

Jostein Knudsen Dal

---

## Effekten av kondisjonstrening gjennom puberteten på faktorer relatert til utholdenhetsprestasjon

Sammenlikning av kondisjonstrente gutter og aktive, men ikke kondisjonstrente gutter i alderen 12-15 år.

---

Masteroppgave i Idrettsvitenskap  
Seksjon for Fysisk Prestasjonsevne  
Norges idrettshøgskole, 2019



## Sammendrag

Kondisjonstrening har normalt en positiv effekt på fysiologiske faktorer relatert til utholdenhetsprestasjon hos voksne individer. Det er derimot omdiskutert hvilken effekt kondisjonstrening har på barn og unge. Hensikten med denne studien var derfor å undersøke effekten av regelmessig kondisjonstrening hos gutter i perioden 12-15 år på faktorer relatert til utholdenhetsprestasjon. Utholdenhetsprestasjon, maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2max}$ ), maksimal hjertefrekvens ( $HF_{max}$ ), arbeidsøkonomi (AØ), oksygenkinetikk ( $O_2$  kinetikk), kroppssammensetning og antropometri ble målt på en gruppe kondisjonstrete gutter ( $n=21$ ) og en kontrollgruppe ( $n=12$ ).

Utholdenhetsprestasjon, målt som tid til utmattelse under testen for måling av  $VO_{2max}$ , økte med økende alder fra  $6,6 \pm 1,2$  ved 12 år til  $9,5 \pm 1,4$  minutter ved 15 år i kondisjonsgruppen. Det var også en økning i kontrollgruppen, men den var signifikant mindre (fra  $6,3 \pm 1,1$  til  $7,1 \pm 1,2$  minutter).  $VO_{2max}$  målt i absoluttverdier økte i begge grupper fra 12-15 år, men økningen var større i kondisjonsgruppen fra 13-15 år.  $VO_{2max}$  relativt til kroppsvekt ble signifikant redusert i kontrollgruppen fra 12-15 år (fra  $66 \pm 6$  til  $61 \pm 4$   $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ,  $p=0,04$ ), mens det ikke var noen signifikant reduksjon i kondisjonsgruppen (fra  $67 \pm 5$  til  $66 \pm 5$   $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ,  $p=0,21$ ). Relativt til fettfri masse (FFM) ble  $VO_{2max}$  redusert i begge grupper med økende alder, men reduksjonen var større i kontrollgruppen sammenliknet med kondisjonsgruppen. Arbeidsøkonomien målt som  $VO_2$  ved submaksimal belastning (5,3% stigning og 8,3 km/t) ble bedre i begge grupper med økende alder (fra  $44,5 \pm 2,5$  til  $39,4 \pm 2,1$   $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  i kondisjonsgruppen og fra  $44,6 \pm 1,6$  til  $39,9 \pm 1,7$   $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  i kontrollgruppen), og det var ingen forskjell mellom gruppene på noen tidspunkt.  $O_2$  kinetikk forble uforandret i begge grupper med økende alder, og det var heller ingen forskjell mellom gruppene. Begge grupper reduserte fettmassen med økende alder. Kontrollgruppen opplevde en større reduksjon, men kondisjonsgruppen hadde mindre fettmasse i hele perioden.

Det er vanskelig å si om forskjellene mellom gruppene skyldes seleksjon eller trening. I samsvar med litteraturen økte  $VO_{2max}$  i absoluttverdier og arbeidsøkonomien ble bedre med økende alder. Det var ingen forskjell i arbeidsøkonomi eller  $O_2$  kinetikk mellom gruppene. Kondisjonstrening ser ut til å motvirke en reduksjon i relativ  $VO_{2max}$ . Høyere

relativt  $VO_{2max}$  er trolig hovedgrunnen til bedre utholdenhetsprestasjon i kondisjonsgruppen sammenliknet med kontrollgruppen.

Regelmessig kondisjonstrening kan motvirke en reduksjon i  $VO_{2max}$  relativt til kroppsvekt og FFM fra 12-15 år. Det kan ikke utelukkes at naturlig seleksjon står bak forskjellene i relativ  $VO_{2max}$  mellom gruppene. Vi finner ingen effekt av kondisjonstrening på  $O_2$  kinetikk.

# Innhold

<b>Sammendrag.....</b>	<b>3</b>
<b>Innhold .....</b>	<b>5</b>
<b>Forord.....</b>	<b>7</b>
<b>1. Introduksjon .....</b>	<b>8</b>
1.1 Problemstillinger.....	9
<b>2. Teori .....</b>	<b>10</b>
2.1 <b>Vekst og utvikling .....</b>	<b>10</b>
2.1.1 Kronologisk og biologisk alder .....	10
2.1.2 Høyde og vekt.....	11
2.1.3 Puberteten .....	11
2.2 <b>Prestasjon i kondisjonsidrett .....</b>	<b>12</b>
2.3 <b>Maksimalt oksygenopptak .....</b>	<b>13</b>
2.3.1 Testing av maksimalt oksygenopptak.....	13
2.3.2 Forskjeller i maksimalt oksygenopptak mellom jenter og gutter.....	14
2.3.3 Forskjeller i maksimalt oksygenopptak mellom kondisjonstrente og utrente barn .....	15
2.4 <b>Arbeidsøkonomi .....</b>	<b>15</b>
2.5 <b>Oksygenkinetikk .....</b>	<b>17</b>
2.5.1 Kondisjonstrening og O <sub>2</sub> kinetikk.....	18
<b>3. Metode.....</b>	<b>20</b>
3.1 <b>Design.....</b>	<b>20</b>
3.1.1 Forsøkspersoner.....	20
3.2 <b>Gjennomføring av testene .....</b>	<b>21</b>
3.3 <b>Gjennomføring av intervju .....</b>	<b>21</b>
3.3.1 Inndeling av grupper.....	21
3.4 <b>Testprosedyre og målemetoder.....</b>	<b>22</b>
3.4.1 Antropometri og kroppssammensetning .....	22
3.4.2 Arbeidsøkonomi og oksygenkinetikk .....	22
3.4.3 Maksimalt oksygenopptak og utholdenhetsprestasjon .....	23
3.5 <b>Statistikk.....</b>	<b>24</b>
<b>4. Resultater.....</b>	<b>25</b>
4.1 <b>Prestasjon utholdenhet .....</b>	<b>25</b>

<b>4.2</b>	<b>Antropometri og kroppssammensetning .....</b>	<b>26</b>
4.2.1	Kroppsvekt.....	26
4.2.2	Kroppshøyde.....	26
4.2.3	Fettprosent .....	27
<b>4.3</b>	<b>Maksimalt oksygenopptak .....</b>	<b>28</b>
4.3.1	Absolutt $VO_{2max}$ .....	28
4.3.2	Relativ $VO_{2max}$ .....	28
<b>4.4</b>	<b>Maksimal hjertefrekvens.....</b>	<b>30</b>
<b>4.5</b>	<b>Oksygenkinetikk .....</b>	<b>31</b>
<b>4.6</b>	<b>Arbeidsøkonomi .....</b>	<b>32</b>
<b>5.</b>	<b>Diskusjon .....</b>	<b>33</b>
<b>5.1</b>	<b>Utholdenhetsprestasjon .....</b>	<b>33</b>
<b>5.2</b>	<b>Maksimalt oksygenopptak .....</b>	<b>34</b>
5.2.1	Kondisjonstrening og $VO_{2max}$ .....	36
<b>5.3</b>	<b>Arbeidsøkonomi .....</b>	<b>37</b>
<b>5.4</b>	<b>Oksygenkinetikk .....</b>	<b>40</b>
<b>6.</b>	<b>Konklusjon.....</b>	<b>43</b>
<b>7.</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>44</b>
	<b>Forkortelser .....</b>	<b>52</b>
	<b>Vedlegg .....</b>	<b>53</b>

## Forord

Etter to år som masterstudent ved NIH er jeg nå ferdig med min masteroppgave. Det har vært en krevende, men morsom prosess. Mange fortjener en takk for at jeg er i mål med denne oppgaven!

Først og fremst vil jeg takke min veileder Jostein Hallén. Du har vist genuin interesse for masterprosjektet mitt som gjør at terskelen for å komme innom kontoret med spørsmål er lav. Raske og konstruktive tilbakemeldinger i kombinasjon med en unik evne til å forklare og dele kunnskap, gjør deg til en fremragende veileder!

Takk til Hege for at jeg fikk bruke «dine» forsøkspersoner, masse hjelp med datainnsamling, og generelle tips til oppgaven. Takk til Svein for testing av  $VO_{2max}$ , samt alle andre som har vært med på datainnsamling. En stor takk rettes også til barna og foreldrene som har stilt opp og gjort dette prosjektet mulig!

Takk til mamma, pappa, Nils og John for gjennomlesing av oppgaven og generelle tips og triks.

Mai 2019, Jostein Knudsen Dal.

# 1. Introduksjon

På voksne individer har det blitt vist at kondisjonstrening har en effekt på flere faktorer relatert til utholdenhetsprestasjon (Banquet, Van Praagh & Berthoin, 2003).

Kondisjonstrening kan øke  $VO_{2max}$ , bedre arbeidsøkonomien og gi raskere  $O_2$  kinetikk (Banquet et al., 2003; Scrimgeour, Noakes, Adams & Myburgh, 1986; Bailey, Wilkerson, DiMenna & Jones, 2009). Studier som har undersøkt effekten av kondisjonstrening på barn viser derimot varierende resultater (Williams, Armstrong & Powell, 2000). Noen studier finner effekt av kondisjonstrening på  $VO_{2max}$  (Savage, Petratis, Thomson, Berg, Smith & Sady., 1986; Weltman, Janney, Rians, Strand & Katch., 1987), mens andre studier ikke finner endring i  $VO_{2max}$  som følge av kondisjonstrening (Becker & Vaccaro, 1983; Gilliam & Freedson, 1980).

Williams et al. (2000) trekker blant annet frem høyt frafall av forsøkspersoner og dårlig studiedesign som mulige faktorer bak de varierende resultatene i tidligere studier. Det er også få longitudinelle studier som har undersøkt effekten av kondisjonstrening på barn over tid. Krahenbuhl, Morgan & Pangrazi (1988) gjennomførte en longitudinell studie som ligner mye på vår studie, men inkluderte bare utrente barn. De fulgte seks barn i en periode på åtte år, fra barna var 9-17 år. Det ble vist at utholdenhetsprestasjon og absolutt  $VO_{2max}$  økte, samt at arbeidsøkonomien ble bedre med økende alder.  $VO_{2max}$  relativt til kroppsvekt var stabil fra 9-17 år. Denne studien undersøkte imidlertid ikke effekten av kondisjonstrening, men effekten av vekst og utvikling. Flere fysiologiske faktorer som påvirkes av kondisjonstrening i voksen alder blir trolig påvirket av vekst og utvikling gjennom barne- og ungdomsårene, uavhengig av kondisjonstrening.



For å undersøke hvorvidt kondisjonstrening har en effekt på barn som er i vekst og utvikling, trengs det derfor longitudinelle studier som sammenlikner kondisjonstrete barn med barn som ikke driver regelmessig kondisjonstrening. Først da kan man isolere den eventuelle effekten av kondisjonstrening på barn. I vår studie har vi sammenliknet utvikling av prestasjon og prestasjonsvariabler hos to grupper gutter som begge er rekruttert i langrenns klubber som 12-åring. Den ene gruppen sluttet med aktiv langrennstrening og trente ved 13-15 årsalderen lite kondisjonstrening, mens den andre gruppen satset på langrenn som 15-åring og trente mye kondisjonstrening. Følgende problemstillinger har blitt utarbeidet:

### **1.1 Problemstillinger**

- Er det forskjell i utvikling av utholdenhetsprestasjon mellom kondisjonstrete og ikke-kondisjonstrete gutter i alderen 12-15 år?
- Er det forskjell i utvikling av maksimalt oksygenopptak mellom kondisjonstrete og ikke-kondisjonstrete gutter i alderen 12-15 år?
- Er det forskjell i arbeidsøkonomi mellom kondisjonstrete og ikke-kondisjonstrete gutter i alderen 12-15 år?
- Er det forskjell i oksygenkinetikk mellom kondisjonstrete og ikke-kondisjonstrete gutter i alderen 12-15 år?
- Er det forskjell i kroppssammensetning mellom kondisjonstrete og ikke-kondisjonstrete gutter i alderen 12-15 år?

## 2. Teori

### 2.1 Vekst og utvikling

Menneskekroppen gjennomgår kontinuerlig endring på flere plan gjennom livet. Kroppens celler byttes ut, vi utvikler nye sosiale og kognitive egenskaper, og vår sammensatte psykiske helse forandrer seg. De mest drastiske endringene gjennomgår menneskekroppen i perioden fra barn til ung voksen, og gjør seg mest gjeldene i form av markante fysiske forandringer (Malina, Bouchard & Bar-Or, 2004). Begreper som vekst, utvikling og modning brukes gjerne til å beskrive de fysiske og mentale endringer som skjer i denne perioden. Der *vekst* refererer til biologiske endringer som økning i kroppsstørrelse, endring i antropometri og kroppssammensetning, benyttes begrepet *modning* til å beskrive tempoet på de forandringene som skjer på veien til å bli et ferdig utviklet voksent individ (Malina, Rogol, Cumming, Coelho e Silva & Figueiredo, 2015). Modning av det nevroendokrine systemet er hovedfaktoren bak prosessene som fører til utvikling av skjelettsystemet, samt seksuell og helhetlig kroppslig modning (Malina et al, 2004).

#### 2.1.1 Kronologisk og biologisk alder

Før et barn er ferdig utviklet er det viktig å skille mellom kronologisk og biologisk alder. Kronologisk alder følger kalenderen og gir enkelt og greit informasjon om hvor gammelt, eller i barns tilfelle, ungt et individ er. Biologisk alder følger derimot ingen kalender, og refererer til hvor i modningsprosessen et barn eller en ungdom befinner seg. Kronologisk alder brukes ofte som et naturlig referansepunkt for å studere vekst og utvikling, men ettersom det er store individuelle forskjeller i barns utvikling og modning kan den biologiske alderen til to individer med lik kronologisk alder være svært forskjellig (Marshall & Tanner, 1969). Det kan for eksempel være flere år forskjell i biologisk alder mellom to gutter med lik kronologisk alder ettersom de er på forskjellige stadier i modningsprosessen. I motsetning til kronologisk alder, kan det være komplisert å fastsette den biologiske alderen til barn og unge. Det finnes forskjellige metoder for å beregne biologisk alder, for eksempel sekundære kjønnskarakteristika, som indikerer hvor langt et individ har kommet i pubertetsutviklingen. Sekundære kjønnskarakteristika vil naturligvis være forskjellig for gutter og jenter, men inkluderer utvikling av kroppshår for begge kjønn. For jenter inngår også utvikling av bryster og første menstruasjon, mens utvikling av testikler,

ansiktshår og stemmeskiftet er andre eksempler på sekundære kjønnskarakteristika hos gutter (Malina et al. 2015).

### **2.1.2 Høyde og vekt**

Ifølge Malina et al. (2004), kan høydeveksten fra fødsel til ung voksen deles inn i fire faser. Den første fasen er fra fødsel til tidlig barndom, en periode som kjennetegnes av rask høydevekst. Den andre fasen er fra tidlig barndom til starten av puberteten og kjennetegnes av stabil langsom høydevekst. Den tredje fasen er selve pubertetsfasen som kjennetegnes ved rask høydevekst. Den fjerde og siste fasen er fra perioden etter puberteten er avsluttet til man er ferdig utviklet, og kjennetegnes av stabil høydevekst frem til voksen høyde er nådd. I pubertetsfasen skjer den mest drastiske høydeveksten. Den maksimale hastigheten på høydeveksten som inntreffer i pubertetsfasen kalles «peak hight velocity» (PHV), og angis gjerne i antall centimeter høydevekst per år (Tanner, Whitehouse & Takaishi, 1966). PHV inntreffer vanligvis et par år tidligere for jenter sammenliknet med gutter, typisk i alderen 10,5-13,5 år for jenter og 14-16 år for gutter (Albin & Norjavaara, 2013). Det kan imidlertid være store individuelle forskjeller. PHV er vanligvis noe høyere for gutter sammenliknet med jenter, og normale verdier er i størrelsen 7-15,5 cm/år for gutter og 6,2-11 cm/år for jenter (Tanner et al. 1966).

