

# **Gross Efficiency i sykling**

**BEV2900 - Bacheloroppgave i Bevegelsesvitenskap**

**Institutt for nevromedisin og bevegelsesvitenskap, NTNU**

**Vår 2019**

**Kandidater 10035 & 10039**

**Antall ord abstrakt: 376**

**Antall ord i oppgaven: 4003**

## Abstrakt

**Introduksjon:** Hensikten med dette studiet var å undersøke hvilken grad GE påvirkes av MF i sykling. I tillegg ville vi se om nivået av aerob kapasitet har en sammenheng med hvordan MF påvirker GE. Hypotesen var at MF vil ha en negativ effekt på GE og nivå av VO<sub>2</sub>-maks har en sammenheng med dette. **Metode:** Studiet ble gjennomført på 16 godt trente mosjonister (VO<sub>2</sub>-maks = 54.37±5.38 ml/kg/1 min). Testene som ble gjennomført var maksimal beinpress, laktatprofil, 6 sekunders sprint, VO<sub>2</sub>-maks test og en 30 minutters submaksimal-test. Det ble gjennomført en lignende laktatprofil etter dette igjen, men denne gangen til MF. GE ble regnet ut fra VO<sub>2</sub> og Respiratory Exchange Ratio (RER). **Resultatet:** GE ble redusert under MF sammenlignet med uthvilt tilstand. Det var ingen sammenheng mellom VO<sub>2</sub>-maks og nedgang i GE under MF. **Diskusjon:** Forskjellen i GE er sammensatt av flere faktorer som kan påvirke resultatene våre, blant annet teknikk, væskesammensetning og muskelfibersammensetning. **Konklusjon:** Dette studiet konkluderer med at GE vil gå ned som følge av MF. Vi kan ikke konkludere med at nivået av VO<sub>2</sub>-maks ikke har en sammenheng med dette.

**Introduction:** The purpose of this study was to investigate if gross efficiency (GE) is affected by muscular fatigue (MF) in cycling. We would also see if the level of aerobic capacity correlates to how MF affects GE. The hypothesis was that MF will have a negative effect on GE and the level of VO<sub>2</sub>-max is a cause of this. **Method:** The study was conducted on 16 well-trained hobby cyclists (VO<sub>2</sub> max = 54.37±5.38 ml/kg/1 min). The tests performed were maximal leg-press, lactate profile, 6-second max sprint, VO<sub>2</sub>-max test and a 30-minute submaximal test. A similar lactate profile were followed after this, but this time to MF. GE was calculated from VO<sub>2</sub> and Respiratory Exchange Ratio (RER). **Results:** GE was reduced during MF compared to rested state. There was no correlation between VO<sub>2</sub>-max and decrease in GE during MF. **Discussion:** The difference in GE is composed of several factors that can affect our results, including technique, fluid composition and muscle fiber composition. **Conclusion:** This study concludes that GE will decline because of MF. We cannot conclude that the level of VO<sub>2</sub>-max is related to this.

**Nøkkelord:** Aerobic performance, Cycling performance, Fatigue, Gross Efficiency, VO<sub>2</sub>-max

## Forord

Vi vil gjerne rette en stor takk til emnekoordinator for muligheten vi har fått til å gjennomføre denne praktiske bacheloroppgaven. Med denne oppgaven har vi gitt oss selv en utfordring, som har vært både spennende og lærerik. Vi vil ta med oss mye nyttig erfaring videre. Vi også rette en stor takk til veilederen vår som alltid vært tilgjengelig og gitt oss mye gode tilbakemeldinger. Takk til subjektene som har deltatt, uten de ville vi ikke hatt denne muligheten.

## Innholdsfortegnelse

<b>Introduksjon</b>	<b>4</b>
<i>VO<sub>2</sub>-maks</i>	4
<i>Respiratory Exchange Ratio</i>	4
<i>Arbeidsøkonomi</i>	4
<b>Metode</b>	<b>6</b>
<i>Tabell 1.1</i>	6
<i>Utstyr</i>	6
<i>Protokoll</i>	7
<i>Figur 1.1</i>	8
<i>Dataanalyse</i>	8
<b>Resultat</b>	<b>9</b>
<i>Figur 2.1</i>	9
<i>Figur 2.2</i>	9
<b>Diskusjon</b>	<b>10</b>

## Introduksjon

I all utholdenhetsidrett er evnen til å holde høy intensitet over lengre perioder særdeles viktig. Sykling er en idrett som er et godt eksempel på dette med konkurransetider opp mot 6t og distanser på over 300km. Når vi har aktiviteter som varer over en lengre periode, så kommer energien vår fra aerob energifrigjøring. Det vil si energifrigjøring som er avhengig av oksygen. Aerob kapasitet er kroppens evne til å transportere oksygen til musklene. Utholdenhetsutøvere er derfor avhengige av en god aerob kapasitet, ved aktiviteter over en lengre periode på 3 minutter (Åstrand & Rodahl, 2003). Den maksimale mengden oksygen som kan transporteres til musklene kalles  $VO_2$ -maks. Det er fire faktorer som er avgjørende for aerob kapasitet:  $VO_2$ -maks, utnyttingsgrad, laktatterskel og arbeidsøkonomi.

$VO_2$ -maks er en intensitet som vi ikke klarer å holde over en lang periode. For å oppnå  $VO_2$ -maks må den anaerobe terskelen overstiges. Under en  $VO_2$ -maks test vil laktatverdien være stigende og musklene vil etterhvert kjennes stivere. Det vil si at mesteparten av energifrigjøringen går fra å være aerob, til å få et større tilskudd av anaerob. Når den aerobe terskelen overstiges, er det ikke lenger tilstrekkelig oksygentilførsel til laktateliminering i muskulaturen. Det er dette som kalles laktatterskel (LT).

