

Marius Skei

---

Har mengden kondisjonstrening noe å si  
for utviklingen av maksimalt  
oksygenopptak og total hemoglobinmasse  
gjennom puberteten?

En longitudinell studie av 12-15 år gamle gutter og jenter

---

Masteroppgave i idrettsvitenskap  
Seksjon for fysisk prestasjonsevne  
Norges idrettshøgskole, 2018



## Sammendrag

Hensikten med oppgaven var å undersøke om systematisk kondisjonstrening påvirker utviklingen av maksimalt oksygenopptak ( $VO_2$ maks) og total hemoglobinmasse (tHb-masse) i pubertetsperioden. Åttiseks gutter og jenter fra langrennssklubber i Oslo-området og en barne- og ungdomsskole i Sogndal, deltok frivillig i en longitudinell studie. De fylte ut skjema om treningsvaner, målte kroppslige dimensjoner og gjennomførte fysiske og hematologiske tester opptil tre anledninger: ved 12, 13 og 15 år. Barna ble skilt i to grupper basert på mengden kondisjonstrening de rapporterte. Utholdenhetsgruppen (UTH, alle fra langrennssklubber) besto av barn som rapporterte over fem timer kondisjonstrening/uke, mens kontrollgruppen (KTR) besto av de som trente under fem timer kondisjonstrening/uke.

UTH-gruppen rapporterte totalt 7,2 (1,8) timer kondisjonstrening per uke, hvorav 5 (1,9) timer var langkjøring og 2,3 (0,7) timer var intervaller (avrundet). KTR-gruppen rapporterte 1,2 (1,2) timer kondisjonstrening per uke, hvorav 0,6 (0,8) timer var langkjøring og 0,6 (0,7) timer var intervaller. UTH-gruppen og KTR-gruppen rapporterte henholdsvis 0,5 (1,0) og 4,1 (3,7) timer ballspill per uke.

Vi fant ingen signifikante forskjeller i  $VO_2$ maks ( $ml \cdot min^{-1}$ ) eller tHb-masse (g) mellom gruppene ved noen av testtidspunktene. Relatert til KV hadde UTH-guttene høyere  $VO_2$ maks enn KTR-guttene, mens det ikke var noen forskjell i tHb-masse ( $g \cdot kgKV^{-1}$ ) hos begge kjønn. Relatert til FFM hadde UTH-guttene signifikant høyere verdier for  $VO_2$ maks enn KTR-guttene, mens det for tHb-masse ( $g \cdot kgFFM^{-1}$ ) ikke var noen forskjell. For jentene var det ingen forskjell i  $VO_2$ maks ( $ml \cdot kgFFM^{-1} \cdot min^{-1}$ ), men en forskjell i tHb-masse ( $g \cdot kgFFM^{-1}$ ) ved 15 år, hvor KTR-jentene hadde høyest verdi. Dette skyldes UTH-jentenes høyere FFM ved 15 år og UTH-gruppens lavere fettprosent ved alle testtidspunkt.

Absolutt  $VO_2$ maks ( $ml \cdot min^{-1}$ ) økte mer hos UTH-guttene enn KTR-guttene fra 13 til 15 år. UTH-jentene så en signifikant reduksjon i  $VO_2$ maks relatert til FFM, mens KTR-jentene holdt seg stabile fra 13 til 15 år. Ellers var det ingen forskjeller mellom gruppene i utvikling av  $VO_2$ maks, verken i absoluttverdier eller relatert til kroppsvekt og FFM. Absolutt tHb-masse (g) økte mer hos UTH-guttene sammenlignet med KTR-guttene fra

13 til 15 år. tHb-masse ( $\text{g} \cdot \text{kgFFM}^{-1}$ ) økte mer hos KTR-jentene fra 12 til 15 år og 13 til 15 år.

Det var tydelige kjønnsforskjeller fra 13 års alderen, og våre funn samsvarer med litteraturen. Det er kjent at barn har redusert effekt av trening kontra voksne (Matos & Winsley, 2007). Basert på rapportert mengde kondisjonstrening hadde vi allikevel forventet større forskjeller i  $\text{VO}_2$ maks og tHb-masse mellom UTH- og KTR-gruppen. Forklaringen kan ligge i at KTR-gruppen, som ikke må forveksles med en utrent gruppe, trener såpass mye ballspill med innslag av høyintensivt arbeid, at de får nok stimuli på det kardiovaskulære systemet til å holde tritt med UTH-gruppen. Ikke alle forskjeller mellom gruppene kan forklares med forskjeller i rapportert mengde kondisjonstrening. Genetiske faktorer og ulikt tempo & tidspunkt for vekstspurt kan og trolig forklare noen av forskjellene.

# Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	<b>3</b>
<b>Innhold</b> .....	<b>5</b>
<b>Forord</b> .....	<b>8</b>
<b>1. Innledning</b> .....	<b>9</b>
1.1 Problemstillinger.....	10
<b>2. Teori</b> .....	<b>11</b>
2.1 <b>Vekst, modning og utvikling</b> .....	<b>11</b>
2.1.1 Kronologisk og biologisk alder .....	11
2.1.2 Kroppshøyde og -vekt.....	12
2.1.3 Pubertetsutvikling.....	14
2.2 <b>Maksimalt oksygenopptak</b> .....	<b>15</b>
2.2.1 Begrensninger for det maksimale oksygenopptaket .....	16
2.2.2 Måling av maksimalt oksygenopptak .....	16
2.2.3 Maksimalt oksygenopptak og genetikk .....	17
2.2.4 Maksimalt oksygenopptak, alder og kjønn.....	18
2.2.5 Maksimalt oksygenopptak og trening hos barn og ungdom .....	20
2.2.6 Maksimalt oksygenopptak og prestasjon.....	21
2.3 <b>Generell hematologi</b> .....	<b>22</b>
2.3.1 Total hemoglobinmasse .....	23
2.3.2 Naturlig utvikling og trenbarhet av den totale hemoglobinmassen .....	23
2.3.3 Total hemoglobinmasse og kjønnsforskjeller .....	24
2.4 <b>Sammenheng mellom maksimalt oksygenopptak og total hemoglobinmasse</b> .....	<b>24</b>
2.5 <b>Kondisjonstrening</b> .....	<b>25</b>
<b>3. Metode</b> .....	<b>27</b>
3.1 <b>Design</b> .....	<b>27</b>
3.2 <b>Forsøkspersoner</b> .....	<b>27</b>
3.3 <b>Spørreskjema og intervju</b> .....	<b>29</b>
3.4 <b>Protokoller og målemetoder</b> .....	<b>30</b>
3.4.1 Antropometriske målinger .....	30
3.4.2 Kartlegging av utviklingsstadium.....	30
3.4.3 Legesjekk.....	30
3.4.4 Maksimalt oksygenopptak.....	31
3.4.5 Estimering av den totale hemoglobinmassen.....	32
3.5 <b>Statistikk</b> .....	<b>34</b>

<b>4.</b>	<b>Resultater.....</b>	<b>36</b>
<b>4.1</b>	<b>Alder.....</b>	<b>36</b>
<b>4.2</b>	<b>Kjønnforskjeller .....</b>	<b>37</b>
4.2.1	Alder ved «peak height velocity» .....	37
4.2.2	Antropometri .....	37
4.2.3	Maksimalt oksygenopptak .....	38
4.2.4	Total hemoglobinmasse .....	40
<b>4.3</b>	<b>Gruppeforskjeller .....</b>	<b>41</b>
4.3.1	Alder ved «peak height velocity» .....	41
4.3.2	Antropometri .....	41
4.3.3	Maksimalt oksygenopptak .....	43
4.3.4	Total hemoglobinmasse .....	44
<b>4.4</b>	<b>Kondisjonstrening.....</b>	<b>44</b>
<b>5.</b>	<b>Diskusjon .....</b>	<b>46</b>
<b>5.1</b>	<b>Kjønnforskjeller .....</b>	<b>46</b>
5.1.1	Sammenheng mellom alder, alder ved «peak height velocity» og antropometriske variabler .....	46
5.1.2	Maksimalt oksygenopptak .....	47
5.1.3	Total hemoglobinmasse i absoluttverdier, relatert til kroppsvekt og fettfri masse .....	49
<b>5.2</b>	<b>Gruppeforskjeller .....</b>	<b>49</b>
5.2.1	Sammenheng mellom alder, alder ved «peak height velocity» og antropometriske variabler .....	49
5.2.2	Maksimalt oksygenopptak i absoluttverdier og relatert til kroppsvekt & fettfri masse .....	50
<b>5.3</b>	<b>Sammenheng mellom maksimalt oksygenopptak, total hemoglobinmasse og type &amp; mengde kondisjonstrening.....</b>	<b>52</b>
5.3.1	Maksimalt oksygenopptak og kondisjonstrening .....	52
5.3.2	Total hemoglobinmasse og kondisjonstrening .....	54
<b>5.4</b>	<b>Etikk og forskning på barn .....</b>	<b>56</b>
<b>5.5</b>	<b>Svakheter ved vår studie .....</b>	<b>57</b>
<b>6.</b>	<b>Konklusjon.....</b>	<b>58</b>
	<b>Referanser.....</b>	<b>60</b>
	<b>Tabelloversikt .....</b>	<b>75</b>
	<b>Figuroversikt.....</b>	<b>76</b>
	<b>Forkortelser .....</b>	<b>77</b>
	<b>Vedlegg 1 .....</b>	<b>78</b>

<b>Vedlegg 2 .....</b>	<b>82</b>
<b>Vedlegg 3 .....</b>	<b>88</b>
<b>Vedlegg 4 .....</b>	<b>89</b>
<b>Vedlegg 5 .....</b>	<b>91</b>
<b>Vedlegg 6 .....</b>	<b>92</b>
<b>Vedlegg 7 .....</b>	<b>94</b>
<b>Vedlegg 8 .....</b>	<b>97</b>
<b>Vedlegg 9 .....</b>	<b>102</b>

## Forord

Når jeg nå avslutter min tid som masterstudent ved NIH er det en rekke personer som fortjener en takk.

En ekstra stor takk går til mine to veiledere på prosjektet, Jostein Hallén og Hege Elisabeth Wilson Landgraff. Først og fremst takk for at jeg fikk ta del i et så spennende prosjekt. Deres kunnskap, iver og arbeidsmoral har hele veien vært en inspirasjonskilde. Over en lang periode sto hele oppgaven på stedet hvil, men oppmuntring og konkrete å konstruktive tilbakemeldinger har hjulpet meg i mål. Takk for all opplæring på laboratoriet, veiledning og støtte underveis. Uten dere to hadde virkelig ikke oppgaven vært en realitet.

Sammen med mine veiledere vil jeg takke Maren, Charlotte og Camilla for alle sene kvelder med testing på NIH og for tiden i Sogndal. En takk rettes også til alle medstudenter og lærere på seksjon for fysisk prestasjonsevne, som har bidratt til en fin og lærerik studietid.

Takk til Svein Leirstein og Amund Riiser som målte  $VO_2$  maks, Hege Nymo Østgaard som tok blodprøver og alle andre som har bidratt til å samle inn data til prosjektet.

En stor takk til alle barn og foresatte som har satt av tid og energi til å være en del av prosjektet. Uten dere hadde jeg definitivt ikke hatt noe å skrive om.

Takk til Torstein som gadd å lese gjennom oppgaven min. Takk for all støtte fra familie, venner og min kjæreste, Hilde. Spesiell takk til Hilde, for at du er den du er, og for at du har vært der når motivasjonen ikke har vært på topp.



# 1. Innledning

Fra fødsel til voksen moden tilstand skjer det en rekke fysiologiske endringer. Timingen, tempoet og resultatene av disse endringene er individuelle. Barn og unge konkurrerer med og omgås hovedsakelig andre barn på samme kronologiske alder, men når man skal sammenligne fysiske variabler er det viktig, og riktig, å normalisere dataene til barnas biologiske alder, som beskriver hvor i utviklings- og modningsstadiet de befinner seg (Malina, Bouchard & Bar-Or, 2004a; Tanner, 1973). Jenter entrer i gjennomsnitt puberteten to år før gutter. I en gruppe med 12-15-åringer vil kjønnsforskjeller og individuelle forskjeller gjøre at enkelte er ferdig utviklet mens andre enda har noen år igjen før pubertetsstart (Armstrong & Welsman, 2002; Malina et al., 2004a).

Prestasjon i typiske utholdenhetsidretter avhenger av den aerobe kapasiteten, og det maksimale oksygenopptaket ( $VO_2$ maks) er den største bestemmende faktoren for aerob kapasitet (Hallén, 2004).  $VO_2$ maks beskriver hvor mye oksygen kroppen er i stand til å ta opp og utnytte under maksimalt anstrengende arbeid. Oksygenmengden kroppen klarer å tilby den arbeidende muskulaturen begrenses av kardiorespiratoriske-, hematologiske- og muskulære forhold (Bassett & Howley, 2000; Saltin, Calbet & Wagner, 2006). Hemoglobin er et protein i de røde blodcellene som binder oksygen og dermed fasiliterer transporten av oksygen rundt om i kroppen (Sand, Sjaastad & Haug, 2005). Derfor er den totale hemoglobinmassen (tHb-masse) en av flere avgjørende faktorer for størrelsen på  $VO_2$ maks (Eastwood, Bourdon, Withers & Gore, 2009).

I studier på voksne har  $VO_2$ maks og tHb-masse vist svært høy korrelasjon med kroppsvekt, men også sterk korrelasjon mellom hverandre (Ahlgrim, Pottgiesser, Kron, Duerr, Baumstark & Schumacher, 2009; Gore, Hahn, Burge & Telford, 1997; Heinicke, Wolfarth, Winchencach, Biermann, Schmid, Huber, Friedmann & Schmidt, 2001; Schmidt & Prommer, 2010). Det er og godt dokumentert at voksne eliteutøvere i kondisjonsidretter har signifikant høyere  $VO_2$ maks enn normalt trente og utrente (Heath, Hagberg, Ehsani & Holloszy, 1981). Det samme gjelder tHb-masse relatert til kroppsvekt (Steiner & Wehrin, 2011). Det er riktignok uklart om disse forskjellene kun kommer av treningen eller om det skyldes en genetisk predisposisjon til kondisjonsidrett. Genetikk er med på å forklare over 50 % av variasjon i  $VO_2$ maks og

respons på fysisk aktivitet når man justerer for alder, kjønn, etnisitet, kroppsmasse og kroppssammensetning (Bouchard, 2009).

VO<sub>2</sub>maks og tHb-masse er trenbart. Mens studier på voksne har vist en økning i VO<sub>2</sub>maks på 15-25 % etter en treningsperiode (Eriksson, 1972), viser gjennomsnittet av studier på prepubertale barn en treningseffekt på omtrent 5 % (Baquet, van Praagh & Berthoin, 2003). I følge Katch (1983) skyldes prepubertale barns dårlige respons på trening, et fravær av en rekke hormonelle og nevro-muskulære forutsetninger som må være tilstede for optimal adaptasjon til trening.

Det finnes en rekke studier som har sett på utviklingen av VO<sub>2</sub>maks og tHb-masse hos barn og unge, men ingen så vidt meg bekjent som har sett på denne utviklingen i sammenheng med ulike mengder kondisjonstrening. Derfor har hensikten med denne studien vært å undersøke hvordan fysiologiske variabler bestemmende for aerob kapasitet (maksimalt oksygenopptak, total hemoglobinmasse) har endret seg fra 12 til 15 år, sammenhengen mellom disse, og hvordan verdiene for disse variablene korrelerer med rapporterte mengder kondisjonstrening og antropometriske mål. I et større perspektiv ønsker vi å bidra til en bedre forståelse av hvordan utholdenhetstrening gjennom puberteten påvirker kondisjonen, og om det videre har noe å si for potensialet man har som voksen.

## **1.1 Problemstillinger**

- Er VO<sub>2</sub>maks og tHb-masse forskjellig hos 12-15 år gamle barn som trener systematisk kondisjonstrening sammenlignet med jevnaldrende som ikke trener systematisk kondisjonstrening?
- Utvikler VO<sub>2</sub>maks og tHb-masse seg forskjellig hos 12-15 år gamle barn som trener systematisk kondisjonstrening sammenlignet med jevnaldrende som ikke trener systematisk kondisjonstrening?

## 2. Teori

### 2.1 *Vekst, modning og utvikling*

Gjennom livet er kroppen under stadig forandring, både fysiologisk og mentalt. De største fysiske endringene skjer fra spedbarnsalder og gjennom barne- og ungdomsårene. Vekst, modning og utvikling er sentrale begreper som brukes til å beskrive denne kontinuerlige prosessen mot å bli voksen (Malina et al., 2004a). Vekst er den dominerende biologiske aktiviteten før og gjennom tenårene, og refererer til økningen i kroppsstørrelse, proporsjoner, fysikk og kroppssammensetning (Armstrong & Welsman, 2002). Med modning menes en gradvis utvikling av skjelett, muskulatur, nervesystem og seksualitet mot en voksentilstand (Beunen & Malina, 2005) Utvikling refererer til en biologisk prosess, samt endring i kognitive, emosjonelle, sosiale og motoriske egenskaper (Malina et al., 2004a).

#### 2.1.1 **Kronologisk og biologisk alder**

Når man snakker om alder, skiller man på kronologisk og biologisk alder. Mens kronologisk alder følger kalenderen, vil den biologiske alderen beskrive hvor i modnings- og utviklingsstadiet man befinner seg (Malina et al., 2004a; Tanner, 1973). Barn konkurrerer og omgås i all hovedsak barn på samme kronologiske alder, mens den biologiske alderen kan variere veldig. Før puberteten er den fysiske utviklingen og kapasiteten til gutter og jenter tilnærmet lik, og det som i hovedsak skiller de to er graden av modning (Meen, 2005).

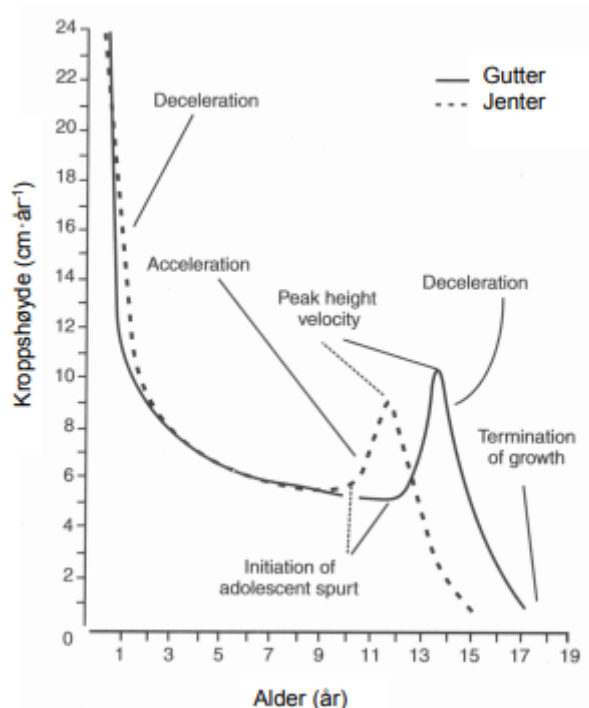
I gjennomsnitt entrer jenter puberteten to år før guttene, ved 10-12-års alderen. Ved omtrent 12 og 14 års alder når henholdsvis jenter og gutter det punktet hvor hastigheten på høydeveksten er størst («*peak height velocity*» (PHV)), og puberteten avsluttes typisk etter denne vekstspurten (Tanner, Whitehouse & Takaishi, 1966). Det er naturligvis store individuelle variasjoner i når puberteten inntreffer, så noen gutter kan være tidlig ute, jenter kan være sent ute, og motsatt (Armstrong & Welsman, 2002; Malina et al., 2004a). I praksis betyr dette at i en gruppe med 12-15 år gamle barn vil det typisk være en variasjon i biologisk alder på mange år, noe som har store konsekvenser for den fysiske prestasjonsevnen. Malina, Eisenmann, Cumming, Ribeiro & Aroso (2004b) så, hos gutter med lik kronologisk alder, at de med høyest biologisk alder både var sterkere, raskere og hadde høyere aerob- og anaerob kapasitet enn gutter med lav biologisk alder. Aerob kapasitet, og andre fysiske kvaliteter, bør derfor relateres til biologisk og ikke

kronologisk alder hos barn, særlig i sammenligning med andre (Claessens, Beunen & Malina, 2008; Meen, 2000).

Om man ønsker å sammenligne ulike grupper er det viktig å normalisere dataene. Beregning av biologisk alder kan være et fint verktøy for å normalisere data, da den samvarierer bedre med ulike fysiologiske variabler enn kronologisk alder. Skjelettalder, alder ved første menarche, stemmeskifte, utvikling av kjønnsorganer, kjønnsår, kroppshår og brystutvikling kan alle brukes til beregning av biologisk alder (Malina & Koziel, 2014a, 2014b; Malina, Rogol, Cumming, Coelho e Silva & Figueiredo, 2015). En annen kjent indikator på utviklings- og modningsstatus er alder ved PHV. Alder ved PHV kan beregnes ved hjelp en modell som inkluderer kronologisk alder og en rekke antropometriske mål (se kapittel 3.4.2) (Mirwald, Baxter-Jones, Bailey & Beunen, 2002). Denne metoden er ofte benyttet i longitudinelle studier, hvor man kan ta flere mål og beregninger ved ulike tidspunkt i pubertetsutviklingen (Malina & Koziel, 2014a, 2014b).

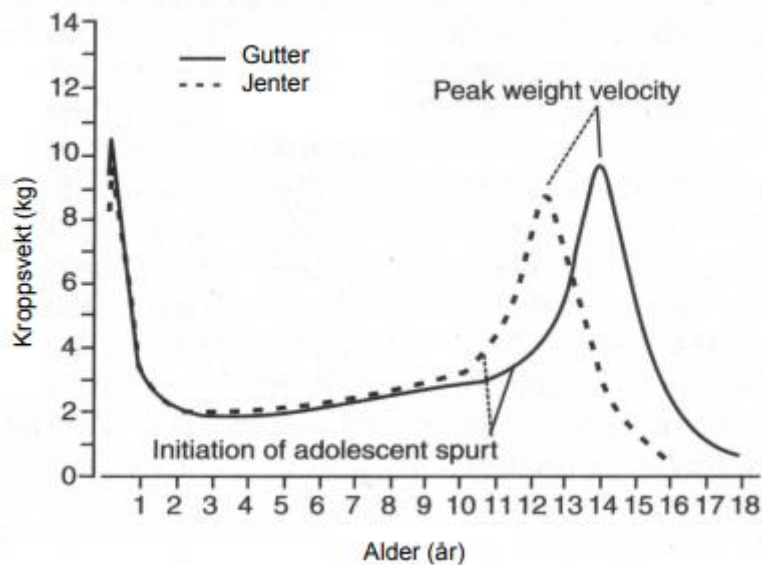
### **2.1.2 Kroppshøyde og -vekt**

Utviklingen av kroppshøyde frem til ung voksen alder skjer i fire faser: rask tilvekst fra fødsel til tidlig barndom, lavere men stabil tilvekst i midten av barndommen, rask tilvekst ved punktet for PHV i puberteten og til slutt langsom vekst mot voksen høyde (figur 2.1). Hvor stor høydetilveksten er ved PHV er veldig individuelt. Gutter når typisk PHV mellom 12 og 16 år, og PHV varierer fra 7-15,5 cm·år<sup>-1</sup>. Jenter når typisk PHV mellom 10,5 og 13,5 år, og har en lavere tilvekst, med PHV fra 6,2-11 cm·år<sup>-1</sup> (Tanner et al., 1966). Det at gutter i gjennomsnitt når PHV to år senere enn jenter, og at vekstspurten er større, gjør at unge menn i gjennomsnitt er 13 cm høyere enn unge kvinner (Armstrong & Welsman, 2002; Meen, 2000).



