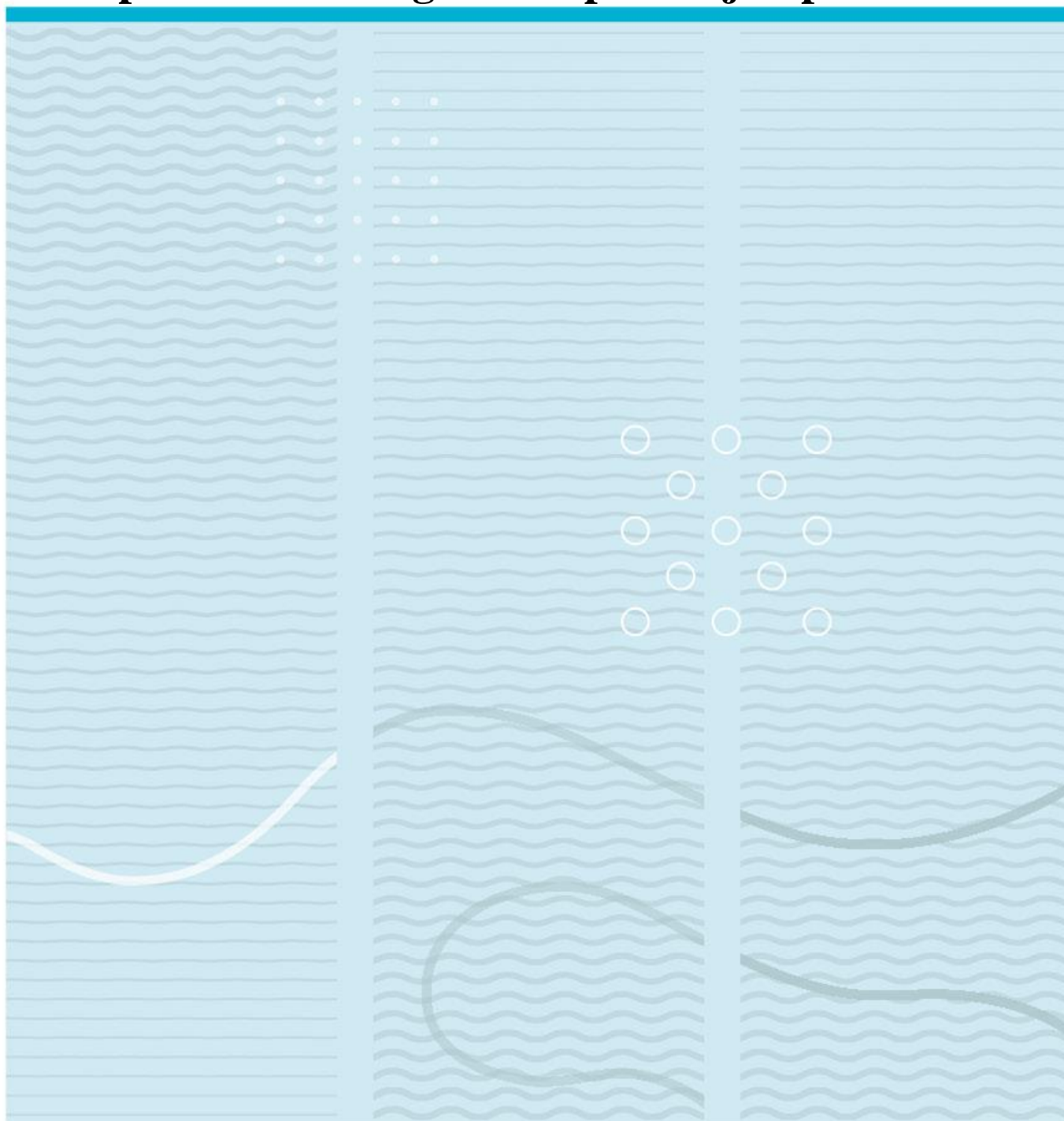


Eivind Paauw

I hvilken grad vil endringer i MANS, MAS, TTU og ASR påvirke endringer i tidsprestasjon på 800m?



Universitetet i Sørøst-Norge
Fakultet for humaniora, idretts- og utdanningsvitenskap (HiU)
Institutt for idrett- og friluftsfag
Postboks 235
3603 Kongsberg

<http://www.usn.no>

© 2023 Eivind Paauw

Denne avhandlingen representerer 60 studiepoeng

Forord

År med hardt arbeid har endelig resultert i en ferdig mastergradsoppgave og jeg kan se tilbake på gode år ved Universitetet i Sørøst-Norge. Jeg vil takke veilederne mine Øyvind Støren og Eva Maria Støa, for tilliten og for å få bidratt til et større forskningsprosjekt. En spesiell takk for god veiledning gjennom alle år, ikke bare for denne oppgaven.

Takk til alle deltagere som deltok på tester og trening.

Datainnsamlingen har til tider vært krevende og logistikkmessig utfordrende, så jeg vil takke test-teamet for å være løsningsorientert og vise ståpåvilje.

Takk til venner og familie som har vist interesse og hørt hvordan det har gått, og spesielt alle som har distraherert meg og fått meg til å tenke på andre ting. Det har vært frustrerende til tider, men dere har hjulpet og holdt meg gående.

Til slutt vil jeg takke samboeren min for god støtte og motivasjon under skriveprosessen.

Lillesand, 20.03.23

Eivind Paauw

Sammendrag

Formål

Formålet med denne masteroppgaven var å se i grad vil endringer i MANS, MAS, TTU og ASR påvirke endringer i tidsprestasjon på 800m-tidsprestasjon.

Metode

13 friske og aktive personer (8 menn og 5 kvinner) deltok i studien. Deltagerne gjennomførte testene VO_{2maks} , C, 100m og 800m. Utrekning på VO_{2maks} og C gav oss hver enkelt deltagers MAS og det ble tatt utgangspunkt i 130% av MAS for å finne hastigheten til den enkelte deltager på TTU. 100m ble brukt til utregning av MANS, og med MANS og MAS gav dette oss deltagerens ASR.

Resultater

Det var ingen sammenheng mellom endringer i MANS, TTU og ASR mot endringer i 800m tidsprestasjon. MANS gav en $r = 0.291$ med en $p > 0.05$. TTU fikk vi $r = 0.208$ med $p > 0.495$ og ASR $r = 0.45$ med en $p > 0.123$. Det ble også sett på sammenheng på MANS mot ASR, men dette gav heller ingen positiv endring med en $r = 0.333$, $p > 0.267$. MAS derimot viste til $r = 0.806^{**}$ med $p < 0.01$.

Konklusjon

En økt MAS viste signifikant korrelasjon med forbedret tid på 800m. Ingen endringer i MANS, TTU eller ASR korrelerte med endringer i tid på 800m.

Begrepsforklaring

ASR: «Anaerobic speed reserve», anaerob sprintreserve

ATP: Adenosintrifosfat

C: «Cost of running», arbeidsøkonomi i løping

C_rP: Kreatinfosfat

Deltatid(er): Endringer mellom pre- og posttester

Hf_{maks}: Maksimal hjertefrekvens

LT: Laktatterskel

LT_v: Fart på laktatterskel

MANS: «maximal anaerobic speed», maksimal anaerob hastighet

MAOD: «maximal accumulated oxygen deficit», maksimal akkumulert oksygen differanse

MAS: «maximal aerobic speed», maksimal aerob hastighet

MV: Minuttvolum

O₂: Oksygen

RFD: Rate of force development

USN: Universitetet i Sørøst-Norge

VO₂_{maks}: Maksimalt oksygenopptak/-forbruk

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	4
Begrepsforklaring	5
1.0 Innledning	8
1.2 Problemstilling	9
2. Teori 10	
2.1 Faktorer av betydning for 800-meterprestasjon	10
2.2 Viktigheten av anaerob og aerob kapasitet for 800-meterprestasjon	10
2.3 Sammenhengen mellom aerobt og anaerobt energiforbruk over korte avstander	11
2.4 Maksimal aerob hastighet (MAS)	11
2.5 VO_{2maks}	11
2.6 Begrensende faktorer for VO_{2maks}	12
2.7 Arbeidsøkonomi (C)	13
2.8 Laktatterskel og utnyttingsgrad	14
2.9 Maksimal anaerob hastighet (MANS)	14
2.10 Begrensende fysiologiske faktorer for MANS	15
2.11 Anaerob kapasitet	16
2.12 Anaerob sprintreserve (ASR)	16
2.13 Tid til utmattelse på 130% av MAS (TTU)	16
2.14 Anaerobe energiomsetningsystemer	17
2.15 Kjønnsforskjeller	17
3.0 Metode	18
3.1 Deltagere	18
3.2 Utstyr	19
3.3 Formler	20
3.4 Testprotokoll	20
3.5 Observasjonsstudie av trening	22
3.6 Statistikk	23
4.0 Resultater	23
5.0 Diskusjon	28
5.1 Hovedfunn	28
5.2 Sammenheng mellom endring i MAS og endring i tidsbruk på 800m tid	28
5.2.1 Ingen sammenheng mellom endring i MANS og endring i tidsbruk på 800m	28
5.2.2 Ingen sammenheng mellom endring i ASR og endring i 800m-tid	29
5.2.3 Ingen sammenheng mellom endring i TTU og endring i 800m-tid	29
5.2.3 Ingen sammenheng mellom endring i TTU og endring i ASR	30

5.3	<i>Styrker, svakheter og feilkilder ved studien</i>	30
5.4	<i>Praktiske implikasjoner</i>	31
6.0	Konklusjon	33
7.0	Litteratur	34
	Vedlegg 1 Invitasjon til deltagelse i studien	42
	Vedlegg 2 Egenerklæring helse	43
	Vedlegg 3 Beskrivelse av studien og gjennomførelsen av den	44

1.0 Innledning

Å oppnå en god prestasjon på mellomdistanse som 800 meter krever både god aerob- og anaerob kapasitet (Nevill et al., 2008; Sandford et al., 2019b; Støren et al., 2021). Flere studier har også vist at forholdet mellom aerobt og anaerobt energibidrag i et 800m-løp avhenger av hvor mye tid som brukes over distansen (Duffield et al., 2005; Medbo & Tabata, 1989; Nevill et al., 2008; Støren et al., 2021). For en løpsti på 120 sekunder er den prosentvise fordelingen av aerobt og anaerobt energiforbruk omtrent 60/40%, mens ved 150 sekunder er andelsfordelingen cirka 70/30% (Duffield et al., 2005; Nevill et al., 2008; Støren et al., 2021). Det kan sees at jo kortere tidsbruk, desto større bidrag fra anaerob energiomsetning. Dette betyr at mellomdistanseutøvere ikke bare bør bruke mer tid på å utvikle sin aerobe kapasitet, men de bør også fokusere på trening som forbedrer deres anaerobe kapasitet (Sandford et al., 2019b, Støren et al., 2021).

Aerob utholdenhetsprestasjon bestemmes i hovedsak av maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}) og arbeidsøkonomi (C), som kan uttrykkes som maksimal aerob hastighet (maximal aerobic speed, MAS) (Helgerud et al., 2010; Støren et al., 2014, 2021). MAS er definert som den laveste hastigheten som kan opprettholdes samtidig som man når maksimalt oksygenopptak (Bellenger et al., 2015). Hastigheten som tilsvarer den høyeste anaerobe kapasitet er maksimal anaerob hastighet (maximal anaerobic speed, MANS) (Støren et al., 2021). MANS kan måles som toppfart eller gjennomsnittshastighet under 100m sprint, da det utføres med nesten 100% anaerob energiomsetning (Støren et al., 2021). Få studier har satt søkelys på sammenhengen mellom MANS og 800 m tidsprestasjon (Støren et al., 2021). Imidlertid viser resultatene til Nevill et al., (2008), Bachero-Mena et al., (2017), Sandford et al., (2019a), og Støren et al., (2021) at både MAS og MANS er viktig for prestasjonen på 800m.

I tillegg så Sandford et al., (2019a) på differensen mellom MAS og MANS og gav det navnet Anaerob sprint reserve (ASR). Dette starter ved en persons høyeste hastighet ved oppnådd maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}), og deres maksimale sprint hastighet. Det sees videre på hvordan dette spiller inn på 800m, enten man har høy eller lav ASR, og argumenterer for viktigheten av gode målinger på ASR for å oppnå gode tider på 800m.

Testen Tid Til Utmattelse (TTU) ble sett på av Blondel et al., (2001) der de testet på 90%, 100%, 120% og 140% av MAS, og satt til 130% etter Støren et al., (2021). Begge kommer fremt til at man løper raskere 800m-tider dersom den enkelte deltager allerede har en høy MAS, og at det også er behov før høy ASR på toppen av dette (Blondel et al., 2001; Støren et al., 2021).

Få studier har sett på alle variablene MAS, MANS, TTU og ASR opp mot 800m samtidig. Denne studiens hovedmål var da å gjennomføre en intervensjon der på MAS og MANS etter deltagerens eget ønske for å se hvordan disse variablene spiller opp mot hverandre. Det er også få studier som har belyst alle variablene i samme studie og det resulterte til følgende problemstilling:

1.2 Problemstilling

I hvilken grad vil endringer i MANS, MAS, TTU og ASR påvirke endringer i tidsprestasjon på 800m?