$VO_2$ -maks er et godt mål på aerob kapasitet, men for godt trente utøvere er det ikke nødvendigvis det som skiller mellom prestasjonene. Utnyttingsgrad er den gjennomsnittlige prosenten av  $VO_2$ -maks som utøveren kan oppnå ved en gitt intensitet over en lengre arbeidsperiode. I sykling vil det si utøverens evne til å bruke tilgjengelig oksygen til å skape mest mulig fart over lang tid. Økt arbeidsperiode vil være med på å redusere den maksimale utnyttingsgraden.

Arbeidsøkonomi er mengden oksygen som trengs for å gjøre et visst arbeid. Bedret arbeidsøkonomi vil føre til at utøveren kan oppnå større fart på samme prosentandel av  $VO_2$ -maks. Arbeidsøkonomi påvirkes av faktorer som teknikk (f.eks. sittestilling og kadens), utstyr (f.eks. sykkelramme, girsystem og hjul) og ytre forhold (f.eks. værforhold og underlag) som har stor betydning for prestasjon. Hvordan en syklist klarer å utnytte og omgjøre disse fire faktorene for aerob kapasitet til ytre arbeid (watt), er direkte overførbart til syklistens effektivitet (Hopker et al., 2013).

Respiratory Exchange Ratio (RER) er forholdet mellom  $O_2$  pustet inn og  $CO_2$  pustet ut. Under

lav intensitet vil  $O_2$  pustet inn være høyere enn  $CO_2$  pustet ut. Fett er en langsom energikilde, som krever oksygen og er derfor en viktigere energikilde under aerobt arbeid.

$CO_2$  pustet ut kan fortsette å øke uavhengig av  $O_2$  pustet inn under høy intensitet. Dette er på grunn av en buffer i laktatproduksjonen. RER (verdi  $>1.0$ ) kan fortsatt øke etter at oksygenopptaket har avtatt på grunn av anaerob energifrigjøring. Under anaerobt arbeid krever muskulaturen energi raskt. Energien som blir brukt gjennom anaerob energifrigjøring kommer fra karbohydrat som blir omdannet til glykogen i muskulaturen. Karbohydrater er en rask energikilde.

Av all energien som kroppen produserer, er det en gitt andel som må gå til vitale prosesser (varmeregulering, opptak av næring etc.). Under trening i høy intensitet er det en viss prosentandel av det totale energiforbruket som kan gå til ytre arbeid (Homestead, Peterman, Kane, Contini, & Byrnes, 2016; Westerterp, 2016). Gross efficiency (GE) er forholdet mellom kroppens totale energiforbruk (watt) og hvor mye watt som produseres til ytre arbeid. Under høy intensitet over en lengre periode med arbeid vil glykogenlagrene i muskulaturen etterhvert brukes opp. Dette bidrar til at musklene blir trette, og det er det som kalles muskulær fatigue (MF). MF defineres som en reduksjon av kapasiteten til å utføre fysiske arbeidsoppgaver. Litteratur om MF viser at begrepet består av to deler: sentral (nevrologisk) og perifer (muskulær) fatigue. Dette fører til redusert rekruttering av motoriske enheter, har negative effekter på den psykologiske funksjonen og fører til en gradvis nedgang av kraftutvikling i musklene (Enoka & Duchateau, 2008).

Tidligere studier viser at evnen til å utnytte krefter effektivt over en lengre arbeidsperiode er svært viktig for prestasjon (Hopker et al., 2013). Betydningen av GE i sykling er derfor veldokumentert (Hopker et al., 2013, Ettema & Lorås, 2009, Joyner & Coyle, 2008).

Betydningen av MF på GE er derimot ikke like veldokumentert. Grunnet de fysiologiske forskjellene som oppstår under MF (Enoka & Duchateau, 2008) vil det være naturlig å anta at GE vil reduseres. (Ettema & Lorås, 2009). Det er ikke mye forskning på hvor mye  $VO_2$ -maks påvirker GE under MF hos godt trente mosjonister. Vi har derfor valgt å se nærmere på dette, som en av årsakene til hypotesen om redusert GE etter en periode med MF (Stig Leirdal & Gertjan Ettema, 2011).

*På bakgrunn av den gjennomgåtte litteraturen, vil vi i denne oppgaven undersøke hvordan GE påvirkes av MF? I tillegg vil vi se om nivået av aerob kapasitet har en sammenheng med hvordan MF påvirker GE i sykling*

## Metode

16 godt trente menn deltok i studiet (tabell 1). De skrev under på et samtykkeskjema der de godtok vilkårene for studiet og hva dataene vil bli brukt til. I dette skjemaet fikk de også tilgang til informasjon om etiske retningslinjer studiet er underlagt. Studiet var godkjent av Norsk Senter for Forskningsdata (NSD). De fikk informasjon om at de kunne trekke seg fra studiet når de ønsket.

n=	Alder	Vekt	VO <sub>2</sub> (mL/kg/min)	W_OBLA
16	22-55	88,5kg ± 10,4	54,37 ± 5,38	262,4 ± 53,4

Tabell 1.1: Oversikt over subjekter i studiet med gjennomsnitt ± standardavvik

GE er forholdet mellom all energi som kroppen forbruker og watt til ytre arbeid, og uttrykkes i prosent (%).

$$\text{Gross efficiency} = \frac{\text{Ytre belastning (Watt)}}{((\text{VO}_2 \text{ (l/min)}/60) \times (84940 \times \text{RER} + 16040))}$$

(Noordhof, Vink, de Koning, & Foster, 2011)

## Utstyr

Alle fysiologiske tester ble gjennomført på en sykkelergometer Lode Excalibur Sport (Lode B. V., Groningen, Netherlands). Styrketesten ble gjennomført på Keiser air 300 leg press (Keiser corporation, USA). Både sykkelergometer og benpress ble justert i forholdt til høyde. VO<sub>2</sub> testene ble målt med Oxycon Pro™ med miksekammer (Oxycon, Jaeger GmbH, Hoechberg, Germany) som måler forskjeller i gasskonsentrasjon og ventilasjon. Sensoren som måler gasskonsentrasjon ble kalibrert med kjente gasskonsentrasjoner før hver test (15% O<sub>2</sub> og 5.85% CO<sub>2</sub>). Turbinen (Triple V, Erich Jaeger) som måler ventilasjon ble kalibrert med en 3 liter kalibreringssprøyte (5530 series; Hans Rudolph, Kansas, MO, United States). Pulsmålinger ble tatt med subjektens personlige klokker og tilhørende sensorer.