**Figur 2.1:** Typisk hastighetskurve for kroppshøyde hos gutter og jenter. Figur hentet fra Malina et al. (2004a).

Utviklingen av kroppsvekt følger omtrent det samme mønsteret som for kroppshøyde (figur 2.2) (Armstrong & Welsman, 1997; Malina et al., 2004a; Tanner et al., 1966). De to skiller seg i at PHV inntreffer rundt et halvt år før vekstspurten for vekt (PWV). Denne forskyvningen fortsetter inn i tidlig voksen alder, så man ser fortsatt en økning i vekt selv etter at man når voksen høyde (Geithner, Thomis, Vanden Eynde, Maes, Loos, Peeters, Claessens, Vlietinck, Malina & Beunen, 2004). Mens økningen i kroppsvekt hos gutter hovedsakelig skyldes en økning i skjelett- og muskelmasse, samt en reduksjon i fettmasse, skyldes økningen i kroppsvekt hos jenter en akkumulering av fettmasse (Armstrong & McManus, 2011). Ved pubertetslutt har gutter i gjennomsnitt en fettprosent på rundt 16 %, mens jenter typisk ligger mellom 20-30 % (Meen, 2000; Rowland, 1996).



**Figur 2.2:** Typisk hastighetskurve for kroppsvekt hos gutter og jenter. Figur hentet fra Malina et al. (2004a).

### 2.1.3 Pubertetsutvikling

Puberteten starter med økt frigjøring av Gn-RH fra hypothalamus, som påvirker utskillelsen av follikkelstimulerende- og luteiniserende hormoner fra hypofysens forlapp. Disse vil i sin tur stimulere til økt produksjon av kjønns hormonene østrogen og testosteron. Begge kjønn får økte nivåer av begge hormonene, men økningen av østrogen er størst hos jenter og testosteron størst hos gutter (Armstrong & Welsman, 1997). Disse er viktige i utviklingen av kjønns karakteristikk hos begge kjønn.

Ulikhetene i hormonkonsentrasjon mellom kjønnene vil ha stor innvirkning på fysisk prestasjon. Østrogen stimulerer blant annet til lagring av fett, mens testosteron vil bidra til økt muskelmasse og hemoglobinkonsentrasjon (Armstrong & Welsman, 1997).

Det er store individuelle forskjeller i tempoet og timingen på pubertetsutviklingen.

Marshall & Tanner har funn som understreker dette. I sin studie fra 1969, på jenter, så de at de i gjennomsnitt brukte ca. et år fra begynnende brystutvikling til PHV, og 2,5 år fra begynnende brystutvikling til første menarche. I sistnevnte tilfelle var tiden fra 6 måneder til 6 år (Marshall & Tanner, 1969). I sin studie fra 1970, på gutter, fant de at guttenes kjønnsorganer i gjennomsnitt brukte 3 år fra de begynte å vokse til de var ferdig utviklet, med individuelle variasjoner fra 1,8 til 4,7 år (Marshall & Tanner, 1970). Selv om det finnes referanseverdier for hva normal pubertetsutvikling er (med

tanke på vekst, tempo og timing), understreker disse funnene at det er like normalt å ligge to år foran eller etter disse referanseverdiene. Vekst og modning er vel så viktige for fysisk prestasjonsevne som trening i seg selv (Andrén-Sandberg, 1998). Store individuelle forskjeller i timing og tempo på pubertetsutviklingen, gjør at man ikke kan forvente det samme fysiske og kognitive nivået hos alle, selv om de har samme kronologiske alder.

## **2.2 Maksimalt oksygenopptak**

Maksimalt oksygenopptak ( $VO_2$ maks) defineres som den maksimale hastigheten kroppen kan ta opp og bruke oksygen under intensivt arbeid (Bassett & Howley, 2000; Hallén, 2002).  $VO_2$ maks er en meget bestemmende faktor for prestasjon i typiske kondisjonsidretter, og er det mest populære målet på aerob kapasitet (Armstrong & Welsman, 2001).

Størrelsen på  $VO_2$ maks bestemmes av to ting: maksimalt minuttvolum (MVmaks) og maksimal a-v  $O_2$ -differanse (arteriell-venøs oksygendifferanse) (Ficks ligning) (McArdle, Katch & Katch, 2001). MVmaks utgjøres av den maksimale hjerterefrekvensen (HFmaks) (antall slag per minutt) og det maksimale slagvolumet (SVmaks) (maksimal mengde blod som pumpes i hvert slag). Minuttvolumet er altså mengden blod den arbeidende muskulaturen får tilbudt per minutt. Mengden oksygen i det tilbudte blodet avgjøres igjen av hemoglobinkonsentrasjonen ([Hb]). A-v  $O_2$ -differanse er forskjellen i oksygeninnholdet i arterieblod vs. veneblod; altså forteller det hvor mye av det tilbudte oksygenet muskulaturen faktisk har klart å utnytte (Bassett & Howley, 2000; McArdle et al., 2001). A-v  $O_2$ -differanse er ikke lett å påvirke ved trening hos barn, så en treningseffekt på  $VO_2$ maks hos barn kommer hovedsakelig av en endring i MVmaks. Maksimal hjerterefrekvens påvirkes heller ikke av trening, så endringer i MVmaks kommer av endring i SVmaks (van Huss, Evans, Kurowski, Anderson, Allen & Stephens, 1988; Nottin, Vinet, Stecken, N'Guyen, Ounissi, Lecoq & Obert, 2002). SVmaks kan øke på flere måter: ved at forkamrene blir større (altså kan romme mer blod, og dermed potensielt pumpe mer blod per slag), at hjertemuskulaturen blir tykkere og dermed sterkere, eller ved at blodvolumet økes (McArdle et al., 2001). Om blodvolumet øker, vil mere blod være i sirkulasjon til enhver tid, tilbakepumpingen til hjertet vil være større, som igjen vil føre til økt fylling av hjertet (Heinicke et al., 2001).

I tillegg til ekstra fylling av hjertet øker den totale hemoglobinmassen (tHb-masse) ettersom blodvolumet øker (forutsatt at blodsammensetningen (konsentrasjonene) er uendret).

### **2.2.1 Begrensninger for det maksimale oksygenopptaket**

Utviklingen av  $VO_2$ maks hos barn er nøye undersøkt (Eisenmann, Pivarnik & Malina, 2001; Geithner et al., 2004; Kemper, Verschuur & de Mey, 1989; Shao, Lin, Yi & Zhang, 1997; Sprynarova et al., 1987; von Döbeln & Eriksson, 1972; Winsley, Fulford, Roberts, Welsman & Armstrong, 2009; Åstrand, 1952). Men hvordan de begrensende faktorene for  $VO_2$ maks styrer denne utviklingen er mindre kjent.

Ved økende fysisk aktivitet, oppreguleres alle faktorene i Fick's ligning. Det er en forskjell i bidraget fra hver faktor mellom barn og voksne. Barn har et lavere SV sammenlignet med voksne ved en gitt belastning, så de kompenserer for dette med økt HF. Produktet av disse faktorene, MV, ser ut til å være lavere hos barn enn voksne ved en gitt belastning, men barna gjør opp for det med en større a-v  $O_2$ -differanse (Turley, 1997). I tillegg til kardiovaskulære begrensninger, er det respiratoriske, hematologiske og muskulære begrensninger. Alveolenes diffusjonshastighet i lungene, hjertets kontraktilitet og pumpeevne, blodets transportkapasitet for oksygen og diffusjonshastighet i muskulaturen er alle begrensende faktorer for  $VO_2$ maks (Bassett & Howley, 2000; Saltin et al., 2006). Det som hovedsakelig bestemmer blodets transportkapasitet for oksygen er total hemoglobinmasse (tHb-masse), da oksygen hovedsakelig transporteres bundet til hemoglobin. Hos voksne har man funnet sterk korrelasjon mellom  $VO_2$ maks og tHb-masse, og tHb-masse er funnet å være viktig for  $VO_2$ maks og utholdenhetsprestasjon (Gore et al., 1997; Heinicke et al., 2001; Schmidt & Prommer, 2008).

### **2.2.2 Måling av maksimalt oksygenopptak**

$VO_2$ maks kan måles på flere måter, med variasjon i utstyr og protokoller. Valg av protokoll, testutstyr og testmetode er av stor betydning for resultatet. En rekke studier er samstemte i at testing av  $VO_2$ maks på tredemølle gir resultater som er 7-8 % høyere enn når man tester på ergometersykkel (Armstrong & Welsman, 1997; Krahenbuhl, Skinner & Khort, 1985; Rivera-Brown & Frontera, 1998, Åstrand, Rodahl, Dahl & Strømme, 2003). Spesielt gjelder dette for utrente og moderat trente individer, da løping i større grad er et helkroppsarbeid, mens sykling stiller større krav til lokal utholdenhet i beina og setemuskulaturen. Trente syklister kan på sin side oppnå ett høyere resultat på



ergometersyssel enn ved løping på tredemølle, da ergometersysseltesten er mer spesifikk til hva de trener hver dag (Mamen, Resaland, Mo & Andersen, 2009).

For å kunne konkludere med en valid  $VO_2$ maks-test, må en rekke kriterier være oppfylt. Taylor, Buskirk & Henschel (1955) var først ute med det som i dag er ansett som gullstandarden. Først må man se en avflatning av oksygenopptaket, altså at en økning i intensitet ikke gir en forventet økning i  $VO_2$ . Studier har funnet at kun 50 % av barn klarer å oppnå en slik avflatning på slutten av en test (Armstrong, Kirby, McManus & Welsman, 1995; Armstrong, Welsman & Winsley, 1996; Rivera-Brown & Frontera, 1998). Derfor blir ofte det høyeste målte oksygenopptaket gjerne omtalt som  $VO_2$ peak fremfor  $VO_2$ maks (Armstrong & Welsman, 2002). Studier har sammenlignet barn som har oppnådd denne avflatningen med de som ikke har det, men ikke funnet noen forskjeller i reliabilitet, hjerterefrekvens (HF), respiratorisk utvekslingskvotient (RER),  $VO_2$ peak eller blodlaktat (Armstrong et al., 1995; Mahon & Marsh, 1993; Rivera-Brown & Frontera, 1998). Åstrand (1952) så at mange barn kunne løpe til utmattelse uten å nå dette platået. Det er derfor grunn til å tro at barn kan oppnå  $VO_2$ maks uten en avflatning på slutten så lenge andre kriterier er oppfylt. Sekundære kriterier som brukes til å bestemme om  $VO_2$ maks er nådd er en HF over 90-95 % av aldersberegnet HFmaks, RER-verdi over 1,00, blodlaktatverdier på 6-9 mmol·l<sup>-1</sup> og testleders subjektive oppfatning av graden av utmattelse (Armstrong & Van Mechelen, 2000).  $VO_2$ peak kan godtas som  $VO_2$ maks så lenge det er tydelige visuelle tegn på maksimal innsats og barnet er kjent med testprosedyren og utstyret (Armstrong et al., 1996; Armstrong & Welsman, 2007).

### **2.2.3 Maksimalt oksygenopptak og genetikk**

$VO_2$ maks er avhengig av alder, kjønn, antropometri, kroppssammensetning, treningstilstand, type trening og arv (McArdle et al., 2001; Åstrand et al., 2003). I hvilken grad det genetiske påvirker fysiologiske variabler har vært i forskningens søkelys i lang tid. I en velkjent studie kalt «the HERITAGE family study» ble totalt 742 forsøkspersoner med variasjon i alder fra 16-65 år, fra 86 ulike familier, testet for en rekke fysiologiske variabler før og etter en 20 ukers treningsintervensjon. Av disse målte 429 forsøkspersoner  $VO_2$ maks på en ergometersyssel før og etter treningsintervensjonen. Basert på dette datamaterialet slo Bouchard (2009) fast at genetisk predisposisjon kan forklare rundt 50 % av variasjon i  $VO_2$ maks og respons på

fysisk aktivitet når man justerer for alder, kjønn, etnisitet, kroppsmasse og kroppssammensetning; et funn som støttes av Armstrong & Barker (2011). En studie på tvillinger fant en signifikant likhet i utviklingen av VO<sub>2</sub>maks hos eneggede tvillinger, som per definisjon er genetisk identiske, uten å finne den samme sammenhengen hos toeggede tvillinger (Klissouras, Pirnay & Petit, 1973). I tillegg fant Bouchard, Daw, Rice, Pérusse, Gagnon, Province, Leon, Rao, Skinner & Wilmore (1998) at det var opp mot tre ganger så stor variasjon i VO<sub>2</sub>maks mellom familier som innad i familier. Selv om mye hard og riktig trening hjelper, vil en utøvers fulle potensiale uansett være begrenset av genetiske faktorer (Klissouras et al., 1973).

#### **2.2.4 Maksimalt oksygenopptak, alder og kjønn**

I absoluttverdier ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ) øker VO<sub>2</sub>maks med økende alder hos begge kjønn, inntil et visst punkt. Jenters VO<sub>2</sub>maks flater typisk ut rundt 13-14 års alder (Kemper et al., 1989; Shao et al., 1997) mens gutters VO<sub>2</sub>maks flater normalt ut først ved 17-18 års alder (Daniels, Oldridge, Nagle & White, 1978; Geithner et al., 2004; Kobayashi, Kitamura, Miura, Sodevama, Murase, Miyashita & Matsui, 1978). Det finnes naturligvis unntak til dette, og andre studier har funnet at jenter og kan øke VO<sub>2</sub>maks helt frem til 17-18 års alder (Eisenmann et al., 2001; Geithner et al., 2004; Malina, Beunen, Lefevre & Woynarowska, 1997).

Etter fylte 13-14 år øker VO<sub>2</sub>maks ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ) signifikant mer hos gutter enn jenter (Krahenbuhl, Skinner & Kohrt, 1985). Mens absoluttverdiene øker, vil VO<sub>2</sub>maks relatert til kroppsvekt ( $\text{ml} \cdot \text{kgKV}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) holde seg relativt stabilt. Dette indikerer at VO<sub>2</sub>maks ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ) og kroppsvekt (kg) følger noenlunde samme utvikling. Mens Baxter-Jones, Goldstein & Helms (1993) fant at VO<sub>2</sub>maks ( $\text{ml} \cdot \text{kgKV}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) holder seg relativt stabilt, finner flertallet andre studier at det synker med økende alder hos jenter gjennom barndommen og puberteten (Eisenmann et al., 2001; Kemper et al., 1989; Malina et al., 1997; Rowland, Vanderburgh & Cunningham, 1997). Hos gutter har studier både funnet en nedgang (Kemper et al., 1989; Malina et al., 1997; Spryarova et al., 1987), ingen endring (Baxter-Jones et al., 1993; Kobayashi et al., 1978) eller en økning (Eisenmann et al., 2001) i VO<sub>2</sub>maks ( $\text{ml} \cdot \text{kgKV}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) gjennom puberteten.

Økningen av VO<sub>2</sub>maks ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ) skjer ikke lineært, men har en vekstspurt som sammenfaller med vekstspurten for høyde, altså ca 12 år for jenter og 14 år for gutter. Vekstspurten er kraftigere for gutter, som øker ca.  $1 l \cdot \text{min}^{-1}$  per år, kontra jenter, som øker ca.  $0,58 l \cdot \text{min}^{-1}$  per år (Geithner et al., 2004). Gjennom barndommen vil økningen i

absolutt VO<sub>2</sub>maks hovedsakelig komme av en økning i slagvolum. Slagvolumet ser riktignok ikke ut til å ha en slik vekstspurt, så akkurat i denne fasen vil økningen i VO<sub>2</sub>maks komme av noe annet enn en økning i slagvolum (Cunningham, Paterson, Blimkie & Donner, 1984).

Jenters VO<sub>2</sub>maks (l·min<sup>-1</sup>) ligger gjennom hele barndommen 10-25 % lavere enn gutters, og denne forskjellen blir bare større gjennom puberteten. Enkelte studier rapporterer om 35-50 % forskjell mellom kjønnene (Armstrong & Welsman, 1994; Krahenbuhl et al., 1985). En del av denne forskjellen kan forklares med at gutter har høyere muskelmasse enn jenter (Armstrong et al., 2011). Mer muskelmasse kan påvirke oksygenopptaket gjennom en bedre utnyttelse av oksygenet som blir tilbudt den arbeidende muskulaturen og gjennom økt venøs tilbakestrømming (Armstrong et al., 2011). Økt venøs tilbakestrømming pga. en kraftigere muskel-vene-pumpe, gir økt diastolisk fyllingstrykk til hjertet, som videre gir økt kontraktilitet i hjertemuskulaturen når den settes på strekk. Dette vil i tur øke SV, og dermed MV (Heinicke et al., 2001).

Gutter har noe høyere muskelmasse enn jenter gjennom hele barndommen, men forskjellene bli først veldig tydelige når puberteten inntreffer. Gutters muskelmasse går fra å utgjøre 42 % av kroppsvekten ved 5 år, til å utgjøre 54 % av kroppsvekten ved 16 år. Jentene går fra at muskelmassen utgjør 40 % av kroppsvekten ved 5 år, til 45 % ved 13 år (Armstrong et al., 2011). Fra 13 års alder vil jenters relative muskelmasse reduseres grunnet økt akkumulering av fettmasse (Meen, 2000).

Hvis man relaterer VO<sub>2</sub>maks til FFM vil det fortsatt være 5-10 % forskjell mellom kjønnene. Dermed kan ikke hele forskjellen i VO<sub>2</sub>maks tilskrives forskjellene i kroppssammensetning. Det som trolig kan forklare denne siste forskjellen er testosteronets positive påvirkning på produksjon av erytrocytter (Shahani, Braga-Basaria, Maggio & Basaria, 2009). På grunn av dette har gutter rundt 10 % høyere hemoglobinkonsentrasjon enn jenter ved slutten av puberteten (Armstrong et al., 2011). Hjertet er en muskel, og på samme måte som at økte testosteronnivåer bidrar til økt muskelmasse, vil det også stimulere til hypertrofi i hjertemuskulaturen. Venstre ventrikkel øker raskere hos gutter enn hos jenter gjennom puberteten, noe som bidrar til økt VO<sub>2</sub>maks gjennom økt endediastolisk volum, SV og i siste rekke MV (Janz, Dawson & Mahoney, 2000, Wisløff, Ellingsen & Kemi, 2009).

Hva studier har funnet som forklaring på forskjellen i  $VO_2$ maks mellom gutter og jenter før puberteten er sprikende. Vinet, Mandigout, Nottin, Nguyen, Lecoq, Courteix & Obert (2003) så en forskjell i  $VO_2$ maks og slagvolum mellom kjønnene, men fant at forskjellen forsvant da de relaterte variablene til FFM. De konkluderte derfor med at gutters høyere  $VO_2$ maks og slagvolum i barndommen kan forklares med gutters høyere FFM. Rowland, Goff, Martel & Ferrone (2000) fant en kjønnsforskjell i  $VO_2$ maks og slagvolum selv etter å ha relatert det til FFM, og konkluderte heller med at funksjonelle forskjeller i hjertet var årsaken til forhøyet slagvolum hos gutter i barndommen, og dermed høyere  $VO_2$ maks. En tredje studie fant at gutter har en høyere a-v  $O_2$ -differanse, og at dette kan forklare kjønnsforskjellene (Winsley et al., 2009).

### **2.2.5 Maksimalt oksygenopptak og trening hos barn og ungdom**

Det er velkjent at regelmessig kondisjonstrening gir en økning i  $VO_2$ maks hos voksne (Bacon, Carter, Ogle & Joyner, 2013; Hallén, 2002), og på den andre siden ser man en reduksjon i  $VO_2$ maks om man slutter med regelmessig kondisjonstrening (Coyle, Martin, Sinacore, Joyner, Hagberg & Holloszy, 1984). Det er også dokumentert at barn som trener mer, har høyere  $VO_2$ maks enn barn som trener mindre (Armstrong & McManus, 2011; Baltaci & Ergun, 1997; Eastwood et al., 2009; Hansen & Klausen, 2004; Ingjer, 1992; Krahenbuhl et al., 1985; Mayers & Gutin, 1979; Rowland, Unnithan, MacFarlane, Gibson & Paton, 1994; vanHuss, Evans, Kurowski, Anderson, Allen & Stephens, 1988). Trenbarheten av  $VO_2$ maks hos barn er allikevel et omdiskutert tema fordi man ikke helt vet om forskjellen i  $VO_2$ maks skyldes treningen, en genetisk predisposisjon og seleksjon til spesifikke idretter eller ulikheter i vekst og modning mellom gruppene som sammenlignes (Baxter-Jones, Helms, Maffulli, Baines-Preece & Preece, 1995). Videre vil effekten av utholdenhetstrening på  $VO_2$ maks være avhengig av alder, vekst & utvikling, treningsstatus, varighet på intervensjon samt treningsvarighet, -intensitet og -hyppighet på den enkelte treningsøkt (Matos & Winsley, 2007; Wenger & Bell, 1986)

«Triggerhypotesen», presentert av Katch (1983), hevder at det eksisterer et kritisk punkt i barns utvikling, som ofte sammenfaller med puberteten. All trening før dette punktet vil ha minimal, om ingen, effekt på fysisk kapasitet. Hormonene som starter pubertetsprosessen har stor effekt på skjelettet, samt nevro-muskulære-, respiratoriske- og kardiovaskulære adaptasjoner. Hypotesen baserer seg på at en rekke forutsetninger må være til stede for at adaptasjoner til trening skal kunne skje. Visse nivåer av

hormoner og modning av nervesystemet pekes på som mulige triggere for adaptasjon til trening hos barn og ungdom. Katch understreker at det skjer endringer hos prepubertale barn og, bare at disse endringene skyldes naturlig vekst og modning, og ikke en treningseffekt (Katch, 1983).

Mirwald, Bailey, Cameron & Rasmussen (1981) så på utviklingen av  $VO_2$ maks hos 14 trente og 11 utrente gutter. Alle barna testet  $VO_2$ maks en gang i året fra de var 7 til de var 17 år gamle. De fant en forskjell mellom gruppene først etter vekstspurten for  $VO_2$ maks. På lik linje så Sundberg & Elovainio (1982) en vesentlig større forskjell i  $VO_2$ maks mellom trente ungdommer og utrente kontroller ved 16 års alder, kontra ved 12 og 14 år. Disse funnene er med på å støtte oppunder Katch sin triggerhypotese, da de finner redusert trenbarhet hos prepubertale barn kontra pubertale barn.