2. Teori

2.1 Faktorer av betydning for 800-meterprestasjon

Det er en rekke ulike faktorer som bestemmer prestasjonen på 800 meter. Dette er fysiologisk, men også psykologisk, antropometrisk og biomekanisk. Psykologiske faktorer inkluderer prestasjonsvisualisering, selvsnakk, målsetting, bekjempelse av mental tretthet, verbal oppmuntring og direkte konkurranse med andre utøvere (McCormick et al., 2015). Sánchez-Muñoz et al., (2020) skriver at antropometriske faktorer også har vist seg å påvirke prestasjon på 800m hos unge menn. Sammenlignet med langdistanseløpere, er mellomdistanseløpere tyngrer og høyere, og har et større muskeltverrsnitt (Sánchez-Muñoz et al., 2020). De biomekaniske forholdene inkludert løpsteknikk, både ved topp- og bunnhastighet, påvirker både evnen til å oppnå maksimal løpshastighet og arbeidsbesparelsene ved løping (Thompson 2017). Sentrale fysiologiske variabler som vil være av betydning for 800-meterprestasjon er maksimal sprinthastighet, maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}) og arbeidsøkonomi i løping (C) (Støren et al., 2021). Med utgangspunkt i bestemmende fysiologiske faktorer for 800m prestasjon, er det foreslått en forklaringsmodell som gir at prestasjon = (aerob kapasitet + anaerob kapasitet) / energikostnad (Pate & Kriska (1984, di Prampero et al., 1993). Dermed er evnen til å kunne produsere mest mulig adenosintriofosfat (ATP), og samtidig bruke minst mulig av den pr. løpssteg sentralt (Brandon, 1995). Imidlertid kan 800 meter-løperen ha stor variasjon i fordelingen av aerob og anaerob kapasitet og fortsatt løpe fort (Brandon, 1995). VO_{2maks} , laktatterskel (LT) og fart på laktatterskel (LT_v) har tidligere blitt fremhevet som nøkkelfaktorer for 800 meters ytelse (Thompson, 2017).

2.2 Viktigheten av anaerob og aerob kapasitet for 800-meterprestasjon

Mellomdistansen 800-meter er en unik distanse i friidrett når det kommer til de fysiologiske kravene som stilles til den enkelte utøver (Thompson, 2017; Brandon, 1995). I motsetning til kortere distanser som 100m og 200m og lengre distanser som 5 000-meter og 10 000-meter, krever 800-meter på høyt nivå både høy sprinthastighet, ned mot 11 sekunder på 100-meter for menn, og høy aerob kapasitet målt som VO_{2maks} (opp mot $80 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) (Sandford et al., 2019). I dag står verdensrekorden til Dave Rudisha på 800-meter for menn på 1.40.91 (IAAF, hentet 28. februar 2023), og verdensrekorden til Jamila Kratochvílova på 800-meter for kvinner på 1.53.28 (IAAF, hentet 28. februar 2023). Ifølge Medbø & Tabata (1989) vil disse tidene være godt innenfor området hvor det aerobe bidraget vil være mellom 55 og 65%. Ergo stilles det høye krav til både maksimal aerob kapasitet og maksimal anaerob kapasitet hos 800-meterløpere (Duffield et al., 2005; Thompson, 2017).

2.3 Sammenhengen mellom aerobt og anaerobt energiforbruk over korte avstander

I samsvar med den konvensjonelle forståelsen av sammenhengen mellom aerob og anaerob energimetabolisme, påviser Gastin (2001) at den relative andelen av aerob energiomsetning økte og at den relative andelen av anaerob energiomsetning minsket, ettersom varigheten av maksimal aktivitet økte. Det er også påvist hvordan aerob energiomsetning under maksimalt arbeid økte med økende varighet: fra 40% på 30 sekunder, til 50% på 60 sekunder og 65% i 120 sekunder (Medbø & Tabata, 1989). Dette står i en viss kontrast til McArdle et al. (2015, s. 233), hvor relativ andel aerob og anaerob energiomsetning oppgis å være ca. 50/50 etter 90 sekunder med maksimal aktivitet. Siden tid på 800 meter kan variere fra 100 til 180 sekunder, er det i alle tilfeller et betydelig bidrag fra både aerob og anaerob energimetabolisme (Gastin, 2001; Duffield et al., 2005). Dette betyr at 800 meter-utøveren kan dra nytte av å øke både maksimal aerob- og anaerob løpshastighet (Brandon, 1995).

2.4 Maksimal aerob hastighet (MAS)

MAS er den laveste kontinuerlige hastigheten en person kan løpe med, men samtidig oppnå VO_{2maks} (Renoux et al., 2000), samt høyeste hastighet før VO_2 slutter å øke. MAS avhenger både av VO_{2maks} og C (Berthoin et al., 1996). I den foreliggende studien ble det forutsatt at MAS kunne beregnes ved hjelp av den enkle formelen VO_{2maks}/C , som vist i Helgerud et al., (2010) og i Støren et al., (2021). Fordelen med MAS er at den angir løpshastighet, og dermed kan relateres direkte til, og med samme benevnning som løpsprestasjon i for eksempel et testløp eller en konkurranse (Støren et al., 2021).

2.5 VO_{2maks}

VO_{2maks} er et mål på maksimal aerob kapasitet (Bosquet et al., 2002; Bassett & Howley, 2000), og angir volum oksygen forbrukt pr. tidsenhet. Korrekt benevnning av VO_{2maks} er liter pr. minutt ($L \cdot \text{min}^{-1}$). Helgerud et al., (2007) skriver at VO_{2maks} anses å være den viktigste faktoren for prestasjon i utholdenhetsidretter. Samtidig kan, ifølge Helgerud et al. (2007), det høyeste målte oksygenopptak (VO_{2peak}) variere i henhold til type aktivitet eller sport som utøves. For eksempel vil en løpers VO_{2peak} i løping være lik VO_{2maks} , men lavere dersom den testes på sykkel (McArdle et al., 2015, s. 228). I denne foreliggende studien ble VO_{2maks} målt i $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, også kjent som kondisjonstall, siden det angir VO_{2maks} relativt til kroppsvekten som må flyttes i aktiviteten. En enda bedre benevnning av VO_{2maks} i løping har vist seg å være $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-0.75} \cdot \text{min}^{-1}$ (Bergh et al., 1991). Prinsippet med å relatere energiomsetning eller arbeid til

kroppsmasse kalles allometrisk skalering (Støren et al., 2009). Imidlertid bortfaller behovet for allometrisk skalering når VO_{2maks} og C brukes til å beregne MAS, så lenge begge har samme kroppsmassebenevning.

2.6 Begrensende faktorer for VO_{2maks}

Faktorene som begrenser VO_{2maks} kan deles inn i to deler: supply og demand (Wagner, 1996). Ficks formel beskriver at $VO_2 = \text{hjerterets minuttvolum (MV)} \cdot \text{arteriell-venøs } O_2\text{-differanse (A-}VO_2\text{diff)}$ (McArdle, et al., 2015, s. 342). I denne sammenheng vil MV representere tilbud, mens A- VO_2 diff vil representere etterspørsel. Ved helkroppsarbeid hos friske, er den mest begrensende faktoren for VO_{2maks} kapasiteten til å transportere O_2 fra lungene, gjennom hjertet og til skjelettmuskulaturen, altså supply (Bassett & Howley, 2000; Wagner, 1996).

Lungediffusjonskapasitet kan begrense VO_{2maks} hos eliteidrettsutøvere i utholdenhetsidretter (Bassett & Howley, 2000). Dette kan forekomme på grunn av at et høyere MV (40L hos eliteidrettsutøvere mot 25L i "normalbefolkning") pumpes gjennom lungekapillærene (Bassett & Howley, 2000). Dette resulterer i kortere diffusjonstid i lungekapillærene, noe som reduserer tiden det tar å mette røde blodlegemer med O_2 (Bassett & Howley, 2000). MV bestemmes av hjertets slagvolum (SV) \cdot maksimal hjerterefrekvens (HF_{maks}) (Helgerud et al., 2007). MV blir spesielt viktig fordi under helkroppsarbeid kan skjelettmuskulaturen konsumere mer oksygen (O_2) enn den kan få tilgang til gjennom sirkulasjonssystemet (Richardson et al., 1999). Siden maksimal hjerterefrekvens ikke kan trenes (Helgerud et al., 2007), og dermed heller ikke påvirker VO_2 -dynamikken (Munch et al., 2014), er den eneste måten å øke MV på ved å øke slagvolum (Helgerud et al., 2007; Bassett og Howley, 2000). Blodets oksygenbærende kapasitet styres hovedsakelig av hemoglobinnivået og er derfor avhengig av mengden røde blodlegemer (Helgerud et al., 2007; Bassett & Howley, 2000). Utholdenhetstrening viser til den økning i blodvolum (BV) og at trente utholdenhetsutøvere kan ha opptil dobbelt så høyt BV som en gjennomsnittlig person, 5 liter hos gjennomsnittsperson og 9-10 liter hos eliteutøvere (Skattebo et al., 2020). Dette understreker Helgerud et al., (2007) poeng om blodets oksygenbærende kapasitet avhenger av hemoglobinnivået og røde blodlegemer. Schmidt & Prommer (2008, 2010) fant at dersom hemoglobinmassen (Hb_{massen}) økte med ett gram ville VO_{2maks} kunne øke med 3-4 $ml \cdot min^{-1}$. Mengden røde blodlegemer kan økes ved trening i høyden, som øker produksjonen av erythropoietin (EPO) (Flaherty et al., 2016), eller gjennom ulovlige midler, som blod doping (Bassett & Howley, 2000). Etterspørsel refererer til skjelettmuskulaturens evne til å

konsumere O_2 gjennom energimetabolisme, og er i stor grad avhengig av aktiv skjelettmuskelmasse, størrelse og antall mitokondrier, og nivåer av aerobe enzymer (Bassett & Howley, 2000). Perifer diffusjonsgradient refererer til størrelsen på diffusjon mellom blod og muskel under aktivitet, og styres direkte av konsentrasjonsforskjeller i O_2 mellom blod og muskelcelle (Bassett & Howley, 2000). Diffusjonsgradienten bestemmes altså av forskjellen mellom PO_2 (barometrisk trykk av oksygen) i muskelmitokondriene og i blodet (Bassett & Howley, 2000). Jo høyere PO_2 i blodet i forhold til mitokondriene, desto større diffusjon (Bassett & Howley, 2000). Dette betyr at økt tilbud og etterspørsel vil øke den perifere diffusjonsgradienten. I teorien vil doubling av antall mitokondrier i muskel også doble antall punkter hvor muskelen kan absorbere O_2 (Bassett & Howley, 2000). På den annen side viser det seg at dette kun øker VO_{2maks} moderat (20-40%), til tross for en 2,2-ganger økning i mitokondrieenzymer (Bassett & Howley, 2000).

Kapillærtettheten i skjelettmuskulaturen anses som en viktig faktor til muskelens kapasitet (Hellsten & Nyberg, 2015). Ved å øke kapillærtettheten vil også muskelens diffusjonskapasitet øke, samt økning av $A-VO_2diff$, som ved utrente personer kan trenes opp 10-40% på 4-8 uker ved en treningsbelastning på 60%-80% (Hellsten & Nyberg, 2015).

2.7 Arbeidsøkonomi (C_r)

Arbeidsøkonomi er også en viktig faktor som er med på å den enkeltes utøvers prestasjon i utholdenhetsidrett (di Prampero, 2003; Bosquet et al., 2002; Joyner & Coyle, 2008). Arbeidsøkonomi er hvor mye kraft eller hastighet en klarer å generere på gitt nivå av oksygenforbruk (Joyner & Coyle, 2008), og med det vil arbeidsøkonomien i løping (C_r) være direkte omvendt proporsjonalt med oksygenkostnaden på et gitt arbeid over tid, skriver Joyner & Coyle (2008). Ifølge Joyner & Coyle (2008) kan C_r på gitt hastighet i distanseløping variere med 30-40%. Forskjeller i C_r påvirkes av flere individuelle forskjeller (Joyner & Coyle, 2008; Helgerud et al., 2007). Ifølge Helgerud et al., (2007) kan det være metabolske tilpasninger i musklene, ved økt mitokondrietetthet og økning i oksidative enzymer, og muskelens evne til å lagre og bruke elastisk energi ved å øke muskelstivhet (Helgerud et al., 2007). Joyner & Coyle (2008) skriver at muskelfibertypesammensetning spiller har noe å si, der større andel type 1-muskelfibre vil være til fordel for utholdenhetsutøvere. Videre nevner Helgerud et al. (2007) at økt maksimal muskelstyrke, og spesielt økning i «Rate of Force Development» («RFD»), vil være med på å forbedre C_r . Det viser til at RFD har en betydning ved at det gir

en kortere kontraksjonstid i en gitt bevegelsesyklustid, hvilket koster mindre energi og gir lengre avslapningstid – lengre transittid (Støren, 2009). Ved maksimal styrketrening har syklister opprettholdt a-v-O₂diff til tross for redusert supply – hvilket vil si en bedret C_r på et gitt arbeid (Barrett-O'Keefe et al., 2012). Dette tyder på at faktorer påvirket av den maksimale styrketreningen har gitt en økt nevro-muskulær effektivitet.

