999). The bioenergetics of optimal performances in middle-distance and long-distance track running. *J Biomech*, 32(5), 461-465.
- Whipp, B. J., & Wasserman, K. (1972). Oxygen uptake kinetics for various intensities of constant-load work. *J Appl Physiol*, 33(3), 351-356. doi:10.1152/jappl.1972.33.3.351
- Williams, K. R., & Cavanagh, P. R. (1987). Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. *J Appl Physiol*, 63(3), 1236-1245. doi:10.1152/jappl.1987.63.3.1236
- Woolstenhulme, M. T., Bailey, B. K., & Allsen, P. E. (2004). Vertical jump, anaerobic power, and shooting accuracy are not altered 6 hours after strength training in collegiate women basketball players. *J Strength Cond Res*, 18(3), 422-425. doi:10.1519/13463.1

## Tabelloversikt

<b>Tabell 1:</b> Studier som har undersøkt effekten av morgenøkter på kraft-, effektutvikling og sprintprestasjon.....	23
<b>Tabell 2:</b> Studier som har undersøkt effekten av morgenøkter på prestasjonstester som stiller krav til aerob og anaerob kapasitet.....	26
<b>Tabell 3:</b> Forsøkspersonenes karakteristikk. n = 7. ....	29
<b>Tabell 4:</b> Forsøkspersonenes treningsdata de siste tre månedene før testing, oppgitt i antall per uke. n = 7 .....	30
<b>Tabell 5:</b> Forsøkspersonenes personlige rekorder, oppgitt som (m:ss). n = 7. ....	30
<b>Tabell 6:</b> Data fra elektrisk stimulering med 50 Hz av m. vastus medialis fra morgen (M) og ettermiddag (EM) ved Hvile (n = 7), Løp (n = 7) og Styrke (n = 6). Data er presentert som gjennomsnitt ± SD.....	42
<b>Tabell 7:</b> Fysiologiske data fra submaksimalt arbeid. Data er presentert som gjennomsnitt ± SD. n = 7.....	43
<b>Tabell 8:</b> Fysiologiske og kinematiske data fra test av tid til utmattelse. Data er presentert som gjennomsnitt ± SD. n = 7. ....	44
<b>Tabell 9:</b> Psykologiske parametere under testdagene. Data er presentert som gjennomsnitt ± SD. n = 7.....	45
<b>Tabell 10:</b> Data fra testdag 1, 2 og 3. Data er presentert som gjennomsnitt ± SD. n = 7. ....	46
<b>Tabell 11:</b> Dag-til-dag-reliabilitet uttrykt som variasjonskoeffisient (CV) og smallest worthwhile change (SWC) for utvalgte variabler.....	46



## Figuroversikt

**Figur 1:** Forholdet mellom tid og oksygenopptak for en representativ forsøksperson i denne studien, under test av tid til utmattelse med en varighet på ~150 sekunder. .... 13

**Figur 2:** Restitusjon av vertikal hopp høyde ved knebøyhopp etter en tung (100%) eller moderat (70%) styrkeøkt. «100%» bestod av knebøy (3 x 3 RM), frontbøy (3 x 3 RM) og kneekstensjon (3 x 6 RM). «70%» var lik «100%», men med en motstand på 70 % av «100%». Modifisert etter Raastad og Hallén (2000). RM = repetisjoner maksimum.... 18

**Figur 3:** teknisk utførelse av styrkeøvelsen benyttet ved morgenøkten Styrke..... 34

**Figur 4:** skjematisk oversikt over hovedtestdager ..... 35

**Figur 5:** eksperimentelt oppsett for test av elektrisk stimulering av m. vastus medialis.  
..... 37

**Figur 6:** skjematisk oversikt over ettermiddagstester  $\dot{V}O_{2max}$  = maksimalt oksygenopptak, vMT = hastighet ved melkesyreterskel ( $\Delta 2,1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  [La-blod]), RPE = opplevd anstrengelse, TTU = tid til utmattelse ..... 38

**Figur 8:** Eksperimentelt oppsett for test av tid til utmattelse. Løpssonen som var markert med laser er uthevet med røde streker. Bilde med tillatelse fra forsøksperson. 39

**Figur 9:** 20/50 Hz ratio fra morgen og ettermiddag ved Hvile (n = 6), Løp (n = 7) og Styrke (n = 6). Data er presentert som individuelle verdier og gjennomsnitt  $\pm$  SD. M; morgen, EM; ettermiddag..... 42