Kroppsvekt følger et veldig likt utviklingsmønster som kroppshøyde fra barn til voksen, og inneholder de samme fire fasene med en vekstspurt i puberteten (Tanner et al. 1966). Sammenliknet med kroppshøyde vil kroppsvekt i mindre grad være genetisk bestemt, og påvirkes i større grad av ytre faktorer som kosthold og fysisk aktivitetsnivå. Dette gjør seg særlig gjeldende i voksenlivet.

### **2.1.3 Puberteten**

Puberteten representerer overgangen fra barn til voksen og kjennetegnes først og fremst av forandringer i forplantningssystemets funksjoner som gjør individet forplantningsdyktig (Sand, Sjaastad & Haug, 2014). Pubertetsutviklingen starter ved økt produksjon av kjønns hormonene testosteron og østrogen for henholdsvis gutter og jenter. Begge kjønn produserer både testosteron og østrogen, men produksjonen av testosteron er størst og gutter og østrogen hos jenter (Armstrong & Welsman, 1997). Produksjon av kjønns hormonene starter med at hypothalamus øker produksjonen av

gonadotropinfrigjørende hormon (Gn-RH). Dette hormonet øker hypofysens sekresjon av luteiniserende hormon (LH) og follikkelstimulerende hormon (FSH). LH og FSH stimulerer sammen gonadenes modning og utvikling, som fører til produksjon av kjønns-hormonene (Sand et al. 2014).

Kjønns-hormonene stimulerer til utvikling av tidligere nevnte sekundære kjønns-karakteristika som gjør kvinner og menn forskjellige. Ulike hormon-konsentrasjoner mellom kjønnene vil også påvirke faktorer relatert til fysisk prestasjonsevne, og man ser større fysiske forskjeller mellom jenter og gutter mot slutten av puberteten, sammenliknet med i barndommen. Økt konsentrasjon av testosteron hos gutter fører blant annet til økt muskelmasse og hemoglobinmasse sammenliknet med jenter (Armstrong & Welsman, 1997).

## **2.2 Prestasjon i kondisjonsidrett**

Sett bort ifra taktiske aspekter avhenger prestasjonen i typiske kondisjonsidretter av hvor hurtig utøveren klarer å forflytte sin egen kroppsmasse fra start til mål.

Kondisjonsidretter inkluderer blant annet mellom- og langdistanse løp, langrenn, sykling og roing. I slike idretter, hvor utøveren arbeider med maksimal intensitet i forhold til varighet, er kapasiteten til å omsette energi hurtig i arbeidende muskulatur meget viktig. Vi har to ulike systemer for energiomsetning, henholdsvis aerob- og anaerob energiomsetning. Ved aerob energiomsetning forbrennes karbohydrater og fett ved bruk av oksygen ( $O_2$ ). Anaerob energiomsetning foregår uten forbruk av  $O_2$ . Det anaerobe energisystemet kan videre deles inn i to systemer, henholdsvis kreatinfosfatssystemet og laktatsystemet. Førstnevnte omsetter energi ved å splitte kreatinfosfat (PCr), et intramuskulært høyenergimolekyl. Dette er en meget effektiv prosess, men de intramuskulære lagrene av PCr er svært begrenset. Den totale mengden energi som kan omsettes på denne måten er derfor minimal sammenliknet med aerob energiomsetning. Laktatsystemet frigjør energi ved at glykogen spaltes til laktat. Sammenliknet med aerob energiomsetning, er også laktatsystemet mer effektivt, men den totale kapasiteten er i likhet med kreatinfosfatssystemet minimal i forhold. De ulike energisystemene bidrar i ulik grad basert på varigheten og intensiteten på arbeidet som utføres (Gastin, 2001). Det maksimale oksygenopptaket ( $VO_{2max}$ ) er et mål på den maksimale hastigheten til den aerobe energiomsetningen. Ifølge Joyner & Coyle (2008),

er utøverens  $VO_{2max}$ , utnyttingsgraden, hastighet ved anaerob terskel og arbeidsøkonomi de mest sentrale prestasjonsbestemmende faktorene i disse idrettene.

## **2.3 Maksimalt oksygenopptak**

$VO_{2max}$  er definert som kroppens maksimale evne til å ta opp og utnytte oksygen ved hardt arbeid (Bassett & Howley, 2000).  $VO_{2max}$  er en sentral faktor for prestasjonen i mange idretter, spesielt i kondisjonsidretter. Flere faktorer, både sentrale og perifere, er med på å avgjøre en persons  $VO_{2max}$  (Saunders, Pyne, Telford & Hawley, 2004). Av sentrale faktorer er blodvolumet, blodets kapasitet til å transportere  $O_2$ , samt hjertemuskelens evne til å pumpe blod avgjørende. Av perifere faktorer er kapillærtettheten, samt mengden mitokondrier og oksidative enzymer i arbeidende muskulatur avgjørende (Bassett & Howlet, 2000; Saunders et al., 2004).

### **2.3.1 Testing av maksimalt oksygenopptak**

Testing av  $VO_{2max}$  er en mye brukt metode for å kvantifisere begrepet kondisjon, og blir av mange betegnet som gullstandarden for å måle kondisjon (Armstrong & Welsman, 1996). Ved testing av  $VO_{2max}$  er det vanlig å benytte en stegvis protokoll. Dette innebærer at belastningen på arbeidet, for eksempel hastigheten ved løp på mølle, gradvis øker under testen. Når forsøkspersonen oppnår sin  $VO_{2max}$  vil en videre økning i belastning ikke føre til videre økt oksygenopptak. Det at økt belastning ikke fører til økt oksygenopptak er et velkjent kriterium for at  $VO_{2max}$  er oppnådd (Taylor, Buskirk & Henschel, 1955).

Hill & Lupton (1923) var blant de første forskerne som arbeidet med  $VO_{2max}$ . De fant blant annet ut følgende fire kjennetegn for  $VO_{2max}$ :

- Det er en øvre grense for  $VO_{2max}$
- Det er individuelle forskjeller i  $VO_{2max}$
- Høy  $VO_{2max}$  er en forutsetning for å prestere i mellom- og langdistanseløp (samt andre kondisjonsidretter)
- $VO_{2max}$  er hovedsakelig begrenset av sirkulasjonssystemets evne til å transportere oksygen til arbeidende muskulatur

Ved  $VO_{2max}$  testing av voksne individer er testprotokoller og tolking av resultater godt kjent. Taylor et al. (1955) poengterer noen viktige faktorer å tenke på når resultatene fra en  $VO_{2max}$  test skal tolkes. Ettersom  $VO_{2max}$  er et mål på hvor mye oksygen som blir brukt av musklene til energiomsetning, kan andelen muskelmasse involvert i testen spille en sentral rolle for testresultatet. Ofte observeres det for eksempel lavere  $VO_{2max}$  verdier ved testing på sykkel kontra løp (Armstrong & Welsman, 1996).  $VO_{2max}$  testing av barn og unge kan være mer komplisert sammenliknet med testing av voksne individer. Barn og ungdom er i konstant utvikling, en prosess som kan føre til større variasjon i hvordan ulike individer responderer fysiologisk ved maksimalt arbeid. Eksempelvis er det ved testing av barn ikke sikkert at oksygenopptaket flater ut slik at et «platå» kan observeres (Armstrong & Welsman, 1996). Det er derfor vanlig å definere  $VO_{2max}$  hos barn som den høyeste målte verdien under testen, eventuelt gjennomsnittet av de to høyeste verdiene.

### **2.3.2 Forskjeller i maksimalt oksygenopptak mellom jenter og gutter**

Det er påvist kjønnsforskjeller i absolutt  $VO_{2max}$  ( $L \cdot \text{min}^{-1}$ ) blant prepubertale barn, og det rapporteres om en økning i absolutt  $VO_{2max}$  gjennom puberteten for begge kjønn (Armstrong & Barker, 2011). Ifølge Armstrong & Barker (2011) øker absolutt  $VO_{2max}$  med ca. 80 % og 150 % i alderen 8 til 16 år for henholdsvis jenter og gutter.

Utviklingen i denne perioden er hovedsakelig et resultat av økt vekst. Relativ  $VO_{2max}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) virker derimot å være uforandret gjennom barne- og ungdomsårene for gutter, og har til og med en tendens til å bli lavere for jenter. Redusert relativ  $VO_{2max}$  for jenter i denne perioden kan være et resultat av økt akkumulasjon av fettvev i puberteten hos jenter sammenliknet med gutter. (Baxter-Jones, Goldstein & Helms, 1993).

Andre faktorer som maksimalt slagvolum ( $SV_{max}$ ), maksimalt minuttvolum ( $MV_{max}$ ), blodvolum (BV), totalt hemoglobinmasse ( $tHb_{masse}$ ) og fettfri masse (FFM) ser også ut til å kunne forklare forskjeller i  $VO_{2max}$  mellom kjønnene. Maksimal hjertefrekvens ( $HF_{max}$ ) ser ut til å være uavhengig av kjønn, men sammenliknet med jenter ser det ut til at gutter har større maksimalt SV og påfølgende maksimalt MV. I tillegg kan det se ut til at gutter har større arteriell-venøs oksygen differanse (a-v  $O_{2diff}$ ) sammenliknet med jenter (Armstrong & Barker, 2011).

### 2.3.3 Forskjeller i maksimalt oksygenopptak mellom kondisjonstrengte og utrente barn

Det er godt dokumentert at barn og unge som driver aktivt med kondisjonsidrett har høyere  $VO_{2max}$  sammenliknet med barn og unge som ikke er aktive i kondisjonsidrett (Rowland, Unnithan, MacFarlane, Gibson & Paton, 1994; Mayers & Gutin, 1979; van Huss, Evans, Kurowski, Anderson, Allen & Stephens, 1988). Ifølge Fick's ligning er  $VO_{2max}$  et produkt av sirkulasjonssystemets maksimale kapasitet til å pumpe blod,  $MV_{max}$ , og a-v  $O_{2diff}$  (Armstrong & Barker, 2011).  $MV_{max}$  er et produkt av  $SV_{max}$  og  $HF_{max}$ , mens a-v  $O_{2diff}$  bestemmes av hvor mye oksygen som utnyttes av arbeidende muskulatur (McArdle et al., 2014). Treningsindusert økning i  $SV_{max}$  er et resultat av flere faktorer. Kondisjonstrening fører til hypertrofi av hjerteveggen og økt indre diameter i venstre hjerteventrikkel, kjent som eksentrisk hypertrofi (Pluim, Zwinderman, van der Laarse & van der Wall, 2000). I tillegg vil økt BV føre til større venøs tilbake strømming under intensivt arbeid. Dette fører til mer effektiv fylling av venstre ventrikkel og påfølgende økt  $SV_{max}$  (McArdle et al. 2014).

## 2.4 Arbeidsøkonomi

Arbeidsøkonomi (AØ) kan defineres som oksygenkravet ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) ved submaksimalt arbeid, for eksempel ved en gitt hastighet ved løping på tredemølle (McNarry & Jones, 2014). Med god arbeidsøkonomi menes det at utøveren har et relativt lavt forbruk av  $O_2$  ved submaksimale belastninger (Lucia, Esteve-Lanao, Oliván, Gomez-Gallego, San Juan, Santiago & Foster, 2006). Sammenliknet med en utøver med dårligere arbeidsøkonomi kan en utøver med bedre arbeidsøkonomi løpe på en høyere hastighet ved samme forbruk av  $O_2$ . Ifølge Di Prampero. (2003) vil 5 % bedre arbeidsøkonomi føre til en prestasjonsforbedring i langdistanseløp tilsvarende 3,8 %. Dette gjør arbeidsøkonomi til en av de mest sentrale faktorene som bestemmer prestasjonen i kondisjonsidrett. Blant voksne langdistanseløpere på elitenivå er det påvist en sterk korrelasjon mellom AØ og løpsprestasjon, og ettersom eliteløpere ofte har relativt lik  $VO_{2max}$  kan forskjeller i AØ være avgjørende for prestasjonen (Saunders et al., 2004). Det har eksempelvis blitt påvist at AØ kan variere med så mye som 30% blant trente langdistanseløpere med lik  $VO_{2max}$  (Barnes & Kilding., 2015).

Treningsindusert forbedring av arbeidsøkonomien ser ut til å være spesifikt knyttet til bevegelsesformen du trener. Det har for eksempel blitt vist at eliteløpere har bedre arbeidsøkonomi i løp sammenliknet med utøvere fra andre idretter (Gullstrand, Nilsson, Ansnes & Linholm, 2000). En rekke fysiologiske og biomekaniske faktorer ser ut til å påvirke arbeidsøkonomien hos trente løpere (Saunders et al., 2004). Flere av disse faktorene ser igjen ut til å påvirkes av kondisjonstrening. Intramuskulære adaptasjoner som økt mengde mitokondrier og oksidative enzymer, bedre evne til å lagre og frigjøre elastisk energi via økt stivhet i muskel-sene komplekset, samt reduserte bremsekrefter og vertikal oscillasjon, er eksempler på faktorer som kan føre til bedre arbeidsøkonomi (Saunders et al., 2004). I løp finner man ofte best arbeidsøkonomi hos eldre utøvere som løper et stort antall kilometer per uke. Det kan derfor tenkes at god arbeidsøkonomi i løp er relatert til det totale volumet aerob utholdenhetstrening en person gjennomfører (Jones & Carter, 2000). En studie av Scrimgeour et al. (1986) viste for eksempel at løpere som trente mer enn 100 km per uke fikk en signifikant bedre arbeidsøkonomi enn løpere som trente mindre enn 60 km per uke.

I løpet av de siste årene har det blitt gjennomført flere intervensjonsstudier som undersøker effekten av ulike typer trening på arbeidsøkonomi i løp. En ny oversiktsartikkel og metaanalyse viser til flere studier som observerer bedre arbeidsøkonomi i løp som følge av annen type trening enn løping (Sullivan, Johnson, Hind, Breen & Francis, 2019). Det har blant annet blitt vist at en periode med styrketrening kan føre til bedre AØ i løp, trolig via økt stivhet i muskel-sene komplekset (Balsalobre-Fernández, Santos-Concejero & Grivas, 2016; Beattie, Carson, Lyons, Rossiter & Kenny, 2017).



## 2.5 Oksygenkinetikk

I hvile har en normal person et oksygenopptak på ca. 0,2-0,3 L/min. Dette tilsvarer en energiomsetning som er tilstrekkelig til å dekke basale prosesser som oppbygging og transport av ulike stoffer (Bahr, Hallén & Medbø, 1991). I overgangen fra hvile til fysisk arbeid øker energibehovet i arbeidende muskulatur umiddelbart til et nytt konstant nivå, gitt at belastningen holdes konstant. Det tar derimot litt tid før  $O_2$  leveransen tilsvarer  $O_2$  kravet i arbeidende muskulatur. Det observeres derfor at  $VO_2$  øker gradvis i starten av et arbeid, for deretter å stabilisere seg etter 2-3 minutter. Begrepet  $O_2$  kinetikk refererer til hvor raskt  $VO_2$  øker til det matcher oksygenkravet og stabilt  $VO_2$  (engelsk:  $VO_2$  steady state, forkortes  $VO_{2ss}$ ) er nådd.  $O_2$  kinetikk reflekterer hvordan ulike fysiologiske systemer (respirasjon, sirkulasjon og muskel) til sammen resulterer i økt aerob energiomsetning ved starten av et arbeid. Utrekning av en tidskonstant benyttes som mål på  $O_2$  kinetikk. Tidskonstanten representerer tiden det tar før  $VO_2$  har nådd 63% av  $VO_{2ss}$ .

$VO_2$  under et arbeid avhenger av belastningen, ved at økt belastning fører til økt  $VO_2$  (Xu & Rhodes, 1999; Bassett & Howley, 2000). Ved submaksimale belastninger under den ventilatoriske terskelen karakteriseres  $VO_2$  av tre faser: Den første fasen kjennetegnes av en rask økning i  $VO_2$  som følge av en plutselig økning i minuttvolum og blodtilførsel til lungene. Deretter følger fase to som representerer en kurvelineær økning i  $VO_2$  inntil  $O_2$  leveransen tilsvarer  $O_2$  kravet i arbeidende muskulatur. Fase 3 representerer stabiliseringen av  $VO_2$ , såkalt  $VO_{2ss}$  (McNarry, Welsman & Jones, 2011).