2.8 Laktatterskel og utnyttingsgrad

Laktatterskel (LT) representerer den høyeste intensiteten der laktatproduksjon og eliminering av laktat er lik og uttrykkes som en prosentandel av VO_{2maks} (Helgerud et al., 2007; Moxnes et al., 2012). LT i prosent av VO_{2maks} ser ikke ut til å være relatert til prestasjon i utholdenhetsløping, selv om løpshastighet på LT (LT_v) ser ut til å være det (Støa et al., 2020). LT varierer fra individ til individ og avhenger trolig hovedsakelig av medfødte egenskaper som andel type I muskelfibre (Støren, et al., 2014) og ser derfor ikke ut til å være trenbare (Støren et al., 2014). LT_v er derimot trenbart og øker med bedring i VO_{2maks}, C_r, eller begge deler (Helgerud et al., 2007; Støren et al., 2014; Støa et al., 2020).

Utnyttingsgrad uttrykkes også som en prosentandel av VO_{2maks} og angir intensiteten man kan ha under et bestemt maksimalt arbeid, for eksempel en løpskonkurranse (Støa et al., 2010). Siden utnyttingsgrad i hovedsak avhenger av arbeidets varighet (Støa et al., 2010), fører en kortere konkurransetid naturlig nok til et høyere utnyttelsesnivå av VO_{2maks}. Ettersom maksimalt arbeid på 800m innebærer at man jobber på en intensitet over 100% VO_{2maks}, vil utnyttingsgrad ikke være av betydning for prestasjon på 800m (Støa et al., 2010).

2.9 Maksimal anaerob hastighet (MANS)

MANS (maximal anaerobic speed), beskriver den høyeste hastigheten en person kan oppnå mens hen beveger seg (Støren et al., 2021). Dette kan man også referere til som "maksimal sprinthastighet". I denne studien måles MANS i m/min og beregnes ved hjelp av denne formelen: (100/hundre meter tid i sekunder) · 60, på samme måte som i Støren et al., (2021). Hastigheten på 100m gir ikke et helt riktig bilde av makshastigheten siden 100m løp involverer både en akselerasjonsfase i begynnelsen, samt en retardasjonsfase ved slutten av løpet (Thompson, 2017). På den annen side gir 100m hastighet et godt bilde av

sprinthastigheten, og i hverdagen for idrettsutøvere og trenere vil det være mye lettere å måle enn absolutt toppfart.

2.10 Begrensende fysiologiske faktorer for MANS

Maksimal sprinthastighet kan defineres som produktet av steglengde ganger stegfrekvens, der Salo et al., (2011) skriver at toppidrettsutøvere på 100m den enkelte utøver fokuserer på å perfektionere steglengde og stegfrekvens etter individuelle egenskaper. For å oppnå en god steglengde stilles store krav til kraftutviklingen mot underlaget i hvert steg (Thompson, 2017), mens koordinative egenskaper synes å spille en stor rolle vedrørende stegfrekvensen. Gjentatt stor kraftutvikling stiller store krav både til redannelse av ATP, og til evnen til å raskt danne tverrbroer i aktuell muskulatur (Raastad et al., 2010).

Som betegnelsen MANS antyder, spiller effektiviteten til det anaerobe energimetabolismesystemet en viktig rolle i ytelsen, siden den raske dannelsen av ATP er en nøkkelkomponent i høye sprinthastigheter (Thompson, 2017). I tillegg vil det nevromuskulære systemets evne til å raskt frigjøre kalsium fra sarkoplasmatiske retikulum i muskelcellene, og dermed raskt danne tverrbroer mellom myosin og aktinfilamentene i musklene være viktig for å kunne produsere kraft hurtig (McArdle et al., 2015). Ifølge Thompson (2017) er RFD også påvirket av maksimal styrke. Maksimal muskelstyrke er avhengig av muskelvernsnittet og evnen til å bruke dette med god nevromuskulær aktivering (Maffiuletti et al., 2016). Ved å kunne rekruttere flere motoriske enheter og ha høy fyringsfrekvens, vil det være mulig å frigjøre mer kalsium fra sarkoplasmatiske retikulum og flere tverrbroer vil kunne delta samtidig (Maffiuletti et al., 2016). Ved å ha en høy prosentandel type II-fibre er evnen til å utvikle mye kraft, selv ved høye forkortningshastigheter i de involverte musklene, bedre enn med en høy prosentandel type I-fibre (Maffiuletti et al., 2016). I tillegg vil god muskel/senestivhet i bena, samt god agonist-antagonist koordinasjon, ha stor betydning for god sprinthastighet (Maffiuletti et al., 2016). Til slutt er det viktig at man skaper høyest mulig effekt (Power) (Raastad et al., 2010) og at dette kan opprettholde kraftutviklingen i høy fart.

2.11 Anaerob kapasitet

"Anaerob kapasitet" defineres som den maksimale mengden ATP kroppen produserer i løpet av tiden arbeidet tar (Green & Dawson, 1993), og betegner således et volum. Anaerob kapasitet er nært knyttet til prestasjoner i aktiviteter og idretter som krever høy intensitet i løpet av kort tid, for eksempel 100m sprint (Zagatto et al., 2017). Medbø et al., (1985) konkluderte med at anaerob kapasitet kan kvantifiseres ved å bruke oksygenunderskudd som indeks. Dette har vært et problem, da det har vist seg vanskelig å kvantifisere anaerob kapasitet på en enkel måte ved testing med forhåndsdefinerte eksterne belastninger (Green & Dawson, 1993; Gastin, 2001; Zagatto et al., 2017). Kvantifiseringen av anaerob kapasitet har vist seg å være kompleks og kontroversiell i praksis, så hastighetsbasert snarere enn kapasitetsbasert kvantifisering er mer hensiktsmessig for praktisk daglig trening av idrettsutøvere og trenere. Begrepet *maksimal anaerob hastighet* (MANS) og det mer vanlig brukte begrepet *maksimal aerob hastighet* (MAS) letter kvantifiseringen av ytelsesprediktive egenskaper i mellomdistanseidretter.

2.12 Anaerob sprintreserve (ASR)

Den anaerobe sprintreserven, «anaerobic speed reserve» (ASR), er hastighetssonen mellom hastigheten der VO_{2maks} først nås og maksimal sprintsprinthastighet/maksimal anaerob hastighet (Sandford et al., 2019a). Det vil si differansen mellom MAS og MANS (Sandford et al., 2019a). ASR er relatert til den fysiologiske og mekaniske variasjonen til 800m-løperen, som lar løperen taktisk og effektivt løpe 800m basert på sin avslappede løpshastighet med rask akselerasjon når det er nødvendig (Sandford et al., 2019a). Sandford et al. (2019a) viser at 800m-løpere i verdensklasse (tider på ca. 104-105 sekunder) har større ASR enn grupper på lavere nivå (107 sekunder). Vi antar at 800m-løpere med høy ASR og høy MANS er i stand til å løpe raskere og mer avslappet sammenlignet med løpere med lavere ASR, gitt at MAS også er høy (Sandford et al., 2019a). Høy ASR kan skyldes lav MAS, og dermed er det ikke gitt at høy ASR fører til bedre prestasjon (Sandford et al., 2019a; Støren et al., 2021).

2.13 Tid til utmattelse på 130% av MAS (TTU)

TTU tester deltagerne etter samme standard som Blondel et al., (2001) for å målet for testen er å opprettholde gitt hastighet til utmattelse utregnet av hastigheten ved oppnådd VO_{2maks} . Blondel et al., (2001) fant en sterk korrelasjon mellom TTU og ASR på 120- og 140% av MAS. Støren et al., (2021) så på TTU på 130% av MAS på en supramaksimal hastighet

relativ til den enkeltes MAS. Ved en relativ fart for den enkelte deltager blir det en enklere test å gjennomføre, så fremst man vet hver enkelt deltagers sin MAS (Støren et al., 2021).

2.14 Anaerobe energiomsetningssystemer

Som tidligere nevnt kan det anaerobe energimetabolismesystemet deles inn i to hoveddeler: ATP-CrP-systemet og glykolyse (McArdle et al., 2015, s. 162).

ATP-CrP system

ATP-CrP-systemet er det første anaerobe energimetabolismesystemet som kroppen bruker under anstrengende aktivitet (Gastin, 2002; Artioli, et al., 2012; McArdle et al., 2015, s. 162). I følge Gastin (2001) skjer hovedbidraget til ATP-CrP-systemet i løpet av de første 1-2 sekundene av maksimal aktivitet. Omtrent 75–85% av CrP-lageruttømmingen skjer i løpet av de første 10 sekundene med maksimal aktivitet, og etter 20 sekunder med maksimal anstrengelse skjer liten, om noen, ATP-produksjon av ATP-CrP-systemet (Gastin, 2001). Det er to hovedfaktorer som bestemmer effektiviteten til ATP-CrP-systemet. Størrelsen på intramuskulære ATP-CrP-lagre og hvor raskt disse lagrene tømmes ved topp ytelse (McArdle et al., 2015, s. 230).

Glykolysen

Kun sekunder etter oppstart av bevegelse med maksimal ytelse bidrar glykolyse betydelig til ATP-produksjon (Gastin, 2001; McArdle et al., 2015, s. 231). Dette betyr imidlertid ikke at det anaerobe energimetabolismesystemet er det eneste som bidrar til ATP-produksjon i de tidlige fasene av en bevegelse. Aerobt energiforbruk starter tidlig og øker med varigheten av aktiviteten (Medbø et al., 1985; Gastin, 2001; McArdle et al., 2015, s. 231).

2.15 Kjønnforskjeller

Fysiologisk har menn bedre resultater når det gjelder både aerob (Sollie & Losnegaard, 2022) og anaerob kapasitet (McArdle et al., 2015, s. 232-233). Mindre kjent er imidlertid funnet om at når man justerer for aktiv muskelmasse mellom menn og kvinner, har menn en gjennomsnittlig forskjell på rundt 20% og overlegen relativ anaerob kraftutgang (McArdle et al., 2015, s. 233). To studier (Murphy et al., 1986; Hill & Smith, 1993) kom til lignende konklusjoner ved å bruke 30-sekunders Wingate-testen og kom frem til at kjønnforskjeller ikke kan forklares i «lean body mass-index». Duffield et al. (2005) fant at forholdet mellom

aerobt og anaerobt energibidrag i 800-metersløpet var 60/40 for menn (løpetid $126,0 \pm 5,4$ s) og 70/30 for kvinner (løpetid $151,5 \pm 4,9$ s). Hovedårsaken til denne kjønnsforskjellen kan selvsagt skyldes at kvinner bruker mer tid på 800m enn menn.

3.0 Metode

Denne intervensjonsstudien er en del av et større prosjekt som omhandler prestasjonsbestemmende variabler på mellomdistanse. Resultatene i denne masteroppgaven baseres på data samlet inn i perioden 1. september 2021 til 1. november 2022. Deler av dette materialet er nå publisert i Støren et al., (2021), samt vil bli publisert i en kommende artikkel. Det er flere likhetstrekk i metoden og presentasjon av resultatene i masteroppgaven min og i artikkelen til Støren et al., (2021). Det vil også kunne forekomme ulikheter mellom resultater i artikkelen og denne oppgaven, noe som skyldes selvstendig bearbeiding av dataene i oppgaven og en noe ulik problemstilling i forhold til artikkelen.

3.1 Deltagere

Rekruttering ble gjort ved ikke-sannsynlighetsutvelgelse, da deltagere ble rekruttert via invitasjoner (vedlegg 1) til løpere, studenter og andre personer ved direkte invitasjoner. Deltagerne fikk både skriftlig og muntlig informasjon om hva testene ville innebære, og ga skriftlig samtykke for deltakelse, samt underskrev et eget skjema for egenerklæring for helse (vedlegg 2). Deltakelsen var frivillig, og deltakerne kunne trekke seg når som helst uten å oppgi en grunn for dette. Hovedstudien var innmeldt til, og godkjent av forskningsavdelingen ved Universitetet i Sørøst-Norge (USN), samt ved NSD (ref. 183455), og ble gjennomført i henhold til helsinkideklarasjonen (World Medic Association, 2013)

13 deltagere (5 kvinner og 8 menn) samtykket til deltakelse i studien. Kriteriene for inklusjon ble satt til deltagere >18 år, normalt aktive (idrettsstudenter e.l.), og eksklusjonskriterier var skader eller sykdom ikke forenlig med å gjennomføre testene. Prosjektet stod igjen med 13 deltagere ved slutt (5 kvinner og 8 menn).