### Protokoll

For å se hvordan GE blir påvirket over en lengre periode, er det nødvendig til å gjennomføre en testprotokoll der subjektene opplever MF. Subjektene fikk beskjed om å forbli i sittende stilling på ergometersykkelen så mye som mulig under testene med en konstant kadens som var selvvalgt. Testingen bestod av 5 deler, som vises i figur 1.1.

Del 1 bestod av en maksimal styrketest (benpress) og en selvvalgt oppvarming på 10 minutter. Benpressen ble gjennomført (Kaiser Air 300 Leggpress) i sittende stilling, med 90 grader i kneleddet. Belastningen (kg) ble kalibrert automatisk etter hver repetisjon, og en nedgang i antall repetisjoner etter en endt serie. Belastningen ble da tilpasset W som ble produsert under bevegelsen. Testen ble stoppet når subjektet ikke klarte å fullføre neste repetisjon.

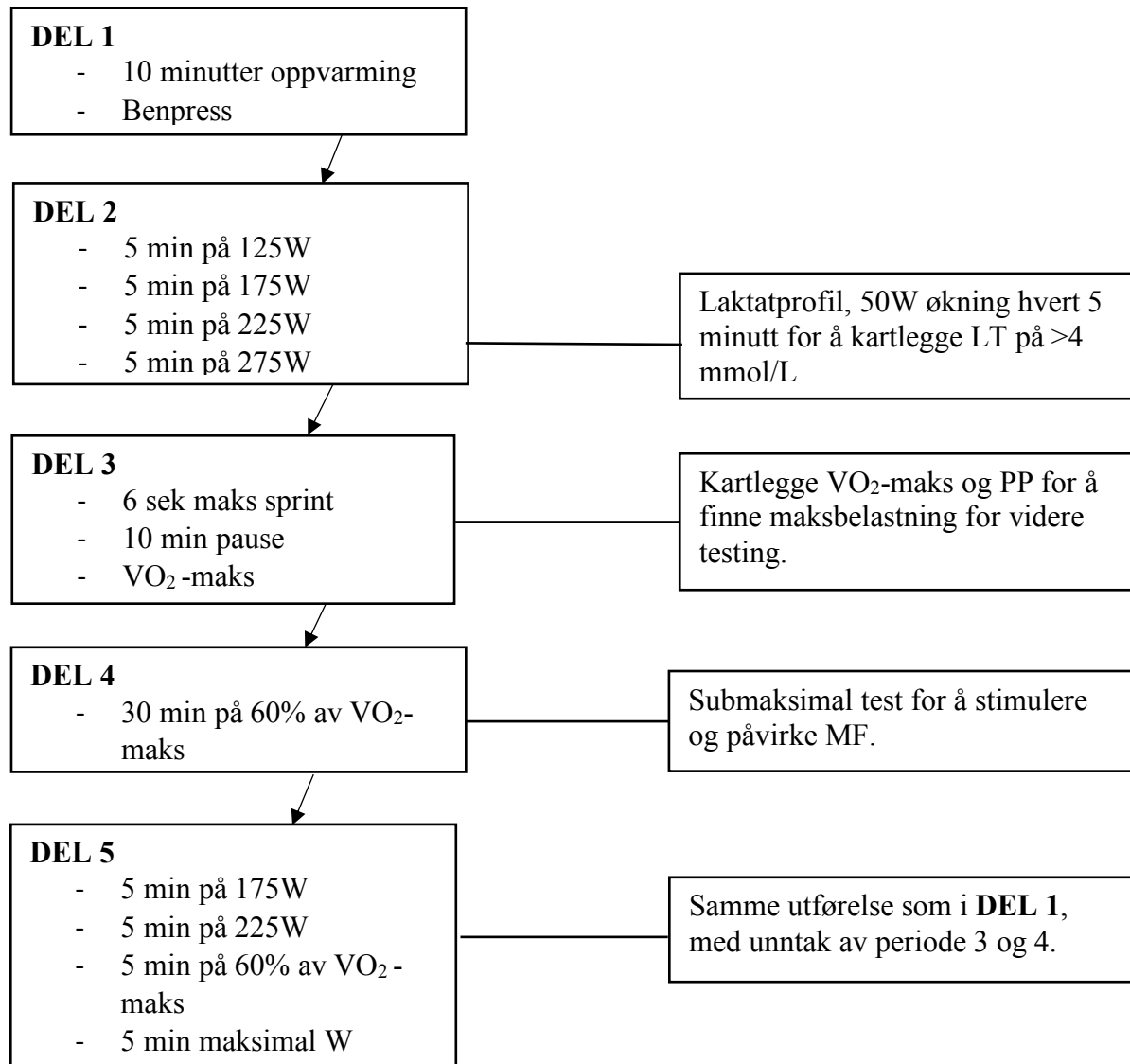
Del 2 bestod av en laktatprofil etterfulgt av 10 minutters pause. Laktatprofilen ble gjennomført for å finne terskelverdier som var nødvendige i de påfølgende delene, med økning hvert 5 minutt. Oksygenmålinger ble gjennomført de to siste minuttene av hver 5 minutters periode med ytterligere økt belastning på 50W for hvert periode. Økningen fortsatte frem til  $LT > 4 \text{ mmol/L}$ .