**Figur 10:** Hopp høyde ved svikthopp ved Hvile, Løp og Styrke. Data er presentert som individuelle verdier og gjennomsnitt  $\pm$  SD. n = 7. .... 43

**Figur 11:** Tid til utmattelse ved Hvile, Løp og Styrke. Data er presentert som individuelle verdier og gjennomsnitt  $\pm$  SD. n = 7. .... 44

**Figur 12:** Tid til utmattelse ved Dag 1, Dag 2 og Dag 3. Stiplede linjer viser individuelle verdier, mens heltrukken linje viser gjennomsnittet. n = 7. .... 45

## Forkortelser

$\dot{V}O_{2\text{maks}}$	den maksimale hastigheten på den aerobe energiomsetningen; det maksimale oksygenopptaket
$\dot{V}O_{2\text{peak}}$	det høyeste oksygenopptaket over en 30-sekunders periode
$\dot{V}O_2$	oksygenopptak
$\dot{V}O_2$	tidsderivert oksygenopptak
$v\dot{V}O_{2\text{maks}}$	den laveste hastigheten hvor $\dot{V}O_{2\text{maks}}$ kan nås
$vMT$	hastighet ved melkesyreterskel
HF	hjerterefrekvens
Q	hjerterets minuttvolum (hjerterefrekvens $\cdot$ slagvolum)
$CaO_2$	konsentrasjonen av oksygen i arterielt blod
$CvO_2$	konsentrasjonen av oksygen i venøst blod
LØ	løpsøkonomi
ATP	adenin trifosfat
PCr	kreatinfosfat
FP	forsøksperson, forsøkspersonen, forsøkspersoner, forsøkspersonene
TTU	tid til utmattelse
m:ss	minutter:sekunder
CWT	constant work test
CDT	constant duration test
CPT	constant power test
CV	variasjonskoeffisient
SWC	smallest worthwhile change; minste betydningfulle endring
MVK	maksimal voluntær kontraksjonskraft
RFD	rate of force development
$T_{\text{muskel}}$	muskeltemperatur

$T_{\text{kjerne}}$	kjernetemperatur
PAP	post-aktivering-potensiering
$\text{Ca}^{2+}$	kalsiumioner
MHC	myosin heavy chain
$\text{O}_2$	oksygen
$\text{CO}_2$	karbondioksid
kPa	kilopascal
$\mu\text{L}$	mikroliter
ml	milliliter
$\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$	millimol per liter (mol; SI-enhet for stoffmengde)
$[\text{La}^-_{\text{blod}}]$	blodlaktatkonsentrasjonen
Hz	Hertz; SI-enhet for frekvens
RPE	rating of perceived exertion
$\text{RPE}_{\text{TTU}}$	rating of perceived exertion etter test av TTU
$\text{RPE}_{\text{submax}}$	rating of perceived exertion etter submaksimalt arbeid
RER	respiratory exchange ratio
YYIR2	Yo-yo intermittent recovery test level 2
P	pause

## Vedlegg I



# Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjektet

## *EFFEKT AV TIDLIG OPPVARMING PÅ PRESTASJONEN I MELLOMDISTANSELØPING*

Dette er et spørsmål til deg om deltakelse i et forskningsprosjekt for å undersøke om ulike formiddagstreningssøker kan bedre løpsprestasjon (2-3 min) på ettermiddagen (6 timer senere), sammenlignet med hvile. Studien vil ha til hensikt å se på effekten av formiddagstreningssøkene på prestasjon, og hva som eventuelt forklarer endringen i prestasjon.

### Hva innebærer prosjektet?

Studien innebærer at du må være tilgjengelig 5 dager for gjennomføring av tester og tilvenning til tester.