Tabell 1: Løpernes karakteristika ved pre-test

Variabler	n=13	M (n=8)	K (n=5)
Høyde (cm)	175.8 ± 9.5	182 ± 6.7	168.1 ± 5.7
Vekt (kg)	75.1 ± 14.8	81.5 ± 17	67.7 ± 7.4
Alder	26.5 ± 8	25.7 ± 9.7	27.5 ± 6.2
VO _{2maks} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	47.5 ± 10.3	50.9 ± 10.9	43.5 ± 8.9
800-metertid (sek)	205.6 ± 50.3	185.6 ± 39.2	229 ± 54.9

Verdiene er oppgitt i gjennomsnitt ± standardavvik. VO_{2maks}: maksimalt oksygenopptak, ml·kg⁻¹·min⁻¹: milliliter per kilo kroppsvekt per minutt. N: antall. Cm: centimeter. Kg: kilogram. Sek: sekunder. M: Menn. K: Kvinner. N: antall. *p<0.05 forskjellig fra menn.

3.2 Utstyr

Løpstestene 100m og 800m ble gjennomført ute på en 400-meter friidrettsbane ved USN, Bø. Stoppeklokker som ble brukt var KEEPER. Puls klokke var av typen Polar (RS 100, Finland). Pulsbelte var Polar (Wearlink 31 Coden Transmitter Set, Finland). Deltagere ble veid før VO_{2maks} og vekten som ble brukt var en Marquant (Art.nr: 820-188, Sverige). Sykkelen som ble brukt for å styre hastigheten ved 130% MAS var av typen White (Street Comfort, Norge) med White Cross Speed 700·40c dekk. Sykkelcomputeren var av type SIGMA (BC 05.16, Tyskland). Det var samme person hver gang som syklet for å styre farten ved gjennomføring av 130% MAS testene. Sykkel med sykkelcomputer ble kalibrert opp mot laboratoriets tredemølle.

VO_{2maks} og C-test ble gjennomført inne på testlaboratoriet ved USN, Bø. Tredemøllen som ble benyttet var av merket Woodway PPS55 (Waukesha, WI, USA). Oksygenopptaket ble målt med Cortex Metalyser II (CORTEX Biophysik GmbH, Leipzig, Germany). Det ble målt hvert 10. sekund (mixekammer). Produsenten viser til en nøyaktighet på ±3% i målingene. Det er vist at apparater har en målingsnøyaktighet på <1% ved flere ulike studier gjennomført ved USN, Bø (test-retest reliabilitetstester). Før testene begynte ble VO₂ analysatoren kalibrert for å kunne måle riktig O₂ og CO₂, og tredemøllen kalibrert til riktig fart og stigning.

3.3 Formler

$$C = (\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) / (\text{m} \cdot \text{min}^{-1}) = \text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1},$$

der $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ er VO_2 i milliliter pr. kg kroppsvekt pr. minutt, $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ er hastigheten på tredemøllen i meter pr. minutt målt på en intensitet tilsvarende 70-90% av $\text{VO}_{2\text{maks}}$, og $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ er O_2 forbruket pr. meter.

$\text{MAS} = \text{VO}_{2\text{maks}} (\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) / C (\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}) = \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ MAS uttrykkes ved $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$, altså meter per minutt som skal tilbakelegges på gjennomsnittshastighet bak en sykkel.

$$\text{MANS} = (100\text{m} / \text{tiden i sek}) \cdot 60 = \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$$

100m deles på tiden for å få antall meter pr. sekund. Så ganges dette med 60 for å få antall meter pr. minutt. MANS uttrykkes ved $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ som er det samme som MAS uttrykkes som.

$$\text{Estimert 800m tid} = (0.8 \cdot \text{MAS}) + (0.2 \cdot \text{MANS})$$

0.8 og 0.2 er benyttet med bakgrunn i teoridelen av denne oppgaven, og faktisk tidsbruk på 800-meter hos deltakerne i denne studien, samt den gjennomsnittlige løpshastigheten på 800m som var ca. 120% av MAS.

Hastigheten brukt under test for tid til utmattelse ved 130% av MAS = $(\text{MAS} \cdot 60 / 1000) \cdot$

1.3. MAS blir gjort om til kilometer i timen og ganges med 1.3 for å få 130% av maksimal aerob hastighet.

3.4 Testprotokoll

100m og 800m løpstester

Alle deltagere fikk en beskrivelse på forhånd om hvordan testene ville bli gjennomført og anbefaling om oppvarmingsprosedyre. Oppvarming bestod av 15-25 min (ca. 75% av HF_{maks}), etterfulgt av 3-4 stigningsløp. 100meter-testen var den første testen som ble gjennomført etter oppvarming. Den ble gjennomført i heat med 2 deltagere sammen. Dette for å øke prestasjonen og konkurransen. Tiden ble tatt manuelt med stoppeklokker. Det var 10 til 15 minutters aktiv pause mellom 100m- og 800m-testene. 800-meter testene ble gjennomført med heat på 3 til 6 deltagere med 2 til 4 stoppeklokker. Etter endt tester fikk samtlige deltagere anbefaling om «nedjogging» som avslutning av øktene.

VO_{2maks} og C

I forkant av testen gjennomførte deltagerne en egen 15 minutters oppvarming. Under oppvarmingen fikk deltagerne informasjon om prosedyren i testene som skulle gjennomføres. Før oppvarmingen fikk deltagerne tildelt et pulsbelte og etter oppvarming var gjennomført og før C_r testen skulle starte fikk deltageren en maske påsatt av testleder.

C_r var den første testen som ble gjennomført. Tredemøllen var satt på 0% motbakke. Testen varte 5 minutter og ble gjennomført med en hastighet som tilsvarte 70% - 80% av VO_{2maks}, (Helgerud et al., 2010). VO₂ målinger ble registrert hver 30. sekund fra 03.30 minutter og til endt test på 5 min. For å være sikker på at testen ble gjennomført mellom 70%-80% av VO_{2maks}, ble et drag nummer to, med litt høyere – men fortsatt submaksimal intensitet gjennomført.

Mellom C_r testen og VO_{2maks} testen fikk deltagerne 5-10 minutters pause mens tredemøllen ble justert for stigning og fart. Utgangsstigning var 5% og farten ble satt til farten under siste C_r drag, individuelt fra deltager til deltager, regnet ut av testleder. Deretter ble tempo økt med 0.5 km/t for hvert 30. sekund. Testleder spurte deltaker om økning av fart hvert 30. sekund. Testen ble avsluttet ved frivillig utmattelse. Etter endt test ble det vurdert om VO_{2maks}, var nådd via kriteriene: frivillig utmattelse, avfatning av VO₂-kurven, RER over 1.1, samt hjertefrekvens >95% av HF_{maks} (Poole & Jones, 2017).

IRM

IRM-testen ble gjennomført i Smith-maskin 30 min etter VO_{2maks} testen. Testprosedyre var som følger: 5 repetisjoner på ca. 60% av 1RM, 3 repetisjoner på ca. 75% av 1RM, 2 repetisjoner på ca. 85% av 1RM, 1 repetisjon på ca. 90% av 1RM og deretter 1 repetisjon pr løft til 1RM var oppnådd. Mellom hvert sett var det 2 minutters pause. Samme prosedyre er fulgt i Støren et al., (2021).

TTU

TTU er supramaksimal utholdenhetstest på 130 % av MAS. Deltakerne fikk varme opp i 15 minutter, og etter oppvarmingen gikk testleder gjennom testen med deltakeren. Testen foregikk ved at det var en TP og en testansvarlig på sykkel, og TP skulle løpe i samme hastighet gjennom hele testen. Testansvarlig på sykkel hadde en computer som viste hastighet i km/t. Farten ble regnet ut fra 130 % av MAS, og TP og testansvarlig på sykkel

starter på klarsignal. Tiden ble startet på klarsignal når testansvarlig på sykkel var oppe i riktig hastighet. Når avstanden mellom TP og sykkelen ble mer enn 2 meter stoppet tiden, og testen ble avsluttet. Denne avstanden var enkel å se for tidtagerne da avstanden er like stor som gjerdene rundt hele løpebanen. På forhånd hadde testansvarlig på sykkel varmet opp på hver deltagers gitte fart (130%MAS) så det var en større forutsigbarhet både for testansvarlig på sykkel og deltager.

3.5 Observasjonsstudie av trening

Gjennom dette observasjonsstudiet av trening, fikk hver enkelt deltager bestemme selv om de ville prøve å forbedre MAS eller MANS gjennom en treningsintervensjon. Dette skapte et datasett som gjorde det mulig å se på endringer i enkeltvariabler, som for eksempel MAS-deltatider opp mot ASR-deltatider. Intervensjonsstudiet, uavhengig av valg av MAS eller MANS, besto av 18 treningsøkter fordelt på 6 uker (3 treningsøkter pr. uke), pluss en margin på 2 uker i tilfelle skader eller vondter. Ved antydning til vondter, strekk eller andre symptomer tas disse ukene i bruk og de 18 øktene blir fordelt på 8 uker i stedet for de normerte 6 ukene.

Deltagere tar umiddelbart en uke treningsfri ved slike antydninger, og starter rolig opp igjen etter en uke dersom man ikke kjenner noen antydning til smerter.

Det anbefalte treningsprogrammet består av tre forskjellige typer økter. Hurtighet starter med 40m sprint stille start på 2-4 drag og 2 minutters pause. Etter dette over til 60m sprint med «flying start» på ca. 20m, med 2-3 drag. Det skal være progressive sprinter hvor det siste draget skal være i nærheten av topphastighet.

Spensthopp, der deltager skal hoppe vertikalt over hekker med maksimal mobilisering, 3 · 3 ganger med 3 minutters pause. Siste er maksimal styrketrening; der deltageren trener over >85% av 1RM (som ble testet før intervensjonen startet), bestående av maksimum 1-5 repetisjoner.

Hver av disse øktene utføres en gang hver uke. Deltager bestemmer selv i hvilken rekkefølge de gjennomfører disse øktene på i løpet av en uke, men skal prøve å være konsekvent med denne rekkefølgen de påfølgende ukene. Dersom deltager trener styrke – spenst – sprint den første uka, så tilstreber de å gjennomføre i denne rekkefølgen resten av ukene.

En uke FØR pre-testen kjøres tre testøker - en av hver type - som tilvenning til programmet for å få en indikasjon på treningsbelastning og restitusjonsbehov.

I de første tre ukene skulle det kun kjøres «halv dose» av det som står i treningsprogrammet. Om alt går etter planen de første tre ukene, kjøres «full dose» de siste tre ukene. Eksempelvis vil en slik halvering si at $6 \cdot 4$ reps tilsvarer $3 \cdot 4$ reps. Dersom settantallet er et oddetall, som for eksempel $5 \cdot 4$ reps, kjenner man etter på dagsformen om man ønsker å kjøre $2 \cdot 4$ reps, eller $3 \cdot 4$ reps. Post-testene kjøres 5-7 dager etter siste intervensjonsøkt for å sikre maksimal restitusjon. Det var ingen inklusjons eller eksklusjonskriterier med tanke på gjennomført trening. Da problemstillingen omhandlet i hvilken grad eventuelle endringer i MAS og/eller MANS ville påvirke TTU, ASR eller 800m tidsprestasjon, kunne deltakerne trene som de ville, forutsatt at treningen ble registrert.

3.6 Statistikk

Normalitet ble testet ved hjelp av QQ-plot og Shapiro-Wilk, og materialet ble funnet normalfordelt for hovedutfallsvariabelen tidsprestasjon på 800m. Derfor ble data deskriptivt presentert som gjennomsnitt \pm standardavvik, samt variasjonskoeffisient. Student T-tester ble brukt for å vurdere eventuelle forskjeller fra pre- til post intervensjon. For å se på eventuelle sammenhenger ble bivariate korrelasjonsanalyser gjennomført, i tillegg til lineære regresjoner inkludert standardfeil standard error of the estimate, (SEE). IBM SPSS (versjon 27) ble brukt for alle statistiske analyser, og $p < 0.05$ ble satt som grense for signifikansnivå. Microsoft Excel (versjon 16.0) ble brukt i utarbeidelse av figurer.

4.0 Resultater

Deltakernes karakteristika ved pre-test, samt løpsresultater er vist i tabell 1.