Del 3 bestod av en 6 sekunder maksimal sprint for å måle peak power (PP), etterfulgt av en pause på 10 minutter. Deretter ble det gjennomført en  $VO_2$ -maks test som startet 50W under den avsluttende belastningen på laktatprofilen. Det var en økning på 25W per minutt til MF eller til observert stagnasjon av  $VO_2$ -kurven. Hvert 30 sekund gjennomførte Jaeger Oxygen maskinen målinger av  $VO_2$ , RER og ventilasjon ut. Ved testslutt ble laktat målt ved et stikk i fingeren. For at testen skulle være godkjent måtte 3 av 4 kriterier være tilstede:  $RER > 1,1$ , laktat  $> 8 \text{ mmol/l}$ , visuell stagnasjon av  $VO_2$ -kurven og makspuls  $\pm 5$  etter fullført test.

Etter dette var det en pause på 10 minutter. Før testen startet fikk testpersonen neseclupe og oksygenmasken tilpasset. Enkle signaler ble brukt som kommunikasjon mellom testperson og testansvarlig, der tommel opp signaliserte økning i W og strak hånd signaliserte ingen belastningsendring.

Del 4 bestod av en 30 minutters submaksimal test, hvor subjektene skulle ligge på 60% av  $VO_2$ -maks som ble regnet ut i del 3.

Del 5 gikk gjennom to perioder fra laktatprofilen. Igjen ble  $O_2$  målt som i del 2. Periode nummer tre ble gjennomført med samme belastning som del 4. Det ble ikke gjennomført  $O_2$ -måling i denne perioden. Periode nummer fire ble gjennomført som en prestasjonstest, som gikk ut på at subjektene skulle holde så høy watt som mulig til total MF. Det ble ikke gjennomført  $O_2$ -måling i denne perioden.



Figur 1.1: Testprotokoll

### Dataanalyse

Dataene ble først regnet ut i Microsoft Excel. Det ble benyttet Excel for å finne gjennomsnitt, standardavvik og utregning av  $VO_2$ -maks ( $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ). Alle oksygenopptak og belastning ble regnet ut som snittet av det siste minuttet. Analysene ble gjennomført i Statistical Package for Social Science 25 (SPSS). Det ble brukt Paired-sampled T-test for å finne ut av forskjellen i GE før og etter MF på høy og lav belastning.

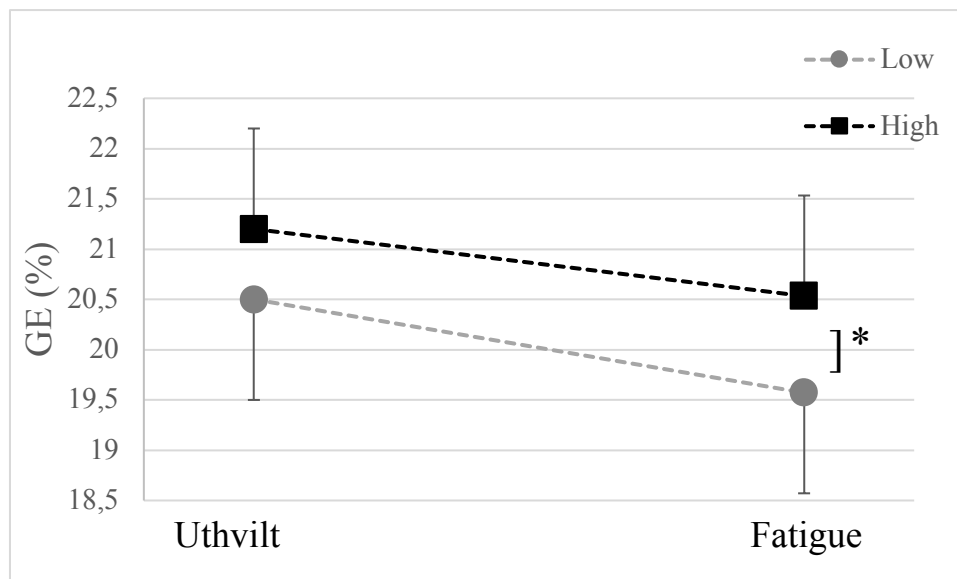
For å undersøke sammenhengen mellom endringen i GE og  $VO_2$ -maks før og etter MF ble det brukt en Pearson korrelasjonsanalyse. Signifikans nivå var satt til  $<0,05$ . Alle data er presentert som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik. En outlier ble ekskludert på bakgrunn av unormalt høye verdier som ble antatt til å være feilmålinger, basert på annen forskning ( $GE > 25\%$  (Jobson, Hopker, Korff, & Passfield, 2012)).



## Resultat

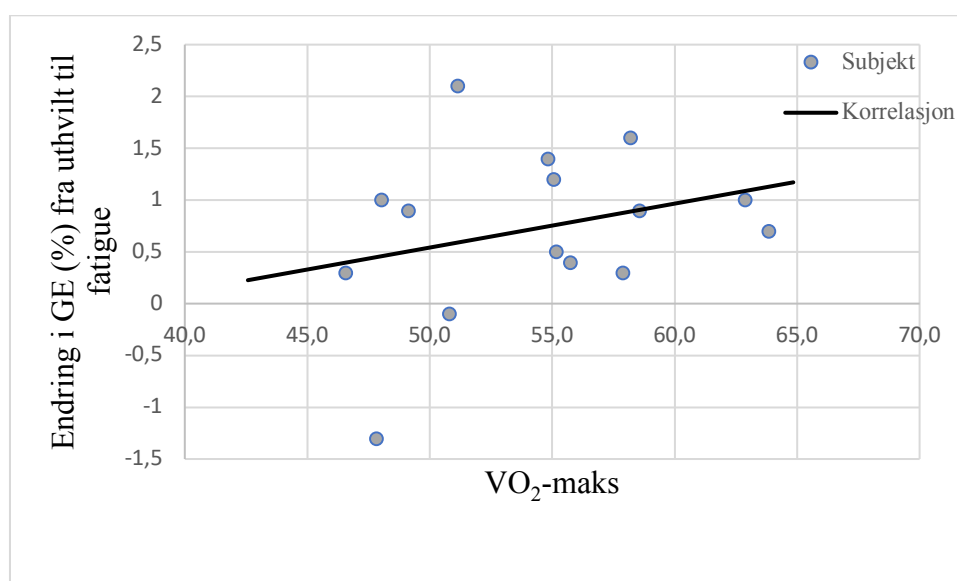
Resultatet i figur 2.1 viser en signifikant nedgang i GE etter MF ( $p < 0.05$ ) for første (low) og andre belastning (high) mellom uthvilt tilstand og MF.