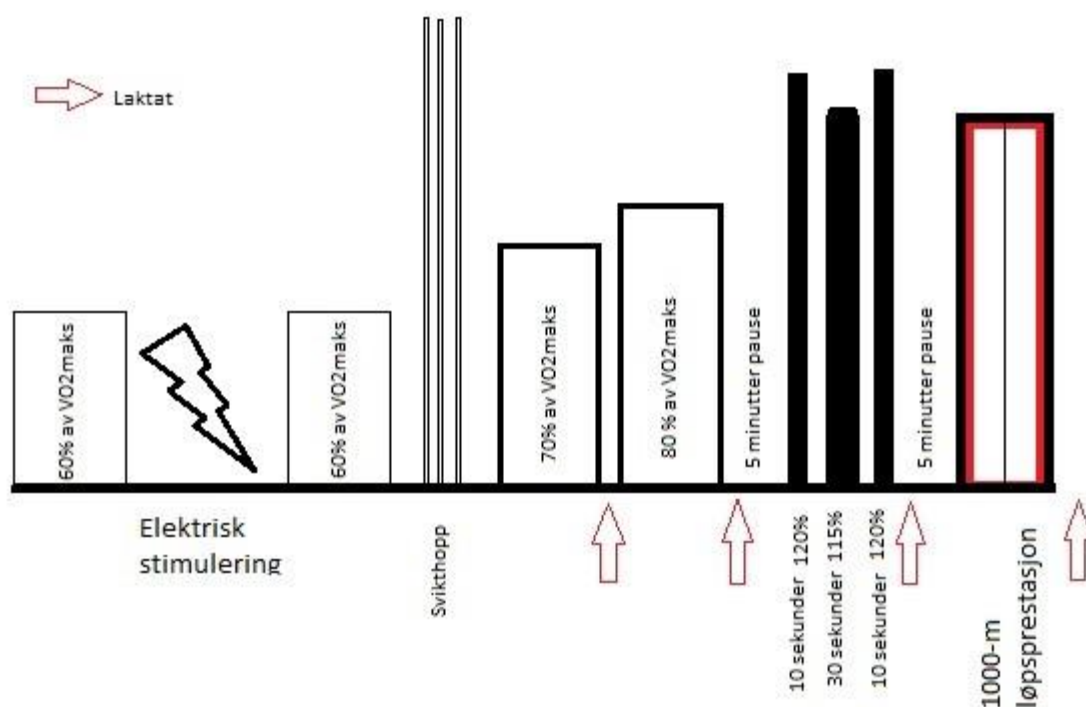
Ved dag **1-2** må du være tilgjengelig 90 min per dag. Under disse øktene skal du gjennomføre en løpstest med økende hastighet ("laktatprofil") samt en test av maksimalt oksygenopptak. I tillegg skal du gjennomføre hopp på kraftplattform og styrketester.

Ved dag **3-5** må du være tilgjengelig 8 timer per dag (medregnet pausen midt på dagen hvor du kan hvile, spise, studere e.l.). Under disse tre dagene skal du i tilfeldig rekkefølge gjennomføre følgende ulike formiddagstreninger; hvile, "tradisjonell" og en modifisert formiddagstrening 6 timer før hovedtestene. Under "hvile" skal du ikke utføre noen fysisk trening. "Tradisjonell" formiddagstrening innebærer 15 minutter rolig løp, i tillegg til 4 x 15 sekunder drag i konkurransefart. Modifisert formiddagstrening inkluderer "tradisjonell" formiddagstrening i tillegg til en styrkeøkt for beina med få repetisjoner og tung motstand; anslagsvis én øvelse, 2 serier med 3 repetisjoner per bein.

På ettermiddagen under dag 3, 4 og 5 vil du gjennomføre en protokoll som skissert under og som illustreres i figur 1. Protokollene for dag 3, 4 og 5 vil være like.

- Fem minutter rolig løp etterfulgt av elektrisk stimulering av knestrekkerne. Dette gjøres for å undersøke muskeltrøtthet etter formiddagstreningen, samt muskulaturens kraftutviklingspotensiale.
- Fem minutters rolig løp etterfulgt av tre oppvarmingshopp med økende innsats før test av svikhopp.
- Etter test av svikhopp løper du to submaksimale drag á 5 minutter på moderat intensitet. Her måler vi oksygenopptak (løpsøkonomi), hjerterefrekvens, laktat og teknikk.
- Før test av løpsprestasjon gjennomføres en oppvarming som inneholder tre korte drag, med 90 sekunder pause. Du får så 5 minutters pause før gjennomføring av prestasjonstest, der du skal løpe 1000 meter på kortest mulig tid. Stigningen på mølla vil være 1 grad, og utgangshastigheten vil være låst til estimert 1000-m-tid første 500 meter basert på testene gjort under tilvenning. Siste halvdel kan du endre hastighet ved å gi tegn til forsøksleder (tommel opp eller ned). Hastigheten endres da med 0,1 m/s. Oksygenopptak, hjerterefrekvens og teknikk måles kontinuerlig under testen. Opplevd

anstrengelse (RPE) rapporteres umiddelbart etter test, og laktatkonsentrasjon i blodet måles 3 minutter etter test.