Tabell 3: Resultater fra pre- og posttester (n = 13)

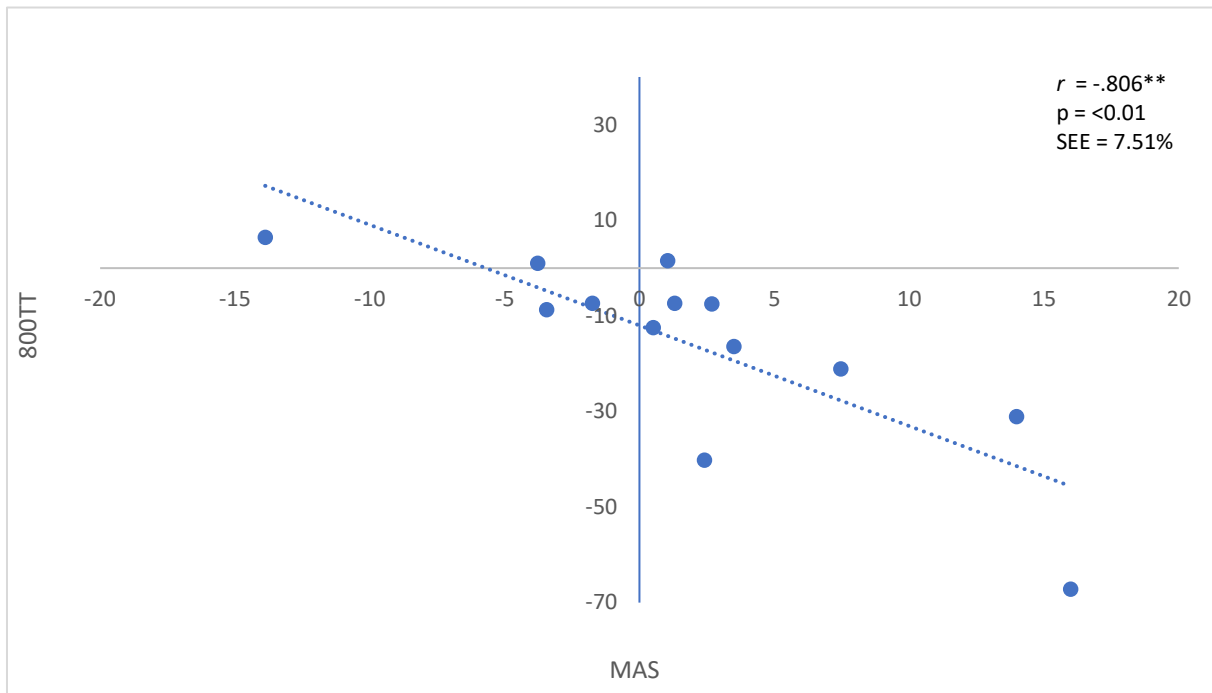
TP	Kjønn	Alder	Høyde (cm)	Vekt (kg)	C		VO ₂ maks		MAS		MANS		ASR		100m		800m		TTU	
					Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
1	M	22	180	94.5	0.21	0.20	41.6	39.2	200	193.1	415.5	414.3	215.5	221,3	14.4	14.4	223.1	214,4	123.8	117.6
2	M	23	175	77.8	0.22	0.22	48.5	49.2	225.5	226.7	488.2	492.6	262.6	221,3	12.2	12.1	199.9	187.4	136.1	125.9
3	M	22	178	70.2	0.20	0.20	63.4	59.8	312.3	300.5	464	451.1	151.7	150,6	12.9	13.3	150	151	65.6	75.5
4	K	40	172	60.7	0.22	0.22	58.8	58	268.3	263.6	472.4	476.2	204.1	212,6	12.7	12.6	148.8	141.4	120	156
5	M	20	184	84.5	0.21	0.19	38.8	36.2	186.3	191.3	408.2	419.6	221.9	228,3	14.7	14.3	219	211.5	164	207
6	K	24	160	63.2	0.22	0.22	447	46.7	205.9	213.2	363.6	341.1	157.6	127,9	16.5	16.6	217.9	201.5	86.9	88.8
7	M	27	193	111.7	0.19	0.19	42.1	43.8	226.3	231.8	444.4	445.4	218.1	213,6	13.5	13.4	220.8	180.6	124.3	127.5
8	K	25	167	69.8	0.20	0.21	34.5	41.1	173.3	197.6	331.5	346.0	158.1	148,4	18.1	17.3	250.4	219.3	140	134.3
9	K	26	164	60.7	0.23	0.22	36.6	40.4	161.2	180	306.1	307.7	144.9	127,1	19.6	19.5	306.5	239.3	147	134.2
10	K	26	170	73.7	0.21	0.20	38.9	40.8	186.1	200	324.3	331.5	138.2	131,5	18.5	18.1	257	235.9	89.4	104.6
11	K	24	176	78.2	0.22	0.22	47.4	47.9	215.4	217.7	411	405.4	195.6	187,7	14.6	14.8	193.4	194.9	128.7	136.8
12	M	47	177	83.6	0.21	0.21	56.7	59	270	279.6	375	388.4	105	108,8	16	15.4	156.5	150.1	70.6	95.24
13	M	19	189	68.0	0.19	0.20	65.3	70.7	345.5	350	454.5	460.8	110	110,8	13.2	13	129.7	122.3	31.5	31
Gj.snitt		26.5	175.8	75.1	0.20	0.21	47.5	48.7	229	234.8*	404.5	406.2	175.6	171.9	15.2	15	205.6	188.4**	109.8	118
SD.		±8	±9.5	±14.8	±0.01	±0.01	±10.3	±10.3	±55.3	±48.8	±60.2	±59.6	±47.6	±52	±2.4	±2.3	±50.3	±37.3	±38	±42.2
VC(%)		0.3	0.05	0.2	0.05	0.05	0.21	0.21	0.24	0.21	0.15	0.15	0.12	0.3	0.16	0.15	0.24	0.20	0.35	0.02

C: Arbeidsøkonomi oppgitt i antall milliliter oksygen forbrukt pr. kg kroppsvekt pr. meter. VO₂maks: maksimalt oksygenopptak oppgitt i antall milliliter forbrukt pr. kg kroppsvekt pr. minutt.

MAS: maksimal aerob hastighet. MANS: maksimal anaerob hastighet. ASR: anaerob sprintreserve. 100m: tid på 100m sprint oppgitt i sekunder. 800m: tid på 800m sprint. TTU 130%MAS: tid-til-utmattelse ved løping på 130%MAS. Gj. snitt: gjennomsnitt. SD: Standardavvik. VC: Variasjonskoeffisient. K: Kvinner. M: Menn

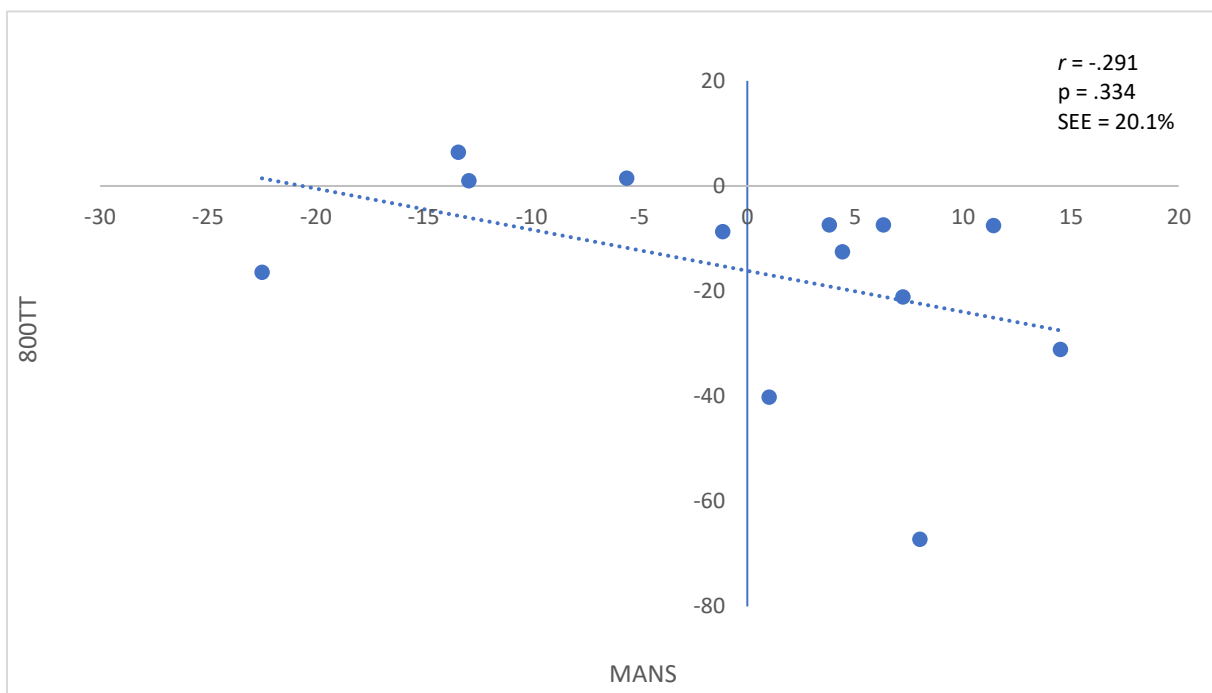
*p < 0.05 endring fra pre-test, **p < 0.01 endring fra pre-test.

Figur 1 viser sammenheng mellom deltatider for MAS og 800m tid, oppgitt i sekunder hos 13 deltagere. Det var en signifikant korrelasjon mellom MAS og 800m tid.



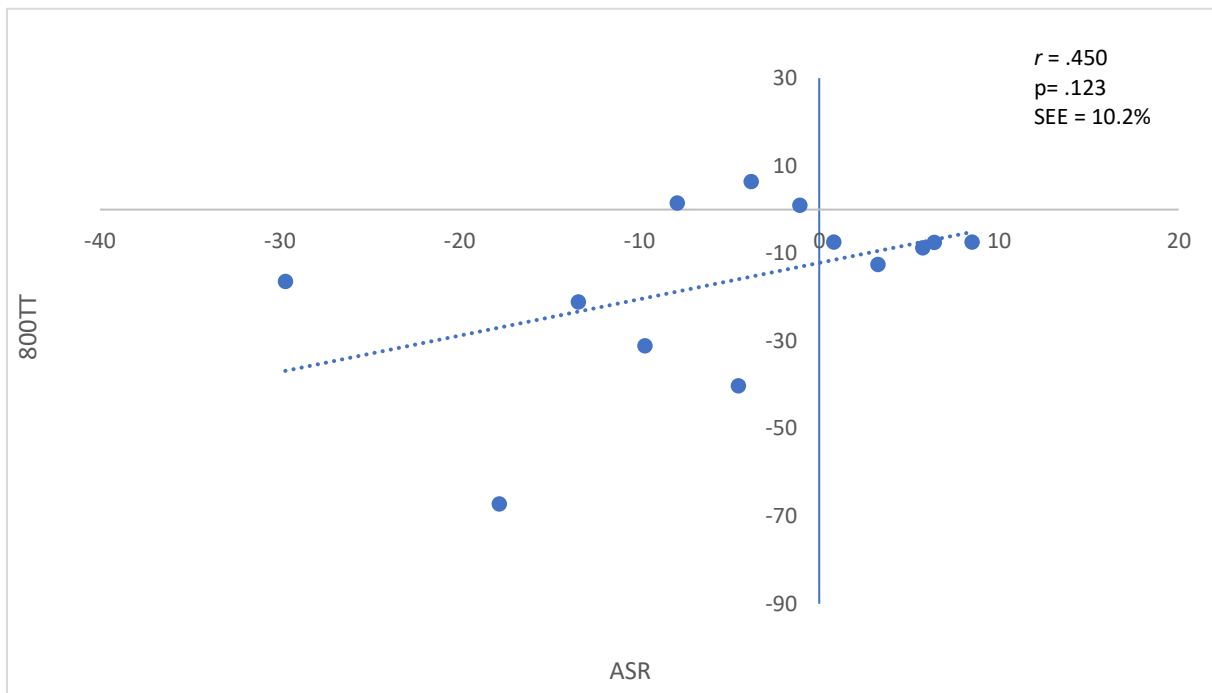
Figur 1: Endringer mellom pre- og posttester i MAS og 800TT. $p < 0.01$ korrelasjon er signifikant mot 0.01.

Figur 2 viser sammenheng mellom deltatider for MANS og 800m tid, oppgitt i sekunder hos 13 deltagere. Det var ikke en signifikant korrelasjon mellom MANS og 800m tid.



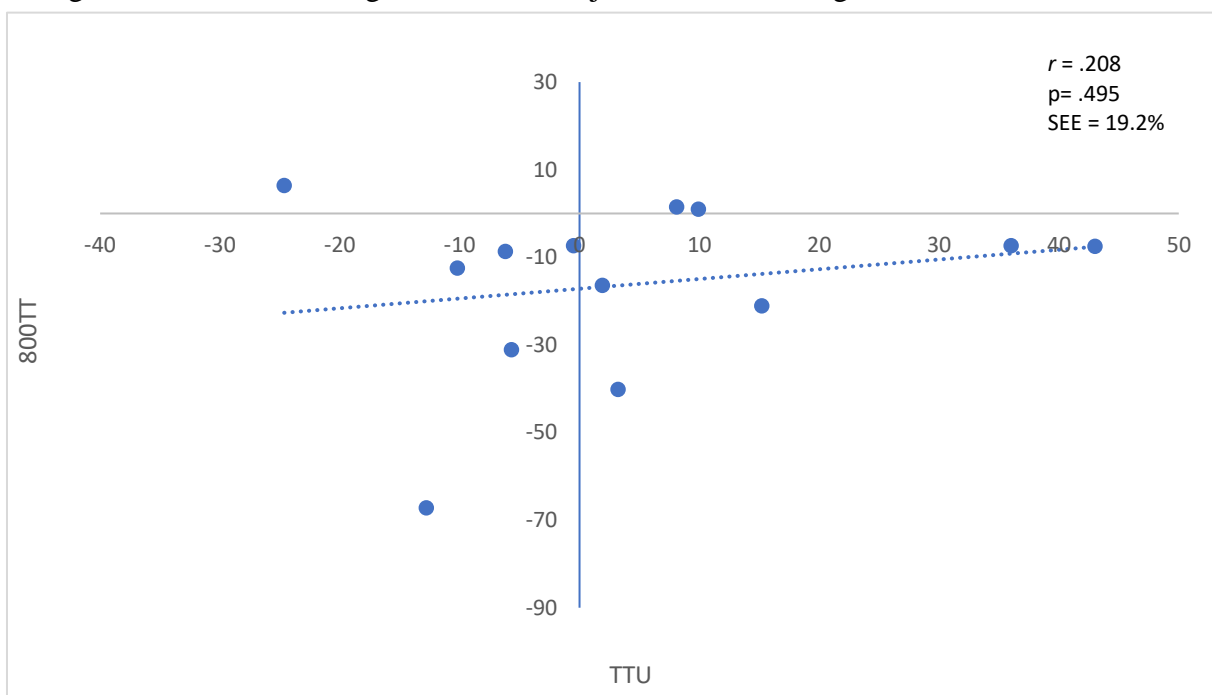
Figur 2: Endringer mellom pre- og posttester i MANS og 800TT.