Dette er studier fra 1980-tallet, og den generelle trenden for nyere studier er at de finner økt trenbarhet av aerob kapasitet hos prepubertale barn kontra eldre studier (Eastwood et al., 2009; Mandigout, Lecoq, Courteix, Guenon & Obert, 2001; Matos & Winsley, 2007; Rowland, 2002). I sin oversiktsartikkel som inkluderte 22 studier, fant Baquet et al. (2003) en gjennomsnittlig treningseffekt hos barn opp til 18 år på rundt 5 %, med variasjon fra de som så en 7,6 % nedgang til 20,5 % fremgang. Ulikheter i utvalg og metoder mellom studiene, alder, modning,  $VO_2$ maks ved oppstart av studien, genetikk, varighet på intervensjon, intensitet, antall treninger, type trening, overenstemmelse mellom testing og trening er en rekke eksempler på faktorer som kan forklare graden av variasjon mellom funn i studier (Armstrong & Barker, 2011; Baxter-Jones et al., 1995). I tillegg er det vanskelig å skille på hva som er effekt av naturlig vekst og modning og hva som er en treningseffekt, selv med en kontrollgruppe (Andrén-Sandberg, 1998).

### **2.2.6 Maksimalt oksygenopptak og prestasjon**

Prestasjon i typiske kondisjonsidretter bestemmes primært av den aerobe kapasiteten. Det som bestemmer den aerobe kapasiteten er  $VO_2$ maks, utnyttingsgrad og arbeidsøkonomi (Hallén, 2002). Den anaerobe kapasiteten vil ikke gjøre store utslag på prestasjon i form av totaltid, men kan i konkurranse mot andre avgjøre om man blir nummer en eller fem.

Det er gode korrelasjoner mellom  $VO_2$ maks og prestasjon i kondisjonsidrett, både hos voksne (Butts, Henry & Mclean, 1991) og hos barn (Armstrong & Welsman, 2001, Unnithan, Timmons, Paton & Rowland, 1995). Enda bedre korrelerer disse to faktorene,

særlig i vektbærende idretter, hvis man relaterer VO<sub>2</sub>maks til kroppsvekt (Costill, Thomason & Roberts, 1973; Fay, Londeree, LaFontaine & Volek, 1989). Størsteparten av den aldersrelaterte økningen i aerob kapasitet kommer av en økning i kroppsstørrelse som følge av naturlig vekst hos barn og unge (Welsman & Armstrong, 2008). Da kroppsstørrelse henger så tett sammen med aerob kapasitet, er det vanlig å normalisere dataene ved å dividere absoluttverdien for VO<sub>2</sub>maks på kroppsvekten (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>). Denne metoden virker å overskalere og dermed favorisere lette barn over tyngre barn (Welsman & Armstrong, 2008).

Relatert til kroppsvekt vil VO<sub>2</sub>maks holde seg relativt stabilt hos gutter gjennom puberteten, mens det vil synke hos jenter (Armstrong, Tomkinson & Ekelund, 2011; Eisenmann et al., 2001; Kemper et al., 1989; Åstrand, 1952). Til tross for dette finner flere studier økt løpsprestasjon med økende alder hos barn og ungdom (Cureton, Sloniger, Black, McCormack & Rowe, 1997; Daniels et al., 1978; Krahenbuhl, Morgan & Pangrazi, 1989; Pettersen, Fredriksen & Ingjer, 2001). Dette skyldes trolig bedret arbeidsøkonomi og utnyttingsgrad med økende alder (Cureton et al., 1997; Daniels et al., 1978; Krahenbuhl et al., 1989). Dårligere arbeidsøkonomi hos barn kontra voksne kan skyldes høyere hvilemetabolisme, høyere stegfrekvens, uøkonomisk bevegelsesmønster og unødvendig aktivering av antagonistmuskulatur (Bar-Or & Rowland, 2004).

### **2.3 Generell hematologi**

Blodsystemets funksjon er å være et transportorgan. Ved siden av næringsstoff og avfallsstoff, frakter blodet blant annet gassene oksygen (O<sub>2</sub>) og karbondioksid (CO<sub>2</sub>). Blodet består av celler, cellefragmenter og plasma. Det finnes tre hovedtyper blodceller: erytrocytter (røde blodceller), leukocytter (hvite blodceller) og trombocytter (blodplater). Erytrocyttene transporterer oksygen og utgjør hele 99 % av alle blodceller (Sand et al., 2005; Widmair, Raff & Strang, 2011).

Erytrocyttene inneholder hemoglobinmolekyler (Hb). Hb-molekylet utgjøres av fire polypeptidkjeder og fire hemgrupper. Hver hemgruppe har et jernatom (Fe<sup>2+</sup>) festet til seg, som binder et oksygenmolekyl hver (Sand et al., 2005). Hemoglobinetets høye affinitet (bindingsevne) til oksygen fasiliterer dermed transporten av oksygen ut til de arbeidende cellene. Hemoglobin har også høy affinitet for CO<sub>2</sub>, og bidrar i transporten

av CO<sub>2</sub> fra cellene til lungene. Ett gram hemoglobin kan frakte 1,39 ml O<sub>2</sub> (Sand et al., 2005; Widmair et al., 2011). Hos en gjennomsnittlig person med normal hemoglobinkonsentrasjon frakter hemoglobinet rundt 200 ml O<sub>2</sub> per liter blod (McArdle et al., 2001).

### **2.3.1 Total hemoglobinmasse**

Med total hemoglobinmasse (tHb-masse) mener man mengden hemoglobin som sirkulerer i blodbanen (Armstrong & Welsman, 1997). tHb-masse har en nær sammenheng med VO<sub>2</sub>maks (Schmidt & Prommer, 2008; Åstrand, 1952). tHb-masse har og en god korrelasjon med antropometriske variabler, spesielt FFM (Sawka, Young, Pandolf, Dennis & Valeri, 1992).

### **2.3.2 Naturlig utvikling og trenbarhet av den totale hemoglobinmassen**

Det eksisterer få studier som har undersøkt utviklingen av tHb-masse gjennom barne- og ungdomsårene. De studiene som finnes er enten tverrsnittstudier eller longitudinelle studier med varighet under et år, med få forsøkspersoner og stor variasjon i kronologisk og biologisk alder (Eastwood et al., 2009; Raes, Van Aken, Craen, Donckerwolcke & Vande Walle, 2006; Steiner & Wehrin, 2011; Ulrich, Bartsch & Friedmann-Bette, 2011; von Döbeln & Eriksson, 1972, Åstrand, 1952).

Som nevnt, korrelerer tHb-masse med antropometriske variabler, og fra fødsel til voksen alder følger tHb-masse vekstkurven for kroppsvekt (Malina et al., 2004a; Åstrand, 1952). Som for andre fysiologiske variabler er det store individuelle variasjoner også i blodparametre. I studier på voksne ser man at godt trente utholdenhetsutøvere har signifikant høyere tHb-masse enn utrente kontroller (Convertino, 2007; Heinicke et al., 2001; Schmidt & Prommer, 2008). Hva som skyldes trening og hva som skyldes arv er usikkert (Sawka, Convertino, Eichner, Schneider & Young, 2000). Vedvarende utholdenhetstrening øker den tHb-massen hos utrente og godt trente individer, selv om endringene ikke er like uttalte hos godt trente (Armstrong & Barker, 2011). Det spekuleres i om godt utholdenhetstrente individer allerede er veldig nært sitt maksimale platå for tHb-masse og dermed ikke evner å øke disse verdiene ytterligere. Selv om utrente evner å øke tHb-masse etter en treningsintervensjon, er forskjellen mellom tidligere utrente og godt trente såpass stor at man har grunn til å anta at det er betydelige genetiske forskjeller i tillegg (Heinicke et al., 2001; Prommer, Sottas, Schoch, Schumacher & Schmidt, 2008; Steiner & Wehrin, 2011).

Da det eksisterer for få studier på området, er det per i dag ingen sikre referanseverdier for tHb-masse og BV hos prepubertale gutter og jenter. Og som hos voksne, finner studier meget varierende verdier ved ulike utvalg. Mens Åstrand (1952) meldte om en tHb-masse hos 12-13 år gamle gutter og jenter på henholdsvis 8,8 (0,6) g·kg<sup>-1</sup> og 7,8 (0,3) g·kg<sup>-1</sup>, fant Landgraff (2009) at 12 år gamle gutter og jenter henholdsvis hadde en tHb-masse på 11,4 (0,9) g·kg<sup>-1</sup> og 11,0 (0,9) g·kg<sup>-1</sup>. Barna i Åstrand (1952) sin studie hadde relativt lavt aktivitetsnivå, sammenlignet med barna i Landgraff (2009) sin studie som ble rekruttert fra langrennsklubber. En annen avgjørende faktor kan være forskjeller i metodologi. Det skiller 57 år mellom studiene, så både metode og utstyr studiene brukte var naturligvis ikke lik.

### **2.3.3 Total hemoglobinmasse og kjønnsforskjeller**

Frem til 12-13 års alder er det ingen markante kjønnsforskjeller i utviklingen av tHb-masse. Etter denne alderen vil testosteronnivåene øke signifikant mer hos guttene enn hos jentene. Testosteron har en sterk påvirkning på produksjonen av erytrocytter, som fører til en signifikant kjønnsforskjell i tHb-masse gjennom puberteten (Malina et al., 2004a). I alderen 14-18 år vil gutter ha hele 28 % høyere tHb-masse enn jenter, en kjønnsforskjell som holder seg relativt stabil inn i voksen alder (Åstrand, 1952). tHb-masse henger nøye sammen med utviklingen av kroppsvekt, og ved siden av testosteronets bidrag, kan mye av kjønnsforskjellene under og etter endt pubertet forklares med at gutter i gjennomsnitt har høyere kroppsvekt enn jenter (Baxter-Jones et al., 1995; Hero, Wickman, Hanhijarvi, Siimes & Dunkel, 2005; Meen, 2000; Rowland, 2005; Åstrand, 1952).

## **2.4 Sammenheng mellom maksimalt oksygenopptak og total hemoglobinmasse**

En rekke studier har sett på sammenhengen mellom VO<sub>2</sub>maks og ulike blodparametre (Ahlgrim et al., 2009; Gore et al., 1997; Heinicke et al., 2001; Kanstrup & Ekblom, 1984; Schmidt & Prommer, 2010; Yoshida et al., 1997). tHb-masse viser sterke korrelasjoner til VO<sub>2</sub>maks og synes derfor viktig for utholdenhetsprestasjon. Korrelasjonene har vist seg å være uavhengig av både kjønn, alder og treningsstatus (Eastwood et al., 2009; Heinicke et al., 2001; Schmidt & Prommer, 2008, 2010; Åstrand, 1952). I sin metaanalyse av tverrsnittstudier beregnet Schmidt & Prommer



(2008) at med en endring i tHb-masse på  $1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  kan det forventes en endring i  $\text{VO}_2\text{maks}$  på  $4,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ .

## 2.5 Kondisjonstrening

Med kondisjonstrening menes trening som stimulerer til adaptasjoner i det kardiovaskulære-, respiratoriske- og nevro-muskulære systemet som i tur gir en forbedret aerob kapasitet og prestasjon i typiske kondisjonsidretter (Armstrong & Barker, 2011). Det er vanlig å bruke hjertefrekvens som en indikator på intensitet under trening. Olympiatoppen har konstruert en 8-delt intensitetsskala, hvor de fem første intensitetssonene baserer seg på hjertefrekvens (figur 2.3). All trening som har som formål å bedre den aerobe kapasiteten skjer i disse fem sonene (Tønnessen, Madsen & Haugen, u.å).

**Tabell 2.1:** Ulike intensitetssoner angitt i % av maksimal hjertefrekvens (HFmaks).

Figur hentet fra

<http://www.olympiattoppen.no/fagomraader/trening/utholdenhet/fagartikler/media43366.media>.

I-sone	Intensitet	Puls (% av HF max)	Eksempler på treningsmodeller
I-5	Svært høy	> 94 %	Intervaller med svært høy innsats og med pauser på ca. 75 % av dragtiden.
I-4	Høy	89-93 %	Intervaller med høy innsats og med pauser på ca. 50 % av dragtiden.
I-3	Moderat	83-88 %	Naturlig intervall, hurtig langkjøring og langintervaller med pauser som tilsvarer ca. 25 % av dragtiden.
I-2	Moderat til lav	73-82 %	Langkjøring med moderat til lav innsats
I-1	Lav	60-72 %	Langkjøring med lav innsats

Man skiller kondisjonstrening inn i to hovedkategorier: langkjøring og intervalltrening. Langkjøring er kontinuerlig arbeid på intensiteter man er i stand til å opprettholde over lengre tid, uten pauser, gjerne i en til flere timer. Intervalltrening er av kortere varighet, men på en betydelig høyere belastning enn langkjøring, hvor man er tvunget til å ta pauser. Varigheten på intervallene varierer typisk fra 30 sekunder til 8 minutter, og jo kortere intervallet er, desto høyere er intensiteten. Langkjøring skjer som oftest i I-sone 1 & 2, hvor hjertefrekvensen varierer fra 60-82 % av maksimal hjertefrekvens, mens intervalltrening skjer i de resterende sonene (83-97 % av HFmaks) (Jørgensen &

Andersen, 2004). Trening mellom I-sone 1-5 påvirker i hovedsak den aerobe kapasiteten, og minimalt av treningen skjer over I-sone 5.

Det er dokumentert at intervalltrening gir raskere effekt på VO<sub>2</sub>maks enn langkjøring hos voksne (Daussin, Zoll, Dufour, Ponsot, Lonsdorfer-Wolf, Doutreleau, Mettauer, Piquard, Geny & Richard, 2008; Helgerud, Høydal, Wang, Karlsen, Berg, Bjerkaas, Simonsen, Helgesen, Hjorth, Bach & Hoff, 2007; Wisløff et al., 2009). «High intensity interval training» (HIIT) er den mest intense formen for intervalltrening, hvor hvert drag gjennomføres med så å si maksimal innsats. Intensiteten tilsvarer løping i I-sone 5, og varigheten på dragene kan variere fra 20 sekunder til et par minutter. Man tar kun korte pauser med aktiv restitusjon, og gjentar dragene til man er for utmattet til å fortsette (Gibala & McGee, 2008). Baquet et al. (2003) fant i sin oversiktsartikkel at barn opp til 18 års alder syntes å ha aller best treningseffekt av HIIT, kontra lengre intervaller og langkjøring. De så også at trening bør skje ved en intensitet over 80 % av HFmaks for å kunne forvente en økning i VO<sub>2</sub>maks hos barn (Baquet et al., 2003). Allikevel skjer størsteparten av trening i typiske utholdenhetsidretter på lave intensiteter. Ikke fordi det gir en bedre effekt enn intervalltrening, men fordi kroppen må få mulighet til å restituere seg mellom harde treningsøkter. Dessuten bidrar langkjøring til andre fysiologiske adaptasjoner enn intervalltrening. For eksempel vil langkjøring øke mitokondrievolumet, og dermed vår oksidative kapasitet, mens intervaller blant annet stimulerer til hypertrofi i hjertemuskulaturen som vil øke SV (Wisløff et al., 2009). Det er og vanlig å fokusere på de tekniske, og noen ganger taktiske aspektene i den aktuelle idretten, og sånn sett kan langkjøring fremme prestasjonen gjennom forbedret arbeidsøkonomi og bedre taktiske valg underveis i konkurranser (Cureton et al., 1997; Daniels et al., 1978; Krahenbuhl et al., 1989).

I barneårene er det viktig å tilpasse treningen til vekst, modning og utvikling. Når man entrer puberteten skjer det ekstra store fysiologiske forandringer, og treningen må tilpasses disse forandringene så man ikke risikerer belastningsskader og overtrening. Det er ikke uvanlig at enere i utholdenhetsidretter trener 800-1000 timer i året. Som 13-14-åringer er det sett at enere i sine idretter lå på 25 % av antall treningstimer som seniorer, og det er viktig at timeantallet og belastningen økes jevnt. Det er anbefalt å øke med 50 t/år fra pubertetsalder til voksen alder (Tønnessen et al., u.å).

## **3. Metode**

### **3.1 Design**

Min oppgave er en del av en større longitudinell studie med oppstart ved NIH, 2013. Målet med studien har vært å belyse hvordan ulike fysiologiske parametere endrer seg fra 12 til 15 års alder. I perioden 2013-2016 har 152 barn vært inne til testing minst en gang og gjennomført en rekke fysiske tester og målinger (maksimalt oksygenopptak, styrke, spenst, hurtighet, blodverdier, kroppssammensetning og antropometri) ved sine respektive skoler, eller i NIH's egne lokaler på Sognsvann. Hvert individ har blitt testet opptil tre ganger. Min oppgave inkluderer kun data samlet inn for oksygenopptak, hemoglobinmasse, kroppssammensetning og antropometri, samt data fra spørreskjema og intervju om treningsvaner.

### **3.2 Forsøkspersoner**

Barn født i 2001 ble rekruttert gjennom ulike langrennsklubber i Oslo-området og på en barne- og ungdomsskole i Sogndal. Barna fra langrennsgruppen, deltok i 2013 på langrennstrening, men ble invitert til å delta videre uavhengig av om de fortsatt drev på med langrenn eller ikke. Barna fra Sogndal fikk på sin side tilbud om å delta videre i studien uavhengig av om de hadde deltatt fra før eller ikke. Det ble gjennomført informasjonsmøter for foreldre. Etter hvert av informasjonsmøtene ble informasjonsskriv om prosjektet (vedlegg 1 & 2), egenerklæring om helsetilstand (vedlegg 4) og samtykkeerklæring (vedlegg 1 & 2) sendt ut til alle barnas foresatte. Også barna fikk et eget informasjonsskriv om prosjektet og deres rolle i det (vedlegg 3). Egenerklæring inneholdt spørsmål om eventuelle sykdommer barna måtte ha. I informasjonsskrivet om prosjektet ble det opplyst om at all data ville bli behandlet aidentifisert og at deltakerne når som helst kunne trekke seg underveis i prosjektet, uten å oppgi noen grunn. Underskrevet samtykkeerklæring fra foresatte ble regnet som påmelding til prosjektet. Studien, testprotokollene og søknad om opprettelse av forskningsbiobank er godkjent av «Regional etisk komité for medisinsk forskningsetikk» (REK Sør-Øst D).

**Tabell 3.1:** Gjennomsnittsalder (år), testdato, antall forsøkspersoner (FP) og kjønnsfordeling for barn rekruttert fra langrennsklubber i Oslo-området og en barne- og ungdomsskole i Sogndal ved alle testtidspunkt.

	Langrenn 01			Sogndal 01		
<b>Alder (år)</b>	11,9	13,4	15,3	12,5	13,4	15,4
<b>Testdato</b>	Vår 2013	Høst 2014	Høst 2016	Høst 2013	Høst 2014	Høst 2016
<b>Antall FP</b>	48	50	52	25	31	34
<b>Antall (Gutter- Jenter)</b>	34-14	36-14	37-15	15-10	19-12	21-13

Mitt datagrunnlag inkluderer kun 86 av de 152 som var inne til testing. Det første inklusjonskriteriet var at barna måtte ha deltatt som 15-åring, ettersom vi da gjennomførte et supplerende intervju til spørreskjemaet om treningsvaner. Allerede der ble 65 forsøkspersoner ekskludert. Det andre inklusjonskriteriet var at barna måtte ha deltatt ved minst en tidligere anledning, som 12- og/eller 13-åring. En forsøksperson ble ekskludert av den grunn. Tabell 3.1 viser kun de barna som ble inkludert, og hvordan fordelingen var mellom de to rekrutteringsgruppene og kjønn.

Basert på spørreskjema og intervju ble forsøkspersonene i første omgang delt inn i fem ulike grupper, hvor fordelingen gikk gradvis fra de som rapporterte mest til de som rapporterte minst kondisjonstrening (se kapittel 4.4). Etter å ha sett på relevant litteratur og funnet hvilket volum av kondisjonstrening som kreves for å få en signifikant økning i fysiologiske variabler bestemmende for prestasjon i kondisjonsidretter hos barn, satte vi oss for en cut-off på 5 timer kondisjonstrening per uke (Baquet et al., 2003). De som trente  $\geq 5$  t utholdenhet per uke ble plassert i utholdenhetsgruppen (UTH) mens de som lå under denne grensen ble plassert i kontrollgruppen (KTR). Samtlige FP fra Sogndal havnet i KTR-gruppen. Av de 52 fra langrennsgruppen som var med på testing i 2016, havnet 21 i KTR og 31 i UTH-gruppen (tabell 3.2).

**Tabell 3.2:** Alder og antropometriske data for barna i utholdenhets- og kontrollgruppen ved alle tre testtidspunkt.

Testdato	UTH			KTR		
	Vår 2013	Høst 2014	Høst 2016	Vår/høst 2013	Høst 2014	Høst 2016
<b>Antall (n=)</b>	30	31	31	43	50	55
<b>Alder (år)</b>	11,9 (0,3)	13,4 (0,3)	15,3 (0,3)	12,2 (0,4) <sup>a</sup>	13,4 (0,3)	15,3 (0,3)
<b>Kr.høyde (cm)</b>	153 (6,7)	162 (7,9)	174 (9,3)	153 (8,5)	161 (9,3)	171 (9,8)
<b>Kr.vekt (kg)</b>	39,4 (5,2)	46,2 (6,9)	59,6 (8,8)	43,2 (7,8) <sup>a</sup>	48,7 (9,6)	58,9 (9,3)
<b>FFM (kg)</b>	35,1 (4,9)	42,1 (6,4)	53,6 (8,2)	36,4 (5,3)	41,5 (6,5)	50,2 (8,4)
<b>Fettprosent (%)</b>	10,3 (4,0)	10,1 (4,2)	10,5 (5,7)	16,0 (7,3) <sup>a</sup>	15,0 (7,2) <sup>a</sup>	14,7 (8,1) <sup>a</sup>

*a* Signifikant forskjellig fra UTH-gruppen, samme år ( $p < 0,05$ ). FFM = fettfri masse. Gjennomsnitt (SD).

### 3.3 Spørreskjema og intervju

Det var få studier å bygge på når vi skulle formulere et retrospektivt spørreskjema om treningsvaner ved oppstart av prosjektet i 2013. Spørreskjemaet ble modifisert på noen punkter for hvert testår (se vedlegg 5, 6, 7 & 8). Det inneholdt en rekke spørsmål om treningshverdagen til FP, for å få en idé om hva, hvordan og hvor mye de trente. I 2016 ble det i tillegg gjennomført et komplementerende intervju for å rette opp i eventuelle uklarheter knyttet til spørreskjemaet, og for å få flere detaljer om FP's treningsvaner og aktivitetsstatus. Vi ventet med intervjuet til barna var 15 år fordi de som 12- & 13-åringer normalt har mer mer lekbasert trening, og vi forventet at de som 15-åringer hadde et mer systematisk og bevisst forhold til hva og hvordan de trente. Intervjuet var skreddersydd til hver enkelt FP, og ble gjennomført av undertegnede. I intervjuet fulgte vi opp alle svar fra spørreskjemaet som virket uklare, samt undersøkte spesifikt barnas kondisjonstrening. Vi spurte om konkrete eksempler på intervaller og langkjøringsøkter barna typisk gjennomførte, hvor seriøst de satset på idretten(e) de drev med og andre detaljer rundt treningshverdagen. Vi var to personer som foretok en individuell vurdering av spørreskjemaene da vi skulle kvantifisere treningsdataene. Senere ble resultatene satt opp mot hverandre, og vi kom til enighet der det eventuelt måtte være ulike tolkninger.

### **3.4 Protokoller og målemetoder**

Beskrivelsen av protokollen er delvis hentet fra Anette Aaeng og Maren Lihagen sine masteroppgaver, fra henholdsvis 2014 og 2017, som begge var en del av samme studie (Aaeng, 2014; Lihagen, 2017). Hvis FP av en eller annen grunn ikke var i stand til å gjennomføre enkelte av testene, fikk de tilbud om å komme tilbake en annen dag for å fullføre testingen.

