

Anette Aaeng

Er hemoglobinmasse, blodvolum og maksimalt oksygenopptak forskjellig mellom barn med ulik treningsbakgrunn allerede ved 12 års alderen?

En tverrsnittstudie av 12 år gamle langrennsløpere og barn rekruttert fra skoleklasser.

Masteroppgave i idrettsvitenskap

Seksjon for fysisk prestasjonsevne
Norges idrettshøgskole, 2014

Sammendrag

Innledning: Det foreligger ingen tidligere studier som har rapportert forskjeller i prepubertale barns hemoglobinmasse og blodvolum med ulikt aktivitetsnivå. Denne studien hadde derfor til hensikt å kartlegge maksimalt oksygenopptak og hemoglobinmasse, blodvolum, hematokritt, hemoglobinkonsentrasjon, plasmavolum og rødt cellevolum hos en gruppe 12 år gamle langrennsutøvere og en kontrollgruppe på samme alder rekruttert fra skoleklasser. Derneft å undersøke sammenhenger mellom kroppsmasse, maksimalt oksygenopptak, hemoglobinmasse og blodvolum hos de samme gruppene. Videre ble det sett på kjønnsforskjeller innad og mellom langrennsgruppen og kontrollgruppen.

Metode: Studien besto av en gruppe med 12 år gamle langrennsutøvere (47 gutter og 28 jenter), og en gruppe med barn på samme alder rekruttert fra skoleklasser (51 gutter og 47 jenter). Alle 12-åringene var født i 2001. Hemoglobinmasse og blodvolum ble målt ved ”the optimised CO-rebreathing method”, og maksimalt oksygenopptak ble testet ved løp på tredemølle. De ble kun testet en gang, langrennsgruppen i mai 2013, og kontrollgruppen i perioden oktober til desember 2013.

Resultat: Langrennsgruppen (11,9 (0,2) år) ble testet seks måneder før kontrollgruppen, og var signifikant yngre enn kontrollgruppen (12,4 (0,3) år) på testtidspunktet ($p > 0,01$). Alle antropometriske variabler (kroppsvekt, kroppshøyde, kroppsmasseindeks, fettfri masse og fettprosenten) var signifikant lavere hos langrennsgruppen. Hematokritt og hemoglobinkonsentrasjon var på henholdsvis 39 (2)% og $13,2 (0,6) \text{ g} \cdot \text{dl}^{-1}$ i langrennsgruppen som var signifikant lavere enn 42 (2)% og $13,9 (0,8) \text{ g} \cdot \text{dl}^{-1}$ i kontrollgruppen. Hemoglobinmasse og rødt cellevolum i absoluttverdier var høyere, mens blodvolum og plasmavolum ikke var signifikant forskjellig mellom gruppene. Kontrollert for kroppsvekt var hemoglobinmasse, blodvolum og plasmavolum høyere hos langrennsgruppen enn kontrollgruppen, henholdsvis $10,1 (0,8)$ og $9,5 (1,1) \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $84,2 (7,3)$ og $76,5 (8,0) \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ og $54,6 (5,3)$ og $47,3 (5,5) \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$. Det var ingen forskjell for RCV ($29,5 (2,7)$ og $29,2 (3,2) \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$). Også maksimalt oksygenopptak kontrollert for kroppsvekt var høyere hos langrennsgruppen enn kontrollgruppen ($62,5 (6,7)$ og $53,6 (6,6) \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$).

Hemoglobinmasse, blodvolum, plasmavolum og maksimalt oksygenopptak var signifikant høyere for guttene enn jentene i begge gruppene.