I første test er det en korrelasjon ( $r = .683$ ) i GE mellom uthvilt tilstand ( $20.5 \pm 1.5$ ) og MF ( $19.57 \pm 1.95$ ). Test nummer to er det en korrelasjon ( $r = .775$ ) i GE mellom uthvilt tilstand ( $21.32 \pm 1.15$ ) og MF ( $20.6 \pm 1.22$ ).



Figur 2.1: Endring i GE i to intensiteter i uthvilt og fatigue (\* - signifikant lavere GE i fatiguetilstand.  $N = 15$ )

Vi fant ingen signifikant korrelasjon mellom  $VO_2$ -maks og nedgang i GE som følge av MF. Resultatene i figur 2.2 i korrelasjonen ( $r = .286$ ) av endringen i GE ( $0.73 \pm .795$ ) viste å ikke ha signifikant utfall ( $p = > 0.05$ ) grunnet høyere  $VO_2$ -maks ( $54.37 \pm 5.38$ ).



Figur 2.2: Endring i GE sammenlignet med  $VO_2$ -max.  $N = 15$

## Diskusjon

Hensikten med dette studiet var å undersøke hvilken grad GE påvirkes av MF i sykling. I tillegg ville vi se om nivået av aerob kapasitet har en sammenheng med hvordan MF påvirker GE i sykling. Hypotesen var at MF vil ha en negativ effekt på GE og nivå av  $VO_2$ -maks har en sammenheng med dette. Resultatene i dette studiet viser en nedgang i GE som følge av MF. Det vil koste mer oksygen for å arbeide på lik belastning over tid. Samtidig var det ingen sammenheng mellom oppnådd  $VO_2$ -maks og endring i GE som følge av MF. Vi kan dermed ikke slå fast at redusert GE under MF skyldes lavere  $VO_2$ -maks, noe som støttes av tidligere forskning (Hopker, O'Grady, & Pageaux, 2017; Lucia, Hoyos, Perez, Santalla, & Chicharro, 2002; Santalla, Naranjo, & Terrados, 2009). Selv om GE ikke nødvendigvis er den best egnede målemetoden for muskel effektivitet (COYLE, SIDOSSIS, HOROWITZ, & BELTZ, 1992), er det en god indikator for kroppens totale energieffektivitet (Moseley & Jeukendrup, 2001).

Både Santalla et al. (Santalla et al., 2009) og Lucia et al. (Lucia, Hoyos, Perez, et al., 2002) konkluderer med at det ikke er noen sammenheng mellom  $VO_2$ -maks og GE, dette var hos proffsyklister. Grunnen til dette kan være at disse utøverne har veldig høye verdier, eller allerede har nådd sitt  $VO_2$ -maks potensiale. På grunn av genetikk vil det være vanskelig i en korrelasjonsanalyse å se forskjellen mellom  $VO_2$ -maks og endringen i GE under MF. Blant proffsyklister er det andre faktorer som utgjør forskjeller i prestasjon. I studiet vårt derimot har subjektene ikke nødvendigvis oppnådd sitt potensiale i  $VO_2$ -maks. Det gjorde det nærliggende å anta at  $VO_2$ -maks hadde en større påvirkning for resultatene våre. En av grunnene til at dette ikke ga utslag på resultatene våre, kan være at forskjellen i  $VO_2$ -maks var for liten. Det viser seg til gjengjeld at en høy GE vil kunne kompensere for en relativt lav  $VO_2$ -maks (Lucia, Hoyos, Perez, et al., 2002). De samme resultatene kom fram i en studie gjort av Santalla et al. (Santalla et al., 2009).

Når det kommer til hva som påvirker GE er det mange ulike faktorer som er av betydning. Væsketap, muskelfibertype-sammensetning og teknikk er eksempler på dette. Dette er noe som ikke er målt eller tatt hensyn til i dette studiet. Det er uansett nærliggende å tro at dette er faktorer som kan ha påvirket resultatene våre (Bahr, Opstad, Medbo, & Sejersted, 1991; Coast, Cox, & Welch, 1986; Poole & Henson, 1988). Testingen tok opp mot 2 timer å gjennomføre. Det var jevnt over testing og fysisk arbeid gjennom disse to timene, og væskebalansen kan være en faktor som styrker hypotesen om nedsatt GE etter en periode med

MF. Studier viser tap av væske under høy intensitet over lang tid kan redusere prestasjonen (Pethick et al., 2019; Westerterp, 2016). Å vedlikeholde væskebalansen er vist å ha større effekt i varme temperaturer (Homestead et al., 2016). Effekten væsketap har på GE er også betydelig i denne sammenhengen. Et studie gjennomført av Van Schuylenbergh (Van Schuylenbergh, Vanden Eynde, & Hespel, 2005) konkluderer med at væsketap reduserer LT, som igjen er med på å påvirke GE. Dette kan ha påvirket resultatene våre, da det ikke er tatt høyde for kontroll av væskebalanse. Det kan være individuelt behov for væske under høy intensitet, noe som fører til forskjellige drikkerutiner både før, under og etter testingen. Ved videre forskning vil det derfor være interessant å kontrollere væskebalansen for å få bredere kunnskap om påvirkningen væsketap har på GE under MF.