#### **3.4.1 Antropometriske målinger**

Kroppsvekt og -høyde ble målt på et stadiometer (Seca, Hamburg, Tyskland) med treningsklær, men uten sko. Vekten ble notert til nærmeste 0,1 kg, og 0,5 kg ble trukket fra for vekten av klærne. Kroppshøyden ble notert til nærmeste 0,5 cm. For å måle kroppssammensetningen (FFM og fettprosent) ble impedansmåling (InBody 720, Biospace Co, Ltd, Seoul, Korea) benyttet. FP plasserte helene på to sirkelformede elektroder og forføttene på to ovale elektroder. Hendene holdt i to håndtak med elektroder. Grepet var med fire fingre rundt håndtaket og tomlene pekende opp. Armene hang avslappet langs siden. Testen tok to minutter, og FP holdt denne stillingen hele tiden, uten å bevege seg eller prate.

#### **3.4.2 Kartlegging av utviklingsstadium**

I teorikapitlet ble det nevnt at alder ved PHV ofte blir brukt som en indikator på utviklings- og modningsstatus. Mirwald et al. (2002) kom frem til en metode for å beregne tid fra PHV ved hjelp av antropometriske mål. Denne metoden har vi benyttet oss av i denne studien. Formlene tar i bruk data for sittehøyde, kronologisk alder, benlengde, kroppsvekt og kroppshøyde:

$$\mathbf{Jenter} = -9,376 + (0,0001882 \cdot \text{benlengde} \cdot \text{sitteho\ddot{y}de}) + (0,0022 \cdot \text{alder} \cdot \text{benlengde}) + (0,005841 \cdot \text{alder} \cdot \text{sitteho\ddot{y}de}) - (0,002658 \cdot \text{alder} \cdot \text{kroppsv\ddot{e}kt}) + (0,07693 \cdot (\text{kroppsv\ddot{e}kt}/\text{kroppsh\ddot{o}yde}) \cdot 100)$$

$$\mathbf{Gutter} = -9,236 + (0,0002708 \cdot \text{benlengde} \cdot \text{sitteho\ddot{y}de}) - (0,001663 \cdot \text{alder} \cdot \text{benlengde}) + (0,007216 \cdot \text{alder} \cdot \text{sitteho\ddot{y}de}) + (0,02292 \cdot (\text{vekt}/\text{h\ddot{o}yde}) \cdot 100)$$

#### **3.4.3 Legesjekk**

Det ble gjennomført en legesjekk for å sikre at FP var medisinsk skikket til å gjennomføre studiens fysiske tester. Til å vurdere dette, svarte FP på et standardisert

spørreskjema om hereditet, tidligere sykdommer, medisinbruk og symptomer (vedlegg 4). Deretter ble hjerte- og respirasjonsfrekvens målt, sammen med blodtrykk og auskultering over hjerte og lunger (vedlegg 5)

#### **3.4.4 Maksimalt oksygenopptak**

Målingen av det maksimale oksygenopptaket ( $VO_2$ maks) ble gjort før målingen av tHb-masse, ettersom en økning på 4,9% av HbCO% er assosiert med en nedgang på 3,0 % av  $VO_2$ maks (Schmidt & Prommer, 2005).

### **Utstyret**

Testen foregikk på en tredemølle (Woodway Elg 70, Weil am Rhein, Tyskland). Vi målte oksygenopptaket ved hjelp av et automatisk ergospirometriutstyr (Oxycon Pro, Jaeger-Toennis, Hochberg, Tyskland). Fremfor å bruke et vanlig munnstykke, løp FP med maske (Hans Rudolph Instr., USA) som dekket over både munn og nese. Masken var koblet direkte til en volumtransduser som målte ventilasjonen. For hvert pust ble 25 ml luft fra transduseren trukket og målt for innhold av  $CO_2$  og  $O_2$  i ekspirasjonsluften. Volumtransduseren ble kalibrert ved hjelp av en 3L pumpe (Calibration Syringe, series 5530, Hans Rudolph Inc., MO, USA).  $CO_2$  og  $O_2$  ble kalibrert mot romluften og mot en kjent konsentrasjon på 15%  $O_2$ , 6%  $CO_2$  og resterende nitrogen. Hjerterefrekvensen ble målt ved bruk av ei pulsklokke (Polar S610, Polar Electro Oy, Kempele, Finland), som mottok signaler fra en trådløs sender (Polar Wearlink, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) festet til et belte rundt brystet til FP. Den høyeste registrerte hjerterefrekvensen under løpsprosedyren ble definert som FP's maksimale hjerterefrekvens ( $HF_{maks}$ ).

### **Prosedyre**

FP tok på seg maske og hjerterefrekvensmåler. Først sto FP i ro i ett minutt på tredemøllen, mens en hvilemåling ble tatt. Deretter løp FP i en hastighet på 8 km/t og en stigning på 5,3% i 5 minutter. Etter 5 minutter stoppet tredemøllen, og målingene for oppvarmingen ble lagret. FP fikk en liten pause før testleder startet tredemøllen igjen. Denne gangen ble hastigheten satt til 7 km/t og stigningen til 6,3%. For hvert minutt som gikk økte både hastigheten og stigningen med 1 (henholdsvis 1 km/t og 1%) helt til hastigheten nådde 11 km/t. Etter det økte kun stigningen. Mot slutten av testen gjorde testleder individuelle tilpasninger, basert på visuelle eller muntlige tilbakemeldinger fra FP. FP avbrøt (ideelt) testen ved full utmattelse. Utmattelse ble definert som når FP ikke lenger var villig til å fortsette testen selv om testleder kom med sterke oppmuntringer.

Måleutstyret registrerte oksygenopptaket hvert 30. sekund. Gjennomsnittet av de to høyeste påfølgende målingene ble definert som  $VO_2$ maks. Hjelpeskriterier for å vite om FP nådde  $VO_2$ maks var RER-verdi høyere enn 1,1, avflatning av oksygenopptaket eller testleders subjektive oppfatning av om  $VO_2$ maks var oppnådd. Alle målingene på barna rekruttert fra langrennklubber har blitt gjort av den samme, erfarne testlederen (SL) i NIH's lokaler.  $VO_2$ maks ble i Sogndal gjennomført av en annen person (AR), med god erfaring innenfor testing av  $VO_2$ maks.



*Figur 3.1:  $VO_2$ maks-test fra NIH 2016, med testleder (SL) og FP.*

### **3.4.5 Estimering av den totale hemoglobinmassen**

For estimering av tHb-masse benyttet vi noe kalt «The optimized CO-rebreathing method» (Schmidt & Prommer, 2005). Dette skjedde like etter testing av  $VO_2$ maks, så FP fikk sitte ned og samlet seg mens testleder gikk gjennom hvert steg av prosedyren. Aller først ble det tatt to kapillærprøver (55  $\mu$ l, Radiometer København, Danmark) fra samme fingerpunktering (Accu-Check, Soft clix pro). Disse ble brukt til å beregne baselineverdier for karboksylhemoglobin (%HbCO) (ABL80 Flex Radiometer Copenhagen). Selve pusteprosedyren foregikk ved at FP pustet i to minutter i et spirometer. Dette er et lukket system, hvor man puster rent oksygen (AGA, medisinsk oksygen komprimert) i tillegg til en kjent mengde CO-gass (AGA, karbonmonoksid



komprimert). Mengden CO-gass hver enkelt FP skulle puste ble beregnet ut fra kroppsvekten: henholdsvis  $0,8 \text{ mlCO} \cdot \text{kgKV}^{-1}$  for jenter og  $1,0 \text{ mlCO} \cdot \text{kgKV}^{-1}$  for gutter (Gore, Bourdon, Woolford, Ostler, Eastwood & Scroop, 2006; Eastwood, Hopkins, Bourdon, Withers & Gore, 2008). To minutter etter endt pusteprosedyre målte vi mengden CO som var igjen i FP's lunger, ved at barna pustet inn i en CO-analysator (Dräger-Pac 7000, Dräger Safety AG Co., Lübeck, Tyskland). Det ble så foretatt nye fingerpunkteringer for kapillærprøver (analysert for %HbCO) ved henholdsvis minutt 6 og 8. Differansen mellom disse verdiene og baselineverdiene ble brukt for å beregne  $\Delta\text{HbCO} \%$ . Etter endt test estimerte testleder volumet (liter) i baggen på spirometeret og målte [CO] (ppm) med CO-analysatoren. Alle disse verdiene ble notert fortløpende.

## Utrekning

$\Delta\text{HbCO} \%$  ble brukt i følgende ligning for beregning av tHb-masse (Schmidt & Prommer, 2005):

$$t\text{Hb-masse} = K \cdot MCO \cdot 100 / (\Delta\text{HbCO} \% \cdot 1,39)$$

der  $K = \text{aktuelt barometertrykk} / (760 \cdot [1 + (0,003661 \cdot \text{aktuell temperatur})])$ ,  $MCO = \text{volum av tilført CO (ml)}$ ,  $\Delta\text{HbCO} \% = \text{forskjellen mellom gjennomsnittsverdiene av kapillærprøvene før og etter CO-rebreathing, gitt i prosent}$ ,  $1,39 = \text{Hüfner's nummer} \rightarrow 1 \text{ g Hb binder } 1,39 \text{ ml CO (samme som for O}_2\text{)}$ .



**Figur 3.2:** Spirometer til «the optimized CO-rebreathing method». Neseclupe (1), kammer for sodalime (2), CO-gassprøyte (3), stoppekran for stenging av O<sub>2</sub> (4), stoppekran for fylling av O<sub>2</sub> (5) og anestetisk bag (6).

## Karbonmonoksid

Vi forsøkte å oppnå en  $\Delta\text{HbCO}\%$ -verdi på 5-7%. Det som avgjorde mengden CO-gass hver enkelt FP skulle motta var FP's kroppsvekt og kjønn. Normalt gis det  $1,0 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$  kroppsvekt hos gutter og  $0,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$  hos jenter (Gore et al., 2006; Eastwood et al., 2008). Før pusteprosedyren ble overflødig CO-gass fra fyllingen tømt ut ved romåpningen eller i avtrekksskap for å forhindre for mye av gassen i selve testrommet. CO-gass er i utgangspunktet en giftig gass, og kan gi bivirkninger om dosen er for stor. Eksempler på bivirkninger er hodepine, døsighet og slapphet (Eastwood et al., 2008), men inntretr normalt ikke før  $\Delta\text{HbCO}\%$ -verdien overstiger 15-25%, altså godt unna de dosene vi siktet mot i denne studien.

### 3.5 Statistikk

Alt datamaterialet ble behandlet og analysert i Microsoft Excel (Microsoft Excel, 2016, USA). Der gjorde vi uparede t-tester for å undersøke forskjeller mellom gruppene og kjønn. Ikke bare så vi på forskjellene ved hver test, men også på forskjellene i utvikling

fra test til test. Signifikansnivået ble satt til  $p < 0,05$ . Alle figurer er og gjort i Excel. Alle tabeller er laget i Microsoft Word (Microsoft Word, 2016, USA). Resultatene er presentert som gjennomsnitt ( $\pm$ standardavvik).

## 4. Resultater

### 4.1 Alder

I 2013 var barna i UTH-gruppen yngre enn KTR-gruppen ( $p < 0,01$ ). Dette skyldes at barna rekruttert fra Sogndal, som alle er i KTR-gruppen og utgjør 64 % av den, ble testet et halvt år senere enn barna rekruttert fra langrennsklubbene. I 2014 og 2016 ble gruppene testet samme tid på året. Det var ingen forskjeller i kronologisk alder mellom kjønnene innad i de to gruppene, verken i 2013, 2014 eller 2016.

**Tabell 4.1:** Antropometri, alder og tid fra PHV for kontroll- og utholdenhetsgruppen ved alle tre testtidspunkt (2013, 2014, 2016).

	2013				2014				2016			
	Utholdenhet		Kontroll		Utholdenhet		Kontroll		Utholdenhet		Kontroll	
	Jenter (n=10)	Gutter (n=20)	Jenter (n=14)	Gutter (n=29)	Jenter (n=11)	Gutter (n=20)	Jenter (n=15)	Gutter (n=35)	Jenter (n=11)	Gutter (n=20)	Jenter (n=17)	Gutter (n=38)
<b>Alder (år)</b>	11,9 (0,2)	12,0 (0,3)	12,3 (0,4) <sup>b</sup>	12,2 (0,4)	13,4 (0,2)	13,4 (0,3)	13,4 (0,3)	13,4 (0,3)	15,2 (0,2)	15,3 (0,3)	15,4 (0,4)	15,3 (0,3)
<b>År fra PHV (år)</b>	-0,1 (0,4) <sup>a</sup>	-1,8 (0,4)	0,1 (0,5) <sup>a</sup>	-1,6 (0,6)	1,3 (0,5) <sup>a</sup>	-0,6 (0,5)	0,9 (0,6) <sup>a</sup>	-0,6 (0,7)	2,9 (0,5) <sup>a</sup>	1,4 (0,7)	2,7 (0,4) <sup>a</sup>	1,4 (0,8)
<b>Kroppshøyde (cm)</b>	153 (7,3)	152 (6,5)	155 (8,5)	153 (8,6)	162 (7,7)	162 (8,2)	159 (6,7)	161 (10,2)	169 (7,8)	176 (9,3)	165 (7,9) <sup>a,b</sup>	174 (9,4)
<b>Kroppsvekt (kg)</b>	40,0 (6,1)	39,1 (4,9)	44,0 (9,4)	42,5 (7,2)	47,6 (7,9)	45,4 (6,4)	49,2 (10,2)	48,5 (9,5)	58,4 (8,1)	60,2 (9,2)	56,5 (8,0)	59,9 (9,7)
<b>FFM (kg)</b>	35,3 (7,1)	35,0 (3,6)	35,9 (6,0)	36,7 (5,0)	42,5 (7,9)	41,8 (5,7)	39,5 (4,8)	42,4 (7,0)	49,6 (7,0) <sup>a</sup>	55,8 (8,2)	42,5 (4,4) <sup>a,b</sup>	53,6 (7,4)
<b>Fettprosent (%)</b>	12,2 (4,5)	9,3 (3,3)	18,4 (8,2) <sup>b</sup>	14,7 (6,6) <sup>b</sup>	12,0 (4,9)	9,1 (3,3)	19,1 (8,6) <sup>a,b</sup>	13,3 (5,9) <sup>b</sup>	15,4 (6,7) <sup>a</sup>	7,8 (2,6)	24,2 (7,2) <sup>a,b</sup>	10,5 (3,6) <sup>b</sup>

*a* Signifikant forskjellig fra guttene i samme gruppe, samme år ( $p < 0,05$ ). *b* Signifikant forskjellig fra UTH, samme kjønn, samme år ( $p < 0,05$ ). PHV = peak height velocity; FFM = fettfri masse. Gjennomsnitt (SD).

## 4.2 *Kjønnsforskjeller*

### 4.2.1 *Alder ved «peak height velocity»*

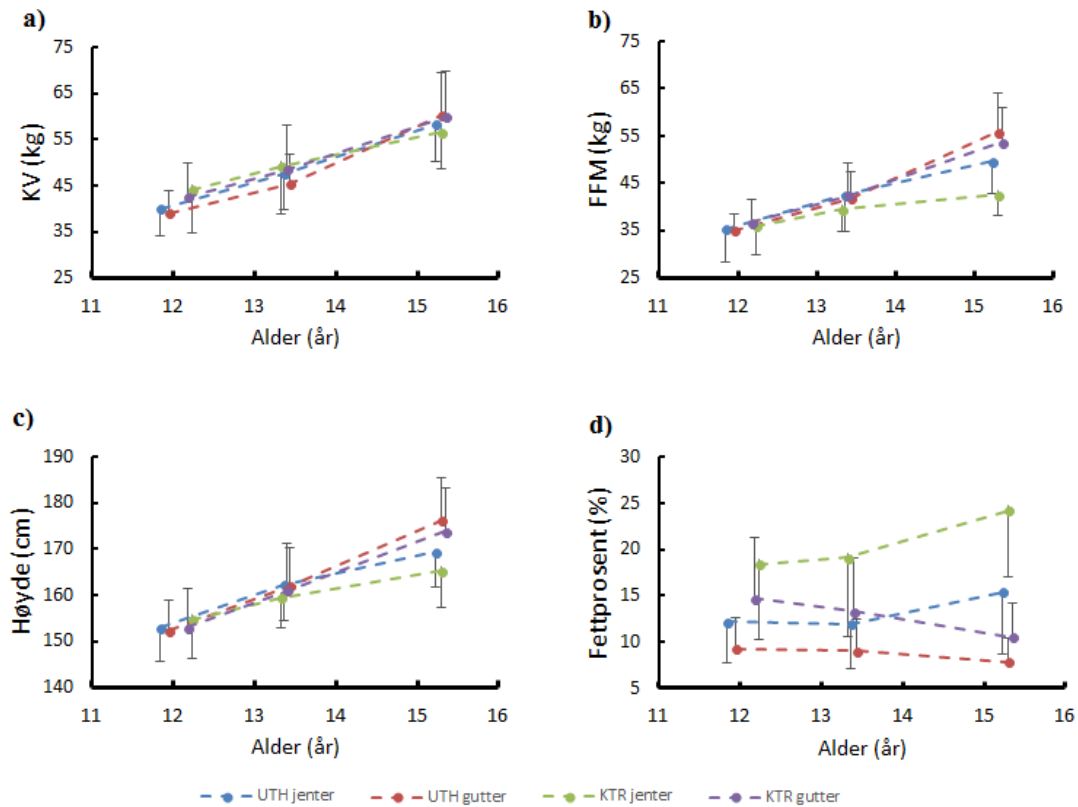
Beregnet alder ved PHV var i 2013 henholdsvis 12,1 (0,5) år for jentene og 13,8 (0,4) år for guttene, noe som er en signifikant forskjell ( $p < 0,01$ ). Hos jentene endret beregnet alder ved PHV seg til 12,5 (0,5) år i 2016, mens den kun endret seg til 13,9 (0,7) år hos guttene. For alle testtidspunkt samlet var beregnet alder ved PHV lavere hos guttene ( $p < 0,01$ ) enn hos jentene.

*Tabell 4.2: Andel (%) av barna fra de ulike gruppene som hadde opplevd peak height velocity (PHV) ved de ulike testtidspunktene.*

	<b>Andel som hadde opplevd PHV</b>		
	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2016</b>
<b>UTH-jenter</b>	45 %	100 %	100 %
<b>UTH-gutter</b>	0 %	5 %	95 %
<b>KTR-jenter</b>	58 %	93 %	100 %
<b>KTR-gutter</b>	0 %	24 %	95 %

### 4.2.2 *Antropometri*

Det var ingen forskjell i kroppsvekt (KV) mellom guttene og jentene ved noen av testtidspunktene (figur 4.1a), men den fettfrie massen (FFM) var høyere hos guttene sammenlignet med jentene ved 15 års alder ( $p < 0,01$ ) (figur 4.1b). Ved 12- og 13-årsalderen var det ingen forskjell i kroppshøyde mellom jenter og gutter, men ved 15 års alder var guttene høyere ( $p < 0,01$ ) (figur 4.1c). Fettprosenten var på sin side høyere hos jentene kontra guttene både ved 12 ( $p = 0,039$ ), 13 ( $p < 0,01$ ) og 15 års alder ( $p < 0,01$ ) (figur 4.1d).



**Figur 4.1:** Kroppsvekt (a), fettfri masse (b), kroppshøyde (c) og fettprosent (d) som en funksjon av alder for UTH og KTR, begge kjønn. Gjennomsnitt (SD).

### 4.2.3 Maksimalt oksygenopptak

#### Maksimalt oksygenopptak i absoluttverdier

$VO_2$ maks ( $ml \cdot min^{-1}$ ) var høyere hos guttene kontra jentene både ved 12 ( $p < 0,01$ ), 13 ( $p = 0,012$ ) og 15 år ( $p < 0,01$ ). Guttene økte  $VO_2$ maks ( $ml \cdot min^{-1}$ ) mer enn jentene fra 12 til 15 år ( $p < 0,01$ ). Det var ingen forskjell i endring mellom kjønnene fra 12 til 13 år, men guttene økte  $VO_2$ maks ( $ml \cdot min^{-1}$ ) mer enn jentene fra 13 til 15 år ( $p < 0,01$ ) (figur 4.2a).

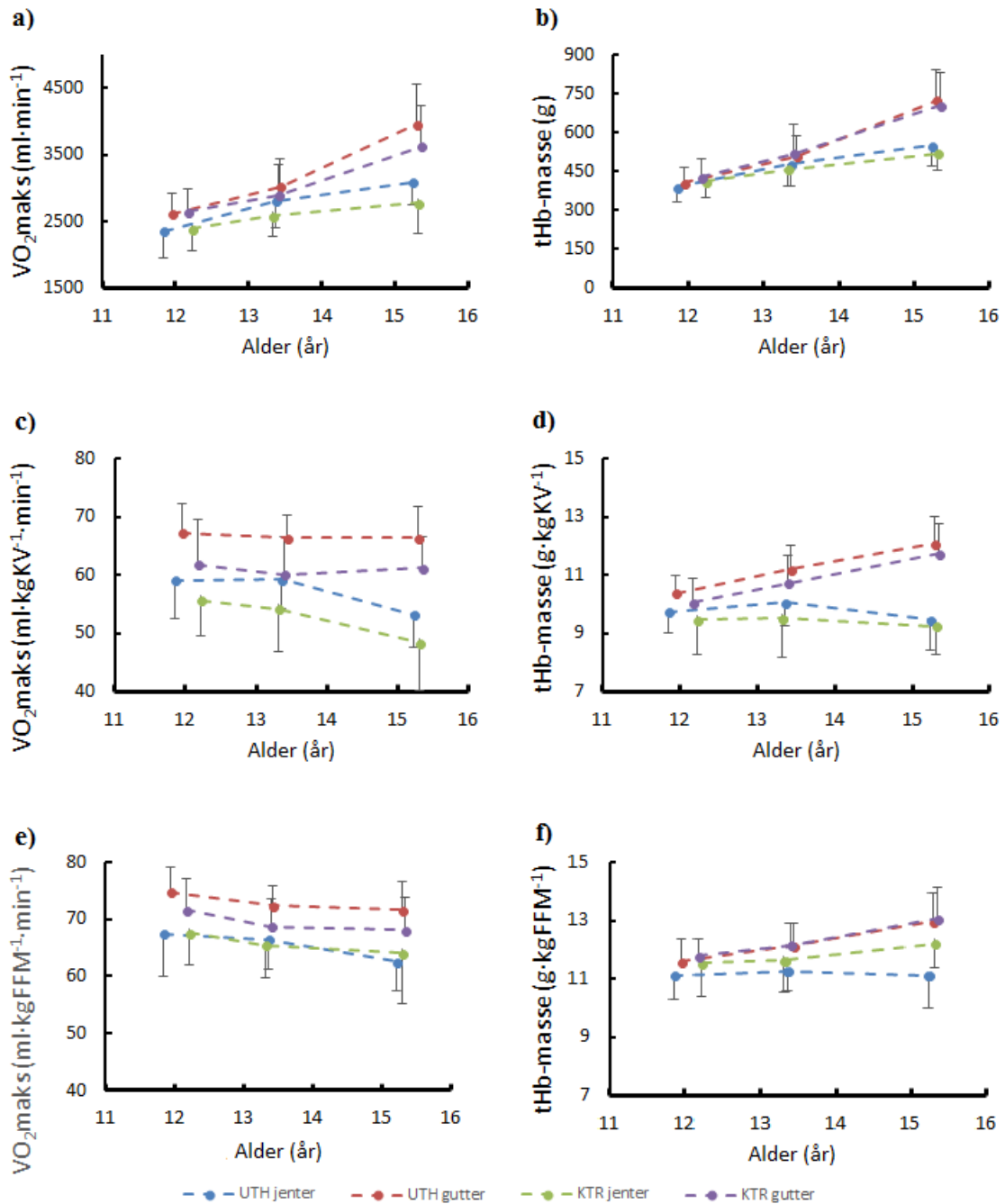
#### Maksimalt oksygenopptak relatert til kroppsvekt

$VO_2$ maks relatert til kroppsvekt ( $ml \cdot kgKV^{-1} \cdot min^{-1}$ ) var høyere hos guttene sammenlignet med jentene ved alle tre testtidspunkt ( $p < 0,01$ ). Det var en forskjell i endringen av  $VO_2$ maks relatert til KV fra 12 til 15 år mellom kjønnene ( $p = 0,030$ ), hvor guttene holdt seg relativt stabilt, mens jentene hadde en kraftig nedgang fra 13 til 15 år (figur 4.2c). Det var ingen forskjell i endring mellom kjønnene fra 12 til 13 år, og det

var kun i UTH-gruppen at det var en forskjell mellom kjønnene i endringen av VO<sub>2</sub>maks relatert til KV fra 13 til 15 år ( $p < 0,01$ ) (figur 4.2c).