Den kinetiske responsen til  $VO_2$  ved et fysisk arbeid påvirkes også av belastningen på arbeidet som utføres. Med bakgrunn i dette har Armstrong & Barker (2009) klassifisert  $VO_2$  kinetikk inn i fire ulike intensitetssoner.

Sone 1 defineres som arbeid hvor intensiteten faller under den aerobe terskelen. Ved den aerobe terskelen er laktatnivået i blodet tilnærmet likt hvilenivå. I denne intensitetssonen vil  $VO_2$  øke monoeksponentielt i fase to og nå  $VO_{2ss}$  etter 2-3 minutter (Armstrong & Barker, 2009).

Når intensiteten på et arbeid er høyere enn den aerobe terskelen, men lavere enn  $VO_{2max}$ , klassifiseres intensitetssonene i forhold til om laktatnivået i blodet stabiliserer seg (Sone 2), eller fortsetter å øke til utmattelse (Sone 3). Den anaerobe terskelen skiller sone 2 fra sone 3. Den anaerobe terskelen representerer den høyeste intensiteten hvor det er balanse mellom produksjon og eliminasjon av laktat (Armstrong & Barker, 2009). I sone 2 observeres en eksponentiell økning i  $VO_2$ , men denne sonen kjennetegnes av en forsinket respons som fører til at det kan ta opptil 15 minutter å nå  $VO_{2ss}$ . Dette er kjent som den trege komponenten av  $VO_2$  (Armstrong & Barker, 2009). Sone 3 defineres som arbeid hvor intensiteten er over anaerob terskel, men lavere enn  $VO_{2max}$ . I denne sonen øker den trege komponenten som en funksjon av tid, frem til  $VO_{2max}$  er nådd. I praksis betyr dette at arbeid i sone 3 vil føre til at  $VO_2$  fortsetter å øke frem til  $VO_{2max}$  er nådd, uavhengig om intensiteten er rett over anaerob terskel eller veldig nær  $VO_{2max}$ . Dess høyere intensiteten er over anaerob terskel, dess mindre vil den trege komponenten være, og  $VO_2$  vil drive mot  $VO_{2max}$  i løpet av kortere tid (Armstrong & Barker, 2009).

Sone 4 defineres som arbeid hvor intensiteten er høyere enn  $VO_{2max}$ . Ved arbeid i denne sonen er produksjonen av laktat så stor at utmattelse kan inntreffe før  $VO_{2max}$  er nådd. Armstrong & Barker (2009) poengterer viktigheten av at arbeidsbelastningen er individuelt tilpasset, slik at det arbeides i lik intensitetssone ved sammenlikning av  $O_2$  kinetikk mellom ulike individer. Etersom det er en tydelig forskjell i  $VO_2$  responsen fra sone 2 til sone 3, med fremtredelse av den trege komponenten i sone 3, er det essensielt at individer som sammenliknes arbeider i lik sone. Ved hvilken intensitet, relativt til  $VO_{2max}$ , den fysiologiske variabelen anaerob terskel forekommer, er også svært individuelt. Det er derfor viktig at intensitet bestemmes i forhold til fysiologiske variabler fremfor prosent av  $VO_{2max}$  ved sammenlikning av  $VO_2$  profiler for å undersøke  $O_2$  kinetikk (Armstrong & Barker, 2009).

### **2.5.1 Kondisjonstrening og $O_2$ kinetikk**

Vi vet at regelmessig kondisjonstrening fører til positive adaptasjoner i flere fysiologiske systemer som er involvert i aerob energimetabolisme. Sirkulasjonssystemets kapasitet til å transportere  $O_2$  øker, distribusjonen av oksygenrikt blod til arbeidende muskulatur blir mer effektiv, og musklens evne til å utnytte  $O_2$  blir bedre (McArdle et al, 2014). Det er derfor nærliggende å tenke at treningsstatus vil påvirke  $O_2$  kinetikk. Blant voksne har det blitt påvist at kondisjonstrente individer har raskere  $O_2$  kinetikk sammenliknet

med utrente individer (Koppo, Bouckaert & Jones, 2004). Det også blitt observert raskere O<sub>2</sub> kinetikk etter en periode med kondisjonstrening hos voksne (Bailey et al., 2009).

Hvorvidt dette også gjelder barn og unge er i mindre grad kjent. Perioden med vekst og utvikling gjennom puberteten resulterer i store fysiologiske forandringer hos et individ. Den kunnskapen vi har om treningsfysiologi fra voksne individer kan ikke nødvendigvis overføres direkte til barn. Barn er ikke voksne, bare mindre, og hvordan deres fysiologiske systemer påvirkes av fysisk trening kan være annerledes sammenliknet med voksne (Armstrong & Welsman, 2002). Det finnes eksempelvis studier som tyder på at barn, sammenliknet med voksne, i større grad avhenger av aerob energimetabolisme. Armstrong, Barker & McManus (2015) publiserte nylig en oversiktsartikkel som tar for seg hvordan muskelmetabolisme forandres med alder og modning. En av de eldre studiene som ble sitert, viste at størrelsen på de intramuskulære kreatinfosfatlagrene og glykogenlagrene økte med 60% hos gutter fra de var 11 til 15 år. Videre ble det påvist signifikant større nedbryting av glykogen og kreatinfosfat etter høyintensivt arbeid hos 15 åringer sammenliknet med 11 åringer (Eriksson, Karlsson & Saltin, 1971). Armstrong et al. (2015) siterer også studier som har vist et negativt forhold mellom anaerob terskel, målt som prosent av VO<sub>2max</sub>, og alder (Pfitzinger & Freedson, 1997). I tillegg er det observert en positiv sammenheng mellom alder og maksimale laktatnivåer i blodet (Beneke, Hutler & Leithauser, 2007). McNarry et al. (2011) har gjennomført en av få studier som har sammenliknet O<sub>2</sub> kinetikk mellom kondisjonstrente og utrente barn (kun jenter). Denne studien rapporterte at de kondisjonstrente barna hadde raskere O<sub>2</sub> kinetikk ved submaksimalt arbeid sammenliknet med kontrollgruppen. Det kreves imidlertid flere studier for å øke kunnskapen på dette feltet.

## 3. Metode

### 3.1 Design

Denne masteroppgaven benytter data fra et større forskningsprosjekt som startet ved Norges idrettshøgskole i 2013. Dette er en longitudinell studie som har fulgt barn fra to forskjellige årskull, henholdsvis 2001 og 2003, fra barna var 12-15 år. 2001 kullet ble testet høsten 2013, 2014 og 2015, mens 2003 kullet ble testet høsten 2015, 2016 og 2018. Forskningsprosjektet har til hensikt å undersøke hvordan fysisk utvikling, i kombinasjon med regelmessig kondisjonstrening, påvirker ulike fysiske og fysiologiske variabler gjennom puberteten. Prosjektet inkluderer både gutter og jenter, og sammenlikner kondisjonstrete barn med for det meste aktive, men ikke spesifikt kondisjonstrete barn. Forsøkspersoner fra 2001 kullet ble rekruttert fra langrennklubber i Oslo området, og fra en skoleklasse i Sogndal. Forsøkspersoner fra 2003 kullet ble utelukkende rekruttert fra langrennklubber i Oslo området. Jeg deltok i datainnsamlingen på 2003 kullet i 2018, men bruker data fra langrennsløperne i 2001 kullet. Årsaken er at disse dataene var bedre egnet til å vurdere endringer i arbeidsøkonomi og oksygenkinetikk og fordi det var svært få kondisjonstrete gutter igjen fra 2003 kullet ved retesting høsten 2018. Ettersom testprosedyrene og gjennomføringen av testene var lik i begge kullene, var det mer hensiktsmessig at jeg benyttet data fra 2001 kullet.

#### 3.1.1 Forsøkspersoner

Forsøkspersonene i denne masteroppgaven omfatter et utvalg av forsøkspersonene fra 2001 kullet i prosjektet nevnt ovenfor. Kondisjonsgruppen besto av 21 gutter og kontrollgruppen besto av 12 gutter. Antallet på hver test var henholdsvis 18-21 fra kondisjonsgruppen og 9-12 fra kontrollgruppen ettersom ikke samtlige forsøkspersoner gjennomførte alle testene.

### **3.2 Gjennomføring av testene**

Alle tester ble gjennomført ved Norges idrettshøgskole, Seksjon for fysisk prestasjonsevne. Alle testene ble gjennomført på samme dag og rekkefølgen for de ulike testene var lik for alle forsøkspersoner. Ettersom barna er på skolen på dagtid ble testene gjennomført på ettermiddagen og kvelden. Barna sammen med foreldre, meldte seg opp til passende testtidspunkt via en online kalender (Doodle). To og to forsøkspersoner ankom med 30 minutters intervaller. På den måten reduserte vi kø og ventetid på de ulike teststasjonene.

### **3.3 Gjennomføring av intervju**

Det ble gjennomført intervju av forsøkspersonene (FP) vedrørende treningsvolum og vaner ved alder 15 år. Intervjuet ble gjennomført innimellom de andre testene når det passet seg. Flesteparten av intervjuene ble gjennomført før testing av  $VO_{2max}$  ettersom det kunne oppstå venting på denne teststasjonen. FP fikk i god tid før testdagen tilsendt et spørreskjema (se vedlegg) på epost. Det ble stilt spørsmål rundt svarene til FP for å oppklare eventuelle feiltolkninger av begreper vedrørende treningsvolum og innhold. Eksempelvis kunne FP skrive at han gjennomførte totalt 10 timer kondisjonstrening per uke. Samtidig kunne han skrive at han gjennomførte fem timer langkjøring og tre timer intervalltrening. Til sammen blir dette åtte timer kondisjonstrening. I samsvar med FP ble det da oppklart hvorvidt han skrev feil antall timer total kondisjonstrening, eller om antall timer langkjøring eller intervalltrening var feil.

#### **3.3.1 Inndeling av grupper**

Basert på informasjonen i intervjuene ble forsøkspersonene plassert i kondisjonsgruppen eller kontrollgruppen. For å bli plassert i kondisjonsgruppen ble det satt en nedre grense på fem timer kondisjonstrening per uke, bestående av både langkjøring og intervalltrening. Forsøkspersoner som gjennomførte mindre enn fem timer kondisjonstrening per uke ble plassert i kontrollgruppen.

### **3.4 Testprosedyre og målemetoder**

#### **3.4.1 Antropometri og kroppssammensetning**

Et stadiometer (Seca, Hamburg, Tyskland) ble brukt til å måle kroppshøyde. FP var iført vanlige treningsklær uten sko. Ved måling av kroppshøyde ble FP instruert til å stå med rak holdning og ryggen inntil måleapparatet, med blikket rettet naturlig fremover. En vekt (Seca 877, Hamburg, Tyskland) ble brukt til å måle kroppsvekt. Som ved måling av kroppshøyde var FP iført treningsklær uten sko. Måling av kroppshøyde og kroppsvekt ble kontrollert ved to påfølgende målinger, og notert til henholdsvis nærmeste 0,5 cm og 0,1 kg. 0,5 kg ble trukket fra kroppsvekt for å kompensere for treningstøy.

Det ble brukt impedansmåling (InBody 720, Biospace Co, Ltd, Seoul, Korea) for å analysere kroppssammensetning.

#### **3.4.2 Arbeidsøkonomi og oksygenkinetikk**

AØ og O<sub>2</sub> kinetikk ble målt ved løp på tredemølle (Woodway Elg 70, Weil am Rhein, Germany). Automatisk ergospirometriutstyr (Oxycon Pro, Jaeger-Toennis, Hochberg, Germany) og «breath-by-breath» metoden ble brukt for å måle oksygenopptak (VO<sub>2</sub>) under arbeid. VO<sub>2</sub> ble målt kontinuerlig og presentert som gjennomsnittet av 10-sekunders intervaller. Hjerterefrekvens (HF) ble målt ved bruk av pulsklokke (Polar S610, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) med tilhørende pulsbelte (Polar Wearlink, Polar Electro Oy, Kempele, Finland).

Ved breath-by-breath metoden puster forsøkspersonen gjennom en maske (Hans Rudolph Instr., USA). Masken er via en slange koblet til Oxycon Pro enheten, hvor en andel av ekspirasjonsluften blir trukket inn og analysert for innhold av O<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub>. Mellom masken og slangen er det koblet en volumtransducer som måler ventilasjonen. Både volumtransducer og gassanalytorene ble kalibrert før hver test. Volumtransducer ble kalibrert manuelt ved bruk av en 3 liters pumpe (Calibration Syringe, series 5530, Hans Rudolph Inc., MO, USA). Oxycon pro ble kalibrert ved å analysere andelen O<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub> i romluft, samt en gass med kjent konsentrasjon (15% O<sub>2</sub>, 6% CO<sub>2</sub>, 79% N<sub>2</sub>).

Både AØ og O<sub>2</sub> kinetikk ble målt ved submaksimalt arbeid med en total varighet på fem minutter. Den ytre belastningen var forhåndsbestemt og lik for samtlige forsøkspersoner

(5,3% stigning og 8,3 km/t) og alle testtidspunkter. Før arbeidet begynte ble  $VO_2$  i hvile ( $VO_{2hvile}$ ) målt ved at FP sto oppreist i 60 sekunder før tredemøllen ble startet.  $VO_{2hvile}$  ble senere brukt til utregning av gjennomsnittlig responstid (engelsk: mean response time, forkortes MRT), som er et mål på  $O_2$  kinetikk. Etter 60 sekunder ble tredemøllen satt i gang, og belastningen ble gradvis økt over 10 sekunder til forhåndsbestemt belastning var nådd. FP løp deretter på denne arbeidsbelastningen i fem minutter.  $VO_{2ss}$  relativt til kroppsvekt ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) ble brukt som mål på AØ.  $VO_{2ss}$  ble definert som gjennomsnittlig  $VO_2$  de siste to minuttene av arbeidet. MRT ble regnet ut ved å dele oksygen underskuddet ( $O_2$  underskudd), som oppstår i starten av arbeidet, på  $VO_{2ss}$ , målt som  $mlO_2 \cdot sekund^{-1}$  over  $VO_{2hvile}$ :

$$MRT = \frac{O_2 \text{ underskudd (ml)}}{(VO_{2ss} (ml \times sekund^{-1}) - VO_{2hvile} (ml \times sekund^{-1}))}$$

$O_2$  underskudd ble regnet ut ved å trekke fra det akkumulerte  $O_2$  opptaket fra  $O_2$  kravet, hvor  $O_2$  kravet er lik  $VO_{2ss}$  multiplisert med varigheten på arbeidsperioden (fem minutter).

### 3.4.3 Maksimalt oksygenopptak og utholdenhetsprestasjon

$VO_{2max}$  ble i likhet med AØ og  $O_2$  kinetikk målt ved løp på tredemølle med samme utstyr og metode. Bare arbeidsbelastningen var forskjellig. Testing av AØ og  $O_2$  kinetikk fungerte som oppvarming til  $VO_{2max}$  testen som ble gjennomført like etter. Protokollen og belastningene for denne testen var lik for alle forsøkspersoner og alle testtidspunkter. Tid til utmattelse (TTU) ble derfor brukt som mål på utholdenhetsprestasjon. Belastningen ble gradvis økt hvert minutt til utmattelse. Ved testens start ble tredemøllen satt til 6,3% stigning med en hastighet på 7 km/t. Hastigheten og vinkelen på mølla økte med henholdsvis 1 km/t og 1% hvert minutt inntil en hastighet på 11 km/t ble nådd. Deretter ble belastningen økt ved å kun øke stigningen med 1% for hvert minutt inntil utmattelse. FP kommuniserte med testleder

ved å gi tommel opp hvis han klarte en ytterligere økning i belastning.  $VO_2$  ble registrert hvert 30 sekund, og gjennomsnittet av de to høyeste påfølgende målingene ble definert som  $VO_{2max}$ .