Figur 3 viser sammenheng mellom deltatider for ASR og 800m tid, oppgitt i sekunder hos 13 deltagere. Det var ikke en signifikant korrelasjon mellom ASR og 800m tid.



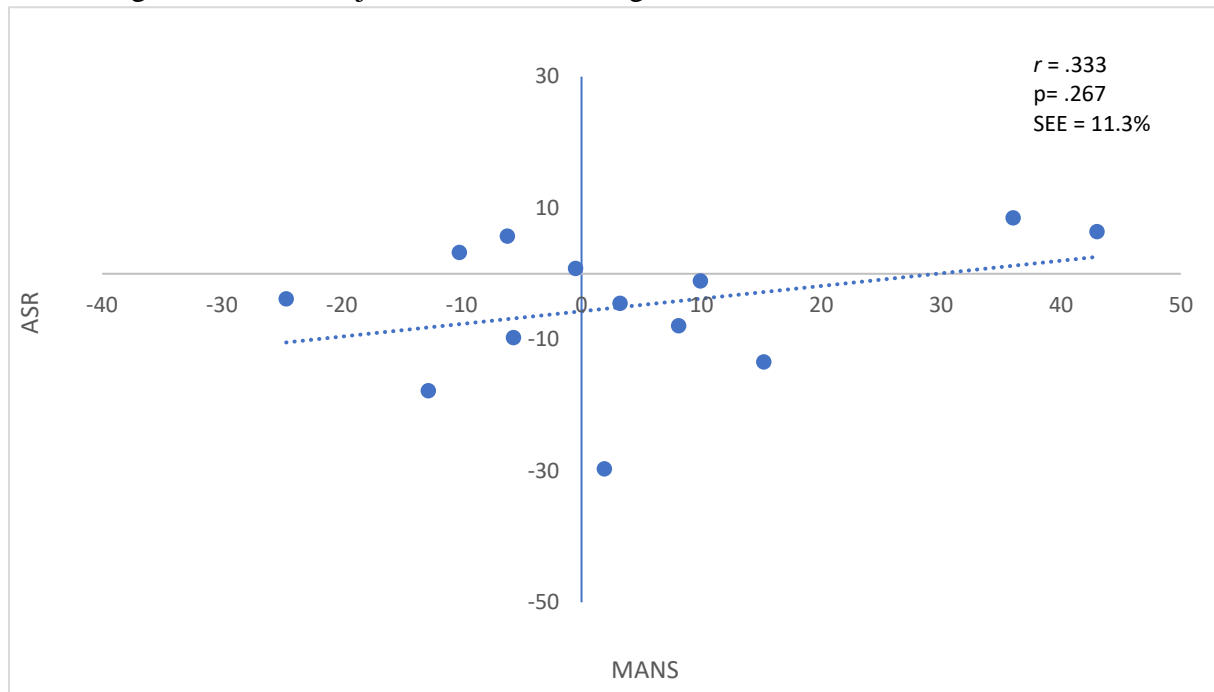
Figur 3: Endringer mellom pre- og posttester i ASR og 800TT.

Figur 4 viser sammenheng mellom deltatider for TTU og 800m tid, oppgitt i sekunder hos 13 deltagere. Det var ikke en signifikant korrelasjon mellom TTU og 800m tid.



Figur 4: Endringer mellom pre- og posttester i TTU og 800TT.

Figur 5 viser sammenheng mellom deltatider for MANS og ASR hos 13 deltagere. Det var ikke en signifikant korrelasjon mellom MANS og ASR.



Figur 5: Endringer mellom pre- og posttester i ASR og MANS.

Deltakerne løp i gjennomsnitt 8.37% raskere ved posttest på 800m. I samme periode økte MAS med 2.47%, mens MANS økte med 0.42%. De som økte summen av 0.8MAS +0.2 MANS mest bedret 800m-tiden sin med 17.2s.

5.0 Diskusjon

5.1 Hovedfunn

Hovedfunnet i denne masteroppgaven var en signifikant sammenheng mellom endring i MAS og endring i tidsbruk på 800m, der bedre MAS korrelerte med kortere tid på 800m. Det ble ikke funnet sammenheng mellom endringer i MANS, ASR eller TTE og endring i tidsbruk på 800m.

5.2 Sammenheng mellom endring i MAS og endring i tidsbruk på 800m tid

Det ble funnet en sterk negativ korrelasjon mellom delta-MAS og delta-800m-tid i sekunder.

Forhøyet MAS ga altså bedre tider på 800-meter. Dette er i samsvar med

kartleggingsresultater fra en tidligere masteroppgave på samme område (Thomesen, 2020), der det ble funnet signifikant negativ korrelasjon mellom MAS og tid på 800m. Det samme ble funnet i Støren et al., (2021). Tidligere studier har også funnet en sammenheng mellom enten MAS eller VO_{2maks} og tidsprestasjon på 800m (Sandford et al., 2019a; Sandford et al., 2019b; Støa et al 2020; Støren et al., 2021). Imidlertid er det foreliggende studiet den første som har vist sammenheng mellom forbedring i MAS og bedret tidsprestasjon på 800m.

Å øke VO_{2maks} vil gi bedret potensialet for aerob ATP-produksjon (Duffield et al., 2005) og ved å trene C vil man over tid trene seg opp til å bruke mindre ATP pr. løpte meter (Helgerud et al., 2007). Til sammen vil dette gjøre at man kan løpe raskere aerobt.

5.2.1 Ingen sammenheng mellom endring i MANS og endring i tidsbruk på 800m

Dette var noe overaskende siden det ble funnet en signifikant sammenheng mellom MANS og tidsprestasjon på 800m i både masteroppgaven til Thommesen (2020) og i Støren et al., (2021). Denne mangelen på sammenheng i det foreliggende studiet kan først og fremst skyldes at deltakerne både gjennomsnittlig og på enkeltnivå endret 100m tidene og dermed MANS mellom pre og post – test svært lite. Altså er det lite potensiale for sammenhenger i det foreliggende materialet. Videre kan man i tabell 2 se indikasjoner på at deltagere som forbedret sin MANS mest, var de som forbedret sin MAS minst. Siden deltagere som forbedret MAS mest også forbedret sin 800m-tid mest, vil det på denne måten kunne antas at den ene fremgangen (i MAS) dermed har kamuflert den andre framgangen (i MANS).

Dessuten kan det tenkes at mangel på sammenhenger i materialet i denne masteroppgaven også kan skyldes et lavt antall deltakere ($n=13$), som er et såpass lavt antall, at det kan gi en statistisk type 2-feil. Dette kan føre til at man feilaktig unnlater å forkaste usanne

nullhypoteser. Sagt på en annen måte, et mulig funn blir et ikke-funn. Vi skulle gjerne sett at det var flere testdeltagere som deltok i studien og at man på den måten kunne avskrive slike statistiske feil. Etter flere år med rekruttering av deltagere til forskjellige studier viste det seg spesielt vanskelig å rekruttere personer under og etter utbruddet av covid-19, med påfølgende tiltak og nedstengning. For å sikre nok datamateriale ble det bestemt å gi de deltagerne som valgte å bidra til studien et valg om hva de ville forbedre, og majoriteten valgte å forbedre MAS. Dermed er det ikke noe godt grunnlag for en relasjon mellom endringer i MANS og endringer i tid brukt på 800m.

Det skal nevnes at en høyere MANS kunne gitt bedre tid på 800m, da toppfarten til den enkelte ville være høyere. Med en høyere MANS vil man kunne løpe like fort på en lavere prosent av MANS (Sandford et al., 2019a), eller man kan løpe raskere på samme prosent av MANS. Det er også grunnlag for å nevne at en person med god MANS vil kunne løpe raskere på 800m, grunnet toppfarten setter en øvre grense for 800m farten. Slik sett er det logisk å anta at en forbedret MANS, gitt en ikke forverret MAS, skulle føre til en bedre tid på 800m.

5.2.2 Ingen sammenheng mellom endring i ASR og endring i 800m-tid

Det ble ikke funnet noen sammenheng mellom endringer i ASR og endringer i 800m tid. Ettersom det heller ikke ble funnet korrelasjon mellom endringer i MANS og endringer i 800m tidsbruk, er dette ikke overraskende. Imidlertid kunne man tenke seg at en bedret MAS ville føre til en lavere ASR, dersom MANS endret seg mindre enn MAS, siden ASR er differansen mellom MANS og MAS. Igjen kan det tenkes at det ikke er et stort nok antall deltagere i studien til å fange opp mulige funn, altså en eventuell type 2-feil. En høy ASR kan teoretisk både være positivt og negativt for prestasjon på 800m. Positivt hvis det skyldes en høy MANS på toppen av en god MAS, men negativt hvis det skyldes en middels MANS på toppen av en lav MAS. Dette er godt illustrert i Sandford et al., (2019a) og Sandford et al., (2019b), som skriver at det er en fordel med høy ASR hvis man på forhånd har høy MAS. Dersom høy ASR skyldes lav MAS, vil dette gå på bekostning av 800m-tidene.

5.2.3 Ingen sammenheng mellom endring i TTU og endring i 800m-tid

Det ble ikke funnet noen sammenheng mellom endringer i TTU og endringer i 800m tid. Igjen kan det skyldes et lavt antall deltagere. Det kan imidlertid også skyldes at TTU, som mål på en såkalt anaerob utholdenhetskapasitet, rett og slett ikke har noen betydning for resultatet på 800m, som foreslått i Støren et al., (2021). TTU ble som sagt satt til 130% løpshastighet av

MAS i det foreliggende studiet. Det vil si at hvis du har en lav MAS og en høy MANS, vil du løpe TTU på en lavere prosent av MANS enn hvis du har en høy MAS og en lav MANS. De førstnevnte vil dermed ha mulighet til å porsjonere ut sin anaerobe kapasitet lengre, og dermed oppnå en lengre TTU. MAOD ble ikke testet i det foreliggende studiet, men det er nærliggende å anta at MAOD vil være avhengig av de samme egenskapene som TTU. Slik sett kunne det tenkes at de med størst ASR også ville oppnå høyest MAOD. Tanji et al., (2018) fant imidlertid at lav maksimal akkumulert oksygen differanse (MAOD) gav god korrelasjon mellom 800m-prestasjon. Derimot fant Ramsbotten et al., (1994) at høy MAOD korrelerte med gode tider på 800m, og med disse motstridende funnene i bakhodet kan en altså tenke seg at TTU bare er et produkt av ASR.

5.2.3 Ingen sammenheng mellom endring i TTU og endring i ASR

Ettersom det ikke var noen signifikant korrelasjon mellom TTU-delta og ASR-delta kan man ikke konkludere i denne studien med kausalitet i at TTU er et produkt av ASR. Slik sett bekreftes ikke kausaliteten i hypotesen fremsatt i Støren et al. (2021), at TTU er et produkt av ASR.

5.3 Styrker, svakheter og feilkilder ved studien

Rekrutteringsprosessen rundt intervensjonsstudien har vært krevende og gitt et noe lavt deltagertall, som vi gjerne skulle sett hadde vært litt høyere. Statistisk sett var det materialet som ble inkludert i denne masteroppgaven sårbar for statistiske type 2-feil. I hovedprosjektet denne masteroppgaven er en del av, pågår fortsatt datainnsamlingen. Dette er altså bare en del av det materialet som evt. vil bli publisert senere når prosjektet er ferdig. At prestasjonstestene i løp ble gjennomført på en utendørs friidrettsbane gjør at man aldri kan få helt identiske forhold ved pre- og posttest. Imidlertid ble følgende kriterier fulgt for at forholdene skulle være så like som mulig:

Det ble aldri satt i gang et løp, enten 800m, 100m eller TTU, uten at det var mindre enn 2 sekundmeter med vind uavhengig av retning. 100m ble alltid løpt med mer enn 2 deltagere, alltid med en banes mellomrom. Startpistol ble brukt ved hvert løp. Tidtakere ved målstreken fikk beskjed om å starte tidene når de så røyk fra pistolskuddet og ikke ved lyd. Dette ville gitt gal tid ettersom lyden ville nådd tidtagerne 0.29 sekunder etter at startskuddet hadde gått. Underlaget skulle alltid være fritt for is eller vann som kunne komme til skade for festet deltagerne ville opplevd. Dette for å unngå usikkerheter hos løperne og for å unngå skader m.m., og at de løp det de kunne for datamaterialets skyld.