### **Maksimalt oksygenopptak relatert til fettfri masse**

For VO<sub>2</sub>maks relatert til fettfri masse ( $\text{ml} \cdot \text{kgFFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) hadde guttene høyere verdier enn jentene i UTH-gruppen ved alle tre testtidspunkt ( $p < 0,01$ ). I KTR-gruppen hadde kun guttene høyere verdier enn jentene ved 12 års alder ( $p = 0,038$ ). Begge kjønn viste en tendens til en svak nedgang for hvert år fra 12 til 15 år (figur 4.2e). Det var en tendens til forskjell i endring av VO<sub>2</sub>maks relatert til FFM mellom guttene og jentene i UTH-gruppen fra 13 til 15 år ( $p = 0,060$ ), men ellers fulgte guttene og jentene samme utvikling (figur 4.2e).



**Figur 4.2:**  $VO_2\text{maks}$  (a, c, e) og total hemoglobinmasse (b, d, f) i absoluttverdier (a, b), relatert til kroppsvekt (c, d) og fettfri masse (e, f), som en funksjon av alder (år) for UTH og KTR, begge kjønn. Gjennomsnitt (SD).

#### 4.2.4 Total hemoglobinmasse

##### Total hemoglobinmasse i absoluttverdier

tHb-masse (g) var høyere hos guttene kontra jentene ved 13 ( $p=0,033$ ) og 15 ( $p<0,01$ ) års alder. Begge kjønn økte for hvert år. Guttene økte den tHb-massen (g) mer enn



jentene fra 12 til 15 år ( $p < 0,01$ ). Guttene hadde større økning enn jentene både fra 12 til 13 år ( $p = 0,026$ ) og fra 13 til 15 år ( $p < 0,01$ ) (figur 4.2b).

### **Total hemoglobinmasse relatert til kroppsvekt**

tHb-masse relatert til kroppsvekt ( $\text{g} \cdot \text{kgKV}^{-1}$ ) var høyere hos guttene kontra jentene i ved alle tre testtidspunkt ( $p < 0,01$ ). Guttene økte fra test til test. Jentene lå relativt stabilt fra 12 til 13 år, men så en nedgang fra 13 til 15 år (figur 4.2d). Guttene økte den tHb-massen relatert til KV mer enn jentene fra 12 til 15 år ( $p < 0,01$ ). Det var en tendens til en større økning i tHb-masse relatert til KV hos guttene kontra jentene fra 12 til 13 år ( $p = 0,056$ ), mens fra 13 til 15 år økte guttene mer enn jentene ( $p < 0,01$ ) (figur 4.2d).

### **Total hemoglobinmasse relatert til fettfri masse**

tHb-masse relatert til fettfri masse ( $\text{g} \cdot \text{kgFFM}^{-1}$ ) var høyere hos guttene kontra jentene i UTH-gruppen ved 13 og 15 år ( $p < 0,01$ ), men ikke ved 12 år. For KTR-gruppen var forskjellen mellom kjønnene kun signifikant ved 15 års alder ( $p < 0,01$ ), men det var en tendens til høyere verdier hos guttene kontra jentene ved 13 års alder ( $p = 0,070$ ). Guttene økte hele veien, mens jentene samlet lå relativt stabilt fra 12 til 15 år (figur 4.2f). Guttene økte den tHb-massen relatert til FFM mer enn jentene fra 12 til 15 år ( $p < 0,01$ ). Det var ingen forskjell i utvikling av tHb-masse relatert til FFM mellom kjønnene fra 12 til 13 år, men guttene økte mer enn jentene fra 13 til 15 år ( $p < 0,01$ ) (figur 4.2f).

## **4.3 Gruppeforskjeller**

### **4.3.1 Alder ved «peak height velocity»**

Det var ingen forskjeller i beregnet alder ved PHV mellom gruppene samlet eller mellom kjønnene fra de to gruppene på noe tidspunkt.

### **4.3.2 Antropometri**

#### **Kroppsvekt**

Det var ingen forskjeller i kroppsvekt mellom gruppene, verken for jentene eller guttene, men det var en tendens til at KTR-guttene var tyngre enn UTH-guttene ved 12 års alderen ( $p = 0,070$ , merk at 64 % av KTR-gruppen ble testet ett halvt år senere enn UTH-gruppen) (figur 4.1a). Det var en tendens til at UTH-guttene økte kroppsvekten

mer enn KTR-guttene fra 12 til 15 år ( $p=0,075$ ). Det var ingen forskjell i vektendring mellom guttene i de to gruppene fra 12 til 13 år, men UTH-guttene hadde en større økning fra 13 til 15 år sammenlignet med KTR-guttene ( $p<0,01$ ) (figur 4.1a). UTH-jentene økte kroppsvekten mer enn KTR-jentene fra 12 til 15 år ( $p=0,010$ ). Som hos guttene, var det ingen forskjell i vektendring mellom jentene i de to gruppene fra 12 til 13 år, men UTH-jentene hadde en større økning fra 13 til 15 år sammenlignet med KTR-jentene ( $p=0,045$ ) (figur 4.1a).

### **Fettfri masse**

UTH-jentene hadde høyere FFM enn KTR-jentene ved 15 års alder ( $p<0,01$ ). Ellers var gruppene like. Det var ingen forskjell i endringen av FFM mellom guttene i de to gruppene, verken fra 12 til 15 år, eller fra 12 til 13 år. Riktignok økte UTH-guttene den FFM mer enn KTR-guttene fra 13 til 15 år ( $p<0,01$ ) (figur 4.1b). UTH-jentene økte den FFM mer enn KTR-jentene fra 12 til 15 år ( $p<0,01$ ). Det var ingen forskjell i endringen fra 12 til 13 år, men UTH-jentene økte den FFM mer enn KTR-jentene fra 13 til 15 år ( $p<0,01$ ) (figur 4.1b).

### **Kroppshøyde**

Det var ingen høydeforskjeller mellom gruppene på noe tidspunkt. Det var ingen forskjeller i endringene av kroppshøyde mellom guttene, verken fra 12 til 15 år, eller 12 til 13 år, men en tendens til at kroppshøyden økte mer hos UTH-guttene sammenlignet med KTR-guttene fra 13 til 15 år ( $p=0,053$ ) (figur 4.1c). UTH-jentene økte kroppshøyden mer enn KTR-jentene fra 12 til 15 år ( $p=0,022$ ). Det var ingen forskjeller mellom jentene i endringen fra 12 til 13 år, men en tendens til at UTH-jentene økte kroppshøyden mer enn KTR-jentene fra 13 til 15 år ( $p=0,054$ ) (figur 4.1c).

### **Fettprosent**

UTH-guttene hadde lavere fettprosent enn KTR-guttene ved alle tre testtidspunkt ( $p<0,01$ ). UTH-jentene hadde lavere fettprosent enn KTR-jentene både ved 12 ( $p=0,040$ ), 13 ( $p=0,021$ ) og 15 år ( $p<0,01$ ) (figur 4.1d). Det var forskjeller i endringen av fettprosenten fra 12 til 15 år mellom guttene ( $p=0,023$ ), ved at UTH-guttene holdt seg relativt konstant, mens KTR-guttene fikk en reduksjon i fettprosent. Det var en tendens til at KTR-guttene reduserte fettprosenten mer enn UTH-guttene fra 12 til 13 år ( $p=0,068$ ), men ingen statistisk forskjell i endring fra 13 til 15 år (figur 4.1d). Hos

jentene var det ingen forskjeller i endring av fettprosenten verken fra 12 til 15 år, 12 til 13 år eller 13 til 15 år (figur 4.1d).

### **4.3.3 Maksimalt oksygenopptak**

#### **Maksimalt oksygenopptak i absoluttverdier**

Det var ingen forskjeller i  $VO_2$ maks i absoluttverdier ( $ml \cdot min^{-1}$ ) mellom samme kjønn fra de to gruppene på noen tidspunkt. Det var riktignok en tendens til at UTH-guttene hadde høyere  $VO_2$ maks ( $ml \cdot min^{-1}$ ) enn KTR-guttene ved 15 år ( $p=0,058$ ). Det samme gjaldt UTH-jentene, som tenderte til å ha høyere  $VO_2$ maks ( $ml \cdot min^{-1}$ ) enn KTR-jentene ved 15 år ( $p=0,092$ ). Det var en tendens til at UTH-guttene hadde en større økning i  $VO_2$ maks ( $ml \cdot min^{-1}$ ) enn KTR-guttene fra 12 til 15 år ( $p=0,070$ ). Det var ingen forskjeller i endring fra 12 til 13 år mellom guttene, men UTH-guttene hadde større økning i  $VO_2$ maks ( $ml \cdot min^{-1}$ ) sammenlignet med KTR-guttene fra 13 til 15 år ( $p<0,01$ ) (figur 4.2a). Hos jentene var det ingen forskjeller i endring fra år til år mellom gruppene, selv om det var en tendens til at UTH-jentene økte  $VO_2$ maks ( $ml \cdot min^{-1}$ ) mer enn KTR-jentene fra 12 til 13 år ( $p=0,067$ ) (figur 4.2a).

#### **Maksimalt oksygenopptak relatert til kroppsvekt**

$VO_2$ maks relatert til kroppsvekt ( $ml \cdot kgKV^{-1} \cdot min^{-1}$ ) var høyere hos UTH-guttene sammenlignet med KTR-guttene ved alle tre testtidspunkt ( $p<0,01$ ). Hos jentene derimot, var det ingen forskjell, selv om det var en tendens til at UTH-jentene hadde høyere  $VO_2$ maks relatert til KV enn KTR-jentene ved 13 års alder ( $p=0,057$ ). Det var ingen signifikante forskjeller i endring fra testår til testår mellom samme kjønn fra de to gruppene, noe som indikerer at differansen mellom gruppene holdt seg relativt konstant hele veien (figur 4.2c).

#### **Maksimalt oksygenopptak relatert til fettfri masse**

$VO_2$ maks relatert til fettfri masse ( $ml \cdot kgFFM^{-1} \cdot min^{-1}$ ) var høyere hos UTH-guttene sammenlignet med KTR-guttene både ved 12 ( $p=0,044$ ), 13 ( $p<0,01$ ) og 15 år ( $p=0,028$ ). Det var ingen forskjell mellom jentene ved noen av testtidspunktene. Det var ingen forskjell i endring av  $VO_2$ maks relatert til FFM verken fra 12 til 15 år eller 12 til 13 år for noen av kjønnene. Det var en forskjell i endringen i  $VO_2$ maks relatert til FFM mellom jentene fra 13 til 15 år ( $p=0,036$ ), hvor UTH-jentene så en betydelig reduksjon, mens KTR-jentene kun hadde en minimal reduksjon (figur 4.2e).

#### **4.3.4 Total hemoglobinmasse**

##### **Total hemoglobinmasse i absoluttverdier**

Det var ingen forskjeller i tHb-masse (g) mellom samme kjønn fra de to gruppene. Det var heller ingen forskjell i endringen av tHb-masse (g) fra 12 til 15 år, eller 12 til 13 år hos begge kjønn. Riktignok var det en forskjell i endring fra 13 til 15 år hos guttene ( $p=0,031$ ), hvor UTH-guttene økte den tHb-massen (g) mer enn KTR-guttene (figur 4.2b).

##### **Total hemoglobinmasse relatert til kroppsvekt**

Det var ingen forskjeller i tHb-masse relatert til kroppsvekt ( $\text{g}\cdot\text{kgKV}^{-1}$ ) mellom samme kjønn fra de to gruppene, selv om det var en tendens til at UTH-guttene hadde høyere verdier enn KTR-guttene ved 13 års alder ( $p=0,070$ ). Det var ingen forskjeller i endring av den tHb-massen relatert til KV mellom noen av testtidspunktene, noe som indikerer at avstanden mellom kjønnene holdt seg lik fra første til siste test (figur 4.2d).

##### **Total hemoglobinmasse relatert til fettfri masse**

Det var ingen forskjeller i tHb-masse relatert til fettfri masse ( $\text{g}\cdot\text{kgFFM}^{-1}$ ) mellom UTH-guttene og KTR-guttene ved noen av testtidspunktene. KTR-jentene hadde større tHb-masse relatert til FFM sammenlignet med UTH-jentene ved 15 års alder ( $p<0,01$ ). Det var ingen forskjell i endringen av den tHb-massen relatert til FFM mellom UTH-guttene og KTR-guttene verken fra 12 til 15 år, 12 til 13 år eller 13 til 15 år (figur 4.2f). KTR-jentene økte den tHb-massen relatert til FFM mer enn UTH-jentene fra 12 til 15 år ( $p=0,038$ ). Det var ingen forskjell i endring fra 12 til 13 år, men KTR-jentene hadde større økning i tHb-masse relatert til FFM fra 13 til 15 år enn UTH-jentene ( $p=0,037$ ) (figur 4.2f).

#### **4.4 Kondisjonstrening**

For begge kjønn og samlet rapporterte UTH-gruppen mer langkjøring og intervalltrening enn KTR-gruppen ( $p<0,01$ ). Dette resulterte i at mengden rapportert utholdenhets-/kondisjonstrening og var signifikant større hos UTH-gruppen kontra KTR-gruppen ( $p<0,01$ ). KTR-gruppen rapporterte signifikant mer ballspill enn UTH-gruppen ( $p<0,01$ ). Når vi legger sammen antall treningstimer per uke med

kondisjonstrening og ballspill, rapporterte begge kjønn og dermed hele UTH-gruppen samlet signifikant flere treningstimer enn KTR-gruppen ( $p < 0,01$ ).

**Tabell 4.3:** Antall timer kondisjonstrening, ballspill og styrketrening per uke for utholdenhets- og kontrollgruppen ved 15 års alder.

Alder (år)	Kondisjonstrening, ballspill og styrketrening (timer/uke)					
	15					
Gruppe	UTH			KTR		
	Samlet	Gutter	Jenter	Samlet	Gutter	Jenter
Styrke	1,2 (0,7)	1,2 (0,7)	1,3 (0,7)	1,5 (1,2)	1,6 (1,2)	1,4 (1,2)
Langkjøring	5,0 (1,9)	5,5 (1,8)	4,0 (1,8) <sup>a</sup>	0,6 (0,8) <sup>b</sup>	0,6 (0,8) <sup>b</sup>	0,5 (0,6) <sup>b</sup>
Intervaller	2,3 (0,7)	2,3 (0,6)	2,3 (0,9)	0,6 (0,7) <sup>b</sup>	0,6 (0,7) <sup>b</sup>	0,6 (0,6) <sup>b</sup>
Kond. samlet	7,2 (1,8)	7,8 (1,8)	6,3 (1,5) <sup>a</sup>	1,2 (1,2) <sup>b</sup>	1,3 (1,3) <sup>b</sup>	1,1 (0,8) <sup>b</sup>
Ballspill	0,5 (1,0)	0,3 (0,6)	0,9 (1,5)	4,1 (3,7) <sup>b</sup>	4,8 (3,8) <sup>b</sup>	2,4 (2,9) <sup>ab</sup>
<b>Kond. + ballspill</b>	<b>7,7</b>	<b>8,0</b>	<b>7,2</b>	<b>5,3<sup>b</sup></b>	<b>6,1<sup>b</sup></b>	<b>3,7<sup>b</sup></b>

*a* Signifikant forskjellig fra guttene i samme gruppe ( $p < 0,05$ ). *b* Signifikant forskjellig fra UTH, samme kjønn ( $p < 0,05$ ). Gjennomsnitt (SD).

## 5. Diskusjon

Hensikten med denne studien har vært å undersøke om systematisk kondisjonstrening påvirker utviklingen av VO<sub>2</sub>maks og tHb-masse i løpet av pubertetsperioden.

Resultatene viste at UTH-guttene hadde høyere VO<sub>2</sub>maks relatert til kroppsvekt og fettfri masse enn KTR-guttene ved alle testtidspunkt, og økte den FFM, KV og tHb-massen mer fra 13 til 15 år. UTH-jentene økte den FFM mer enn KTR-jentene fra 13 til 15 år. KTR-jentene så på grunn av dette et lavere fall i VO<sub>2</sub>maks relatert til FFM, og en større stigning i tHb-masse relatert til FFM fra 13 til 15 år, sammenlignet med UTH-jentene.

Først vil jeg se på kjønnsforskjeller, og hvordan våre utvalg stemmer overens med eksisterende litteratur. Deretter vil jeg se på forskjeller i VO<sub>2</sub>maks, tHb-masse og antropometriske mål mellom gruppene i forhold til rapporterte mengder kondisjonstrening og diskutere våre funn i lys av relevant litteratur. Til slutt vil jeg snakke om etiske og praktiske utfordringer ved forskning på barn, og svakheter ved studien vår.

### 5.1 *Kjønnsforskjeller*

#### 5.1.1 **Sammenheng mellom alder, alder ved «peak height velocity» og antropometriske variabler**

Kronologisk alder var lik mellom kjønnene, men om vi legger beregning av alder ved PHV til grunn, var guttene biologisk sett 1,7, 1,7 og 1,4 år yngre enn jentene ved henholdsvis 12, 13 og 15 års alder (tabell 4.1). Dette er i samsvar med litteraturen som sier at gutter i gjennomsnitt entrer puberteten rundt to år etter jentene (Tanner et al., 1966). Beregnet alder ved PHV holdt seg relativt lik hos guttene ved alle tre målinger. Hos jentene steg beregnet alder ved PHV med 0,5 år fra første til siste test (tabell 4.1). Det at differansen i beregnet alder ved PHV er mindre enn to år kan indikere at jentene er sent utviklet, guttene er tidlig utviklet, en kombinasjon av de to eller at metoden for beregning av alder ved PHV ikke gir helt pålitelige resultater. Tidligere funn peker mot det sistnevnte. Malina & Koziel (2014a, 2014b) fulgte 193 polske gutter (2014a) og 198 polske jenter (2014b) fra de var 8 til 18 år gamle og fant at beregnet alder ved PHV, med bruk av samme modell som oss, steg med kronologisk alder. Modellen virket å

underestimere alder ved PHV hos yngre gutter og overestimere alder ved PHV hos eldre gutter (Malina & Koziel, 2014a). Hos jentene stemte beregnet alder ved PHV godt ved 9 års alder, men modellen overestimerte alder ved PHV fra 10-16 års alder (Malina & Koziel, 2014b). Konklusjonene var at denne metoden for beregning av alder ved PHV ikke nødvendigvis er den mest nøyaktige hos tidlig og sent utviklede gutter, men at den virker å være nøyaktig nok for gjennomsnittlig utviklede gutter i aldersspennet 12 til 16 år (Malina & Koziel, 2014a). For jentene derimot egner metoden seg ikke hos gjennomsnittlig utviklede jenter over 11 år (Malina & Koziel, 2014b). Ettersom jenters PHV er forventet rundt 12 års alder, og våre forsøkspersoner har et aldersspenn på 12-15 år, kan vi ikke legge for stor vekt på akkurat disse dataene.

Selv om rundt 50 % av jentene og ingen av guttene hadde opplevd PHV ved første test (tabell 4.2), var det ingen kjønnsforskjeller i verken kroppsvekt eller -høyde ved 12 år eller 13 år (figur 4.1a & 4.1c). Ved 15 års alder var guttene signifikant høyere enn jentene (figur 4.1c), og hadde større FFM (figur 4.1b), uten at det var noen forskjell i vekt (figur 4.1a). Dette skyldes at jentene ved alle tre testtidspunkt hadde signifikant høyere fettprosent enn guttene (figur 4.1d). Dette var forventet da testosteron stimulerer til hypertrofi, og dermed økt FFM, mens østrogen bidrar til økt akkumulering av fettmasse (Armstrong & McManus, 2011; Gambacciani, Ciaponi, Cappagli, Piaggese, De Simone, Orlandi & Genazzani, 1997; Schmidt & Prommer, 2010).

### **5.1.2 Maksimalt oksygenopptak**

#### **Maksimalt oksygenopptak i absoluttverdier**

$VO_2$ maks ( $ml \cdot min^{-1}$ ) var høyere hos guttene enn jentene ved alle tre testtidspunkt (figur 4.2a). Selv om forskjellene er statistisk signifikante i lav alder, er det små forskjeller. Kjønnsforskjellene blir større med økende alder til 17-18 år (Armstrong & Welsman, 1994; Rowland et al., 2000). De store kjønnsforskjellene henger sammen med gutters nevnte høyere FFM og testosteronnivåer, som har stor modulerende effekt på hemoglobinproduksjon (Schmidt & Prommer, 2010).

Begge kjønn så en jevn økning i  $VO_2$ maks ( $ml \cdot min^{-1}$ ) for hvert år, som står i samsvar med tidligere studier (Eisenmann et al., 2001; Kemper et al., 1989). Mens guttene hadde en større årlig økning fra 13 til 15 år enn 12 til 13 år, var det motsatt for jentene. Denne avflatningen hos jentene når de nærmer seg pubertetsslutt er i tråd med litteraturen (Geithner et al., 2004; Kemper et al., 1989; Malina et al., 1997; Shao et al., 1997).

VO<sub>2</sub>maks korrelerer godt med vekstspurten for kroppsvekt, og det er forventet å se en stigning gjennom puberteten, for så å se en avflatning ved pubertetslutt (Geithner et al., 2004; Ingjer, 1992).