Utmattelse ble definert som tidspunktet hvor FP avbrøt testen til tross for sterk verbal oppmuntring fra testleder. For å sikre at FP hadde løpt til utmattelse under testen ble følgende hjelpekriterier benyttet:

- $RER > 1,1$
- HF over 95 % av aldersberegnet  $HF_{max}$  ( $220 - \text{alder}$ )

Det viktigste kriteriet for oppnådd utmattelse hos FP var imidlertid testleders subjektive oppfatning.

### **3.5 Statistikk**

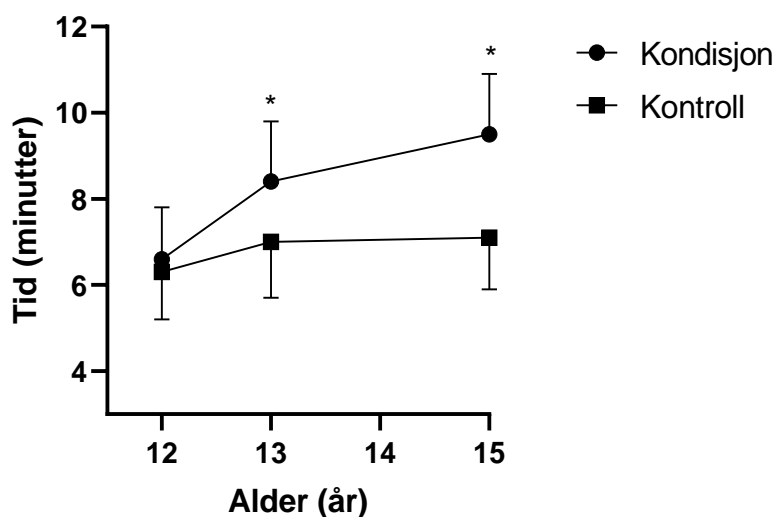
Alle figurer er laget i programmet GraphPad Prism 8.1.0 (GraphPad Software Inc, San Diego, CA, USA). Programmet Microsoft Excel (Microsoft Excel, 2013, USA) ble brukt til å analysere utviklingen av variabler fra 12-15 år. Det ble benyttet en uparet t-test for å undersøke om stigningskoeffisienten var ulik mellom gruppene. Videre ble det brukt uparede t-tester for å undersøke forskjell mellom gruppene ved de ulike testtidspunktene. Den første t-testen undersøkte om gjennomsnittet av de tre tidspunktene var forskjellig mellom gruppene. Deretter ble en ny t-test benyttet for å se eventuelle forskjeller mellom gruppene ved de ulike tidspunktene. Signifikansnivået ble satt til  $p < 0,05$ . Om  $p < 0,10$  ble det regnet som en tendens. Resultatene blir presentert som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik.



## 4. Resultater

### 4.1 Prestasjon utholdenhet

Tid til utmattelse (TTU) ved testing av maksimalt oksygenopptak ble brukt som mål på utholdenhetsprestasjon. Ved alder 12 år var TTU  $6,6 \pm 1,2$  og  $6,3 \pm 1,1$  minutter for henholdsvis kondisjonsgruppen og kontrollgruppen ( $p=0,47$ ). Fra 12 til 15 år økte TTU i gjennomsnitt  $0,8 \pm 0,4$  minutter per år for kondisjonsgruppen ( $p<0,001$ ), mens TTU ikke endret seg signifikant i kontrollgruppen ( $+0,2 \pm 1,0$  minutter per år;  $p=0,14$ ). Økningen var signifikant større i kondisjonsgruppen sammenliknet med kontrollgruppen ( $p=0,002$ ). Kondisjonsgruppen presterte signifikant bedre enn kontrollgruppen ved både 13 år ( $p=0,01$ ) og 15 år ( $p<0,001$ ).



Figur 1: Utvikling av utholdenhetsprestasjon (gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik) som en funksjon av alder hos begge gruppene. \* Signifikant forskjell mellom gruppene ( $p<0,05$ )

## 4.2 Antropometri og kroppssammensetning

### 4.2.1 Kroppsvekt

Det var ingen forskjell i kroppsvekt mellom gruppene på noen tidspunkt (tabell 1). I gjennomsnitt økte kroppsvekt med  $6,2 \pm 1,7$  og  $5,5 \pm 1,2$  kg/år fra 12-15 år for henholdsvis kondisjonsgruppen ( $p < 0,001$ ) og kontrollgruppen ( $p < 0,001$ ). Det var ingen forskjell i økning mellom gruppene fra 12-15 år ( $p = 0,196$ ).

Tabell 1: Kroppshøyde, kroppsvekt, fettfri masse og fettprosent i begge gruppene ved alder 12, 13 og 15 år. Verdi  $\pm$  SD. \* Signifikant forskjell mellom gruppene ( $p < 0,05$ ).

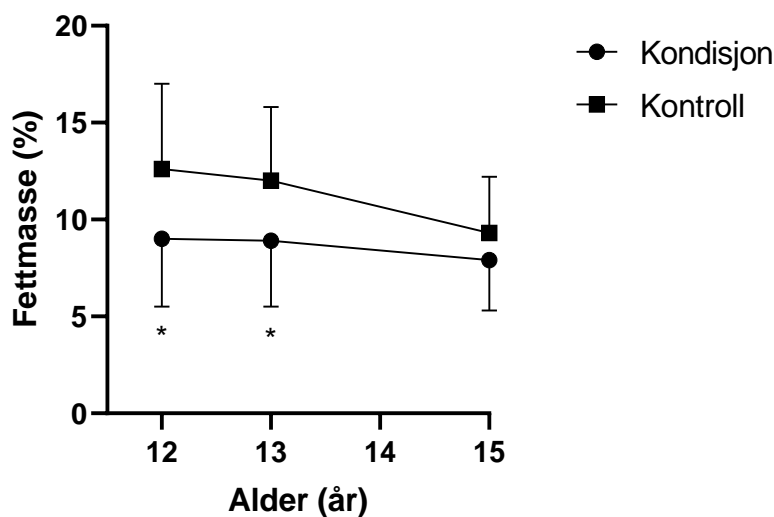
Alder (år)	Høyde (cm)		Vekt (kg)		Fettfri masse (kg)		Fettprosent (%)	
	Kondisjon	Kontroll	Kondisjon	Kontroll	Kondisjon	Kontroll	Kondisjon	Kontroll
12	$152 \pm 7,3$	$149 \pm 7,3$	$38,6 \pm 5,2$	$39,3 \pm 5,3$	$34,6 \pm 3,8$	$34,8 \pm 3,9$	$9,0 \pm 3,5$ *	$12,6 \pm 4,4$
13	$161 \pm 9,5$	$158 \pm 9,3$	$44,8 \pm 6,8$	$45,1 \pm 6,5$	$41,3 \pm 6,0$	$41,3 \pm 5,6$	$8,9 \pm 3,4$ *	$12,0 \pm 3,8$
15	$175 \pm 11$	$171 \pm 8,3$	$59,2 \pm 10,1$	$57,4 \pm 6,8$	$54,8 \pm 9,1$	$53,4 \pm 4,3$	$7,9 \pm 2,6$	$9,3 \pm 2,9$

### 4.2.2 Kroppshøyde

Det var ingen forskjell i kroppshøyde mellom gruppene på noen tidspunkt (tabell 1). I gjennomsnitt økte kroppshøyde med  $7,0 \pm 1,4$  og  $6,6 \pm 0,6$  cm/år fra 12-15 år for henholdsvis kondisjonsgruppen ( $p < 0,001$ ) og kontrollgruppen ( $p < 0,001$ ). Det var ingen forskjell i økning mellom gruppene fra 12-15 år ( $p = 0,358$ ).

### 4.2.3 Fettprosent

Kondisjonsgruppen hadde signifikant lavere fettprosent sammenliknet med kontrollgruppen ved 12 år ( $p=0,02$ ) og 13 år ( $p=0,03$ ). Ved 15 år var det ingen signifikant forskjell mellom gruppene, men en tendens mot lavere fettprosent i kondisjonsgruppen (tabell 1,  $p=0,17$ ). I gjennomsnitt ble fettmassen redusert med  $0,3 \pm 0,8$  og  $1,0 \pm 1,3$  prosent per år fra 12-15 år i henholdsvis kondisjonsgruppen ( $p=0,09$ ) og kontrollgruppen ( $p=0,045$ ). Det var ingen forskjell i reduksjon mellom gruppene ( $p=0,10$ ).

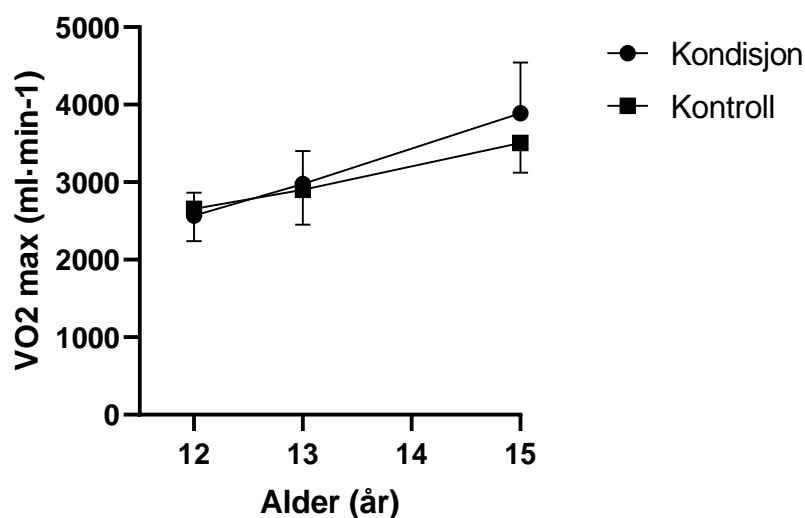


Figur 2: Utvikling av fettprosent (gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik) som en funksjon av alder hos begge gruppene. \* Signifikant forskjell mellom gruppene ( $p < 0,05$ ).

### 4.3 Maksimalt oksygenopptak

#### 4.3.1 Absolutt $VO_{2max}$

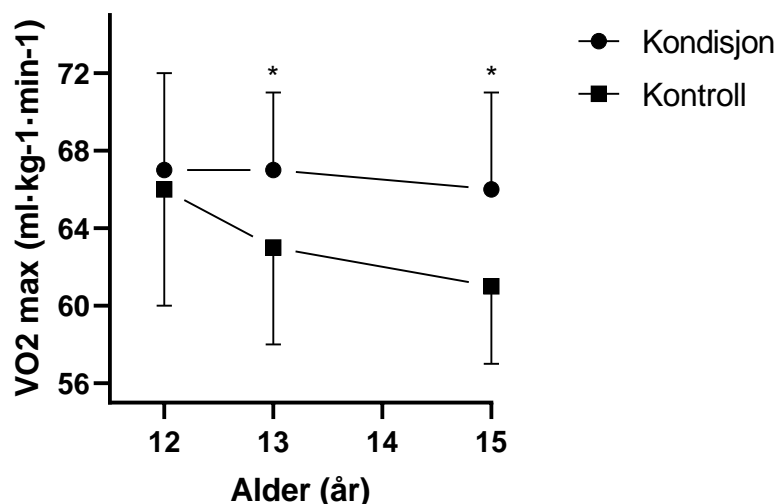
Det var ingen forskjell i absolutt  $VO_{2max}$  mellom gruppene på noen tidspunkt (figur 3). I gjennomsnitt økte  $VO_{2max}$  med  $399 \pm 137$  og  $257 \pm 98$  ml/år fra 12-15 år for henholdsvis kondisjonsgruppen ( $p < 0,001$ ) og kontrollgruppen ( $p < 0,001$ ). Økningen var signifikant større i kondisjonsgruppen sammenliknet med kontrollgruppen ( $p = 0,007$ ). Den større økningen i kondisjonsgruppen sammenliknet med kontrollgruppen skjedde i perioden 13 til 15 år. Ved 15 år var det en tendens mot høyere  $VO_{2max}$  blant de kondisjonstrengte guttene sammenliknet med kontrollguttene ( $p = 0,099$ ).



Figur 3: Utvikling av  $VO_{2max}$  (gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik) som en funksjon av alder hos begge gruppene.

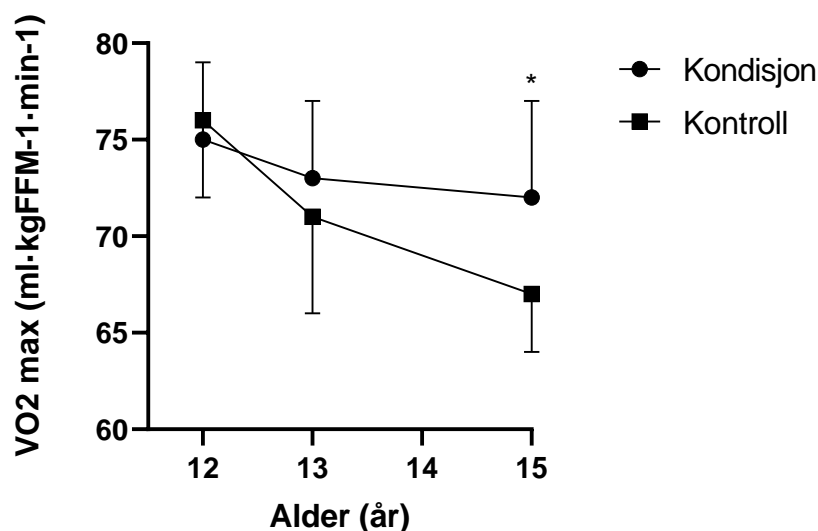
#### 4.3.2 Relativ $VO_{2max}$

Relativt til kroppsvekt var det ingen forskjell i  $VO_{2max}$  mellom gruppene ved alder 12 år.  $VO_{2max}$  var da  $67 \pm 5$  og  $66 \pm 6$  ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> for henholdsvis kondisjonsgruppen og kontrollgruppen ( $p = 0,63$ ). Ved 15 år var relativ  $VO_{2max}$   $66 \pm 5$  og  $61 \pm 4$  ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> for henholdsvis kondisjonsgruppen og kontrollgruppen ( $p = 0,005$ ). I gjennomsnitt ble relativ  $VO_{2max}$  redusert med  $1,7 \pm 2,0$  ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> per år fra 12-15 år i kontrollgruppen ( $p = 0,04$ ), mens det ikke var noen signifikant endring i kondisjonsgruppen ( $-0,3 \pm 1,5$ ;  $p = 0,21$ ).



Figur 4: Utvikling av  $VO_{2max}$  relativt til kroppsvekt (gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik) som en funksjon av alder hos begge gruppene. \* Signifikant forskjell mellom gruppene ( $p < 0,05$ ).

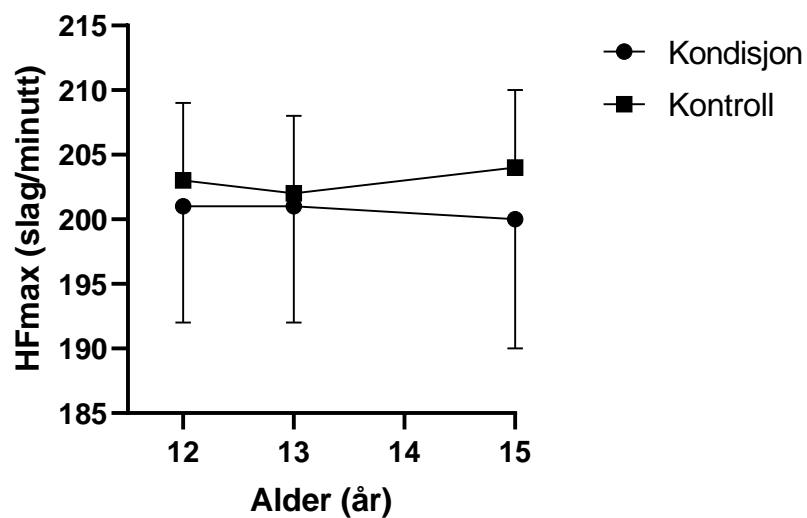
Relativt til FFM var det ingen forskjell i  $VO_{2max}$  mellom gruppene ved 12 og 13 år, men ved 15 år var  $VO_{2max}$  i kondisjonsgruppen signifikant høyere sammenliknet med kontrollgruppen ( $p=0,013$ ). I gjennomsnitt ble  $VO_{2max}$  relativt til FFM redusert med  $0,9 \pm 1,6$  og  $2,8 \pm 1,0$   $ml \cdot kg_{FFM}^{-1} \cdot min^{-1}$  per år fra 12-15 år i henholdsvis kondisjonsgruppen ( $p=0,008$ ) og kontrollgruppen ( $p=0,001$ ). Det var en signifikant større reduksjon i kontrollgruppen sammenliknet med kondisjonsgruppen ( $p=0,007$ ).