At datainnsamlingen ble gjort både vår og høst 2022, gir noen endringer i temperaturforskjeller og feste på underlaget når det ble løpt ute gjennom disse periodene. Det kan ha vært med på å påvirke resultatene. Manuell tidtaking kan være en feilkilde på 100m-testen, mens det sannsynligvis ikke er det i like stor grad på 800m-løpstest.

Under TTU-testen ble det brukt samme testperson fra testteamet på sykkel for å minimere feilkilden på å bruke flere personer. Testpersonen på sykkel nevnte ved flere anledninger, da spesielt med motvind, at det var vanskelig å holde jevn fart. På dager det var mer vind avtalte vi på forhånd med deltager at h*n skulle holde en jevn fart, og da spesielt holde så jevn fart som mulig på langside eller kortside med mest vind. Dette gikk fint for de fleste deltagere med løpserfaring, men enkeltpersoner kunne (slite mer og) løpe noe ujevnt. Det ble diskutert i testteamet og med deltager om løpet var gyldig, om deltager kjente det ble tyngre og om det var gyldig test. Alle var etter vår mening gyldige.

Tid er alltid en mangelvare når det gjennomføres tester utendørs i Bø. Enten kommer vinteren for tidlig på høsten, eller så treffer sommerferien for tidlig ved vårtesting. Av erfaring har dette resultert i at flere trakk seg fra tidligere studier, spesielt de som skal hjem på sommerferie ved testing i vårsemesteret.

5.4 Praktiske implikasjoner

Hovedfunnet i denne masteroppgaven er de at som økte MAS fikk en bedre 800m-tid. Dette tilsier at det har vært en fordel å øke MAS, altså aerob utholdenhet, for å kunne løpe fortere på 800m. Til tross for at deltakerne i studien ikke i like stor grad økte MANS, og at det heller ikke ble funnet korrelasjon mellom endret MANS og endring i 800m-tid, taler mye for at dette også vil være en fordel for å løpe fortere på 800m. Å forbedre MAS kan gjøres ved å øke VO_{2maks} og forbedre Cr. Helgerud et al., (2007) så at man øker VO_{2maks} effektivt med høyintensive aerobe intervaller (4 ganger 4-intervaller). Her forbedrer man slagvolumet til hjertet som gir flere hemoglobinproteiner sjansen til å forflytte seg til musklene per tidsintervall (Helgerud et al., 2007; Basset & Howley, 2000). Dette begrenser seg ikke bare til fritidsløpere, som denne oppgaven baserer seg på, men også til eliteutøvere Støren et al., 2012; Bratland-Sanda et al., 2020). Høydetrening har lenge blitt brukt av utholdenhetsutøvere nettopp for å øke antall røde blodceller for å øke hemoglobinnivået (Bassett & Howley, 2000)

som spiller direkte inn på $VO_{2\text{maks}}$. Maksimal styrketrening gir en økning i C_r (Støren et al., 2008) og gjennom konkurransespesifikk løpstrening gir det en sum av økt C_r (Helgerud et al., 2007; Saunders et al., 2004). Fordelen med maksimal styrketrening er at den i tillegg til å bedre C og dermed MAS, også kan virke positivt for å bedre MANS (Støren et al., 2021).

Det ble funnet en sammenheng mellom økning i MAS og bedring på 800m, men ikke samsvar mellom endring i de andre variablene og endring i 800m. Det er som sagt vist i Støren et al., 2021 og Thomesen, 2020, s. 30 at de som bruker lengst tid på 800m er de som er mest avhengige av aerob energiomsetning – nettopp fordi de bruker lengre tid. Sett i forhold til gjennomsnittstiden på 800m i denne studiens utvalg er det dermed naturlig å anta at det er i MAS dette utvalget hadde størst forbedringspotensialet ved 800m prestasjon nettopp. Gustin (2001) bygger opp at desto tregere en deltager løper, desto mer avhengig vil den være av MAS, og desto raskere vil deltageren være mer avhengig av MANS.

6.0 Konklusjon

En økt MAS viste signifikant korrelasjon med forbedret tid på 800m. Ingen endringer i MANS, TTU eller ASR korrelerte med endringer i tid på 800m.

7.0 Litteratur

- Bachero-Mena, B., Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, M., Mora-Custodio, R., & González-Badillo, J. (2017). Relationships Between Sprint, *Jumping and Strength Abilities, and 800 M Performance in Male Athletes of National and International Levels*. *Journal of human kinetics* 58, ss. 187-195 Hentet fra: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28828089/>
- Barrett-O'Keefe, Z., Helgerud, J., Wagner, P., & Richardson, R. (2012). Maximal strength training and increased work efficiency: contribution from the trained muscle bed. *Journal of Applied Physiology* 113(2), ss. 1846-1851. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00761.2012>
- Basset, D. R. JR. & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance, *Medicine & Science in Sports & Exercise*: January 2000 - Volume 32 - Issue 1 - p 70
- Bellenger, C. R., Fuller, J. T., Nelson, M. J., Hartland, M., Buckley, J. D., & DeBenedictis, T. A. (2015). Predicting maximal aerobic speed through set distance time-trials. *European journal of applied physiology*, 115(12), 2593–2598. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3233-6>
- Bergh, U., Sjödin, B., Forsberg, A., & Svedenhag, J. (1991). The relationship between body mass and oxygen uptake during running in human. *Medicine and science in sports and exercise* 23(2), ss. 205-211 Hentet fra: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2017016/>
- Berthoin, S., Pelayo, P., Lensele-Corbeil, G., Robin, H., & Gerbeaux, M. (1996). Comparison of maximal aerobic speed as assessed with laboratory and field measurements in moderately trained subjects. *International journal of sports medicine*, 17(7), 525–529. <https://doi.org/10.1055/s-2007-972889>

- Billat, V., Renoux, J., Pinoteau, J., Petit, B., & Koralsztein, J. (1995). Times to exhaustion at 90, 100 and 105% of velocity at VO₂ max (maximal aerobic speed) and critical speed in elite long-distance runners. *Archives of physiology and biochemistry* 103(2), ss. 129-135 DOI: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.91296.2008>
- Blondel, N., Berthoin, S., Billat, V., & Lensele, G. (2001). Relationship between run times to exhaustion at 90, 100, 120, and 140% of vVO₂max and velocity expressed relatively to critical velocity and maximal velocity. *International journal of sports medicine*, 22(1), 27–33. <https://doi.org/10.1055/s-2001-11357>
- Bosquet L, Leger L, & Legros P. (2002). Methods to Determine Aerobic Endurance. *Sports Medicine*, 32(11), 675-700
- Brandon, L. (1995). Physiological factors associated with middle distance running performance. *Sports medicine* 19(4), ss. 268-277 DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-199519040-00004>
- di Prampero, P. (2003). Factors limiting maximal performance in humans. *European Journal of Applied Physiology* 90(3-4), ss. 420-429. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0926-z>
- di Prampero, P., Capelli, C., Pagliaro, P., Antonutto, G., Girardis, M., Zamparo, P., & Soule, R. (1993). Energetics of best performances in middle-distance running. *The American Physiology Society* 74(5), ss. 2318-2324. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1993.74.5.2318>
- Duffield, R., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Energy system contribution to 400- metre and 800-metre track running. *Journal of Sports Sciences*, 23(3), 299–307. <https://doi.org/10.1080/02640410410001730043>
- Flaherty, G., O'Connor, R., & Johnston, N. (2016). Altitude training for elite endurance athletes: A review for the travel medicine practitioner. *Travel Medicine and Infectious Disease* 14(3), ss. 200-211. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2016.03.015>

- Gastin, P. (2001). Energy System Interaction and Relative Contribution During Maximal Exercise. *Sports medicine (Auckland, N.Z)* 31(10), ss. 725-741. DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-200131100-00003>
- Green, S., & Dawson, B. (1993). Measurement of anaerobic capacities in humans. Definitions, limitations and unsolved problems. *Sports Medicine (Auckland, NZ)* 15(5), ss. 312-327. DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-199315050-00003>
- Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., . . . Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 39(4), ss. 665- 671. DOI: <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180304570>
- Helgerud, J., Støren, Ø., & Hoff, J. (2010). Are there differences in running economy at different velocities for well-trained distance runners? *European journal of applied physiology* 108(6), ss. 1099-1105 DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1218-z>
- Hellsten, Y. & Nyberg, M. (2015). Cardiovascular Adaptations to Exercise Training. *Compr Physiol*, 6(1), 1-32. doi:10.1002/cphy.c140080
- Hill, D., & Smith, J. (1993). Gender difference in anaerobic capacity: role of aerobic contribution. *British journal of sports medicine* 27(1), ss. 45-48. DOI: <https://doi.org/10.1136/bjism.27.1.45>.
- Hill, D., & Vingren, J. (2011). Maximal accumulated oxygen deficit in running and cycling. *Applied physiology, nutrition and metabolism* 36(6), ss. 831-838. DOI: <https://doi.org/10.1139/h11-108>
- IAAF. (u.d.). World Athletics. Hentet fra <https://www.worldathletics.org/records/alltime-toplists/middlelong/800-metres/outdoor/men/senior#senior-outdoormiddlelong>
- IAAF. (u.d.). World Athletics. Hentet fra <https://www.worldathletics.org/records/alltime-toplists/middlelong/800-metres/outdoor/women/senior#senior-outdoormiddlelong>

- Joyner, M., & Coyle, E. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *The Journal of Physiology* 586(1), ss. 35-44. DOI: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.143834>
- Maffiuletti, N., Aagaard, P., Blazevich, J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology* 116(6), ss. 1091-1116. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3346-6>
- McArdle, W., Katch, F., & Katch, V. (2015). *Exercise Physiology Nutrition, Energy, and Human Performance*. Baltimore: Wolters Kluwer Health.
- McCormick, A., Meijen, C., & Marcora, S. (2015). Psychological Determinants of Whole-Body Endurance Performance. *Sports medicine* 45(7), ss. 997-1015 DOI: <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0319-6>
- Medbø, J. I., Mohn, A. C., Tabata, I., Bahr, R., Vaage, O., & Sejersted, O. M. (1988). Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 64(1), 50–60. <https://doi.org/10.1152/jappl.1988.64.1.50>
- Medbø, J., & Tabata, I. (1989). Relative importance of aerobic and anaerobic energy release during short-lasting exhausting bicycle exercise. *Journal of applied physiology* 67(5), ss. 1881-1886. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1989.67.5.1881>
- Moxnes, J., Hausken, K., & Sandbakk, Ø. (2012). On the kinetics of anaerobic power. *Theoretical Biology and Medical Modelling* 9(29), ss. DOI: <https://doi.org/10.1186/1742-4682-9-29>
- Munch, G., Svendsen, J., Damsgaard, R., Secher, N., González-Alonso, J., & Mortensen, S. (2014). Maximal heart rate does not limit cardiovascular capacity in healthy humans: insight from right atrial pacing during maximal exercise. *The Journal of physiology* 592(2), ss. 377-390. DOI: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2013.262246>

- Murphy, M., Patton, J., & Frederick, F. (1986). Comparative anaerobic power of men and women. *Aviation, space and environmental medicine* 57(7), ss. 636- 641. Hentet fra: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3741284>
- Nevill, A., Ramsbottom, R., Nevill, M., Newport, S., & Williams, C. (2008). The relative contributions of anaerobic and aerobic energy supply during track 100-, 400- and 800-m performance. *The Journal of sports medicine and physical fitness* 48(2), ss. 138-142 Hentet fra: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18427406/>
- Pate, R., & Kriska, A. (1984). Physiological Basis of the Sex Difference in Cardiorespiratory Endurance. *Sports Medicine* 1(2), ss. 87-98. DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-198401020-00001>
- Poole, D. C., & Jones, A. M. (2017). Measurement of the maximum oxygen uptake $\dot{V}O_{2max}$: $\dot{V}O_{2peak}$ is no longer acceptable. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 122(4), 997–1002. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01063.2016>
- Ramsbottom, R., Nevill, A., Nevill, M., Newport, S., & Williams, C. (1994). Accumulated oxygen deficit and short-distance running performance. *Journal of sports sciences* 12(5), ss. 447-453 DOI: <https://doi.org/10.1080/02640419408732194>
- Renoux, J., Petit, B., Billat, V., & Koralsztein, J. (2000). Calculation of times to exhaustion at 100 and 120% maximal aerobic speed. *Ergonomics*. 43(2), ss. 160-166 DOI: <https://doi.org/10.1080/001401300184530>
- Richardson, R., Grassi, B., Gavin, T., Haseler, L., Tagore, K., Tagore, K., Wagner, P. (1999). Evidence of O₂ supply-dependent VO₂ max in the exercise-trained human quadriceps. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)* 86(3), ss. 1048-1053 DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1999.86.3.1048>
- Salo, A. I., Bezodis, I. N., Batterham, A. M., & Kerwin, D. G. (2011). Elite sprinting: are athletes individually step-frequency or step-length reliant?. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(6), 1055–1062. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318201f6f8>