Figur 1: Skjematisk oversikt over testene for dag 3-5.

## Mulige fordeler og ulemper

Du får under testing målt en rekke fysiologiske faktorer, blant annet maksimalt oksygenopptak, laktatverdier, terskelfart, løpsøkonomi og hopp høyde. Du vil også få testet nevro-muskulær funksjon og får innsikt i hvordan forskning gjennomføres. I tillegg kan resultatene fra studien gi deg informasjon hvordan du responderer på de ulike oppvappingsstrategiene med tanke på løpsprestasjon.

Deltakelse i studien vil kreve oppmøte over 5 dager. Det er forbundet en viss risiko for fall ved testing på tredemølle. Ved maksimale tester vil det benyttes sikkerhetssele som forhindrer deg i å falle ned på mølla mens den kjøres og som automatisk vil stoppe båndet. Elektrisk stimulering vil oppleves ubehagelig, men er ufarlig og kortvarig. Ved oksygenopptaksmålinger benyttes det et munnstykke som kan oppleves noe ubehagelig, samt kan du oppleve å bli tørr i halsen. Munnstykket er desinfisert før bruk. Måling av laktat krever et stikk i fingeren for en liten blodprøve og kan for enkelte oppleves ubehagelig. Testene kan oppleves som meget anstrengende.

## Frivillig deltakelse og mulighet for å trekke sitt samtykke

Det er frivillig å delta i prosjektet. Dersom du ønsker å delta, undertegner du samtykkeerklæringen på siste side. Samtykke er det lovlige behandlingsgrunnlaget for

behandling av personopplysninger. Du kan når som helst og uten å oppgi noen grunn trekke ditt samtykke. Dette vil ikke få konsekvenser for din videre behandling. Dersom du trekker deg fra prosjektet, kan du kreve å få slettet innsamlede prøver og opplysninger, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner. Dersom du senere ønsker å trekke deg eller har spørsmål til prosjektet, kan du kontakte Even Brøndbo Dahl på telefon 90109413 eller e-post: [evenbdahl@gmail.com](mailto:evenbdahl@gmail.com), Prosjektleder: Thomas Losnegard på telefon 997 34 184 eller e-post: [thomas.losnegard@nih.no](mailto:thomas.losnegard@nih.no)

## **Hva skjer med informasjonen om deg?**

I prosjektet vil vi innhente og registrere opplysninger om deg. Informasjonen som registreres om deg skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med studien. Du har rett til innsyn i hvilke opplysninger som er registrert om deg og rett til å få korrigert eventuelle feil i de opplysningene som er registrert.

Informasjonen som blir samlet vil være tilgjengelig for prosjektmedarbeider, og vil inkludere: navn, fødselsdato, telefonnummer, e-post, høyde, vekt, samt helseforholdene maksimalt oksygenopptak og løpsøkonomi.

Alle opplysningene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjennende opplysninger. En kode knytter deg til dine opplysninger gjennom en navneliste, og koblingsnøkkelen mellom navn og kode oppbevares i en låst safe.

Prosjektleder har ansvar for den daglige driften av forskningsprosjektet og at opplysninger om deg blir behandlet på en sikker måte. Prosjektsslutt er 01.08.2023, og alt datamateriale anonymiseres innen denne datoen.

Deltakerne har rett til å få utlevert en kopi av opplysningene som er registrert (dataportabilitet), samt rett til å sende klage til personvernombudet ([personvernombudet@nsd.no](mailto:personvernombudet@nsd.no), +47 55 58 21 17) eller Datatilsynet angående behandlingen av personopplysninger

## **Forsikring**

NIH er en statlig institusjon og er dermed selvvassurandør. Eventuelle skader på deltakere i forbindelse med prosjektet vil bli dekket av NIH.

## **Økonomi**

Reisekostnader knyttet til prosjektet vil støttes gjennom forskningsmidler fra Seksjonen for fysisk prestasjonsevne ved Norges Idrettshøgskole.

## **Godkjenning**

Prosjektet er godkjent av Lokal etisk komite ved Norges idrettshøgskole, [61 -190618). Prosjektet er meldt til Personvernombudet for forskning, NSD - Norsk senter for forskningsdata AS

## Samtykke til deltakelse i prosjektet

**Jeg er villig til å delta i prosjektet**

---

Sted og dato

Deltakers signatur

---

Deltakers navn med trykte bokstaver

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om prosjektet

---

Sted og dato

Signatur

---

Rolle i prosjektet