Figur 5: Utvikling av  $VO_{2max}$  relativt til FFM (gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik) som en funksjon av alder hos begge gruppene. \* Signifikant forskjell mellom gruppene ( $p < 0,05$ ).

#### 4.4 Maksimal hjertefrekvens

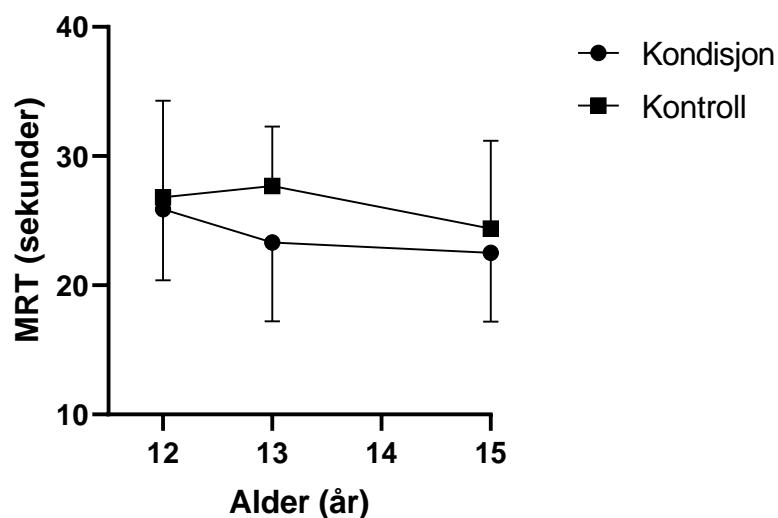
$HF_{max}$  ble målt under testing av  $VO_{2max}$ . Det var ingen forskjell i  $HF_{max}$  mellom gruppene på noen tidspunkt. Det var heller ingen signifikant endring fra 12-15 år i noen av gruppene.



Figur 6: Utvikling av  $HF_{max}$  (gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik) som en funksjon av alder hos begge gruppene.

#### 4.5 Oksygenkinetikk

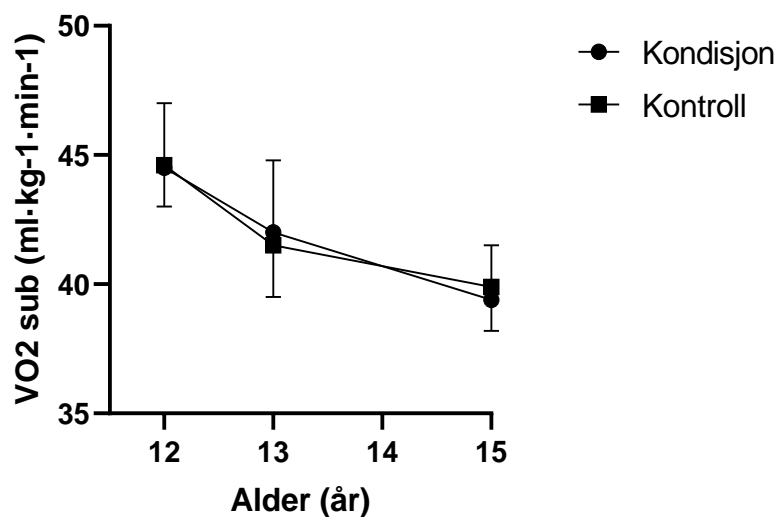
MRT ved submaksimal belastning ble brukt som et mål på oksygenkinetikk. Det var ingen signifikant forskjell i MRT mellom gruppene på noen tidspunkt, men en tendens mot lavere MRT i kondisjonsgruppen sammenliknet med kontrollgruppen ved 13 år ( $p=0,07$ ). Det var heller ingen signifikant endring fra 12-15 år i noen av gruppene.



Figur 7: Utvikling av MRT (gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik) som en funksjon av alder hos begge gruppene.

#### 4.6 Arbeidsøkonomi

Oksygenopptak relativt til kroppsvekt ( $VO_{2sub}$ ) ved submaksimal belastning (5 % stigning, 8,3 km/t) ble brukt som et mål på arbeidsøkonomi. En reduksjon i  $VO_{2sub}$  indikerer dermed en bedring i arbeidsøkonomi. Det var ingen signifikant forskjell i arbeidsøkonomi mellom gruppene på noen tidspunkt. I gjennomsnitt ble  $VO_{2sub}$  redusert med  $1,5 \pm 0,7$  og  $1,6 \pm 1$   $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  per år fra 12-15 år for henholdsvis kondisjonsgruppen ( $p < 0,001$ ) og kontrollgruppen ( $p = 0,002$ ). Det var ingen forskjell i reduksjon av  $VO_{2sub}$  mellom gruppene i perioden 12-15 år ( $p = 0,78$ ).



Figur 8: Utvikling av  $VO_{2sub}$  (gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik) som en funksjon av alder hos begge gruppene.



## 5. Diskusjon

Hovedfunnet i denne studien viser at kondisjonsgruppen hadde en signifikant forbedring i utholdenhetsprestasjon sammenliknet med kontrollgruppen i perioden 12-15 år.

Sammenliknet med kontrollgruppen presterte kondisjonsgruppen signifikant bedre ved alder 13 år og 15 år, mens det ikke ble påvist signifikante forskjeller mellom gruppene ved alder 12 år. I samme periode ser vi at det ikke ble påvist signifikante forskjeller i absolutt  $VO_{2max}$  ( $ml^{-1} \cdot min^{-1}$ ) mellom gruppene på noe tidspunkt. Relativt til kroppsvekt ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) ble det påvist signifikant høyere  $VO_{2max}$  i kondisjonsgruppen sammenliknet med kontrollgruppen ved alder 13 år og 15 år, mens ingen signifikante forskjeller ble funnet mellom gruppene ved alder 12 år. Relativt til FFM ( $ml \cdot kg_{FFM}^{-1} \cdot min^{-1}$ ) ble det ikke påvist signifikante forskjeller mellom gruppene ved alder 12 år og 13 år, men ved 15 år var  $VO_{2max}$  signifikant høyere i kondisjonsgruppen sammenliknet med kontrollgruppen. Det ble ikke påvist signifikante forskjeller mellom gruppene i hverken arbeidsøkonomi ( $VO_{2sub}$ ) eller oksygenkinetikk (MRT) på noe tidspunkt.

Blant de sekundære funnene ble det påvist signifikant lavere fettprosent i kondisjonsgruppen sammenliknet med kontrollgruppen ved alder 12 år og 13 år, mens ingen signifikante forskjeller var til stede ved alder 15 år. Det ble ikke påvist signifikante forskjeller i kroppsvekt eller kroppshøyde mellom gruppene på noe tidspunkt.

### 5.1 Utholdenhetsprestasjon

Fra 12-15 år ble det observert en signifikant økning i TTU hos kondisjonsgruppen, men ikke i kontrollgruppen. Det var ingen forskjell i prestasjon ved 12 år, men kondisjonsgruppen presterer bedre ved 13 år og 15 år. I kontrollgruppen var det ingen signifikant endring i utholdenhetsprestasjon fra 12-15 år, mens i kondisjonsgruppen økte prestasjon i samme periode. Flere faktorer kan forklare disse funnene, men det er naturlig å tenke at fysiologiske forskjeller mellom gruppene, som følge av kondisjonstrening, spiller en sentral rolle. Videre er det naturlig å tenke at  $VO_{2max}$  er en avgjørende faktor, ettersom TTU ble målt ved en  $VO_{2max}$  test. Vi ser at relativ  $VO_{2max}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) er signifikant høyere i kondisjonsgruppen sammenliknet med kontrollgruppen ved alder 13 år og 15 år, men ikke ved 12 år. Dette samsvarer med resultatene for utholdenhetsprestasjon. Vedrørende relativ  $VO_{2max}$  og

utholdenhetsprestasjon er det imidlertid interessant å merke seg at  $VO_{2max}$  reduseres fra 12-15 år samtidig som TTU er stabil i kontrollgruppen. Tilsvarende ser vi en økning i TTU samtidig som  $VO_{2max}$  er stabil i kondisjonsgruppen. Dette tyder på at andre faktorer enn  $VO_{2max}$  også påvirker utholdenhetsprestasjonen i perioden 12-15 år. Økt vekst, både kroppshøyde og kroppsvekt, kan tenkes å påvirke TTU i stor grad. Det har blitt rapportert at barn presterer bedre på utholdenhets tester etter hvert som de vokser i størrelse og puberteten inntreffer (Baxter-Jones et al., 1993; Baxter-Jones & Maffulli, 2003).

## 5.2 *Maksimalt oksygenopptak*

Begge gruppene har en signifikant økning i absolutt  $VO_{2max}$  fra 12-15 år. Utviklingen i denne perioden er trolig et resultat av økt vekst. Studier viser en nær sammenheng mellom økt vekst og absolutt  $VO_{2max}$  blant barn og unge (Armstrong & Welsman, 1994; Cooper, Weiler-Ravell, Whipp & Wasserman., 1984). Blant hovedfunnene i denne studien er imidlertid at de kondisjonstrete guttene har en signifikant større økning i absolutt  $VO_{2max}$  sammenliknet med kontrollguttene fra 12-15 år ( $399 \pm 137$  vs.  $257 \pm 98$  ml/år;  $p=0,007$ ). Kondisjonsgruppen opplever en markant større økning sammenliknet med kontrollgruppen i perioden 13-15 år.

Relativt til kroppsvekt var det ingen signifikant endring i  $VO_{2max}$  fra 12-15 år i kondisjonsgruppen, mens det var en signifikant reduksjon i kontrollgruppen. Relativt til FFM var det en signifikant reduksjon i begge gruppene, men reduksjonene var signifikant større i kontrollgruppen sammenliknet med kondisjonsgruppen. Det er flere fysiologiske faktorer som kan ligge bak disse forskjellene mellom kondisjonsgruppen og kontrollgruppen i vår studie. Fick's ligning viser  $VO_{2max}$  som det maksimale produktet av HF, SV og a-v  $O_{2diff}$ . Det var ingen signifikant endring i maksimal HF i løpet av de tre årene i noen av gruppene. Det ble også målt hjertedimensjoner med ekkokardiografi i hvile i dette prosjektet (data ikke med i denne oppgaven). SV i hvile økte i absoluttverdier, men relativt til FFM var det en reduksjon i begge grupper på ca. 15 %. Vi skal være forsiktig med å trekke konklusjoner fra målinger i hvile, men SV økte i absoluttverdier og er nok med på å forklare økningen i absolutt oksygenopptak. Det er også fristende og spekulere i at det er sammenheng mellom reduksjon i SV relativt til FFM og  $VO_{2max}$  relativt til FFM. Det var imidlertid ikke noen forskjell i SV i hvile mellom de to gruppene. Likevel kan det ikke utelukkes at det er en forskjell under

maksimalt arbeid. Det er få studier som har undersøkt a-v  $O_{2diff}$  hos barn og unge, og det er meg bekjent ikke blitt påvist forskjeller mellom kondisjonstrente og utrente barn (Armstrong & Barker, 2011; Nottin, Vinet, Stecken, N`Guyen, Ounissi, Lecoq & Obert, 2002). Det er derfor sannsynlig at  $SV_{max}$  er den viktigste predikatoren for  $VO_{2max}$ .

En studie av Rowland, Wehnert & Miller (2000) undersøkte SV-indeks i hvile og under maksimalt arbeid (sykling) hos kondisjonstrente og utrente barn. En persons SV-indeks regnes ut ved å dele SV (milliliter) på kroppsareal (kvadratmeter), og gjør det dermed mulig å sammenlikne personer av forskjellig størrelse. Syv gutter (11,9 år) som var aktive syklister utgjorde den trente gruppa, mens 39 utrente gutter i samme alder utgjorde kontrollgruppa. Resultatene fra denne studien viste at SV-indeks var høyere både i hvile ( $59 \pm 6$  vs.  $44 \pm 9$  mL/m<sup>2</sup>) og under maksimalt arbeids ( $76 \pm 6$  vs.  $60 \pm 11$  mL/m<sup>2</sup>) i den trente gruppa sammenliknet med den utrente gruppa.  $VO_{2max}$  ble også sammenliknet mellom gruppene i denne studien, og resultatene viste at relativ  $VO_{2max}$  var gjennomsnittlig høyere i den trente gruppa sammenliknet med den utrente gruppa ( $60 \pm 6$  vs.  $47 \pm 5,8$  ml/kg/min). Forfatterne konkluderte med at  $SV_{max}$  er en avgjørende faktor for  $VO_{2max}$  hos unge syklister, og at faktorer relatert til  $SV_{max}$  er viktige for å definere hva som fører til forskjeller i  $VO_{2max}$  mellom kondisjonstrente og utrente barn (Rowland et al, 2000). Flere andre studier har sammenliknet SV mellom ulike grupper barn og unge. Raven, Drinkwater & Horvath (1973) gjennomførte en av de eldre studiene på området, og sammenliknet unge jenter i alderen 13-18 år som drev med baneløp. Den ene gruppen besto av åtte sprintere, mens den andre gruppen besto av 13 distanseløpere. Resultatene fra denne studien viste at distanseløperne hadde signifikant høyere  $MV_{max}$  sammenliknet med sprinterne. Forfatterne konkluderte med at høyere  $SV_{max}$  blant distanseløperne var årsaken. Nyere forskning har bekreftet at kondisjonstrente barn har høyere  $SV_{max}$  sammenliknet med utrente barn i samme alder. Rowland, Unnithan, Fernhall, Baynard & Lange (2002) undersøkte hjertefysiologiske faktorer hos unge mannlige syklister ( $13,7 \pm 1,0$  år) og utrente gutter i samme alder. Studien viste at de trente syklistene hadde signifikant høyere  $SV_{max}$  indeks sammenliknet med de utrente guttene. Videre ble det påvist at volumet til venstre ventrikkel relativt til kroppsstørrelse var større blant de trente syklistene. Forfatterne konkluderte med at større  $SV_{max}$  blant de trente syklistene kan forklares av faktorer som fører til økt diastolisk fylling til venstre ventrikkel (Rowland et al, 2002). Et stort

endodiastolisk volum (EDV) er en viktig faktor for et høyt  $SV_{\max}$ , og volumet til venstre ventrikkel og blodvolum er viktige faktorer som påvirker EDV (McArdle et al, 2014).