Et studie av Coyle et al. (COYLE et al., 1992) konkluderte med at personer med størst andel muskelfibertype I målte høyere GE. Disse personene vil derfor kunne være mer effektive i en lengre periode sammenlignet med personer med størst andel muskelfibertype IIA og IIX. Muskler som ikke er like vant til denne type belastning over tid på sykkel, vil tappes for glykogen raskere og derfor gå over til MF tidligere (Lucia, Hoyos, Santalla, Perez, & Chicharro, 2002). Dette studiet (Lucia, Hoyos, Santalla, et al., 2002) viste rapportert data at subjektene med størst andel muskelfibertype I syklet mer i løpet av et år enn de andre subjektene.

Utvalget som er inkludert i dette studiet er alle godt trent, og regnes derfor som et homogent utvalg (se tabell 1.1; VO<sub>2</sub>-maksverdier). Erfaringen subjektene har med sykling er uansett forskjellig. Enkelte subjekter har syklet jevnt i flere år, mens andre kun har syklet i et år. Forskjellen i GE mellom proffsyklister og godt trente mosjonister kommer i følge Lucia et al. (Lucia, Hoyos, Santalla, et al., 2002) av den totale treningsmengden i løpet av ett år (gjennomsnittlig 35,000 km per/år hos proffsyklister versus 25,000 km per/år hos mosjonister). Selv om dette studiet ble gjort på proffsyklister, vil det være nærliggende å anta at det er en lignende forskjell blant erfarne og uerfarne mosjonister. Dette kan utgjøre en vesentlig forskjell på teknikk og fysiologiske responser i muskulaturen. Muskler som ikke er like vant til denne type belastning over tid på en sykkel, vil tappes for glykogen raskere og derfor gå over til MF tidligere (Lucia A. et.al, 2003). Sykkelerfaring kan ha påvirket hvor mye GE reduseres under testen for hvert subjekt i studiet vårt.

Det ble ikke målt teknikk i dette studiet, men at det er en faktor som er med på å påvirke GE er allikevel relevant. God sykkelteknikk er assosiert med høy GE (Leirdal & Ettema, 2011), og studier viser at en mer fremoverlent sittestilling kan føre til redusert VO<sub>2</sub>-maks (Korff, Romer, Mayhew, & C Martin, 2007). En grunn til dette kan være at brystkassen lukkes ved at skuldrene presses frem og inn, noe som kan være med på å hindre respirasjonsbevegelsen. Med denne sittestillingen vil en bruke mer O<sub>2</sub> for å oppnå det samme arbeidet sammenlignet med en mer oppreist sittestilling. En fremoverlent sittestilling kan også føre til redusert blodgjennomstrømning til lårmuskulaturen, noe som igjen påvirker evnen til å frakte CO<sub>2</sub>-rikt blod tilbake til lungene (Korff et al., 2007). Laktatverdiene i blodet kan i dette tilfellet øke og utøveren vil bli mer sliten.

Det er mye som tyder på at sittestilling på sykkelen og endring i overkroppsposisjon kan påvirke muskelaktiveringen i underekstremiteten (Korff et al., 2007). Dette kan bety at overkroppsb bruk er med på å bestemme hvor effektiv utøveren er på sykkelen.

Overkroppsposisjon var selvvalgt i dette studiet, men nyere litteratur viser at dette korrelerer med GE og vil derfor kunne påvirke resultatene våre (Bertucci, Taiar, & Grappe, 2005).

Den største forskjellen i teknikk i sykling finner vi fra sittende til stående posisjon. Dette er tatt høyde for i dette studiet, da subjektene fikk beskjed om å forbli i sittende posisjon så mye som mulig. Det som kan utgjøre en forskjell er hvordan subjektene valgte å sitte på setet (foran eller bak på setet). Dette ble ikke målt eller tatt hensyn til i dette studiet, og er noe som kunne vært interessant å se nærmere på ved videre forskning.

Det ble også vist at med en høyere kadens vil det forekomme større bevegelser i både over- og underekstremitet, som kan føre til et økt energiforbruk og derfor redusert GE. Kadens er vist at påvirker GE i sykling. En høyere kadens fører til lavere GE (Stig Leirdal & Gertjan Ettema, 2011). Dette er på grunn av høyere frekvens kan føre til redusert kraft per repetisjon i en bestemt teknikk, noe som vises i Hills kurve (Hill, 1925). Musklenes forkortningshastighet er avgjørende for kraftutvikling. En hurtigere kraftutvikling vil redusere musklens maksimale kraftutvikling. En praktisk anvendelse av Hills kurve vil bety at musklene vil kunne arbeide på en høyere belastning under ekstensjon, mens under kontraksjon vil de kunne arbeide med en større frekvens. Et eksempel på dette i sykling vil være overførbart til kadens. I dette studiet er repetisjoner per minutt (RPM) direkte overførbart til kadens (tråkkfrekvens). I en studie gjort av E. A. Hanssen viste til at det ikke var noen sammenheng mellom selvvalgt kadens og GE. Det var også en negativ sammenheng mellom en gitt kadens på 50 til 66 rpm

og gjennomsnittlig GE (Hansen, Andersen, Nielsen, & Sjøgaard, 2002). GE var signifikant lavere på selvvalgt kadens enn ved 50 til 66 rpm. Dette viser at det er vanlig for mange å velge en kadens som er høyere enn den kadensen som vil føre til maksimalt GE (Hansen et al., 2002).

Vi kan derfor anta at kadensen som subjektene i studiet vårt valgte ikke er optimal, og derfor påvirker GE. Påvirkningsfaktoren som varierende kadens har på GE er blitt tatt hensyn til i dette studiedesignet, da subjektene skulle holde en konstant kadens gjennom alle testene.