Det var en veldig høy korrelasjon mellom fettfri masse og hemoglobinmasse, og mellom fettfri masse og blodvolum (r , fra 0,703 til 0,882). Det var også en høy til veldig høy korrelasjon mellom hemoglobinmasse og maksimalt oksygenopptak og blodvolum og maksimalt oksygenopptak (r , fra 0,554 til 0,813)

Diskusjon: I denne studien fant vi at hemoglobinmasse, blodvolum og maksimalt oksygenopptak relatert til kroppsvekt var høyere hos en gruppe 12 år gamle langrennsutøvere, enn hos en kontrollgruppe på samme alder. Disse verdiene var også høyere hos guttene enn jentene i begge gruppene. Årsaken til forskjellene kan være utholdenhetstrening, men det skal ikke utelukkes at det har forekommet seleksjonsbias da langrennsutøverne var rekruttert fra langrennsklubber, og mest sannsynlig også hadde foreldre som var aktive innenfor langrenn.

Nøkkelord: Fysisk utvikling, hemoglobinmasse, blodvolum, maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}) og CO-rebreathing.

Innhold

SAMMENDRAG	3
INNHold	5
FORKORTELSER	8
FORORD	9
1. INNLEDNING	10
1.1 BAKGRUNN FOR STUDIEN	10
1.2 PROBLEMSTILLINGER	11
2. TEORI	12
2.1 VEKTS OG UTVIKLING HOS BARN OG UNGE	12
2.1.1 <i>Biologisk alder</i>	12
2.1.2 <i>Pubertetsutvikling</i>	12
2.1.3 <i>Kroppshøyde</i>	13
2.1.4 <i>Kroppsmasse</i>	14
2.2 MAKSIMALT OKSYGENOPPTAK (VO_{2MAKS})	16
2.2.1 <i>VO_{2maks} hos 12-åringer</i>	16
2.2.2 <i>Kjønnforskjeller i VO_{2maks} hos 12-åringer</i>	18
2.2.3 <i>VO_{2maks} og utholdenhetstrening hos 12-åringer</i>	18
2.3 HVLKE FAKTORER BESTEMMER VO_{2MAKS} ?	20
2.4 GENERELL HEMATOLOGI	20
2.4.1 <i>Blodceller</i>	20
2.4.2 <i>Hemoglobinkonsentrasjon ([Hb]) hos 12-åringer</i>	22
2.4.3 <i>Hematokritt (Hct%) hos 12-åringer</i>	22
2.5 HEMOGLOBINMASSE (HB-MASSE) OG BLODVOLUM (BV)	22
2.5.1 <i>Hb-masse og BV hos 12-åringer</i>	23
2.5.2 <i>Kjønnforskjeller i Hb-masse og BV hos 12-åringer</i>	23
2.5.3 <i>Hb-masse, BV og utholdenhetstrening hos voksne</i>	24
2.5.4 <i>Hb-masse, BV og utholdenhetstrening hos 12-åringer</i>	27
2.5.5 <i>Sammenheng mellom VO_{2maks}, Hb-masse, BV og [Hb]</i>	28
3. METODE	31
3.7 REKRUTTERING AV FORSØKSPERSONER (FP).....	31