### 5.2.1 Kondisjonstrening og $VO_{2\max}$

Guttene som inngår i kondisjonsgruppen i vår studie gjennomførte minimum fem timer kondisjonstrening per uke, og treningen inkluderte både kontinuerlig arbeid og intervallarbeid. Litteraturen er noe delt vedrørende hva som er den optimale kombinasjonen av intensitet og varighet for å øke  $VO_{2\max}$ . Helgerud, Høydal, Wang, Karlsen, Berg, Bjerkaas ... & Hoff (2006) viser en signifikant større økning i  $VO_{2\max}$  ved høyintensiv intervalltrening med varighet på fire minutter, sammenliknet med kontinuerlig arbeid på lavere intensitet. Hottenrott, Ludyga & Schulze (2012) viser imidlertid at både intervalltrening med høy intensitet og kontinuerlig arbeid med lavere intensitet fører til økt  $VO_{2\max}$ , men at høyintensiv intervalltrening fører til noe større økning. Funnene til Helgerud et al. (2006) støttes av en metaanalyse som undersøkte effekten av kondisjonstrening på  $VO_{2\max}$ . I denne analysen ble det observert størst økning i  $VO_{2\max}$  blant de studiene som implementerte høyintensiv intervalltrening med varighet på 3-5 minutter per drag (Bacon, Carter, Ogle & Joyner, 2013). Studiene i denne metaanalysen inkluderer imidlertid voksne forsøkspersoner. Hvilken type kondisjonstrening som gir best effekt på  $VO_{2\max}$  er i mindre grad undersøkt hos barn sammenliknet med voksne. Williams et al. (2000) har imidlertid gjennomført en slik studie på barn. Denne studien hadde tre grupper, hvorav to av gruppene gjennomførte åtte uker med kondisjonstrening og en gruppe fungerte som kontroll. Ved å implementere to treningsgrupper med ulik tilnærming til kondisjonstrening kunne de sammenlikne effekten av intervallbasert trening med svært høy intensitet, og kontinuerlig trening med lavere intensitet. Totalt 45 gutter med en gjennomsnittlig alder på  $10,1 \pm 0,2$  år deltok i denne studien. Gruppene som gjennomførte kondisjonstrening besto av 12 (intervallarbeid) og 13 (kontinuerlig arbeid) gutter. Resterende 15 gutter utgjorde kontrollgruppen. Kondisjonstreningen ble gjennomført i skoletiden mandag, onsdag og fredag, på samme tidspunkt hver gang. Kontrollgruppen gjennomførte vanlig fysisk aktivitet i perioden, men deltok ikke i organisert trening. Den intervallbaserte treningsgruppen gjennomførte 3x10 sekunder løping med maksimal intensitet og 30 sekunder pause, etterfulgt av 3x30 sekunder løping med maksimal intensitet og 90 sekunder pause. For å sikre progresjon i treningsbelastning ble antall intervaller økt til fire, fem og seks i henholdsvis uke 3, 4 og 6. Den andre treningsgruppen gjennomførte

kontinuerlig arbeid på ergometersykkel i 20 minutter med en intensitet tilsvarende 85% av maksimal hjertefrekvens. Ved starten av studien var det ingen forskjeller mellom noen av gruppene i hverken absolutt eller relativ  $VO_{2max}$ . Etter åtte uker var det heller ingen forskjeller mellom gruppene, og ingen grupper opplevde endringer i  $VO_{2max}$  (Williams et al., 2000). Det kan tenkes at intensiteten på arbeidet i intervallgruppen var for høy, og dermed varigheten på dragene for kort til å påvirke det aerobe energisystemet tilstrekkelig. Tilsvarende kan det tenkes at intensiteten på arbeidet i den kontinuerlige gruppen var for lav.

Kobayashi, Kitamura, Miura, Sodeyama, Miyashita & Matsui (1978), var tidlig ute med å undersøke effekten av kondisjonstrening på  $VO_{2max}$  hos barn. Denne longitudinelle studien sammenliknet blant annet en gruppe kondisjonstrete barn med en kontrollgruppe fra de var 13-17 år. Resultatene viste at kontrollgruppen økte relativ  $VO_{2max}$  fra 45,0 - 52,2 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> fra 13-17 år, mens kondisjonsgruppen økte relativ  $VO_{2max}$  fra 63,4 - 73,4 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> i samme periode. Dette tilsvarer en økning på 15,7% og 16% for henholdsvis kondisjonsgruppen og kontrollgruppen. Selv om guttene i kondisjonsgruppen har høyere relativ  $VO_{2max}$ , ser man at økningen er lik i begge gruppene. Dette er interessante funn med tanke på naturlig seleksjon. Det kan tenkes at høyere  $VO_{2max}$  i kondisjonsgruppen sammenliknet med kontrollgruppen ved alder 13 år skyldes genetiske faktorer. Det kan være at disse barna var predisponert for kondisjonsidrett, og nettopp dette er grunnen til at de fortsatte med kondisjonstrening. Det samme kan være tilfellet for forsøkspersonene i vårt prosjekt. Det kan tenkes at guttene i kondisjonsgruppen driver med kondisjonstrening nettopp fordi de er predisponert for det, og at dette er grunnen til at de har høyere  $VO_{2max}$  sammenliknet med kontrollgruppen.

### **5.3 Arbeidsøkonomi**

Oksygenopptaket på den standard submaksimale arbeidsbelastningen ble signifikant redusert hos begge grupper. Reduksjonen var lik i begge grupper. Dette er i tråd med resultater fra tidligere studier (Astrand, 1952; Daniels et al., 1978; Oldridge et al., 1978; Krahenbuhl et al., 1985; Krahenbuhl & Williams, 1991). Astrand (1952) var blant de første til å gjennomføre studier på barn og arbeidsøkonomi. Med en deskriptiv tverrsnittstudie ble arbeidsøkonomi hos barn sammenliknet i forhold til kjønn og alder.

Barna ble testet ved løp i ulike hastigheter på tredemølle, og oksygenopptaket relativt til kroppsvekt ved de ulike hastighetene ble brukt som mål på arbeidsøkonomi. Resultatene av denne studien viste blant annet at  $VO_{2sub}$  ved en gitt hastighet ble lavere med økende alder, både hos jenter og gutter. Forfatteren konkluderte med at barn, uavhengig av kjønn, blir mer arbeidsøkonomiske med økende alder (Astrand, 1952). Det er imidlertid vanskelig å trekke konklusjoner fra en tverrsnittstudie som dette ettersom arbeidsøkonomi i ulike aldre ikke er målt på de samme individene. Det har også blitt gjennomført longitudinelle studier på barn vedrørende utviklingen av arbeidsøkonomi gjennom ungdomsårene. Daniels et al. (1978) fulgte en gruppe barn som var aktive løpere fra de var 10-18 år. Ettersom barna ble eldre økte både kroppsvekten og absolutt  $VO_{2max}$  ( $L \cdot min^{-1}$ ), slik at relativ  $VO_{2max}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) var uforandret i samme periode. Løpsprestasjon på en og to engelske mil, henholdsvis 1609m og 3218m, ble imidlertid forbedret i samme periode. Det ble observert en forbedring i arbeidsøkonomi med økende alder gjennom hele perioden, og forfatterne konkluderte med at bedret arbeidsøkonomi, i kombinasjon med vekst, var avgjørende for den økte løpsprestasjonen.

Krahenbuhl & Williams (1991) har skrevet en oversiktsartikkel om hvordan arbeidsøkonomi forandrer seg hos barn gjennom ungdomsårene og puberteten. I artikkelen vises det til flere studier som finner at  $VO_{2max}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) er relativt uforandret hos barn gjennom puberteten, samtidig som utholdenhetsprestasjon i løp øker (Krahenbuhl & Williams, 1991; Krahenbuhl, Skinner & Kohrt, 1985; Daniels, Oldridge, Nagle & White, 1978). Dette samsvarer med funnene våre. Vi ser også at utholdenhetsprestasjonen øker for begge gruppene, samtidig som  $VO_{2max}$  relativt til kroppsvekt ikke øker, og arbeidsøkonomien blir bedre. Krahenbuhl & Williams (1991) foreslår at andre faktorer enn  $VO_{2max}$  er avgjørende for den observerte forbedringen i løpsprestasjon som finner sted i ungdomsårene. En forbedring i arbeidsøkonomi fremlegges som en mulig sentral faktor.

Når vi sammenlikner kondisjonsgruppen og kontrollgruppen finner vi ingen forskjell i  $VO_{2sub}$  mellom gruppene på noe tidspunkt. Den ytre belastningen var lik for begge gruppene (8,3 km/t og 5 % stigning). Ettersom  $VO_{2max}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) er signifikant høyere i kondisjonsgruppen sammenliknet med kontrollgruppen ved 13 og 15 år, vil den indre belastningen være forskjellig på disse tidspunktene ved at kondisjonsgruppen

arbeider ved lavere prosent av sin  $VO_{2max}$  sammenliknet med kontrollgruppen. Det har blitt foreslått at ventilasjon ( $V_E$ ) og HF er faktorer som kan påvirke arbeidsøkonomi under submaksimalt og maksimalt arbeid (Barnes & Kilding., 2015; Bailey & Pate., 1991). En studie av Thomas, Fernhall & Blanpied (1995) undersøkte endring i arbeidsøkonomi, målt som  $VO_2$ , under et 5km løp hos trente kvinner. I denne studien ble det påvist en sterk korrelasjon ( $r = 0,79$   $p < 0,05$ ) mellom endring i  $V_E$  og endring i  $VO_2$ . Forfatterne foreslo at økt  $V_E$  fører til økt  $O_2$  krav i respirasjonsmuskulene, og dermed økt  $VO_2$ . Av disse resultatene kan man tenke at  $VO_{2sub}$  burde vært høyere i kontrollgruppen sammenliknet med kondisjonsgruppen, noe som ikke er tilfellet. Det kan imidlertid tenkes at kondisjonsgruppen ville hatt bedre arbeidsøkonomi sammenliknet med kontrollgruppen ved måling i høyere hastighet. Dette fordi kontrollgruppen trolig vil krysse anaerob terskel ved en lavere hastighet sammenliknet med kondisjonsgruppen, og en påfølgende større ventilasjon kan føre til økt  $O_2$  krav i respirasjonsmuskulene.

Svært få studier har sammenliknet arbeidsøkonomi ved løp mellom kondisjonstrente og utrente barn. Unnithan, Timmons, Brogan, Paton & Rowland (1996), har gjennomført en studie som sammenlikner arbeidsøkonomi hos kondisjonstrente og ikke-kondisjonstrente gutter. Hensikten med denne studien var å undersøke effekten av kondisjonstrening over tid på arbeidsøkonomi hos barn. Totalt 33 gutter, fordelt på 15 kondisjonstrente ( $11,7 \pm 1,06$  år) og 18 utrente ( $11,3 \pm 0,9$  år), deltok i studien. Begge gruppene gjennomførte to separate protokoller, hver bestående av tre minutter løping på fire submaksimale belastninger. Det ble også gjennomført en  $VO_{2max}$  test. Resultatene viste signifikant høyere  $VO_{2max}$  i kondisjonsgruppen sammenliknet med kontrollgruppen ( $60,5 \pm 3,3$  vs.  $51,1 \pm 4,3$   $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ,  $p < 0,001$ ). Det er imidlertid interessant å merke seg at det ikke ble påvist signifikante forskjeller i arbeidsøkonomi mellom gruppene ved noen submaksimal belastning (Unnithan et al. 1996). Funnene fra denne studien samsvarer med funnene i vårt prosjekt. Vi ser en signifikant bedring i utholdenhetsprestasjon i kondisjonsgruppen sammenliknet med kontrollgruppen, men ingen forskjeller mellom gruppene i arbeidsøkonomi.

## 5.4 Oksygenkinetikk

Det ble ikke påvist signifikant forskjell i MRT mellom gruppene på noen tidspunkt, men det var en tendens mot lavere MRT i kondisjonsgruppen sammenliknet med kontrollgruppen ved 13 år ( $p=0,07$ ).

Det er vanskelig å fastslå effekten av raskere  $O_2$  kinetikk for utholdenhetsprestasjonen blant barn. Bakgrunnen for dette er at det finnes svært få studier som undersøker  $O_2$  kinetikk og utholdenhetsprestasjon hos barn.  $O_2$  kinetikk har blitt studert i mange år, men hovedsakelig i voksne populasjoner. Fawcner, Armstrong, Potter & Welsman (2002) har imidlertid gjennomført en studie som sammenlikner barn og voksne. Protokollen i denne studien besto av sykling på flere submaksimale intensiteter. Fase II tidskonstanten (tid til 63%  $VO_{2ss}$ , samme som MRT) ble brukt som mål på  $O_2$  kinetikk. Denne tidskonstanten ble regnet ut som et gjennomsnitt av fire ulike submaksimale belastninger, hvor den høyeste belastningen tilsvarte 80% av ventilatorisk terskel. Studien sammenliknet 12 gutter (11-12 år) med 13 menn (19-26 år), og 11 jenter (11-12 år) med 12 kvinner (19-26 år). For begge kjønn ble det påvist signifikant raskere  $O_2$  kinetikk hos barna. Tidskonstanten var  $19,0 \pm 2,0$  vs.  $27,9 \pm 8,6$  sekunder for henholdsvis gutter og menn ( $p<0,01$ ), og  $21,0 \pm 5,5$  vs.  $26,0 \pm 4,5$  sekunder for henholdsvis jenter og kvinner ( $p<0,05$ ).

Cooper, Berry, Lamarra & Wasserman (1985) gjennomførte en relativt lik studie som sammenliknet  $O_2$  kinetikk mellom unge barn og tenåringer. Gruppen med unge barn besto av fem jenter og fem gutter i alderen 7-10 år. Gruppen med tenåringer besto av fem jenter og fem gutter i alderen 15-18 år.  $O_2$  kinetikk ble også her undersøkt ved å se på fase II tidskonstanten. Protokollen besto av sykling på ergometersykkel med direkte overgang fra hvile til arbeid. Intensiteten på arbeidet tilsvarte 75% av  $VO_2$  ved anaerob terskel. Forsøkspersonene arbeidet ved denne intensiteten i seks minutter, og gjennomførte totalt seks målinger. Resultatene fra denne studien viste ingen forskjeller i  $O_2$  kinetikk mellom gruppene (Cooper et al., 1985). Mácek & Vávra (1980) har derimot observert raskere  $O_2$  kinetikk hos barn sammenliknet med unge voksne. Protokollen i denne studien besto også av sykling på ergometersykkel, men intensiteten var vesentlig høyere. Studien inkluderte 10 gutter ( $10,5 \pm 0,6$  år) og 11 voksne ( $21,2 \pm 0,5$  år). Forsøkspersonene ble instruert til å arbeide ved 90-100% av maksimal innsats over 4-5



minutter. Det er imidlertid vanskelig å sammenlikne denne studien med tidligere nevnte studier ettersom  $O_2$  kinetikk blir undersøkt ved arbeid i forskjellige intensitetssoner.

Marwood, Roche, Rowland, Gerrard & Unnithan (2010) gjennomførte i nyere tid en studie som er svært relevant for mitt prosjekt. I denne studien ble effekten av treningsstatus på  $O_2$  kinetikk undersøkt ved å sammenlikne en gruppe kondisjonstrete gutter med en gruppe normale gutter. I likhet med mitt prosjekt besto forsøkspersonene av 15 åringer. Data fra denne studien viste signifikant raskere fase II tidskonstant blant den trente gruppen sammenliknet med den utrente gruppen ( $22,3 \pm 7,2$  vs.  $29,8 \pm 8,4$  sekunder,  $p = 0,03$ ). Tidskonstanten ble i denne studien regnet ut ved sykling på ergometersykkel, men det er uansett interessant å sammenlikne disse resultatene med resultatene fra mitt prosjekt.

Når barn sammenliknes med voksne tyder noen studier på raskere  $O_2$  kinetikk hos barn (Fawcner et al., 2002; Mácek & Vávra., 1980), mens når barn sammenliknes med ungdommer er det ikke påvist signifikante forskjeller (Cooper et al., 1985). Når kondisjonstrete barn sammenliknes med utrente barn, er det sprikende resultater mellom eksisterende litteratur og vår studie. Marwood et al., (2010) viser raskere  $O_2$  kinetikk hos kondisjonstrete barn sammenliknet med utrente barn, mens det i mitt prosjekt ikke blir funnet signifikante forskjeller mellom kondisjonsgruppen og kontrollgruppen. Det kan tenkes at kontrollgruppen i mitt prosjekt er for godt kondisjonstrent til å fungere som en kontrollgruppe. Det er mulig at forsøkspersonene i kontrollgruppen har en meget aktiv livsstil foruten å drive organisert kondisjonstrening, og at fysiologiske adaptasjoner tilsvarende regelmessig kondisjonstrening har forekommet. Av resultatene kan vi blant annet se det ikke er noen signifikante forskjeller i  $VO_{2max}$  mellom kontrollgruppen og kondisjonsgruppen ved alder 12 år. Kontrollgruppen beholder også en relativt høy  $VO_{2max}$  fra 13-15 år.

Avslutningsvis om O<sub>2</sub> kinetikk vil jeg nevne en studie av Ren, Broberg & Sahlin (1989) som sammenliknet O<sub>2</sub> underskudd ved direkte og gradvis overgang fra hvile til arbeid. O<sub>2</sub> underskudd brukes til å regne ut MRT (se metodekapittel 3.3.2). I mitt masterprosjekt ble MRT regnet ut ved direkte overgang fra hvile til en konstant arbeidsbelastning. Ren et al. (1989) sammenliknet O<sub>2</sub> underskudd mellom direkte og gradvis overgang fra hvile til submaksimale intensiteter tilsvarende 20, 40, 60 og 80% av VO<sub>2max</sub>. Ved gradvis overgang fra hvile til arbeid ble intensiteten økt stegvis over 6-15 minutter. Ved samtlige submaksimale intensiteter ble det ikke påvist signifikante forskjeller i O<sub>2</sub> underskudd mellom direkte og gradvis overgang til arbeid. Dette kan tyde på at det er mulig å sammenlikne studier som benytter direkte overgang til en konstant arbeidsbelastning med studier som benytter en gradvis overgang.