Et studie av Garcia-Lopez et.al (Ferrer-Roca, Rivero-Palomo, Ogueta-Alday, Rodriguez-Marroyo, & Garcia-Lopez, 2017) utforsket forskjellene i tråkkteknikken på tre forskjellige belastninger (200W, 250W og 300W) mellom proffsyklistere og godt trente mosjonister. Kadensen forble konstant på 90 rpm, noe som ligner kadensen som ble selvvalgt i studiet vårt. Garcia-Lopez et. al. konkluderte med at proffsyklistene hadde en jevnere tråkkcyklus (Ferrer-Roca et al., 2017). Det vil si at proffsyklistene var flinkere til å bruke musklene på baksiden av låret (m. semimembranosus, m.semitendinosus og m. biceps femoris) og leggen (m.gastrocnemius og m. soleus) mer aktivt for å dra foten tilbake og klar til et nytt tråkk. Med en større aktivisering av disse musklene vil motsatt bein av tråkkbeinet kunne fungere som en bidragsyter for å opprettholde kraften i tråkket. På denne måten vil det bli opprettholdt en konstant kraft fra musklene til pedalene, som skaper fart. Dette kan utgjøre store forskjeller i oppnådd GE, og viser at tråkkteknikk er en påvirkningsfaktor på hvor effektiv en syklist klarer å være (S. Leirdal & G. Ettema, 2011). Utvalget som var inkludert i studiet vårt er mosjonister og vi kan derfor anta at tråkkteknikken vil kunne påvirke subjektene GE under MF.

På bakgrunn av dette ville vi ved neste anledning innført en treningsperiode for å kunne kartlegge fysiologiske endringer som er med på å påvirke endringen av GE. Ved gjennomførelse av en treningsperiode vil det være større fare for frafall (Kerkelä, Jonsson, Lindwall, & Strand, 2015). Det vil derfor være fordelaktig å inkludere flere subjekter med i utvalget, slik at resultatene vil være reliable uavhengig av frafall. Utvalget som var inkludert i dette studiet består av godt trente mosjonister og kan derfor regnes som en homogen gruppe. Utfordringen med et større og bredere utvalg er at graden av motivasjon kan være forskjellig, noe som støtter opp under faren for frafall. Det vil allikevel være interessant for å få en bedre forståelse for hvordan GE påvirkes under MF. Med et bredere utvalg ville vi kunne se forskjeller i resultatene, og effekten av MF på GE kan bli tydeligere. Dette ville vi gjort ved å

inkludere en gruppe som ikke hadde trent sykkel før, og en gruppe mosjonister som driver med konkurranse. På denne måten kunne vi sett på effekten av treningsstatus, eller effekten av sykkelerfaring hos individer med liten treningsbakgrunn.

Noe som kunne vært gjort annerledes neste gang er å kartlegge tidligere sykkelerfaring. Vi har ingen data på tidligere sykkelerfaring, og dette er noe som kan bli tatt høyde for med en spørreundersøkelse i forkant av testene (Klein et al., 2007). Ved å kartlegge tidligere sykkelerfaring vil vi kunne få en større forståelse av teknikkgrunnet som påvirker GE under MF.

Vi ville også gjort endringer i testprotokoll. Med flere arbeidsperioder ville vi kunne sett en mer tydelig endring av GE under MF. Grunnen til dette er for å stimulere en eventuell konkurransebelastning, da den som oftest vil vare over 2 timer.

I dette studiet er subjektene sammenlignet med seg selv på individnivå. Ved å analysere på individnivå vil vi kunne isolere effekten av MF fra forskjeller mellom subjektene, og få mer presise målinger. Dette er noe vi ser på som en styrke med dette studiedesignet. Det er også vist at motivasjon er en viktig faktor når det gjelder fysiske prestasjoner. Studier viser at godt trente syklister er mer motiverte til å prestere under fysiske tester (LaChausse, 2006). Siden vi hadde en homogen gruppe vil vi anta at motivasjonen var tilnærmet lik hos alle.

En styrke med dette studiet er at siden det bare er en test vil det være redusert frafall, siden testingen er lite tidkrevende.

## **Konklusjon**

GE vil bli redusert som følge av MF. En reduksjon i GE vil skje uavhengig av nivået på aerob kapasitet. Påvirkningen  $VO_2$ -maks har på GE under MF er lite dokumentert og er en faktor som må forskes videre på for å en nærmere forståelse for hvilken grad  $VO_2$ -maks påvirker GE som følge av MF. Nedgangen skyldes mest sannsynlig andre påvirkningsfaktorer som f.eks. teknikk, væsketap og erfaring, noe som blir støttet av tidligere litteratur. Teknikk er noe som ikke er målt i dette studiet, og kan være med på å avdekke tydeligere årsaker til en reduksjon av GE.