### **Maksimalt oksygenopptak relatert til kroppsvekt og fettfri masse**

Relatert til KV var VO<sub>2</sub>maks 12,1 %, 10,7 % & 24,1 % høyere hos guttene kontra jentene ved henholdsvis 12, 13 & 15 år, noe som var en statistisk signifikant forskjell ( $p < 0,01$ ). Relatert til FFM var kjønnsforskjellen i VO<sub>2</sub>maks mindre, men fortsatt signifikant (henholdsvis 8,1 %, 6,3 % & 9,5 %) ( $p < 0,01$ ). Tidligere studier støtter våre funn for VO<sub>2</sub>maks relatert til KV (Eisenmann et al., 2001; Rowland et al., 2000) og FFM (Meen, 2000; Rowland et al., 2000). Disse kjønnsforskjellene kan delvis forklares med gutters høyere tHb-masse, som ved 12, 13 og 15 år var henholdsvis 4,2 %, 10,2 % og hele 33,7 % høyere enn jentens (Cureton, Bishop, Hutchinson, Newland, Vickery & Zwiren, 1986).

VO<sub>2</sub>maks ( $\text{ml} \cdot \text{kgKV}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) holdt seg stabilt for guttene fra 12 til 15 år, mens jentene så en signifikant nedgang fra 13 til 15 år ( $p < 0,01$ ) (figur 4.2c). For guttenes del øker absoluttverdiene for VO<sub>2</sub>maks i takt med kroppsvekten, noe som gir en uendret relativ verdi. Hos jentene derimot øker kroppsvekten relativt sett mer enn absoluttverdien for VO<sub>2</sub>maks. Hovedgrunnen til dette er jenters forhøyede nivåer av østrogen, som gir økt akkumulering av fettmasse (Gambacciani et al., 1997). Figur 4.1d viser hvordan jentenes fettprosent økte signifikant fra 13 til 15 år ( $p < 0,01$ ). Våre funn støttes av tidligere studier (Baxter-jones et al., 1993; Daniels et al., 1978; Eisenmann et al., 2001; Kemper et al., 1989; Kobayashi et al., 1978; Malina et al., 1997).

Begge kjønn fulgte samme nedadgående trend for VO<sub>2</sub>maks relatert til FFM med økende alder (figur 4.2e). Mens kjønnsforskjellene for VO<sub>2</sub>maks relatert til kroppsvekt i stor grad tilskrives jenters høyere fettprosent, har gutters høyere VO<sub>2</sub>maks relatert til FFM blitt tilskrevet hematologiske og kardiovaskulære faktorer (Cureton et al., 1986; Rowland et al., 2000; Winsley et al., 2009).



### **5.1.3 Total hemoglobinmasse i absoluttverdier, relatert til kroppsvekt og fettfri masse**

Guttene hadde høyere tHb-masse (g) enn jentene ved både 13 og 15 år, og hadde større økning enn jentene mellom alle testtidspunkt. Begge kjønn så en økning i tHb-masse fra test til test (figur 4.2b), i takt med at kroppsvekten økte (figur 4.1a), noe som var forventet basert på tidligere studier (Eastwood et al., 2009; Malina et al., 2004b; Sawka et al., 1992; von Döbeln & Eriksson, 1972, Åstrand, 1952). Relatert til kroppsvekt var tHb-masse høyere hos guttene kontra jentene ved alle tre testtidspunkt (figur 4.2d). Kjønnforskjellene i tHb-masse ( $\text{g}\cdot\text{kgKV}^{-1}$ ) gikk fra 6,4 % til 11,8 % og 27,0 % ved henholdsvis 12, 13 og 15 år; en forventet utvikling (Ulrich et al., 2011; Åstrand, 1952).

Relatert til FFM var kjønnforskjellene i tHb-masse mindre uttalte, og guttene hadde kun signifikant høyere verdier ved 13 og 15 år (figur 4.2f). Kjønnforskjellene i tHb-masse ( $\text{g}\cdot\text{kgFFM}^{-1}$ ) endret seg fra 2,9 % ved 12 år til henholdsvis 5,8 % og 10,7 % ved 13 og 15 år. Mens jentene holdt seg stabile, så guttene en økning med økende alder ( $p<0,01$ ) (figur 4.2f). Alle disse funnene for tHb-masse relatert til FFM støttes av Ulrich et al. (2011). Kjønnforskjellen vi har observert i tHb-masse, i absoluttverdier og relatert til KV og FFM, har blitt tilskrevet guttenes økte testosteronnivåer når de entrer puberteten (Hero et al., 2005; Malina et al., 2004a). Testosteron stimulerer til økt produksjon av erytrocytter, som igjen gir forhøyet tHb-masse og BV (Malina et al., 2004a).

## **5.2 Gruffeforskjeller**

### **5.2.1 Sammenheng mellom alder, alder ved «peak height velocity» og antropometriske variabler**

Barna i UTH-gruppen var etter kronologisk alder 0,3 år yngre enn barna i KTR-gruppen ved første test. Dette skyldes at barna rekruttert fra Sogndal, som utgjorde 64 % av barna i KTR-gruppen, ble testet et halvt år etter barna rekruttert fra langrennsklubber i Oslo-området. Allikevel var det ingen forskjell i verken kroppsvekt eller -høyde hos begge kjønn ved 12 års alder (tabell 4.1, figur 4.1a & 4.1c). Dette kan skyldes at ingen av guttene og kun halvparten av jentene hadde opplevd PHV på dette tidspunktet (tabell 4.2). Det er i puberteten veksten er størst, og dermed der man kan forvente og se størst forskjell mellom grupper med en slik variasjon i alder (Tanner, 1989). Om man legger

alder ved PHV til grunn, er det ingen forskjell mellom gruppene ved 12 års alder. Dette forsterker hvorfor vi ikke fant noen forskjell i de nevnte antropometriske variablene.

Ved andre og tredje test var det ingen forskjell i verken kronologisk eller biologisk alder mellom gruppene, og heller ingen forskjell i kroppsvekt eller -høyde. Guttene og jentene fra UTH-gruppen hadde riktignok en kraftigere økning av kroppsvekt fra 12 til 15 år ( $p=0,075$  guttene,  $p=0,010$  jentene) og 13 til 15 år ( $p<0,01$  guttene,  $p=0,045$  jentene) sammenlignet med samme kjønn fra KTR-gruppen. Dette hang sammen med en signifikant større økning i kroppshøyde (12 til 15 år) og FFM (12 til 15 & 13 til 15 år) hos UTH-jentene kontra KTR-jentene. UTH-guttene økte den FFM signifikant mer enn KTR-guttene fra 13 til 15 år, og tenderte til det samme for kroppshøyde ( $p=0,053$ ). Det at kroppsvekt, -høyde og FFM øker i takt med hverandre er i samsvar med litteraturen. Selv om PHV inntreffer noe før PWV, følger kroppshøyden og -vekten så å si samme utvikling (Malina et al., 2004a; Tanner et al., 1966), og begge samvarierer sterkt med FFM (Forbes, 1972).

Det er vanskelig å forklare det at UTH-jentene øker kroppshøyden mer enn KTR-jentene fra 12 til 15 år med seleksjon til idrett, da det (så vidt meg bekjent) ikke foreligger noen bevis for at høyere personer presterer bedre i typiske kondisjonsidretter enn lave personer. Alle jentene i UTH-gruppen er rekruttert fra Oslo-området, mens 76 % av KTR-jentene er rekruttert fra en helt annen del av landet. Det er mulig at forskjellen i utvikling av høyde kan forklares ved genetiske forskjeller mellom utvalgene. Det er kun 17 jenter i KTR-gruppen og 11 jenter i UTH-gruppen. Etersom utvalgene våre er såpass små, kan man heller ikke utelukke at våre funn skyldes tilfeldigheter.

### **5.2.2 Maksimalt oksygenopptak i absoluttverdier og relatert til kroppsvekt & fettfri masse**

Det var ingen forskjell i  $VO_2$ maks ( $ml \cdot min^{-1}$ ) mellom UTH-gruppen og KTR-gruppen på noe tidspunkt. Relatert til kroppsvekt var  $VO_2$ maks signifikant høyere hos UTH-guttene enn hos KTR-guttene ved alle tre testtidspunkt. Dette er et resultat av marginalt høyere absoluttverdier for  $VO_2$ maks hos UTH-gruppen i kombinasjon med noe lavere kroppsvekt hos UTH-gruppen ved 12 og 13 år. Det var ingen forskjell i  $VO_2$ maks relatert til KV mellom jentene.

I en tverrsnittstudie fra 1982 så Sundberg & Elovainio blant annet på VO<sub>2</sub>maks hos 12, 14 og 16 år gamle løpere og kontroller. De fant en større forskjell i VO<sub>2</sub>maks (l·min<sup>-1</sup>) hos løperne kontra kontrollene på 16 år, enn det var i gruppene på 12 og 14 år. Relatert til kroppsvekt var oksygenopptaket høyere hos løperne i alle aldersgruppene, da de både var lettere og hadde mindre fettmasse sammenlignet med kontrollene. Forskjellen i absoluttverdier mellom 16-åringene kan enten skyldes at de på dette tidspunktet hadde nådd dette triggerpunktet, og at løperne dermed responderte på treningen, eller at de er en selektert gruppe som er mer genetisk predisponert for løping. Det er naturlig å tenke at de som ikke presterer som 12- og 14-åringer vil falle mer i fra. På lik linje så Mirwald et al. (1981) på utviklingen av VO<sub>2</sub>maks hos 14 trente og 11 utrente gutter. Alle barna testet VO<sub>2</sub>maks en gang i året fra de var 7 til de var 17 år gamle, og de fant en forskjell mellom gruppene først etter vekstspurten for VO<sub>2</sub>maks. Dette kan forklare hvorfor vi ikke finner noen forskjell i VO<sub>2</sub>maks (ml·min<sup>-1</sup>) mellom gruppene, til tross for signifikante forskjeller i mengden kondisjonstrening de trener hver uke. Våre, Mirwald et al. (1981) og Sundberg & Elovainio (1982) sine funn gjør det naturlig å dra inn spørsmålet om nedsatt trenbarhet hos barn og ungdom, kontra voksne, først foreslått av Katch (1983). Katch mener det eksisterer et kritisk punkt i barns utvikling og modning, og at trening før dette punktet vil gi liten, om noen, effekt. Det er ikke dermed sagt at ingen endringer skjer i barns fysiske kapasitet og prestasjonsevne, men at disse endringene da kommer av naturlig vekst og modning, og ikke skyldes treningen (Katch, 1983).

Ingjer (1992) fulgte langrensløpere på elitenivå (gutter) fra de entret puberteten (14 år) til de var 20 år. Han fant at de økte sin VO<sub>2</sub>maks fra 76,3 ml·kgKV<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> ved 14 års alder, til 80,1 & 82,3 ml·kgKV<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> ved henholdsvis 15 og 20 år, etter 15-25 timer kondisjonstrening per uke. De hadde klart størst effekt av treningen ved PHV (14-15 år), og etter det stabiliserte VO<sub>2</sub>maks seg selv om de opprettholdt samme intense treningsregime (Ingjer, 1992). Uten å vite noe mer om Ingjer's utvalg sin utvikling før PHV, er det vanskelig å konkludere med noe. Men en 5 % økning i VO<sub>2</sub>maks ved PHV indikerer at de hormonelle og nevromuskulære prosessene som settes i sving i puberteten, gir en forhøyet treningseffekt (Ingjer, 1992).

### **5.3 Sammenheng mellom maksimalt oksygenopptak, total hemoglobinmasse og type & mengde kondisjonstrening**

De treningsdataene jeg baserer min diskusjon på er kun de som ble rapportert som 15-åringer. Dette er fordi spørreskjemaene fra 2013 og 2014 ikke fanger opp nok detaljer rundt barnas treningsvaner. Som 13-åringer rapporterer for eksempel de fleste at de trener betydelige mengder egentrening, men kun en håndfull har skrevet hvilken type trening det er. Uten et oppklarende intervju kan jeg ikke ukritisk benytte disse dataene i diskusjonen.

#### **5.3.1 Maksimalt oksygenopptak og kondisjonstrening**

Som jeg var inne på, fant vi ingen signifikante forskjeller i  $VO_2$ maks ( $ml \cdot min^{-1}$ ) mellom gruppene verken ved 12, 13 eller 15 års alder. UTH-gruppen har som 15-åringer i gjennomsnitt 7,2 (1,8) timer kondisjonstrening/uke, mens KTR-gruppen i gjennomsnitt har 1,2 (1,2) timer/u ved samme alder (tabell 4.2). Selv om det var en statistisk signifikant forskjell mellom gruppene når vi relaterte  $VO_2$ maks til kroppsvekt, skulle man tro (basert på forskjellene i mengden kondisjonstrening) at UTH-gruppen skulle hatt enda høyere  $VO_2$ maks sammenlignet med KTR-gruppen. En mulig forklaring er både typen trening og volumet av trening barna/ungdommene gjennomfører.

I sin oversiktsstudie fant Baquet et al. (2003) at barn og unge har aller best effekt av høyintensiv intervalltrening (HIIT). I intervjuet ba jeg alle forsøkspersoner om å gi konkrete eksempler på typiske intervalløkter de trener. Selv om det var en stor variasjon i varighet på drag, antall drag osv., rapporterte flertallet i UTH-gruppen at de trente intervaller med varighet fra 3-8 minutter. I KTR-gruppen var det og stor variasjon i svarene, men de aller fleste drev med fotball og/eller håndball, og rapporterte at intervalltreningen hovedsakelig besto av naturlige intervaller gjennom sin(e) ballidrett(er). Ballidretter som fotball og håndball bærer preg av korte men intense løp, med aktiv restitusjon mellom arbeidsperiodene. Dette minner veldig om HIIT som det snakkes om i litteraturen (Baquet et al., 2003; Wisløff et al., 2009). Så selv om UTH-gruppen trener mye av den typen kondisjonstrening som forventes å gi optimal effekt på aerob kapasitet hos voksne, virker det som om KTR-gruppen sin overveiende deltakelse i ballidrett gir såpass stort innslag av HIIT at de får nok stimuli på det kardiovaskulære systemet, og holder tritt med UTH-gruppen.

Videre fant Baquet et al. (2003) at barn må trene på en intensitet over 80 % av  $HF_{maks}$  for å se en økning i  $VO_2$ maks. I bunn og grunn betyr det at langkjøring ikke virker å ha

en signifikant effekt på VO<sub>2</sub>maks, da den type trening skjer på intensiteter tilsvarende 60-82 % av HFmaks. Også voksne har større effekt av intervalltrening enn langkjøring (Bacon et al., 2013 Daussin et al., 2008; Helgerud et al., 2007; Wisløff et al., 2009). Hvis vi ser bort fra langkjøringen (som vi kan anta foregår i I-sone 1 & 2), og ser på intervalltrening og ballspill samlet, trener UTH-gruppen kun 2,7 t/u mens KTR gruppen trener 4,7 t/u (tabell 4.2). Selv om man i ballspill har lengre pauser hvor man bytter øvelser og man ikke alltid løper rundt, så kan det at langkjøringen utgjør 55 % av kondisjonstreeningen til UTH-gruppen være med på å forklare hvorfor forskjellene mellom gruppene ikke er større enn de er.

I en nyere tverrsnittsstudie fant riktignok Baquet, Gamelin, Mucci, Thévenet, Van Praagh & Berthoin (2010) at 8-11 år gamle barn som i syv uker trente enten langkjøring eller intervalltrening evnet å øke sin VO<sub>2</sub>maks med henholdsvis 7,0 % og 4,8 %.

Langkjøringsgruppen hadde altså størst fremgang. Forbedringen kan skyldes et lavt utgangsnivå for VO<sub>2</sub>maks og tilvenning til VO<sub>2</sub>maks-testen, men funnene understreker at man ikke kan avskrive langkjøring som en god treningsform for barn.

Langkjøringstrening i langrenn kombineres ofte med teknikktraining. Gjennom bedret teknikk får barna en bedre arbeidsøkonomi og/eller utnyttelsesgrad, noe som igjen kan gi en forbedring i prestasjon, selv uten en forbedring av VO<sub>2</sub>maks. Arbeidsøkonomi kan beskrive 65 % av variasjonen i prestasjon på et 10 km løp hos eliteutøvere med like utgangsverdier for VO<sub>2</sub>maks (Conley & Krahenbuhl, 1980). Dessuten er det nødvendig å restituere mellom treningsøktene, og aktiv restitusjon på lave intensiteter gjør at kroppen raskere kvitter seg med slagstoffer (Greenwood, Moses, Bernardino, Gaesser & Weltman, 2008).

Selv om vi har valgt å kalle barna som ikke trener over 5 timer kondisjonstrening i uka for en kontrollgruppe, så må de ikke forveksles med en utrent gruppe. Sammenlignet med ren kondisjonstrening, forsvinner ofte mye tid i forklaring og bytte av øvelser i ballidrett, men det er rimelig å anta at store deler av treningene foregår på høye intensiteter. Hvis vi legger sammen mengden rapportert kondisjonstrening og ballspill, trener KTR-gruppen 5,3 t/u, som er over cut-offen vi satte mellom gruppene. Baquet et al. (2003) fant at 3-4 kondisjonsøkter, med varighet fra 30-60 minutter virket å gi best effekt hos barn. Barn og ungdom er under store fysiologiske forandringer, og de tåler ikke de samme treningsmengdene som voksne gjør (Tønnessen et al., u.å). Totalen for UTH-gruppen er signifikant høyere med 7,7 t/u (tabell 4.3), men treningsvolumet i

KTR-gruppen er i det sjiktet som gir best treningseffekt på aerob kapasitet hos barn (Baquet et al., 2003).

Relatert til kroppsvekt og FFM ser vi samlet sett en liten nedgang i  $VO_2$  maks, uavhengig av gruppe og kjønn (figur 4.2c & 4.2e), noe som er i tråd med tidligere funn (Kemper et al., 1989). Som jeg allerede har vært innom i diskusjonen finner flertallet av studier en langt dårligere respons på all type trening hos barn og unge (Baquet et al., 2003) kontra hos voksne (Bacon et al., 2013). Redusert treningseffekt hos barn kan og forklare de marginale forskjellene mellom gruppene, til tross for at UTH-gruppen trener overlegent mest systematisk kondisjonstrening. Riktignok har en rekke studier funnet høyere mål på aerob kapasitet hos trente kontra utrente barn og ungdommer (Nottin et al., 2002; Pate & Ward, 1990; Pate & Ward, 1996; Shephard, 1992; Vaccaro & Mahon, 1987). Forskjeller i protokoller, treningsintervensjoner, spesifisitet mellom trening og testing og andre metodologiske forskjeller pekes på som grunner til at man finner en effekt i disse studiene (Baquet et al., 2003). Men om dette faktisk er en treningseffekt, og at enkelte studier ikke har fanget opp dette grunnet dårligere test- og treningsmetoder, eller om det skyldes at barn er selektert til visse idretter grunnet genetisk predisposisjon, er umulig å si.

### **5.3.2 Total hemoglobinmasse og kondisjonstrening**

Det var ingen forskjeller i tHb-masse (g) mellom gruppene ved noen av de tre testtidspunktene, og ingen forskjell i utviklingen av tHb-masse, med et unntak. UTH-guttene økte den tHb-massen (g) signifikant mer enn KTR-guttene fra 13 til 15 år (figur 4.2b). Dette henger sammen med at UTH-guttene økte både kroppsvekten (figur 4.1a) og den FFM (figur 4.1b) signifikant mer enn KTR-guttene over samme periode. Som vi har nevnt tidligere korrelerer utviklingen av tHb-masse godt med utviklingen av både kroppsvekt og FFM (Sawka et al., 1992), så dette er funn som er i tråd med litteraturen. Treningsformen som har størst påvirkning på den FFM er styrketrening, og basert på våre treningsdata var utviklingen vi observerte ikke forventet. Mens UTH-guttene rapporterte at de trente 1,2 (0,7) timer styrketrening/u, så rapporterte KTR-gruppen 1,6 (1,2) t/u. Barn har normalt sett ikke tilgang til styrkerom og tyngre vekter, da det er anbefalt å avvente med tung styrketrening til skjelett, sener og muskulatur er ferdigmodnet. Med noen få unntak var all styrketreningen barna rapporterte av typen utholdende styrketrening, med bruk av egen kroppsvekt som motstand. Da vi ikke kan

se noen forskjell i mengde eller type styrketrening, peker pilene i retning av genetiske forskjeller mellom utvalgene.

Fordi tHb-masse, kroppsvekt og FFM fulgte samme utvikling, var det ingen forskjell i tHb-masse relatert til kroppsvekt og FFM mellom guttene, verken ved hvert testtidspunkt eller i endring fra test til test. Hos jentene derimot hadde KTR-jentene høyere tHb-masse relatert til FFM ved 15 års alder, og hadde en signifikant større økning i tHb-masse ( $\text{g}\cdot\text{kgFFM}^{-1}$ ) fra 13 til 15 år enn UTH-jentene. Dette skyldes at det ikke var noen forskjell i tHb-masse (g) og at UTH-jentene hadde signifikant større FFM enn KTR-jentene som 15-åring (tabell 4.1, figur 4.1b). Det var ingen forskjell i tHb-masse relatert til kroppsvekt mellom jentene fordi den lavere FFM ble kompensert for med høyere fettprosent hos KTR-jentene (tabell 4.1, figur 4.1d). Som hos guttene, kan ikke den høyere FFM hos UTH-jentene forklares med forskjeller i styrketreningen som 15-åring. Mens UTH-jentene rapporterte 1,3 (0,7) timer styrketrening/u, rapporterte KTR-jentene 1,4 (1,2) t/u. Også for jentene er det mulig det er genetiske forskjeller som er forklaringen.

Både UTH-guttene og -jentene økte KV og FFM mer enn KTR-guttene og -jentene fra 13 til 15 år, og tenderte til det samme for kroppsvekt ( $p=0,053$  guttene,  $p=0,054$  jentene), noe som kan tyde på at de nådde vekstspurten etter KTR-gruppen. Som nevnt i teorien, vil en sen PHV gi en høyere sluttverdi etter endt pubertet (Armstrong & Welsman, 2002; Meen, 2000). Utviklingen av disse antropometriske variablene henger sammen. Spesielt utviklingen av FFM henger sterkt sammen med utviklingen av tHb-masse (Sawka et al., 1992). UTH-gruppens senere utvikling kan dermed være en forklaring på hvorfor UTH-guttene økte den tHb-massen (g) mer enn KTR-guttene fra 13 til 15 år.

Som for  $\text{VO}_2$ maks, er det forventet at såpass store forskjeller i mengden kondisjonstrening mellom gruppene skal gjøre større utslag på forskjellene i den tHb-massen. Men for tHb-masse, som for  $\text{VO}_2$ maks, kan de små forskjellene mellom gruppene forklares med dårligere treningseffekt hos barn enn voksne (Bacon et al., 2013; Baquet et al., 2003, 2010; Eriksson, 1972, Katch, 1982), samt typen og volumet av trening som begge grupper gjennomfører (Baquet et al., 2003).

## **5.4 Etikk og forskning på barn**

Det knytter seg en rekke etiske og praktiske utfordringer til forskning på barn. Blant annet skal ikke barn utsettes for unødig press, og deltakelsen skal være frivillig og av egen interesse (Winter & Cobb, 2008). Ettersom barn ikke er myndige, fungerer ofte foreldrenes samtykke som påmelding til studier. Selv om det opplyses om at forsøkspersonene kan trekke seg når som helst uten å måtte oppgi noen grunn, kan foreldrenes iver presse enkelte barn til å delta uten å ønske det selv. Da kan man stille spørsmål ved barnets motivasjon til å ta seg helt ut i en testsituasjon, noe som kreves for å få valide målinger av dets maksimale fysiske kapasiteter.