## 6. Konklusjon

En viktig problemstilling relatert til barn og trening er hvordan trening virker på utvikling av prestasjon og prestasjonsvariabler gjennom puberteten. I dette prosjektet har vi sammenliknet utvikling av prestasjon og prestasjonsvariabler hos to grupper gutter fra de var 12 til 15 år. Begge gruppene er rekruttert i langrenns klubber, men guttene i den ene gruppen sluttet med langrenn og kondisjonstrening i løpet av perioden (kontrollgruppen), mens guttene i den andre gruppen satset aktivt på langrenn hele perioden (kondisjonsgruppen).

Vi fant at:

1. Utholdenhetsprestasjon økte hos kondisjonsgruppen, men ikke i kontrollgruppen.
2.  $VO_{2max}$  økte proporsjonalt med vekt i kondisjonsgruppen slik at  $VO_{2max}$  relativt til kroppsvekt ikke endret seg, mens i kontrollgruppen ble  $VO_{2max}$  relativt til kroppsvekt redusert. For begge gruppene ble  $VO_{2max}$  relativt til FFM redusert, men reduksjonen var signifikant større i kontrollgruppen.
3. Arbeidsøkonomi ble bedre i begge gruppene fra 12 til 15 år.
4. Oksygenkinetikk var uforandret i begge gruppene fra 12 til 15 år.
5. Fettmassen (%) ble redusert i kontrollgruppen, men ikke i kondisjonsgruppen fra 12 til 15 år. Kondisjonsgruppen hadde signifikant lavere fettprosent sammenliknet med kontrollgruppen ved 12 år og 13 år, men ved 15 år var det ikke noen forskjell mellom gruppene.

Selv om vi fant ulik utvikling av prestasjon og  $VO_{2max}$  hos de to gruppene er det vanskelig å konkludere med at dette skyldes kondisjonstreningen. Det kan også være at de guttene som hadde dårligst utvikling også hadde størst tendens til å slutte.

## 7. Referanser

Albin, A. K. & Norjavaara, E. (2013). Pubertal Growth and Serum Testosterone and Estradiol Levels in Boys. *Hormone Research in Paediatrics*. 80: 100-110.

Armstrong, N. & Barker, A. R. (2009). Oxygen uptake kinetics in children and adolescents: a review. *Pediatric Exercise Science*. 21(2): 130-47.

Armstrong, N. & Barker, A. R. (2011). Endurance Training and Elite Young Athletes. *Medicine and Sport Science*. Basel, Karger, vol 56, pp 59-83.

Armstrong, N., Barker, A. R. & McManus, A. M. (2018). Muscle metabolism changes with age and maturation: How do they relate to youth sport performance? *British Journal of Sports Medicine*, 49: 860-864.

Armstrong, N. & Welsman, J. (1994). Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 22, 435-476.

Armstrong, N. & Welsman, J. (1997). Young people and physical activity. *Oxford; New York: Oxford University Press*.

Astrand, P. O. (1952). Experimental Studies of Physical Working Capacity in Relation to Sex and Age. *Copenhagen: Enjar Munksgaard*, p. 129.

Bacon, A. P., Carter, R. E., Ogle, E. A. & Joyner, M. J. (2013). VO<sub>2max</sub> Trainability and High Intensity Interval Training in Humans: A Meta-Analysis. *Plos One* 8(9).

Bahr, R., Hallén, J. & Medbø, J. I. (1991). Testing av idrettsutøvere. *Oslo: Universitetsforlaget AS*.

Bailey, S. P. & Pate, R. R. (1991). Feasibility of improving running economy. *Sports Medicine*. 12(4): 228-36.

Bailey, S. J., Wilkerson, D. P., DiMenna, F. J. & Jones, A. M. (2009). Influence of repeated sprint training on pulmonary O<sub>2</sub> uptake and muscle deoxygenation kinetics in humans. *Journal of Applied Physiology*, 106: 1875-1887.

Balsalobre-Fernández, C., Santos-Concejero, J. & Grivas, G. V. (2016). Effects of Strength Training on Running Economy in Highly Trained Runners: A Systematic Review With Meta-Analysis of Controlled Trials. *Journal of strength and conditioning research*. 30(8): 2361-8.

Baquet, G., Van Praagh, E. & Berthoin, S. (2003). Endurance Training and Aerobic Fitness in Young People. *Sports Medicine*. 33(15), 27-43.

Barnes, K. R. & Kilding, A. E. (2015). Running economy: measurement, norms, and determining factors. *Sports Medicine-Open*. 1: 8.

Bassett, D. R. & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 32(1), 70-84.

Baxter-Jones, A., Goldstein, H. & Helms, P. (1993). The development of aerobic power in young athletes. *Journal of Applied Physiology*. 75(3), 1160-1167.

Baxter-Jones, A. & Maffulli, N. (2003). Endurance in young athletes: it can be trained. *British Journal of Sports Medicine*. 37: 2.96.

Beattie, K., Carson, B. P., Lyons, M., Rossiter, A. & Kenny, I. C. (2017). The Effect of Strength Training on Performance Indicators in Distance Runners. *Journal of strength and conditioning research*. 31(1): 9-23.

Becker, D. M. & Vaccaro, P. (1983). Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in young children. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 23(4): 445-9.

Beneke, R., Hutler, M. & Leithauser, R. M. (2007). Anaerobic performance and metabolism in boys and male adolescents. *European Journal of Applied Physiology*. 101: 671-7.

- Cooper, D. M., Berry, C., Lamarra, N. & Wasserman, K. (1985). Kinetics of oxygen uptake and heart rate at onset of exercise in children. *Journal of Applied Physiology*. 59(1): 211-7.
- Cooper, D. M., Weiler-Ravell, D., Whipp, B. J. & Wasserman, K. (1984). Aerobic parameters of exercise as a function of body size during growth in children. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 56, No. 3.
- Daniels, J., Oldridge, N., Nagle, F. & White, B. (1978). Differences and changes in VO<sub>2</sub> among young runners 10 to 18 years of age. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 10: 200-203.
- Di Prampero, P. E. (2003). Factors limiting maximal performance in humans. *European Journal of Applied Physiology*. 90, 420-429.
- Eriksson, B. O., Karlsson, J. & Saltin, B. (1971). Muscle metabolism during exercise in pubertal boys. *Acta Paediatrica Scandinavia*. 217: 154-7
- Fawkner, S. G., Armstrong, N., Potter, C. R. & Welsman, J. R. (2002). Oxygen uptake kinetics in children and adults after the onset of moderate-intensity exercise. *Journal of Sports Sciences*: 20, 319-326.
- Gastin, P. B. (2001). Energy System Interaction and Relative Contribution During Maximal Exercise. *Journal of Sports Medicine*. Vol 31, Issue 10, pp 725-741.
- Gilliam, T. B. & Freedson, P. S. (1980). Effects of a 12 week school physical fitness program on peak VO<sub>2</sub>, body composition and blood lipids in 7 to 9 year old children. *International Journal of Sports Medicine*. 01(02): 73-78.
- Gullstrand, L., Nilsson, J., Ansnes, J. & Linholm, T. (2000). Vertikal- och sidriktade rörsler visavi löpskonomi – en pilotstudie. *Svensk Idrotts Forskning*. 2(9), 25-30.
- Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P ... & Hoff, J. (2006). Aerobic High-Intensity Intervals Improve VO<sub>2max</sub> More Than Moderate Training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 39(4):665-71.

- Hill, A. V. & Lupton, H. (1923). Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *The Quarterly Journal of Medicine*. 16: 135-171.
- Hottenrott, K., Ludyga, S. & Schulze, S. (2012). Effects of High Intensity Training and Continuous Endurance Training on Aerobic Capacity and Body Composition in Recreationally Active Runners. *Journal of Sports Science and Medicine*. 11(3): 483-488.
- Jones, A. M. & Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine*. 29(6), 373-386.
- Joyner, M. J. & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *The Journal of Physiology*. 586(Pt 1): 35-44.
- Kobayashi, K., Kitamura, K., Miura, M., Sodeyama, H., Miyashita, M. & Matsui, H. (1978). Aerobic power as related to body growth in Japanese boys: A longitudinal study. *Journal of Applied Physiology*. 44, 666.672.
- Koppo, K., Bouckaert, J. & Jones, A. M. (2004). Effects of training status and exercise intensity on phase II VO<sub>2</sub> kinetics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36: 225-232.
- Krahenbuhl, G. S., Morgan, D. W. & Pangrazi, R. P. (1989). Longitudinal Changes in Distance-Running Performance of young males. *International Journal of Sports Medicine*. Vol 10, No 2, pp 92-96.
- Krahenbuhl, G. S., Skinner, J. S. & Kohrt, W. M. (1985). Developmental aspects of maximal aerobic power in children. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. Vol. 13. 503-538.
- Krahenbuhl, G. S. & Williams, T. J. (1991). Running economy: changes with age during childhood and adolescence. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol 24, nr. 4.

- Lucia, A., Esteve-Lanao, J., Oliván, J., Gomez-Gallego, F., San Juan, A. F., Santiago, C. & Foster, C. (2006). Physiological characteristics of the best Eritrean runners – exceptional running economy. *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism*. 31(5), 530-540.
- Mácek, M. & Vávra, J. (1980). The adjustment of oxygen uptake at the onset of exercise: a comparison between prepubertal boys and young adults. *International Journal of Sports Medicine*. 1: 75-77.
- Malina, R. M., Bouchard, C. & Bar-Or, O. (2004). Growth, maturation, and physical activity. (2<sup>nd</sup> ed.). Champaign, III: *Human Kinetics*.
- Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho e Silva, M. J. & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of young athletes: assessment and implications. *Journal of Sports Medicine*, 49(13). 852-859.
- Marshall, W. A. & Tanner, J. M. (1969). Variations in Pattern of Pubertal Changes in Girls. *Archives of Disease in Childhood*. 44, 291.
- Marwood, S., Roche, D., Rowland, T., Gerrard, M. & Unnithan, V. B. (2010). Faster pulmonary oxygen uptake kinetics in trained versus untrained male adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 42(1): 127-34.
- Mayers, N. & Gutin, B. (1979). Physiological characteristics of elite prepubertale cross-country runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 11. 172-176.
- McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. (2014). Exercise Physiology. Nutrition, Energy, and Human Performance. 8<sup>th</sup> Edition. *Wolters Kluwer Health*. Baltimore.
- McNarry, M. A., Welsman, J. R. & Jones, A. M. (2011). Influence of training status and exercise modality on pulmonary O<sub>2</sub> uptake kinetics in pubertal girls. *European Journal of Applied Physiology*. 111: 621-631.



- McNarry, M. & Jones, A. (2014). The influence of training status on the aerobic and anaerobic responses to exercise in children: A review. *European Journal of Sport Science*. Vol. 14, No. S1, 57-68.
- Nottin, S., Vinet, A., Stecken, F., N`Guyen, I. D., Ounissi, F., Lecoq, A. M. & Obert, P. (2002). Central and peripheral cardiovascular adaptations to exercise in endurance-trained children. *Acta Physiologica Scandinavia*, 175: 85-92.
- Pfitzinger, P. & Freedson, P. (1997). Blood lactate responses to exercise in children: part 2. Lactate threshold. *Pediatric Exercise Science*. 9: 299-307.
- Pluim, B. M., Zwinderman, A. H., van der Laarse, A. & van der Wall, E. E. (2000). The Athlete`s Heart. A Meta-Analysis of Cardiac Structure and Function. *Circulation*. 101:336-344.
- Raven, P. B., Drinkwater, B. L. & Horvath, S. M. (1973). Cardiovascular responses of young female track athletes during exercise. *Medicine and Science in Sports*. 4: 205-209.
- Ren, J. M., Broberg, S. & Sahlin, K. (1989). Oxygen deficit is not affected by the rate of transition from rest to submaximal exercise. *Acta Physiologica Scandinavia*. 135: 545-8.
- Rowland, T. W., Unnithan, V. B., Fernhall, B., Baynard, T. & Lange, C. (2002). Left ventricular responses to dynamic exercise in young cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 34: 637-642.
- Rowland, T. W., Unnithan, V. B., MacFarlane, N. G., Gibson, N. & Paton, J. Y. (1994). Clinical manifestations of the athlete`s heart in prepubertale male runners. *International Journal of Sports Medicine*, 15: 515-519.
- Rowland, T. W., Wehnert, M. & Miller, K. (2000). Cardiac responses to exercise in competitive child cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 32: 747-752.

Sand, O., Sjaastad, Ø. V. & Haug, E. (2014). Menneskets fysiologi. *Gyldendal Norsk Forlag AS: Oslo. 2. utgave, 1 opplag.*

Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D. & Hawley, J. A. (2004). Factors Affecting Running Economy in Trained Distance Runners. *Journal of Sports Medicine. 34(7): 465-485.*

Savage, M. P., Petratis, M. M., Thomson, W. H., Berg, K., Smith, J. L. & Sady, S. P. (1986). Exercise training effects on serum lipids of prepubescent boys and adult men. *Medicine and Science in Sports and Exercise. 18(2): 197-204.*

Scrimgeour, A. G., Noakes, T. D., Adams, B. & Myburgh, K. (1986). The influence of weekly training distance on fractional utilization of maximum aerobic capacity in marathon and ultramarathon runners. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 55, 202-209.*

Sullivan, I. J. O., Johnson, M. I., Hind, K., Breen, S. & Francis, P. (2019). Are changes in running economy associated with changes in performance in runners? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences. 27: 1-13.*

Tanner, J. M., Whitehouse, R. H. & Takaiishi, M. (1966). Standards from Birth to Maturity for Height, Weight, Height Velocity, and Weight Velocity: British Children, 1965. Part 1. *Archives of Disease in Childhood. 41, 454.*

Taylor, H. L., Buskirk, E. & Henschel, A. (1955). Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *Journal of Applied Physiology. 8(1), 73-80.*

Thomas, D., Fernhall, B. & Blanpied, P. (1995). Changes in running economy and mechanics during a 5 km run. *The Journal of Strength and Conditioning Research. 9: 170-5.*

Unnithan, V. B., Timmons, J. A., Brogan, R. T., Paton, J. Y. & Rowland, T. W. (1996). Submaximal running economy in run-trained prepubertal boys. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 36, 16-23.*

Van Huss, W. D., Evans, S. A., Kurowski, T., Anderson, D. J., Allen, R. & Stephens, K. (1988). Physiological characteristics of male and female age-group runners: Competitive Sports for Children and Youth. *Human Kinetics*, 143-158.

Weltman, A., Janney, C., Rians, C. B., Strand, K. & Katch, F. I. (1987). The effects of hydraulic-resistance strength training on serum lipid levels in prepubertal boys. *The American Journal of Diseases of Children*. 141(7): 777-80.

Williams, C. A., Armstrong, N. & Powell, J. (2000). Aerobic responses of prepubertal boys to two modes of training. *British Journal of Sports Medicine*. 34:168-173.

Xu, F. & Rhodes, E. C. (1999). Oxygen Uptake Kinetics During Exercise. *Sports Medicine*, 27 (5): 313-327.



## Forkortelser

a-v $O_{2diff}$	Arteriell-venøs-oksygendifferanse
FFM	Fettfri masse
FSH	Follikkelstimulerende hormon
Gn-RH	Gonadotropinfrigjørende hormon
HF	Hjertefrekvens
$HF_{max}$	Maksimal hjertefrekvens
LH	Luteiniserende hormon
MRT	Gjennomsnittlig responstid (engelsk: mean response time)
MV	Minuttvolum
$MV_{max}$	Maksimalt minuttvolum
TTU	Tid til utmattelse
$O_2$	Oksygen
$O_2$ kinetikk	Oksygenkinetikk
$VO_2$	Oksygenopptak
$VO_{2max}$	Maksimalt oksygenopptak
$VO_{2sub}$	Submaksimalt oksygenopptak
SV	Slagvolum
$SV_{max}$	Maksimalt slagvolum
PCr	Kreatinfosfat
PHV	Engelsk: peak height velocity



**Informasjon til forsøkspersoner (12 år) i prosjektet:  
«Fysisk utvikling hos unge utholdenhetsutøvere»**

Du er meldt på til å være med i et forskningsprosjekt ved Norges idrettshøgskole. Vi vil undersøke kondisjon (det maksimale oksygenopptaket), styrke og hurtighet og flere andre ting hos 12-åringene som driver med langrenn. Om du synes dette er interessant og gøy vil du også senere få tilbud om å være med når du er 14 og 16 år.