**Referanse:**

- Bahr, R., Opstad, P. K., Medbo, J. I., & Sejersted, O. M. (1991). Strenuous prolonged exercise elevates resting metabolic rate and causes reduced mechanical efficiency. *Acta Physiol Scand*, *141*(4), 555-563. doi:10.1111/j.1748-1716.1991.tb09117.x
- Bertucci, W., Taiar, R., & Grappe, F. (2005). Differences between sprint tests under laboratory and actual cycling conditions. *J Sports Med Phys Fitness*, *45*(3), 277-283.
- Coast, J. R., Cox, R. H., & Welch, H. G. (1986). Optimal pedalling rate in prolonged bouts of cycle ergometry. *Med Sci Sports Exerc*, *18*(2), 225-230.
- COYLE, E. F., SIDOSSIS, L. S., HOROWITZ, J. F., & BELTZ, J. D. (1992). Cycling efficiency is related to the percentage of Type I muscle fibers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *24*(7), 782-788. Retrieved from [https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/1992/07000/Cycling\\_efficiency\\_is\\_related\\_to\\_the\\_percentage\\_of.8.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/1992/07000/Cycling_efficiency_is_related_to_the_percentage_of.8.aspx).
- Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2008). Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *The Journal of physiology*, *586*(1), 11-23. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17702815>  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/PMC2375565/>. doi:10.1113/jphysiol.2007.139477
- Ettema, G., & Lorås, H. W. (2009). Efficiency in cycling: a review. *European Journal of Applied Physiology*, *106*(1), 1-14. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1008-7>. doi:10.1007/s00421-009-1008-7
- Ferrer-Roca, V., Rivero-Palomo, V., Ogueta-Alday, A., Rodriguez-Marroyo, J. A., & Garcia-Lopez, J. (2017). Acute effects of small changes in crank length on gross efficiency and pedalling technique during submaximal cycling. *J Sports Sci*, *35*(14), 1328-1335. doi:10.1080/02640414.2016.1215490
- Hansen, E. A., Andersen, J. L., Nielsen, J. S., & Sjøgaard, G. (2002). Muscle fibre type, efficiency, and mechanical optima affect freely chosen pedal rate during cycling. *Acta Physiologica Scandinavica*, *176*(3), 185-194. Retrieved from <https://doi.org/10.1046/j.1365-201X.2002.01032.x>. doi:10.1046/j.1365-201X.2002.01032.x
- Hill, A. V. (1925). The physiological basis of athletic records. *The Scientific Monthly*, *21*(4), 409-428.
- Homestead, E. P., Peterman, J. E., Kane, L. A., Contini, E. J., & Byrnes, W. C. (2016). Estimating Energy Expenditure using Individualized, Power-Specific Gross Efficiencies. *Int J Sports Med*, *37*(14), 1129-1135. doi:10.1055/s-0042-110655
- Hopker, J. G., Coleman, D. A., Gregson, H. C., Jobson, S. A., Von der Haar, T., Wiles, J., & Passfield, L. (2013). The influence of training status, age, and muscle fiber type on cycling efficiency and endurance performance. *J Appl Physiol (1985)*, *115*(5), 723-729. doi:10.1152/jappphysiol.00361.2013
- Hopker, J. G., O'Grady, C., & Pageaux, B. (2017). Prolonged constant load cycling exercise is associated with reduced gross efficiency and increased muscle oxygen uptake. *Scand J Med Sci Sports*, *27*(4), 408-417. doi:10.1111/sms.12673
- Jobson, S., Hopker, J., Korff, T., & Passfield, L. (2012). *Gross efficiency and cycling performance: a brief review* (Vol. 1).
- Kerkeleä, E. S., Jonsson, L., Lindwall, M., & Strand, J. (2015). Individual experiences following a 6-month exercise intervention: A qualitative study. *International Journal of Qualitative Studies on Health and Well-being*, *10*(1), 26376. Retrieved from <https://doi.org/10.3402/qhw.v10.26376>. doi:10.3402/qhw.v10.26376
- Klein, A.-M., Vaissière Bernard, E., Cane James, H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham Saul, A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *274*(1608), 303-313. Retrieved from <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>. doi:10.1098/rspb.2006.3721

- Korff, T., Romer, L., Mayhew, I., & C Martin, J. (2007). *Effect of Pedaling Technique on Mechanical Effectiveness and Efficiency in Cyclists* (Vol. 39).
- LaChausse, R. G. (2006). Motives of Competitive and Non-Competitive Cyclists. *Journal of Sport Behavior*, 29(4), 304-314. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=23083747&site=ehost-live>.
- Leirdal, S., & Ettema, G. (2011). Pedaling technique and energy cost in cycling. *Med Sci Sports Exerc*, 43(4), 701-705. doi:10.1249/MSS.0b013e3181f6b7ea
- Leirdal, S., & Ettema, G. (2011). The relationship between cadence, pedalling technique and gross efficiency in cycling. *European Journal of Applied Physiology*, 111(12), 2885-2893. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21437606>  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/PMC3218268/>. doi:10.1007/s00421-011-1914-3
- Lucia, A., Hoyos, J., Perez, M., Santalla, A., & Chicharro, J. L. (2002). Inverse relationship between VO<sub>2</sub>max and economy/efficiency in world-class cyclists. *Med Sci Sports Exerc*, 34(12), 2079-2084. doi:10.1249/01.Mss.0000039306.92778.Df
- Lucia, A., Hoyos, J., Santalla, A., Perez, M., & Chicharro, J. L. (2002). Kinetics of VO<sub>2</sub> in professional cyclists. *Med Sci Sports Exerc*, 34(2), 320-325.
- Moseley, L., & Jeukendrup, A. E. (2001). The reliability of cycling efficiency. *Med Sci Sports Exerc*, 33(4), 621-627.
- Noordhof, D. A., Vink, A. M., de Koning, J. J., & Foster, C. (2011). Anaerobic capacity: effect of computational method. *Int J Sports Med*, 32(6), 422-428. doi:10.1055/s-0031-1271676
- Pethick, W. A., Murray, H. J., McFadyen, P., Brodie, R., Gaul, C. A., & Stellingwerff, T. (2019). Effects of hydration status during heat acclimation on plasma volume and performance. *Scand J Med Sci Sports*, 29(2), 189-199. doi:10.1111/sms.13319
- Poole, D. C., & Henson, L. C. (1988). Effect of acute caloric restriction on work efficiency. *Am J Clin Nutr*, 47(1), 15-18. doi:10.1093/ajcn/47.1.15
- Santalla, A., Naranjo, J., & Terrados, N. (2009). Muscle efficiency improves over time in world-class cyclists. *Med Sci Sports Exerc*, 41(5), 1096-1101. doi:10.1249/MSS.0b013e318191c802
- Van Schuylenbergh, R., Vanden Eynde, B., & Hespel, P. (2005). Effect of exercise-induced dehydration on lactate parameters during incremental exercise. *Int J Sports Med*, 26(10), 854-858. doi:10.1055/s-2005-837460
- Westerterp, K. R. (2016). Control of energy expenditure in humans. *European Journal Of Clinical Nutrition*, 71, 340. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/ejcn.2016.237>. doi:10.1038/ejcn.2016.237
- Åstrand, P.-O., & Rodahl, K. (2003). *Textbook of work physiology : physiological bases of exercise* (4th ed. ed.). Champaign, Ill: Human Kinetics.