Vi benyttet oss av CO-rebreathing for estimering av tHb-masse. CO er en giftig gass, som er dødelig ved for høy dosering. Barn skal ikke utsettes for unødvendig risiko, heter det (Winter & Cobb, 2008). Risikoen for kullfosforgiftning i vår studie er riktignok lav, da sprøyten med CO-gass vi benyttet maksimalt kunne romme 60 ml, og man må opp i 1000 ml hos voksne menn før det er dødelig (Gore et al., 2006).

Noen barn opplevde det ubehagelig med blodprøver og fingerstikk. Vi tok høyde for dette ved å tilby bedøvelsesplaster før venepreøver og reduserte antall fingerstikk til et minimum for måling av HbCO. Alle fysiske tester søkte å finne barnets maksimale fysiske kapasitet. Vi utsatte uansett ikke barna for mer ubehag enn de går gjennom i sine faste treningsaktiviteter i hverdagen.

En rent praktisk utfordring alle som forsker på treningseffekt hos barn står ovenfor er å vurdere hvilke fysiologiske adaptasjoner som kommer av treningen og hvilke som kommer av naturlig vekst og modning. Dette er faktorer som kan virke konfunderende når man undersøker en treningseffekt, da vekst og modning er minst like bestemmende for barn fysiske kapasitet og prestasjonsevne som selve treningen (Andrén-Sandberg, 1998). Selv med en kontrollgruppe kan det være utfordrende å treffe riktige konklusjoner, hva angår treningseffekt.



## **5.5 Svakheter ved vår studie**

En svakhet ved måten treningsdataene er samlet inn på i vår studie, er at spørreskjemaet var retrospektivt utformet, noe som krevde at barna måtte huske opp til seks måneder tilbake i tid. Det kan være krevende, og i en situasjon hvor barna kanskje føler de blir målt opp mot sine venner eller en viss standard, er det ikke uvanlig at treningsmengdene overrapporteres. Enkelte forsøkspersoner fylte ut skjema om treningsvaner ved to ulike tidspunkt i 2016. Når vi sammenlignet svarene i de to skjemaene, var det varierende hvor likt treningen var rapportert. Dette understreker at dataene på aktivitetsstatus kun fungerer som en generell pekepinn på barnas treningsvaner, og ikke er eksakte tall.

Det er en svakhet at alle barna rekruttert fra Sogndal havnet i KTR-gruppen. Vi har ingen måte å kontrollere for likheter/ulikheter mellom utvalgene, og miljømessige og genetiske faktorer kan virke konfunderende når gruppene sammenlignes, da de ikke er homogene.

Kun 56,6 % av de som var inne til testing minst en gang er inkludert i denne oppgaven, noe som vitner om et stort frafall. Ettersom deltakelsen var frivillig og man kunne trekke seg uten å oppgi noen grunn, har vi ingen formening om hvorfor så mange ikke kunne/ville delta videre. Hele idéen med å inkludere barna fra Sogndal i utgangspunktet var å teste et utvalg som kunne være representativt for normalt aktive barn, fra hvor som helst i landet. Det er rimelig å anta at mange av de som har trukket seg ikke er like godt trente som de som er igjen. Hvis så er tilfelle, er ikke barna fra Sogndal representative for gjennomsnittlige barn.

## 6. Konklusjon

Hensikten med denne studien var å undersøke om det var noen forskjeller i  $VO_2$ maks og tHb-masse mellom 12-15 år gamle barn som trener systematisk kondisjonstrening (UTH) kontra jevnaldrende som ikke trener systematisk kondisjonstrening (KTR). Det er enighet om at barn har dårligere treningseffekt enn voksne.

Vi fant ingen forskjeller i  $VO_2$ maks i absoluttverdier mellom gruppene ved noe tidspunkt, men en tendens til høyere  $VO_2$ maks hos UTH-guttene kontra KTR-guttene ved 15 år. Relatert til kroppsvekt og fettfri masse hadde UTH-guttene høyere  $VO_2$ maks enn KTR-guttene hele veien, og økte den FFM, KV og tHb-massen mer fra 13 til 15 år. UTH-jentene økte den FFM mer enn KTR-jentene fra 13 til 15 år. KTR-jentene så på grunn av dette et lavere fall i  $VO_2$ maks relatert til FFM, og en større stigning i tHb-masse relatert til FFM fra 13 til 15 år, sammenlignet med UTH-jentene.

Forskjellene i  $VO_2$ maks og tHb-masse mellom gruppene var tilstede, men ikke i like stor grad som man kunne forvente. Det virker som om systematisk kondisjonstrening i pubertetsalder ikke har overveldende stor effekt på aerob kapasitet sammenlignet med normalt aktive barn, som hovedsakelig bedriver ballidrett. Ballidrett har betydelige innslag av HIIT, som virker å være den treningsformen som gi aller best effekt på  $VO_2$ maks hos barn. Det virker som om genetiske faktorer og forskjeller i timingen på vekstspurten kan forklare mange av forskjellene vi så i utviklingen av kroppsvekt, fettfri masse og høyde fra 13 til 15 år. Siden disse variablene korrelerer med utviklingen av  $VO_2$ maks og tHb-masse, kan genetikk og ulik vekstspurt forklare deler av forskjellene i utvikling av den aerobe kapasiteten også.

Det trengs flere studier som kan undersøke sammenheng mellom systematisk kondisjonstrening og utvikling av fysiologiske variabler bestemmende for aerob kapasitet. Ideelt sett er studier på eneggede tvillinger det aller beste, da man kan se bort fra genetiske forskjeller og bidrag til endring i fysisk kapasitet ut fra aktivitetsnivå og ulike treningsintervensjoner.

Våre funn er relevante for både topp- og breddeidretten. Hvis det er slik at systematisk kondisjonstrening ikke gir overlegent bedre effekt enn på aerob kapasitet enn hva man får av trening i typiske ballidretter, bør man kanskje rette mer fokus mot lek og trivsel for å få med så mange som mulig. Det er et faktum at utvikling og modning er meget

individuell, og det er rimelig å påstå at toppidretten mister potensielle enere som aldri får vist sitt potensiale grunnet frafall i ung alder.

## Referanser

Aaeng, A. (2014). *Er hemoglobinmasse, blodvolum og maksimalt oksygenopptak forskjelling mellom barn med ulik treningsbakgrunn allerede ved 12 års alderen? En tverrsnittstudie av 12 år gamle langrennsløpere og barn rekruttert fra skoleklasser.* Masteroppgave ved Norges Idrettshøgskole, Oslo.

Ahlgrim, C., Pottgiesser, T., Kron, J., Duerr, H., Baumstark, M. & Schumacher, Y. O. (2009). Relations between haemoglobin mass, cardiac dimensions and aerobic capacity in endurance trained cyclists. *J Sports Med Phys Fitness*, 49(4), 364-371.

Andrèn-Sandberg, A. (1998). Athletic training of children and adolescents: Growth and maturation are more important than training for endurance in the young. *Lakartidningen*, 95(41), 4480-4487.

Armstrong, N. & Barker, A. R. (2011). Endurance training and elite young athletes. *Med Sport Sci*, 56, 59-83.

Armstrong, N., Kirby, B. J., McManus, A. M. & Welsman, J. R. (1995). Aerobic fitness of prepubescent children. *Ann Hum Biol*, 22(5), 427-441.

Armstrong, N. & McManus, A. M. (2011). The Elite Young Athlete. I: J. Borms, M. Hebbelinck, A. P. Hills & T. Noakes (Red.), *Medicine and Sport Science (Vol. 56)*. Lexington, KY: Karger.

Armstrong, N., Tomkinson, G. & Ekelund, U. (2011). Aerobic fitness and its relationship to sport, exercise training and habitual physical activity during youth. *Br J Sports Med*, 45(11), 849-858.

Armstrong, N. & Van Mechelen, W. (2000). *Paediatric exercise science and medicine*. Oxford, NY: Oxford University Press.

Armstrong, N. & Welsman, J. R. (1994). Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. *Exerc Sport Sci Rev*, 22, 435-476.

- Armstrong, N. & Welsman, J. R. (1997). *Young people and physical activity*. Oxford, NY: Oxford University Press.
- Armstrong, N. & Welsman, J. R. (2001). Peak oxygen uptake in relation to growth and maturation in 11- to 17-year-old humans. *Eur J Appl Physiol*, 83(6), 546-551.
- Armstrong, N. & Welsman, J. R. (2002). Cardiovascular responses to submaximal treadmill running in 11 to 13 year olds. *Acta Paediatr*, 91(2), 125-131.
- Armstrong, N. & Welsman, J. R. (2007). Aerobic Fitness: What are we measuring? *Med Sport Sci*, 50, 5-25.
- Armstrong, N., Welsman, J. R. & Winsley, R. (1996). Is peak VO<sub>2</sub> a maximal index of children's aerobic fitness? *Int J Sports Med*, 17(5), 356-359.
- Bacon, A. P., Carter, R. E., Ogle, E. A. & Joyner, M. J. (2013). VO<sub>2</sub>max trainability and high intensity interval training in humans: a meta-analysis. *PLoS ONE*, 8(9), e73182.
- Baltaci, G. & Ergun, N. (1997). Maximal oxygen uptake in well-trained and untrained 9-11 year-old children. *Paediatr Rehabil*, 1(3), 159-162.
- Bassett, D. R. & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*, 32(1), 70-84.
- Baquet, G., Gamelin, F. X., Mucci, P., Thévenet, D., Van Praagh, E. & Berthoin, S. (2010). Continuous vs. interval aerobic training in 8- to 11-year-old children. *J Strength Cond Res*, 24(5), 1381-1388. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181d1575a.
- Baquet, G., van Praagh, E. & Berthoin, S. (2003). Endurance training and aerobic fitness in young people. *Sports Med*, 33(15), 1127-1143.

Bar-Or, O. & Rowland, T. W. (2004). *Pediatric Exercise Medicine. From Physiologic Principles to Health Care Application*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Baxter-Jones, A. D., Goldstein, H. & Helms, P. (1993). The development of aerobic power in young athletes. *J Appl Physiol* (1985), 75(3), 1160-1167.

Baxter-Jones, A. D., Helms, P., Maffulli, N., Baines-Preece, J. C. & Preece, M. (1995). Growth and development of male gymnasts, swimmers, soccer and tennis players: a longitudinal study. *Ann Hum Biol*, 22(5), 381-394.

Bell, W. (1993). Body size and shape: a longitudinal investigation of active and sedentary boys during adolescence. *J Sports Sci*, 11(2), 127-138.

Beunen, G. & Malina, R. M. (2005). Growth and biological maturation: Relevance to athletic performance. I: H. Hebestreit & O. Bar-Or (Red.), *The Young Athlete* (s. 3-17). Malden, MA: Blackwell Publishing.

Bouchard, C. (2009). Exercise Genomics: Results from the heritage family study. *Book of Abstracts. Sports Sciences: Nature, Nurture and Culture. 14<sup>th</sup> Annual Congress of the European Collage of Sports Science, Oslo/Norway, June 24-27, 2009*.

Bouchard, C., Daw, E. W., Rice, T., Pérusse, L., Gagnon, J., Province, M. A., Leon, A. S., Rao, D. C., Skinner, J. S. & Wilmore, J. H. (1998). Familial resemblance for VO<sub>2</sub>max in the sedentary state: the HERITAGE family study. *Med Sci Sports Exerc*, 30(2), 252-258.

Butts, N. K., Henry, B. A. & Mclean, D. (1991). Correlations between VO<sub>2</sub>max and performance times of recreational triathletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 31(3), 339-344.

Claessens, A. L., Beunen, G. & Malina, R. M. (2008). Antropometry, physique, body composition and maturity. I: N. Armstrong & W. van Melchen (Red.), *Paediatric exercise science and medicine* (2. Utg.). Oxford, NY: Oxford University Press.

- Conley, D. L. & Krahenbuhl, G. S. (1980). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 12(5), 357-360.
- Convertino, V. A. (2007). Blood volume response to physical activity and inactivity. *Am J Med Sci*, 334(1), 72-79.
- Costill, D. L., Thomason, H. & Roberts, E. (1973). Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Med Sci Sports*, 5(4), 248-252.
- Coyle, E. F., Martin W. H. 3<sup>rd</sup>, Sinacore, D. R., Joyner, M. J., Hagberg, J. M. & Holloszy, J. O. (1984). Time course of loss of adaptations after stopping prolonged intense endurance training. *J Appl Physiol*, 57(6), 1857-1864.
- Cunningham, D. A., Paterson, D. H., Blimkie, C. J. & Donner, A. P. (1984). Development of cardiorespiratory function in circumpubertal boys: a longitudinal study. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 56(2), 302-307.
- Cureton, K., Bishop, P., Hutchinson, P., Newland, H., Vickery, S. & Zwiren, L. (1986). Sex difference in maximal oxygen uptake. Effect of equating haemoglobin concentration. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 54(6), 656-660.
- Cureton, K., Sloniger, M. A., Black, D. M., McCormack, W. P. & Rowe, D. A. (1997). Metabolic determinants of the age-related improvement in one-mile run/walk performance in youth. *Med Sci Sports Exerc*, 29(2), 259-267.
- 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. *Med Sci Sports*, 10(3), 200-203.
- Daussin, F. N., Zoll, J., Dufour, S. P., Ponsot, E., Lonsdorfer-Wolf, E., Doutreleau, S., Mettauer, B., Piquard, F., Geny, B. & Richard, R. (2008). Effect of interval versus continuous training on cardiorespiratory and mitochondrial functions: relationship to aerobic performance improvements in sedentary subjects. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 295(1), 264-272.

Eastwood, A., Bourdon, P. C., Withers, R. T. & Gore, C. J. (2009). Longitudinal changes in haemoglobin mass and VO<sub>2</sub>max in adolescents. *Eur J Appl Physiol*, 105(5), 715-721.

Eastwood, A., Hopkins, W. G., Bourdon, P. C., Withers, R. T. & Gore, C. J. (2008). Stability of hemoglobin mass over 100 days in active men. *J Appl Physiol* (1985), 104(4), 982-985.

Eisenmann, J. C., Pivarnik, J. M. & Malina, R. M. (2001). Scaling peak VO<sub>2</sub> to body mass in young male and female distance runners. *J Appl Physiol* (1985), 90(6), 2172-2180.

Fay, L., Londeree, B. R., LaFontaine, T. P. & Volek, M. R. (1989). Physiological parameters related to distance running performance in female athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 21(3), 319-324.

Forbes, G. B. (1972). Relation of Lean Body Mass to Height in Children and Adolescents. *Pediatr Res*, 6, 32-27.

Gambacciani, M., Ciaponi, M., Cappagli, B., Piaggese, L., De Simone, L., Orlandi, R. & Genazzani, A. R. (1997). Body weight, body fat distribution, and hormonal replacement therapy in early postmenopausal women. *J Clin Endocrinol Metab*, 82(2), 414-417.

Geithner, C. A., Thomis, M. A., Vanden Eynde, B., Maes, H. H., Loos, R. J., Peeters, M., Claessens, A. L., Vlietinck, R., Malina, R. M. & Beunen, G. P. (2004). Growth in peak aerobic power during adolescence. *Med Sci Sports Exerc*, 36(9), 1616-1624.

Gibala, M. J. & McGee, S. L. (2008). Metabolic Adaptations to Short-term High-Intensity Interval Training: A Little Pain for a Lot of Gain? *Exerc Sport Sci Rev*, 36(2), 58-63.

Gore, C. J., Bourdon, P. C., Woolford, S. M., Ostler, L. M., Eastwood, A. & Scroop, G. C. (2006). Time and Sample Site Dependency of the Optimized CO-Rebreathing Method. *Med Sci Sports Exerc*, 38(6), 1187-1193.



- Gore, C. J., Hahn, A. G., Burge, C. M. & Telford, R. D. (1997). VO<sub>2</sub>max and haemoglobin mass of trained athletes during high intensity training. *Int J Sports Med*, 18(6), 477-482.
- Greenwood, J. D., Moses, G. E., Bernardino, F. M., Gaesser, G. A. & Weltman, A. (2008). Intensity of exercise recovery, blood lactate disappearance, and subsequent swimming performance. *J Sports Sci*, 26(1), 29-34.
- Hallén, J. (2002). *Fysiologisk adaptasjon til utholdenhetstrening*. Oslo: Norges Idrettshøgskole.
- Hallén, J. (2004) Det maksimale oksygenopptaketets betydning i utholdenhetsidretter. I: L. I. Tjelta & E. Enoksen (Red.), *Utholdenhetstrening: løping, sykling, langrenn* (s. 7-19). Kristiansand: Høyskoleforlaget.
- Hansen, L. & Klausen, K. (2004). Development of aerobic power in prepubescent male soccer players related to hematocrit, hemoglobin and maturation. A longitudinal study. *J Sports Med Phys Fitness*, 44(3), 219-223.
- Heath, G. W., Hagberg, J. M., Ehsani, A. A. & Holloszy, J. O. (1981). A physiological comparison of young and older endurance athletes. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 51(3), 634-640.
- Heinicke, K., Wolfarth, B., Winchenbach, P., Biermann, B., Schmid, A., Huber, G., Friedmann, B. & Schmidt, W. (2001). Blood volume and hemoglobin mass in elite athletes of different disciplines. *Int J Sports Med*, 22(7), 504-512.
- Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjorth, N., Bach, R. & Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO<sub>2</sub>max more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc*, 39(4), 665-671.

Hero, M., Wickman, S., Hanhijarvi, R., Siimes, M. A. & Dunkel, L. (2005). Pubertal upregulation of erythropoiesis in boys is determined primarily by androgen. *J Pediatr*, 146(2), 245-252.

Ingjer, F. (1992). Development of maximal oxygen uptake in young elite male cross-country skiers: a longitudinal study. *J Sports Sci*, 10(1), 49-63.

Janz, K. F., Dawson, J. D. & Mahoney, L. T. (2000). Predicting heart growth during puberty: The Muscatine Study. *Pediatrics*, 105(5), E63.

Jørgensen, A. & Andersen, Ø. (2004). Langrennstrening. I: L. I. Tjelta & E. Enoksen (Red.), *Utholdenhetstrening: løping, sykling, langrenn* (s. 172-181). Kristiansand: Høyskoleforlaget.

Kanstrup, I. L. & Ekblom, B. (1984). Blood volume and hemoglobin concentration as determinants of maximal aerobic power. *Med Sci Sports Exerc*, 16(3), 256-262.

Katch, V. L. (1983). Physical conditioning of children. *J Adolesc Health Care*, 3(4), 241-246.

Kemper, H. C. G., Verschuur, R. & de Mey, L. (1989). Longitudinal Changes of Aerobic Fitness in Youth Ages 12 to 23. *Pediatr Exerc Sci*, 1(3), 257-270.

Klissouras, V., Pirany, F. & Petit, J. (1973). Adaptation to maximal effort: genetics and age. *J App Physiol*, 35(2), 288-293.

Kobayashi, K., Kitamura, K., Miura, M., Sodeyama, H., Murase, Y., Miyashita, M. & Matsui, H. (1978). Aerobic power as related to body growth and training in Japanese boys: a longitudinal study. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 44(5), 666-672.

Krahenbuhl, G. S., Morgan, D. W. & Pangrazi, R. P. (1989). Longitudinal changes in distance-running performance of young males. *Int J Sports Med*, 10(2), 92-96.

Krahenbuhl, G. S., Skinner, J. S. & Kohrt, W. M. (1985). Developmental aspects of maximal aerobic power in children. *Exerc Sport Sci Rev*, 13, 503-538.

Landgraff, H. W. (2009). *Hemoglobinmasse, blodvolum og maksimalt oksygenopptak hos unge idrettsutøvere*. Masteroppgave ved Norges Idrettshøgskole, Oslo.

Lihagen, M. (2017). *Sammenheng mellom utvikling av maksimalt oksygenopptak, total hemoglobinmasse, blodvolum og antropometri I forhold til alder, kjønn og modning. En longitudinell studie av jenter og gutter fra 12-15 år*. Masteroppgave ved Norges Idrettshøgskole, Oslo.

Malina, R. M., Beunen, G., Lefevre, J. & Woynarowska, B. (1997). Maturity-associated variation in peak oxygen uptake in active adolescent boys and girls. *Ann Hum Biol*, 24(1), 19-31.

Malina, R. M., Bouchard, C. & Bar-Or, O. (2004a). *Growth, Maturation, and Physical Activity* (2. Utg.). Champaign, IL: Human Kinetics.

Malina, R. M., Eisenmann, J. C., Cumming, S. P., Ribeiro, B. & Aroso, J. (2004b). Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13-15 years. *Eur J Appl Physiol*, 91(5-6), 555-562.

Malina, R. M. & Koziel, S. M. (2014a). Validation of maturity offset in a longitudinal sample of Polish boys. *J Sports Sci*, 32(5), 424-437.

Malina, R. M. & Koziel, S. M. (2014b). Validation of maturity offset in a longitudinal sample of Polish girls. *J Sports Sci*, 32(14), 1374-1382.

Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho e Silva, M. J. & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. *Br J Sports Med*, 49(13), 852-859.

Mamen, A., Resaland, G. K., Mo, D. A. & Andersen, L. B. (2009). Comparison of peak oxygen uptake in boys exercising on treadmill and cycle ergometers. I. T. Jurimae, N.

Armstrong & J. Jurimae (Red.), *Children and Exercise XXIV. The proceedings of the 24<sup>th</sup> Pediatric Work Physiology Meeting* (s. 223-226). Oxon: Routledge.

Mandigout, S., Lecoq, A. M., Courteix, D., Guenon, P. & Obert, P. (2001). Effect of gender in response to an aerobic training programme in prepubertal children. *Acta Paediatr*, 90(1), 9-15.

Mahon, A. D. & Marsh, M. (1993). Ventilatory threshold and VO<sub>2</sub> plateau at maximal exercise in 8- to 11- year-old children. *Pediatr Exerc Sci*, 5(4), 332-338.

Marshall, W. A. & Tanner, J. M. (1969). Variations in pattern of pubertal changes in girls. *Arch Dis Child*, 44(235), 291-303.

Marshall, W. A. & Tanner, J. M. (1970). Variations in the pattern of pubertal changes in boys. *Arch Dis Child*, 45(239), 13-23.

Matos, N. & Winsley, R. (2007). Trainability of young athletes and overtraining. *J Sports Sci Med*, 6(3), 353-367.

Mayers, N. & Gutin, B. (1979). Physiological characteristics of elite prepubertal cross-country runners. *Med Sci Sports*, 11(2), 172-176.

McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. (2001). *Exercise Physiology. Energy, Nutrition, and Human Performance* (5. Utg.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Meen, H. D. (2000). Fysisk aktivitet hos barn og unge i relasjon til vekst og utvikling. *Tidsskrift for Den Norske Legeforening*, 24(120), 2908-2914.

Meen, H. D. (2005). Barns fysiske vekst og utvikling fra fosterlivet til voksen alder. I: H. D. Meen (Red.), *Artikkelsamling. Barn og unge i vekst og utvikling. TRL 201, 2005-2006*. Oslo: Norges Idrettshøgskole.

Mirwald, R. L., Bailey, D. A., Cameron, N. & Rasmussen, R. L. (1981). Longitudinal comparison of aerobic power in active and inactive boys aged 7.0 to 17.0 years. *Ann Hum Biol*, 8(5), 405-414.

Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. A. & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc*, 34(4), 689-694.

Nottin, S., Vinet, A., Stecken, F., N`Guyen, L. D., Ounissi, F., Lecoq, A. M. & Obert, P. (2002). Central and peripheral cardiovascular adaptations to exercise in endurance-trained children. *Acta Physiol Scand*, 175(2), 85-92.

Pate, R. R. & Ward, D. S. (1990). Endurance exercise trainability in children and youth. I: W. A. Garcia, J. A. Lombardo & J. A. Stone (Red.), *Advanced in sports medicine and fitness* (s. 37-55). Chicago, IL: Year Book Medical Publishers.

Pate, R. R. & Ward, D. S. (1996). Endurance trainability of children and youths. I: O. Bar-Or (Red.), *The child and the adolescent athlete* (s. 130-137). Oxford: Blackwell Sciences.

Pettersen, S. A., Fredriksen, P. M. & Ingjer, E. (2001). The correlation between peak oxygen uptake (VO<sub>2</sub>peak) and running performance in children and adolescents. aspects of different units. *Scand J Med Sci Sports*, 11(4), 223-228.

Prommer, N., Sottas, P. E., Schoch, C., Schumacher, Y. O. & Schmidt, W. (2008). Total hemoglobin mass--a new parameter to detect blood doping? *Med Sci Sports Exerc*, 40(12), 2112-2118.

Raes, A., Van Aken, S., Craen, M., Donckerwolcke, R. & Vande Walle, J. (2006). A reference frame for blood volume in children and adolescents. *BMC Pediatr*, 6, 3.

Rivera-Brown, A. M. & Frontera, W. R. (1998). Achievement of plateau and reliability of VO<sub>2</sub>max in trained adolescents tested with different ergometers. *Pediatr Exerc Sci*, 10(2), 164-175.

- Rowland, T. W. (1985). Aerobic response to endurance training in prepubescent children: a critical analysis. *Med Sci Sports Exerc*, 17(5), 493-497.
- Rowland, T. W. (1996). *Developmental Exercise Physiology*.ampaign, IL: Human Kinetics.
- Rowland, T. W. (2002). On being a metabolic nonspecialist. *Pediatr Exerc Sci*, 14(4), 317-326.
- Rowland, T. W. (2005). *Children's exercise physiology* (2<sup>nd</sup> Ed.). USA: Human Kinetics.
- Rowland, T. W., Goff, D., Martel, L. & Ferrone, L. (2000). Influence of cardiac functional capacity on gender differences in maximal oxygen uptake in children. *Chest*, 117(3), 629-635.
- Rowland, T. W., Unnithan, V. B., MacFarlane, N. G., Gibson, N. G. & Paton, J. Y. (1994). Clinical manifestations of the "athlete's heart" in prepubertal male runners. *Int J Sports Med*, 15(8), 515-519.
- Rowland, T. W., Vanderburgh, P. & Cunningham, L. (1997). Body size and the growth of maximal aerobic power in children: A longitudinal analysis. *Pediatr Exerc Sci*, 9(3), 262-274.
- Saltin, B., Calbet, J. A. L. & Wagner, P. D. (2006). Point:Counterpoint. In health and in normoxic environment,  $VO_{2max}$  is limited primarily by cardiac output and locomotor muscle blood flow. *J Appl Physiol* (1985), 100(2), 744-748.
- Sand, O., Sjaastad, Ø. V. & Haug, E. (2005). *Menneskets fysiologi*. (1. Utg. 3. Opplag), Oslo: Gyldendal Akademisk.

- Sawka, M. N., Convertino, V. A., Eichner, E. R., Schneider, S. M. & Young, A. J. (2000). Blood volume: importance and adaptations to exercise training, environmental stresses, and trauma sickness. *Med Sci Sports Exerc*, 32(2), 352-348.
- Sawka, M. N., Young, A. J., Pandolf, K. B., Dennis, R. C. & Valeri, C. R. (1992). Erythrocyte, plasma, and blood volume of health young men. *Med Sci Sports Exerc*, 24(4), 447-453.
- Schmidt, W. & Prommer, N. (2005). The optimized CO-rebreathing method: a new tool to determine total haemoglobin mass routinely. *Eur J Appl Physiol*, 95(5-6), 486-495.
- Schmidt, W. & Prommer, N. (2008). Effects of various training modalities on blood volume. *Scand J Med Sci Sports*, 18(1), 57-69.
- Schmidt, W. & Prommer, N. (2010). Impact of alterations in total hemoglobin mass on VO<sub>2</sub>max. *Exerc Sport Sci Rev*, 38(2), 68-75.
- Shahani, S., Braga-Basaria, M., Maggio, M. & Basaria, S. (2009). Androgens and erythropoiesis: past and present. *J Endocrinol Invest*, 32(8), 704-716.
- Shao, L., Lin, W. S., Yi, C. & Zhang, Y. (1997). Maximal aerobic capacity and its relationship with physical growth in Chinese children. *Coll Antropol*, 21(1), 109-116.
- Shephard, R. J. (1992). Effectiveness of training programmes for prepubescent children. *Sports Med*, 13(3), 194-213.
- Steiner, T. & Wehrin, J. P. (2011). Does Hemoglobin Mass Increase from Age 16 to 21 and 28 in Elite Endurance Athletes? *Med Sci Sports Exerc.*, 43(9), 1735-1743.
- Sundberg, S. & Elovainio, R. (1982). Cardiorespiratory function in competitive endurance runners aged 12-16 years compared with ordinary boys. *Acta Paediatr Scand*, 71(6), 987-992.

Tanner, J. M. (1973). *Growth at adolescence* (2. Utg.). Oxford: Blackwell scientific publications.

Tanner, J. M. (1989). *Foetus into Man. Physical Growth from conception to Maturity* (2. Utg.). Ware: Castlemad Publications.

Tanner, J. M., Whitehouse, R. H. & Takaishi, M. (1966). Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity: British children, 1965. *Arch Dis Child*, 41(219), 454-471.

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

Turley, K. R. (1997). Cardiovascular responses to exercise in children. *Sports Med*, 24(4), 241-257.

Tønnessen, E., Madsen, Ø. & Haugen, T. A. (u.å). Utholdenhetstrening for unge utøvere. Hentet 25.mai 2018 fra <http://www.olympiatoppen.no/fagomraader/trening/utholdenhet/fagartikler/media43366.media>.

Ulrich, G., Bartsch, P. & Friedmann-Bette, B. (2011). Total haemoglobin mass and red blood cell profile in endurance-trained and non-endurance-trained adolescent athletes. *Eur J Appl Physiol*, 111(11), 2855-2864.

Unnithan, V. B., Timmons, J. A. Paton, J. Y. & Rowland, T. W. (1995). Physiologic correlates to running performance in pre-pubertal distance runners. *Int J Sports Med*, 16(8), 528-533.

Vaccaro, P. & Mahon, A. (1987). Cardiorespiratory responses to endurance training in children. *Sports Med*, 4(5), 352-363.

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. I: E. W.



Browns & C. F. Branta (eds.). *Competitive Sports for Children and Youth* (s. 143-158). Champaign, IL: Human Kinetics.

Vinet, A., Mandigout, S., Nottin, S., Nguyen, L., Lecoq, A. M., Courteix, D. & Obert, P. (2003). Influence of body composition, hemoglobin concentration, and cardiac size and function of gender differences in maximal oxygen uptake in prepubertal children. *Chest*, 124(4), 1494-1499.

von Döbeln, W. & Eriksson, B. O. (1972). Physical training, maximal oxygen uptake and dimensions of the oxygen transporting and metabolizing organs in boys 11-13 years of age. *Acta Paediatr Scand*, 61(6), 653-660.

Welsman, J. R. & Armstrong, N. (2008). Interpreting exercise performance data in relation to body size. I: N. Armstrong & W. van Mechelen (Red.), *Paediatric Exercise Science and Medicine* (2. Utg.). Oxford, NY: Oxford University Press.

Wenger, D. H. A. & Bell, G. J. (1986). The Interactions of Intensity, Frequency and Duration of Exercise Training in Altering Cardiorespiratory Fitness. *Sports Med*, 3(5), 346-356.

Widmaier, E. P., Raff, H. & Strang, K. T. (2006). *Vanders's Human Physiology. The Mechanisms of Body Functions* (10. Utg.). New York: McGraw Hill.

Winsley, R. J., Fulford, J., Roberts, A. C., Welsman, J. R. & Armstrong, N. (2009). Sex difference in peak oxygen uptake in prepubertal children. *J Sci Med Sport*, 12(6), 647-651.

Winter, E. M. & Cobb, M. (2008). Ethics in Paediatric research: principles and processes. I: N. Armstrong & W. van Mechelen (Red.), *Paediatric Exercise Science and Medicine* (2. Utg.). Oxford, NY: Oxford University Press.

Wisløff, U., Ellingsen, Ø. & Kemi, O. J. (2009). High-intensity interval training to maximize cardiac benefits of exercise training? *Exerc Sport Sci Rev*, 37(3), 139-146.

Åstrand, P. O. (1952). *Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age*. Stockholm: Department of physiology Kungliga gymnastiska centralinstitutet.

Åstrand, P. O., Rodahl, K., Dahl, H. A. & Strømme, S. B. (2003). *Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise* (4. Utg.). Campaign, IL: Human Kinetics.

## Tabelloversikt

**Tabell 2.1:** Ulike intensitetssoner angitt i % av maksimal hjertefrekvens (HFmaks).

Figur hentet fra

<http://www.olympiatoppen.no/fagomraader/trening/utholdenhet/fagartikler/media43366.media> .....25

**Tabell 3.1:** Gjennomsnittsalder (år), testdato, antall forsøkspersoner (FP) og kjønnsfordeling for barn rekruttert fra langrennklubber i Oslo-området og en barne- og ungdomsskole i Sogndal ved alle testtidspunkt. ....28

**Tabell 3.2:** Alder og antropometriske data for barna i utholdenhets- og kontrollgruppen ved alle tre testtidspunkt. Gjennomsnitt (SD). ....29

**Tabell 4.1:** Antropometri, alder og tid fra PHV for kontroll- og utholdenhetsgruppen ved alle tre testtidspunkt (2013, 2014, 2016). Gjennomsnitt (SD). ....36

**Tabell 4.2:** Andel (%) av barna fra de ulike gruppene som hadde opplevd peak height velocity (PHV) ved de ulike testtidspunktene. ....37

**Tabell 4.3:** Antall timer kondisjonstrening og ballspill per uke for utholdenhets- og kontrollgruppen ved 15 års alder. Gjennomsnitt (SD). ....45

## Figuroversikt

<b>Figur 2.1:</b> Typisk hastighetskurve for kroppshøyde hos gutter og jenter. Figur hentet fra Malina et al. (2004a). .....	13
<b>Figur 2.2:</b> Typisk hastighetskurve for kroppsvekt hos gutter og jenter. Figur hentet fra Malina et al. (2004a). .....	14
<b>Figur 3.1:</b> $VO_2$ maks-test fra NIH 2016, med testleder (SL) og FP. ....	32
<b>Figur 3.2:</b> Spirometer til «the optimized CO-rebreathing method». Neseeklype (1), kammer for sodalime (2), CO-gassprøyte (3), stoppekran for stenging av $O_2$ (4), stoppekran for fylling av $O_2$ (5) og anestetisk bag (6). ....	34
<b>Figur 4.1:</b> Kroppsvekt (a), fettfri masse (b), kroppshøyde (c) og fettprosent (d) som en funksjon av alder for UTH og KTR, begge kjønn. Gjennomsnitt (SD). ....	38
<b>Figur 4.2:</b> $VO_2$ maks (a, c, e) og total hemoglobinmasse (b, d, f) i absoluttverdier (a, b), relatert til kroppsvekt (c, d) og fettfri masse (e, f), som en funksjon av alder (år) for UTH og KTR, begge kjønn. Gjennomsnitt (SD). ....	40

## Forkortelser

a-v O <sub>2</sub> -differanse	Arteriell-venøs oksygen-differanse
CO	Karbonmonoksid
CO <sub>2</sub>	Karbondioksid
FFM	Fettfri masse
[Hb]	Hemoglobinkonsentrasjon
HF	Hjertefrekvens
HIIT	Høyintensiv intervalltrening (High intensity interval training)
MV	Minuttvolum
O <sub>2</sub>	Oksygen
PHV	Peak height velocity
PWV	Peak weight velocity
RER	Respiratorisk utvekslingskvotient (Respiratory Exchange Ratio)
SV	Slagvolum
tHb-masse	Total hemoglobinmasse
VO <sub>2</sub>	Oksygenopptak

# Vedlegg 1

## 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 ( $VO_{2maks}$ ), 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 langrennssklubber 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.

### **Retten 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)

## Vedlegg 2

### Kondisjon og muskelstyrke hos 12 – 16 år gamle jenter og gutter

#### Bakgrunn og hensikt

Dette er et spørsmål til deg som foresatt om ditt barn kan delta i en forskningsstudie som skal undersøke hvordan kondisjon ( $VO_{2maks}$ ) og styrke endrer seg i årene fra 12 til 16 år. Vi skal undersøke dette i en gruppe som driver typiske kondisjonsidretter og sammenligne med barn som nødvendigvis ikke driver med disse idrettene. Kondisjonsutøverne har vi rekruttert i langrennklubber. Den andre gruppen skal vi rekruttere i skoleklasser. Det er til denne gruppen vi spør om ditt barn kan være med. Det er viktig at uansett om ditt barn driver med idrett eller ikke kan barnet delta, også om barnet deltar i kondisjonsidretter.

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.

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.

I gruppen med kondisjonsutøvere ønsker vi å studere hvordan disse variablene endrer seg i tenårene, og vi vil gjøre flere målinger i løpet av denne perioden. For gruppen rekruttert i skoleklasser vil vi i første omgang måle denne ene gangen, men det er mulig at dere for en ny forespørsel om to og fire år.

Det er første amanuensisene Geir Kåre Resaland og Amund Riiser som er ansvarlige fra Høgskolen i Sogn og Fjordane. Stipendiat Hege Wilson Landgraff ved Norges idrettshøgskole (NIH) vil også delta i testingen sammen med masterstudent Anette Aaeng. Prosjektleder er professor Jostein Hallén fra NIH.

### **Hva innebærer studien?**

Målingene vil foregå på skolen og i idrettshallen. Måling av blodvolum vil foregå på skolen ved at man puster i et munnstykke forbundet med et kammer med oksygen tilsatt en liten mengde CO gass.

I idrettshallen vil vi gjennomføre en legeundersøkelse og ta en blodprøve fra armen (alle får bedøvelse) i tillegg vil vi måle høyde, vekt og kroppssammensetning. Vi ønsker også å teste kondisjon, styrke i armer og ben, hurtighet, spenst og muskelvolum. Kondisjonen blir målt ved at de løper på en tredemølle, og vi måler hvor mye oksygen de bruker. 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. 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 Geir Kåre Resaland (416 21 333), Hege Wilson Landgraff (934 37 711) eller Jostein Hallén (telefon 23 26 23 14, e-post: jostein.hallen@nih.no).

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

### **Kriterier for deltagelse**

Barn fra 7. klasse (12 år) skal rekrutteres til denne delen av studien. Vi ønsker å undersøke flest mulig 7. klassinger fra Sogndal, 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 legeundersøkelsen 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.

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). 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). Spenst vil bli målt ved spensthopp på en kraftplattform og hurtighet vil bli målt ved løping rett frem i 30 meter.

Det maksimale oksygenopptaket vil bli målt mens deltageren 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.

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

Måling av blodvolum vil skje i løpet av i uke 49 og tar ca. 30 minutter per elev. De andre undersøkelsene vil foregå i forbindelse med kroppøvingstimene mandag 2. og 9. desember (kl 8-12) og torsdag i forbindelse med fysak timen. Vi får ikke undersøkt alle 7. klassingene

på de oppsatte da særlig kondisjonstesten er tidkrevende. Dere vi derfor få tilbud om å testes etter skoletid.

### **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 kan oppleves som slitsomt, men det vil ikke representere noen risiko for frisk ungdom.

## **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 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 barnet ditt**

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.

# Samtykke til deltakelse i studien

## Kondisjon og muskelstyrke hos 12 – 16 år gamle jenter og gutter

Jeg er villig til at mitt barn kan delta i studien

-----  
Navn på barnet

Foresattes samtykke

-----  
(Signert av nærstående, dato)

Mitt barn har anledning til å teste etter skoletid (kryss av hvis ja) ( )

Hvis det er en dag (tidspunkt) som passer spesielt bra skriv det her: \_\_\_\_\_

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om studien

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

## Vedlegg 3

### 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-åringer 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



## Vedlegg 4

Etternavn:	Fornavn:	Født:
Studentadresse:		
Hjemmeadresse:		
Tlf.:	-mailadresse:	
Idrettsbakgrunn (angi idrettsgrener og omtrent hvor mange timer du trener pr. uke):		

### EGENERKLÆRING FOR FORSØKSPERSONER

Takk for at du vurderer å delta som forsøksperson ved Norges idrettshøgskole! Før du kan delta, må vi imidlertid kartlegge om din deltakelse kan medføre noen form for helserisiko. Vær snill å lese gjennom alle spørsmålene nøye og svar ærlig ved å krysse av for JA eller NEI. Hvis du er i tvil, bør du be om å få snakke med legen som er ansvarlig for forsøket.

Hvis du krysser av for JA på ett eller flere av disse spørsmålene, må du gjennomgå en legeundersøkelse før forsøksstart. Ved enkelte typer forsøk vil du uansett bli innkalt til legeundersøkelse.

JA	EI	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1. Kjenner du til at du har en hjertesykdom?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2. Hender det du får brystmerter i hvile eller i forbindelse med fysisk aktivitet?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3. Kjenner du til at du har høyt blodtrykk?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4. Bruker du for tiden medisiner for høyt blodtrykk eller hjertesykdom (f.eks. vanndrivende tabletter)?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5. Har noen av dine foreldre, søsken eller barn fått hjerteinfarkt eller dødd plutselig (før fylte 55 år for menn og 65 for kvinner)?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6. Røyker du?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7. Kjenner du til om du har høyt kolesterolnivå i blodet?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8. Har du besvimt i løpet av de siste 6 måneder?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9. Hender det du mister balansen på grunn av svimmelhet?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10. Har du sukkersyke (diabetes)?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11. Kjenner du til <u>noen annen grunn</u> til at din deltakelse i prosjektet kan medføre helse- eller skaderisiko?

Gi beskjed straks dersom din helsesituasjon forandrer seg fra nå og til undersøkelsen er ferdig, f.eks. ved at du blir forkjølet, får feber, eller blir gravid.

---

Sted - dato

---

Underskrift

## Vedlegg 5

Legeundersøkelse før måling av  $VO_{2maks}$

<b>FP nr</b>		
<b>Anamnese</b>		
<b>Høyde og vekt</b>	<b>Høyde</b>	<b>Vekt</b>
<b>Menarche</b>		
<b>Brystutvikling</b>		
<b>BT</b>		
<b>HF</b>		
<b>Cor</b>		
<b>Pulmones</b>		
<b>Konklusjon</b>		
<b>Dato og sign:</b>		

## Vedlegg 6

### Kartlegging av idrettsaktivitet (I)

Navn \_\_\_\_\_

1. Hvilke organiserte idretter driver du med? (bruk baksiden av arket hvis du trenger mer plass)

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

2. Anser du en av dem som din hovedidrett? (kan du oppgi hvilken idrett?)

- \_\_\_\_\_

3. Driver du med disse idrettene hele året? Ja            Nei \_\_\_\_\_ (sett kryss)

4. Hvis nei, oppgi når du driver med de forskjellige idrettene (for eksempel ski om vinteren, fotball og orientering om sommeren, eller f.eks turn hele året, ski om vinteren)

5. Hvor lenge (mnd/år) har du vært aktiv i de forskjellige idrettene?

6. Hvor mange ganger per uke trener du organisert med gruppen din i hver idrett (inkl. konkurranser/kamper)?

7. Trener du på egenhånd i tillegg til de organiserte treningstidene? (hvis ja, hvor mange minutter (ca) per uke?

# Vedlegg 7

Navn:

## Kartlegging av idrettsaktivitet (II)

1. Hvilke organiserte idretter driver du med?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
2. Anser du en av dem som din hovedidrett? (kan du oppgi hvilken idrett?)
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
3. Driver du med disse idrettene hele året? (hvis nei, oppgi når du driver med de forskjellige idrettene for eksempel sommer/vinter)
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
4. Hvor lenge (mnd/år) har du vært aktiv i de forskjellige idrettene?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
5. Hvor mange ganger per uke trener du organisert med gruppen din i hver idrett (inkl. konkurranser/kamper)?

6. Hvor lenge (minutter) varer hver treningsøkt?

7. Trener du på egenhånd i tillegg til de organiserte treningstidene? (hvis ja, hvor mange minutter (ca) per uke?

8. Hvis du legger sammen tid brukt på alle typer trening som du til vanlig driver med (ikke ta med kroppøvingstimene på skolen) og tid på konkurranser/kamp, omtrent hvor mange timer og minutter vil du si at du er fysisk aktiv i løpet av en gjennomsnittsuke?

9. Kan du legge sammen antall økter og timer du trener organisert per uke og fyller inn tabellen under.

	Totalt antall økter per uke (alle idretter)	Totalt antall timer per uke
Sommerhalvåret		
Vinterhalvåret		

10. Har du hatt skade- eller sykdomsavbrudd i treningen som har vart lengre enn 1 måned i perioden 2013-2014? Eventuelt hva, når og hvor lenge?

## Eventuelle endringer i idrettsaktivitet siden sist du var inne til måling i 2013

11. Har du sluttet med noen idretter siden sist (2013)?  
(Eventuelt hvilke?)

12. Har du begynt med noen nye idretter siden sist (2013)?  
(Eventuelt hvilke?)

13. Har det skjedd noen endringer i hvor mye du trener, eller måten du trener på nå i forhold til det du gjorde i 2013? Sett kryss for det som passer.

Har sluttet å trene	
Trener nokså likt som i 2013	
Trener færre timer per uke nå	
Trener flere timer per uke nå	
Trener mindre systematisk nå	
Trener mer systematisk nå	

Eventuelle kommentarer



## Vedlegg 8

**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	<input type="checkbox"/>
Nei	<input type="checkbox"/>

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	<input type="checkbox"/>
Treningssenter (Sats eller lignende)	<input type="checkbox"/>
Trener/mosjonerer for meg selv	<input type="checkbox"/>
Sykle/gå til skolen	<input type="checkbox"/>
Annet (spesifiser)	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>

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			

9. Fører du treningsdagbok?

Ja	
Nei	

Hvis **ja**, kan du oppgi hvor lenge du har skrevet det? \_\_\_\_\_

## ***DEL B***

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

1. Sett kryss i de aktuelle rutene.

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

2. Har du **sluttet** med noen idretter siden sist du var inne til testing?

Ja	
Nei	

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

Når sluttet du? \_\_\_\_\_

3. Har du **begynt** med noen nye idretter/aktiviteter siden sist du var inne til testing?

Ja	
Nei	

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

Når begynte du? \_\_\_\_\_

Aktivitetsskjema skole (15 år)

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!*

## Vedlegg 9

*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
<i>Langrenn</i>	5	4	3	5
<i>Orientering</i>		2	2	2
<i>Sykler til skolen</i>			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!*