**Hva må du gjøre?**

Du må møte på én gang Norges idrettshøgskole for å gjennomføre noen tester og én gang på Rikshospitalet. På Rikshospitalet skal du gjennomgå en enkel legesjekk og måle størrelsen på hjertet ditt. Det skjer ved at et instrument føres over huden der hvor hjertet sitter, og så måles størrelsen ved hjelp av ultralyd. Vi skal også ta en blodprøve fra armen. Vi bedøver huden først slik at det ikke skal gjøre vondt.

På idrettshøgskolen skal vi måle mange ting som hurtighet, muskelstyrke, hvor store musklene er og hvor mye blod du har. Dette er enkle tester som ikke er veldig slitsomme. Vi skal også måle det maksimale oksygenopptaket ditt. Da må du løpe på en tredemølle og det blir nok litt slitsomt. Det vil være omtrent som når du løper hardt på trening eller i en konkurranse.

Ved å være med på denne undersøkelsen vil du lære litt om kroppen din og hvordan forskning foregår. Kanskje du vil synes det er spennende. Det er selvsagt frivillig å delta. Du kan når som helst selv bestemme om du ikke vil være med lenger eller om det er noen tester du ikke vil delta på.

Med vennlig hilsen  
Hege Wilson Landgraff  
Norges idrettshøgskole





## **Fysisk utvikling hos unge utholdenhetsutøvere**

### **Bakgrunn og hensikt**

Dette er et spørsmål til deg som foresatt om ditt barn kan delta i en forskningsstudie som skal undersøke hvordan kondisjon ( $VO_{2\text{maks}}$ ), styrke og hurtighet endrer seg i årene fra 12 til 16 år hos barn og unge som driver typiske kondisjonsidretter sammenlignet med barn og unge som ikke driver med disse idrettene.

Jenters og gutters størrelse og kroppslige modenhet er viktige faktorer for den fysiske yteevne i barne- og ungdomsårene. Barn og unge utvikler seg fysisk med forskjellig hastighet i løpet av tenårene, og det vil kunne gi, sammen med kjønnsforskjeller og andre individuelle forskjeller i modningshastighet, forskjeller i fysisk prestasjonsevne.

I dette prosjektet har vi et hovedfokus på ungdom som driver med en utholdenhetsidrett. Likevel, erfaringsmessig vil ikke alle barn som driver med for eksempel langrenn som 12 åring være langrennsløpere som 16 åring. Men vi ønsker å studere alle. Det er nettopp sammenhengen mellom utvikling av ulike faktorer som er interessante for oss enten endringene skyldes vekst og utvikling, trening eller individuelle forskjeller.

Hvordan trening virker på barn og unge er ikke tilstrekkelig kjent, og man vet ikke med sikkerhet hvor mye av endringene, for eksempel i kondisjon, som skyldes trening og hvor mye som er et resultat av naturlig vekst og utvikling. Treningsforsøk på barn er vanskelig å gjennomføre. Ved å studere hvordan fysisk kapasitet som kondisjon, hurtighet, muskelstyrke endrer seg hos ungdom som utvikler seg forskjellig håper vi å lære mer om hvordan trening kan påvirke utviklingen.

Siden vi ønsker å studere hvordan disse variablene endrer seg i tenårene, betyr det at vi må gjøre flere målinger i løpet av denne perioden. Vi vil derfor komme med en ny forespørsel når barna er 14 og 16 år. Du kan selvsagt ikke nå være sikker på om du eller barnet ditt ønsker å delta i flere år, men det er også interessant for oss om ditt barn bare blir med én gang, og så kan dere senere bestemme om dere vil gjenta målingene. Det er som sagt like interessant for oss om barnet fortsetter med idrett eller ikke.

Det er stipendiat Hege Wilson Landgraff ved Seksjon for fysisk prestasjonsevne på Norges idrettshøgskole (NIH) som vil stå for testingen. Prosjektleder er professor Jostein Hallén.

### **Hva innebærer studien?**

Alle må møte på Norges idrettshøgskole én gang for å gjennomføre målinger. Her vil barna gjennomgå en enkel legesjekk før de gjennomfører testene for kondisjon (det maksimale oksygenopptaket), hurtighet og muskelstyrke. Kondisjonen vil bli målt ved at de løper på en tredemølle, og vi måler hvor mye oksygen de bruker. Styrke og hurtighet måles ved hjelp av et sett med enkle fysiske tester. Måling av blodvolum skjer ved at man puster i et munnstykke forbundet med et kammer med oksygen tilsatt en liten mengde CO gass. I samband med testen skal det tas blodprøver fra stikk i fingeren og en blodprøve fra armen (alle får bedøvelse) for måling av blodsammensetning. De som vil kan i tillegg møte én gang på Rikshospitalet for undersøkelse av hjertets størrelse ved hjelp av ultralyd. Du kan lese mer om testene litt senere.

### **Mulige fordeler og ulemper**

Ved å være med på denne undersøkelsen vil barna lære litt om kroppen sin og hvordan forskning foregår. Kanskje de vil synes det er spennende. I forbindelse med måling av

blodvolum må vi ta en blodprøve fra armvenen. Vi bedøver huden der vi skal ta blodprøven slik at det ikke skal gjøre vondt. Måling av maksimalt oksygenopptak ved løp på tredemølle kan oppleves som slitsomt, og det krever at de løper til de blir ganske slitene. For barn og unge som driver med utholdenhetsidrett er dette sannsynligvis ikke en ukjent følelse, og det kan sammenlignes med å ta seg helt ut på trening eller i konkurranse. Dersom undersøkelsene som gjennomføres i forbindelse med studien avdekker noe som bør utredes nærmere, vil alle få tilbud om dette.

### **Hva skjer med prøvene og informasjonen om de som er med?**

Prøvene tatt av deltagerne i prosjektet og informasjonen som registreres om dem skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med studien. Alle opplysningene og prøvene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjennende opplysninger. En kode knytter deltageren til opplysninger og prøver gjennom en navneliste. Det er kun autorisert personell knyttet til prosjektet som har adgang til navnelisten og som kan finne tilbake til den enkelte deltager. Det vil ikke være mulig og identifisere den enkelte deltager i resultatene i studien når disse publiseres.

Når studien er ferdig og vi ikke trenger å kontakte deg mer, vil navnelistene som knytter deltageren til forsøket bli slettet.

### **Frivillig deltakelse**

Det er selvsagt frivillig å delta. Du kan når som helst og uten å oppgi noen grunn trekke samtykke til at ditt barn skal delta i studien. Dersom du ønsker at ditt barn skal delta, undertegner du samtykkeerklæringen på siste side. Dersom du senere ønsker å trekke samtykket til deltagelse for ditt barn eller har spørsmål til studien, kan du kontakte Hege Wilson Landgraff (93437711) eller Jostein Hallén (telefon 23 26 23 14, e-post: jostein.hallen@nih.no).

## **Utdypende forklaring av hva studien innebærer**

### **Kriterier for deltagelse**

Tolv år gamle utøvere fra langrennsklubber skal rekrutteres til studien. Totalt skal det rekrutteres 80 forsøkspersoner, og begge kjønn skal være representert. Forsøkspersonene må være friske på inklusjonstidspunktet og ikke ha kroniske sykdommer som kan påvirke resultatene.

### **Undersøkelser og blodprøver**

Måling av blodvolum skjer ved at man puster i et munnstykke forbundet med et kammer med oksygen tilsatt en liten mengde karbonmonoksid (som ofte kalles CO). I blodet er det blodceller og inne i blodcellene er et molekyl som kalles hemoglobin (Hb). Hb frakter oksygen, men kan også binde seg til CO. Vi tar små blodprøver fra fingerstikk og ved å måle hvor mange av Hb-molekylene som er bundet til CO kan vi regne ut nøyaktig hvor mye Hb man har (Hb-masse). I samband med testen skal det også tas blodprøver fra en armvene for måling av blodsammensetning. Resultatene fra denne blodprøven brukes sammen med Hb-massen til å regne ut blodvolumet. For å gjøre blodprøvetakingen så smertefri som mulig vil EMLA bedøvelsesplaster bli benyttet.

Det maksimale oksygenopptaket vil bli målt mens man løper på en tredemølle. Hastigheten økes gradvis til man blir ganske sliten. Hvor mye den økes, avtales mellom deltager og den som gjennomfører testen. Under testen har man på en maske på som samler opp all luften som pustes ut slik at vi kan måle oksygenopptaket.

Styrke måles ved å ligge på en benk og presse armene mot en fast stang (isometrisk benkpress) og ved å sitte og presse leggen mot en fast plate (isometrisk knestrek). Spenst måles ved at man hopper så høyt man kan og hurtighet ved at løpe rett frem i 30 meter.

Kroppssammensetning for beregning av muskelmasse vil bli målt ved at man står på en plate og holder i to håndtak og motstanden i kroppen måles (bioimpedans). Dessuten skal vi måle tykkelsen på én lår- og én armmuskel ved hjelp av ultralyd. Også hjertestørrelsen vil bli målt med ultralyd.

### **Tidsskjema – hva skjer og når skjer det?**

De første målingene planlegges gjennomført før sommerferien 2013. Alle som deltar i prosjektet må møte til testing én ettermiddag på Idrettshøgskolen og eventuelt én gang på Rikshospitalet. I forkant av selve testene må alle gjennom en enkel legeundersøkelse og vekt og høyde vil bli registrert.

### **Mulige ubehag/ulemper**

Pusting i kammeret kan oppleves litt ubehagelig, men det går som regel greit. Man kan eventuelt avbryte testen når man vil. Blodprøvene fra armvenen og fingerstikkene vil vanligvis være til relativt lite ubehag, men alle vil få ”bedøvelsesplaster” (EMLA) før prøvene fra armvenen tas. Testing av maksimalt oksygenopptak og hurtighet kan oppleves som slitsomt, men det vil ikke representere noen risiko for frisk ungdom. Det er ikke forbundet noen risiko ved ultralyd-undersøkelsene.

## Page Break **Personvern, biobank, økonomi og forsikring**

### **Personvern**

Opplysninger som registreres om hver deltager er fødselsår, kjønn, høyde, vekt, blodparameterne og resultatene fra målingene av maksimalt oksygenopptak, hurtighet og styrke.

Norges idrettshøgskole ved administrerende direktør er databehandlingsansvarlig.

### **Biobank**

Blodprøvene som blir tatt og informasjonen utledet av dette materialet vil bli lagret i en forskningsbiobank ved NIH. Hvis du sier ja til at ditt barn kan delta i studien, gir du også samtykke til at det biologiske materialet og analyseresultater inngår i biobanken. Jostein Hallén er ansvarshavende for forskningsbiobanken. Biobanken planlegges å vare til 2018. Etter dette vil materiale og opplysninger bli destruert og slettet etter interne retningslinjer.

### **Rett til innsyn og sletting av opplysninger om deg**

Hvis du sier ja til at ditt barn kan delta i studien, har du rett til å få innsyn i hvilke opplysninger som er registrert om barnet. Du har videre rett til å få korrigert eventuelle feil i de opplysningene vi har registrert. Dersom du trekker ditt barn fra studien, kan du kreve å få slettet opplysningene, med mindre de allerede er inngått i analyser, eller brukt i vitenskapelige publikasjoner.

### **Forsikring**

Alle forsøkspersonene er forsikret ved NIHs forsøkspersonforsikring.

**Informasjon om utfallet av studien**

Du vil selvsagt få tilgang til ditt barns resultater ved å kontakte oss. Utfallet av studien vil bli publisert i offentlig tilgjengelige forskningsartikler. Disse vil bli tilgjengelige på NIH-web.

Page Break **Samtykke til deltakelse i studien**

**Fysisk utvikling hos unge utholdenhetsutøvere**

Jeg er villig til at mitt barn kan delta i studien

-----  
Navn på barnet

Foresattes samtykke

(Signert av nærstående, dato)

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om studien

-----  
(Signert, prosjektleder, dato)



**Kartlegging av idrettsaktivitet/fysisk aktivitet**

Navn:

**DEL A**

1. Driver du med noen form for fysisk aktivitet/idrett/mosjon (se bort fra gym i skolen)? (sett kryss)

Ja	
Nei	

2. Hvis du svarte **nei** på spørsmål 1, gå videre til *DEL B*

Hvis du svarte **ja**, kan du oppgi hva slags form for fysisk aktivitet du driver med? (sett kryss for de alternativene som passer).

Organisert trening i idrettslag	
Treningscenter (Sats eller lignende)	
Trener/mosjonerer for meg selv	
Sykle/gå til skolen	
Annet (spesifiser)	

3. Hvilke idretter/mosjonsaktiviteter driver du med, hvor mange økter i uka har du i hver aktivitet, og varierer det med årstid?

Type idrett/mosjonsaktivitet	Vinter	Vår	Sommer	Høst

Eksempel på hvordan det kan fylles ut

Type idrett/aktivitet/mosjon	Vinter	Vår	Sommer	Høst
Langrenn	5	4	3	5
Orientering		2	2	2
Sykler til skolen			5	5

4. Anser du en av dem som din hovedidrett/-aktivitet?

Ja	
Nei	

Hvis **ja**, kan du oppgi hvilken idrett/aktivitet? \_\_\_\_\_

5. Hvor lenge (år) har du vært aktiv i de forskjellige idrettene/mosjonsaktivitetene? Ta med både nåværende og tidligere aktiviteter som du driver/har drevet med (sett kryss for det alternativet som passer best for hver idrett/aktivitet)

Type idrett/mosjonsaktivitet	> 5 år	3-4 år	1-2 år	< 1 år

6. Hvor mange ganger trener/mosjonerer du vanligvis per uke (**inkludert** konkurranser/kamper)?

1 gang per uke	2-3 ganger per uke	4-6 ganger per uke	>6 ganger per uke

7. Omtrent hvor mange timer trener/mosjonerer du vanligvis per uke (**inkludert konkurranser/kamper**)?

Type trening	Timer
Utholdenhetstrening	
Styrketrening	
Ballidrett	
Annet	
<b>Totalt antall timer per uke</b>	

8. I en **gjennomsnittlig uke**, hvor mange av de oppførte timene består av teknikk-/taktikktrening, langkjøring og intervalltrening?

Type trening	Teknikk/taktikk	Langkjøring	Intervaller
Timer			

## ***DEL B***

### ***Eventuelle endringer i fysisk aktivitet siden sist du var inne til testing på NIH***

1. Sett kryss i de rutene som er aktuelle

Jeg deltok i prosjektet i 2013	
Jeg deltok i prosjektet i 2014	



2. Har du **sluttet** med noen idretter siden sist du var her og testet?

Ja	
Nei	

Eventuelt hvilke? \_\_\_\_\_

Når sluttet du? \_\_\_\_\_

3. Har du **begynt** med noen nye idretter siden sist du var her og testet?

Ja	
Nei	

Eventuelt hvilke? \_\_\_\_\_

Når begynte du? \_\_\_\_\_

4. Har det skjedd noen endringer i hvor mye du trener, eller måten du trener på nå i forhold til det du gjorde ved forrige test? Sett kryss for det som passer.

Har sluttet å trene	
Trener nokså likt som ved forrige test	
Trener færre timer per uke nå	
Trener flere timer per uke nå	
Trener mindre systematisk nå	
Trener mer systematisk nå	

Eventuelle kommentarer: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Har du hatt skade- eller sykdomsavbrudd i treningen som har vart lengre enn 1 måned i løpet av det siste året?

Ja	
Nei	

Hvis **ja**, kan du oppgi **hva** og **når**?

---

---

---

---

*Takk for at du tok deg tid til å fylle ut skjemaet!*