- Sánchez-Muñoz, C., Muros, J., López-Belmonte, Ó., & Zabala, M. (2020). Anthropometric Characteristics, Body Composition and Somatotype of Elite Male Young Runners. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(2), s. 674. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17020674>
- Sandford, G. N., Kilding, A. E., Ross, A., & Laursen, P. B. (2019a). Maximal Sprint Speed and the Anaerobic Speed Reserve Domain: The Untapped Tools that Differentiate the World's Best Male 800 m Runners. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(6), 843–852. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-1010-5>
- Sandford, G., Rogers, S., Sharma, A., Kilding, A., Ross, A., & Laursen, P. (2019b). Implementing Anaerobic Speed Reserve Testing in the Field: Validation of vVO₂max Prediction From 1500-m Race Performance in Elite Middle-Distance Runners. *International journal of sports physiology and performance* 14(8), ss. 1147- 1150 DOI: <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0553>
- Skattebo, Ø., Bjerring, A. W., Auensen, M., Sarvari, S. I., Cumming, K. T., Capelli, C., & Hallén, J. (2020). Blood volume expansion does not explain the increase in peak oxygen uptake induced by 10 weeks of endurance training. *European journal of applied physiology*, 120(5), 985–999. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04336-2>
- Sollie O, Losnegard T (2022) Sex differences in physiological determinants of performance in elite adolescent, junior, and senior cross-country skiers. *Int J Sports Physiol Perform* 17:1304–1311. DOI: <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0366>
- Støa, E. M., Helgerud, J., Rønnestad, B. R., Hansen, J., Ellefsen, S., & Støren, Ø. (2020). Factors Influencing Running Velocity at Lactate Threshold in Male and Female Runners at Different Levels of Performance. *Frontiers in physiology*, 11, 585267. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.585267>

Støa, E., Helgerud, J., Rønnestad, B., Hansen, J., Ellefsen, S., & Støren, Ø. (2020). Factors Influencing Running Velocity at Lactate Threshold in Male and Female Runners at Different Levels of Performance. *Frontiers in Physiology 11*. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.585267>

Støren, Ø. (u.d.). (2009) Running and cycling economy in athletes; determining factors, training interventions and testing (Doktoravhandling). *Norwegian University of Science and Technology*. Hentet fra: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/264677?locale-attribute=no>

Støren, Ø., Helgerud, J., Johansen, J., Gjerløw, L., Aamlid, A., & Støa, E. (2021). Aerobic and anaerobic speed predicts 800 meter running performance in young recreational runners. *Frontiers in Physiology*. Hentet fra: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2021.672141/abstract>

Støren, Ø., Helgerud, J., Støa, E. M., & Hoff, J. (2008). Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(6), 1087–1092. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318168da2f>

Støren, Ø., Rønnestad, B., Sunde, A., Hansen, J., Ellefsen, S., & Helgerud, J. (2014). A time-saving method to assess power output at lactate threshold in welltrained and elite cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28(3), ss. 622-629. DOI: <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3182a73e70>

Støren, Ø., Rønnestad, B., Sunde, A., Hansen, J., Ellefsen, S., & Helgerud, J. (2014). A time-saving method to assess power output at lactate threshold in welltrained and elite cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28(3), ss. 622-629. DOI: <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3182a73e70>

- Tanji, F., Tsuji, T., Shimazu, W., & Nabekura, Y. (2018). Relationship between 800-m Running Performance and Aerobic and Anaerobic Energy Metabolism Capacities in Well-Trained Middle-Distance Runners. *International Journal of Sports and Health Science*, ss. 70-76 Hentet fra:
https://www.researchgate.net/publication/324433195_Relationship_between_800-m_Running_Performance_and_Aerobic_and_Anaerobic_Energy_Metabolism_Capacities_in_Well-Trained_Middle-Distance_Runners
- Thomesen, O., M., H. (2020). *Maksimal anaerob og maksimal aerob hastighet som bestemmende faktorer for tidsprestasjon i 800-meter løp* (Masteroppgave). Universitet i Sørøst-Norge, Bø i Telemark.
- Thompson, M. A. (2017). Physiological and Biomechanical Mechanisms of Distance Specific Human Running Performance. *Integrative and Comparative Biology* (57 (2)), ss. 293-300.
- Wagner, P. (1996). A theoretical analysis of factors determining VO₂ MAX at sea level and altitude. *Respiration physiology*. 106(3), ss. 329-343 DOI:
[https://doi.org/10.1016/s0034-5687\(96\)00086-2](https://doi.org/10.1016/s0034-5687(96)00086-2)
- World Medical Association (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 310(20), 2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
- Zagatto, A., Miyagi, W., Sousa, F., & Gobatto, C. (2017). Relationship between anaerobic capacity estimated using a single effort and 30-s tethered running outcomes. *PLoS One* 12(2). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172032>

Vedlegg 1 Invitasjon til deltagelse i studien



Beskrivelse av treningsintervensjon for deltakere i USNs 800-meterprosjekt

Hovedmålet med denne treningsintervensjonen er å øke din maksimale anaerobe hastighet (MANS). Intervensjonen består av totalt 18 økter, i utgangspunktet fordelt over 6 uker (3ggr pr. uke). Vi har likevel lagt inn en margin på 2 uker, slik at man har 8 uker til rådighet dersom det skulle bli nødvendig. Ved antydning til vondter, strekk eller andre symptomer tas disse ukene i bruk og de 18 øktene blir fordelt på 8 uker istedenfor de normerte 6 ukene.

- Ta umiddelbart en uke treningsfri ved slike antydninger, og start rolig opp igjen etter en uke dersom man ikke kjenner noen antydning til smerter.

Treningsprogrammet består av tre forskjellige typer økter. Sprint, spenst og maksimal styrke. Hver av disse øktene utføres en gang hver uke. Du bestemmer selv hvilken rekkefølge du gjennomfører disse øktene på i løpet av en uke, men prøv å være konsekvent med denne rekkefølgen de påfølgende ukene. Dersom du trener styrke – spenst – sprint den første uka, så prøver du å gjennomføre i denne rekkefølgen resten av ukene.

En uke FØR pre-testen kjøres tre testøkter - en av hver type - som tilvending til programmet for å få en indikasjon på treningsbelastning og restitusjonsbehov.

I de første tre ukene skal du kun kjøre «halv dose» av det som står i treningsprogrammet (med mindre det står eksplisitt hvilken «dose» man skal kjøre uke for uke). Om alt går etter planen de første tre ukene, kjøres «full dose» de siste tre ukene. Eksempelvis vil en slik halvering si at 6 x 4 reps tilsvarer 3 x 4 reps. Dersom settantallet er et oddetall, som feks 5 x 4 reps kjenner man etter på dagsformen om man ønsker å kjøre 2 x 4 reps, eller 3 x 4 reps.

Post-testene kjøres 5-7 dager ETTER siste intervensjonsøkt, for å sikre maksimal restitusjon.

Kontaktpersoner:

Universitetslektor Lars Erik Gjerløw, tlf 35 95 28 65, lars.e.gjerlow.usn.no

Masterstudent Henrik Hjortland, henrik.hjortland@hotmail.com

Masterstudent Eivind Paauw, eivind.paauw@gmail.com

Vedlegg 3 Beskrivelse av studien og gjennomførelsen av den



Formel for prestasjon på 800m mellomdistanseløp.

Bakgrunn og hensikt

Hensikten med studiet er å utvikle et nyttig treningsverktøy for utøvere og trenere innenfor mellom- og langdistanseløp.

Det er Universitetet i Sørøst Norge (USN), avdeling Bø i Telemark, som er ansvarlig for gjennomføringen av studiet.

Resultatene av studien vil bli søkt publisert i et internasjonalt tidsskrift. I tillegg har prosjektet tilknyttet bachelor- og masterstudenter ved USN som kan benytte resultatene i sine bachelor- og masteroppgaver.

Metode

Resultater fra fysiske tester blant mellomdistanseløpere benyttes til å kartlegge effekten av anaerob sprintreserve (ASR) knyttet opp mot et 800m mellomdistanseløp.

Vi ønsker å kartlegge hvilken effekt *anaerob sprintreserve* (ASR) har på en 800m sprint. For å kartlegge en slik effekt må vi rekruttere en gruppe med løpere som kan delta i henholdsvis en treningsintervensjon som har som mål å vedlikeholde MAS og øke ASR, samt en kontrollintervensjon (kontrollgruppe) som kun skal vedlikeholde MAS og ASR.

Målet med treningsintervensjonen er å øke den maksimale anaerobe hastigheteten (MANS). Selve treningsprogrammet består av tre forskjellige typer økter. Sprint, spenst og maksimal styrke. Øktene vil i hovedsak bestå av henholdsvis kortere sprinter, ulike versjoner av spensthopp og tunge knebøy. Hver av disse øktene utføres en gang hver uke. Intervensjonen består av totalt 18 økter, fordelt over 6 uker (3ggr pr. uke).

For å være sikker på at treningsgruppa har økt ASR og vedlikeholdt MAS, mens kontrollgruppa kun har vedlikeholdt både ASR og MAS må vi kartlegge MAS, MANS, og ASR både før og etter treningsintervensjonen. Dette gjør vi ved å gjennomføre en *pre- og posttest*. I disse testene bli alle deltakerne testet i maksimalt oksygenopptak (VO_{2max}), arbeidsøkonomi (C), i distansene 100m og 800m, samt tid på 130% av MAS.

Alle testene skal altså gjennomføres 2 ganger. En pretest og en posttest. Arbeidsøkonomi- og VO_{2max} testene utføres på samme dag i pretesten og på samme dag på posttesten på idrettsfysiologisk testlaboratorium ved Universitetet i Sørøst-Norge avd, Bø. Testene må gjennomføres innen en tidsramme på 6 mnd. før/etter de registrerte konkurransetidene på 800m og 100m.

Powerberegninger på tilsvarende type kartleggingsstudier viser til at det trengs ca 30 utøvere for å få en statistisk power større enn 0.8, gitt en p-verdi <0.05 . For korrelasjoner med $R > 0.9$, og altså en prediksjons $R > 0.8$ trengs mellom 30 og 50 utøvere.

Arbeidsøkonomi; etter ca 10 min oppvarming måles oksygenopptak i 5 min på moderat intensitet. Testen opplevs ikke som særlig anstrengende

Maksimalt oksygenopptak; en anstrengende men kortvarig test på mølle som varer maksimalt 10 min og hvor kun de to-tre siste minuttene av testen er anstrengende. Testen starter med moderat belastning, deretter økes hastigheten gradvis. Teststans er det vi kaller for ”frivillig utmattelse”. Det vil si at deltakeren avslutter når han ikke orker mer. Man kan når som helst avbryte testen ved ubehag utover det som normalt kjennes som ”ordentlig sliten”.

Tid på 130% av MAS

Testen gjennomføres på friidrettsbane, og deltaker løper så lenge deltaker orker på denne hastigheten. Farten styres av en syklist, og testen avsluttes når deltaker ikke lenger orker å holde følge med sykkelen.

Mulige fordeler og ulemper

Deltakerne vil få oppgitt sine personlige testresultater, som kan være et verdifullt verktøy i deres treningsarbeid. Vi vil også tilby en re-test ved en senere anledning om dette er ønskelig. Disse nye testresultatene vil da ikke bli benyttet i studien.

Behandling av data

Informasjonen som registreres om deltakerne skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med studien. Alle opplysningene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjennende opplysninger. En kode (ID nummer) knytter deltakerne til sine opplysninger og resultater. Dette betyr at opplysningene er aidentifisert. Det er kun personell knyttet til prosjektet som har adgang til kobling mellom ID og navneliste. Det vil ikke være mulig å identifisere deltakerne i resultatene av studien når disse publiseres.

Frivillig deltakelse

Det er frivillig å delta i studien. Deltakerne kan når som helst og uten å oppgi noen grunn trekke sitt samtykke til å delta i studien.

Rett til innsyn og sletting av opplysninger

Deltakerne har rett til å få innsyn i personlige data som registreres. Deltakerne har videre rett til å få korrigert eventuelle feil i de opplysningene vi har registrert. Dersom deltakere trekker seg fra studien, kan de kreve å få slettet innsamlede prøver og opplysninger, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner.

Ansvarlige for prosjektet:

Førsteamanuensis Eva Maria Støa (prosjektleder), tlf 41632015 e-mail eva.m.stoa@usn.no

Førsteamanuensis Øyvind Støren, tlf 96045270, e-mail oyvind.storen@usn.no

Kontaktpersoner:

Universitetslektor Lars Erik Gjerløw, tlf 35 95 28 65, lars.e.gjerlow@usn.no

Masterstudent Henrik Hjortland, henrik.hjortland@hotmail.com

Masterstudent Eivind Paauw, eivind.paauw@gmail.com