3.8	FORSØKSPERSONENE	31
3.9	EKSPERIMENTELT DESIGN	32
3.10	TIDSPUNKT OG STED FOR MÅLINGENE	32
3.11	TESTPROSEDYRENE OG MÅLINGENE	33
3.11.1	<i>Antropometriske målinger (kroppsvekt, kroppshøyde og kroppssammensetning)</i>	33
3.11.2	<i>Kartlegging av utviklingsstadium</i>	33
3.12	KARTLEGGING AV IDRETTSAKTIVITET OG AKTIVITETSSTATUS	34
3.13	LEGESJEKKEN.....	34
3.13.1	<i>Veneprøvene</i>	34
3.14	MÅLING AV HB-MASSEN	34
3.14.1	<i>Utstyret</i>	35
3.14.2	<i>Prosedyren</i>	35
3.14.3	<i>CO-gassen</i>	36
3.14.4	<i>Utrekninger for HB-masse, BV, RCV og PV</i>	38
3.14.5	<i>Reliabilitet og begrensninger til "The Optimised CO-rebreathing- method"</i>	40
3.15	MÅLING AV DET MAKSIMALE OKSYGENOPPTAK (VO_{2MAKS}).....	40
3.15.1	<i>Utstyret</i>	40
3.15.2	<i>Prosedyren</i>	41
3.16	STATISTIKK.....	42
4.	RESULTAT	43
4.1	ALDER OG ANTROPOMETRISKE DATA	43
4.2	ORGANISERT TRENING	44
4.3	HEMATOLOGISKE DATA	46
4.3.1	<i>Hematokritt og hemoglobinkonsentrasjon</i>	46
4.3.2	<i>Hb-masse, BV, PV og RCV</i>	46
4.4	DET MAKSIMALE OKSYGENOPPTAK (VO_{2MAKS})	48
4.4.1	<i>Sammenheng mellom Hb-masse, kroppsvekt og fettfri masse</i>	50
4.4.2	<i>Sammenheng mellom BV, kroppsvekt og fettfri masse</i>	50
4.4.3	<i>Sammenheng mellom VO_{2maks}, kroppsvekt og fettfri masse</i>	51
4.4.4	<i>Sammenheng mellom VO_{2maks}, [Hb], Hb-masse og BV</i>	53
5.	DISKUSJON	56
5.1	ANTROPOMETRISKE VARIABLER HOS 12-ÅRINGER	58
5.2	HEMOGLOBINMASSE (HB-MASSE).....	58

5.2.1	<i>Hb-masse hos 12-åringer</i>	59
5.2.2	<i>Kjønnsforskjeller i Hb-masse hos barn og unge</i>	60
5.2.3	<i>Effekten av aktivitetsnivå og trening på Hb-masse hos 12-åringer</i>	61
5.2.4	<i>Hematokritt Hct%</i>	62
5.2.5	<i>Hemoglobinkonsentrasjon [Hb]</i>	63
5.3	BLODVOLUM (BV)	64
5.3.1	<i>BV hos 12-åringer</i>	64
5.3.2	<i>Kjønnsforskjeller i BV</i>	65
5.3.3	<i>Effekten av aktivitetsnivå og trening på BV hos 12-åringer</i>	65
5.4	DET MAKSIMALE OKSYGENOPPTAK (VO_{2MAKS}).....	66
5.5	VO_{2MAKS} HOS 12-ÅRINGER	66
5.5.1	<i>Kjønnsforskjeller i Vo_{2maks}</i>	66
5.5.2	<i>Effekt av aktivitetsnivå og trening på Vo_{2maks} hos 12-åringer</i>	67
5.6	KORRELASJONSANALYSER	70
5.7	FORSKNING PÅ BARN OG UNGE. ETISK RIKTIG?	72
6.	KONKLUSJON	74
7.	REFERANSER	75
8.	TABELLOVERSIKT	80
9.	FIGUROVERSIKT	81
10.	VEDLEGG	83

Forkortelser

Forkortelse	Betegnelse	Benevning
Hb-masse	Hemoglobinmasse	g
[Hb]	Hemoglobinkonsentrasjon	$\text{g} \cdot \text{dl}^{-1}$
Hct	Hematokritt	%
O ₂	Oksygen	-
Hb	Hemoglobin	-
VO _{2maks}	Maksimalt oksygenopptak	$\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$ og $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
BV	Blodvolum	ml og $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1}$
PV	Plasmavolum	ml og $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1}$
RCV	Rødt celle volum	ml og $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1}$
HF	Hjertefrekvens	$\text{slag} \cdot \text{min}^{-1}$
SV	Slagvolum	ml
MV	Minuttvolum	ml
HbCO	Karboksihemoglobin	%
EPO	Erytropoetin	-

Forord

Det er litt rart at to år som masterstudent på NIH over, og at jeg nå har levert min masteroppgave. Tiden har gått veldig fort, og det skyldes mye at jeg fort ble koblet på et prosjekt jeg virkelig har syntet det har vært spennende å være en del av.

Denne masteroppgaven hadde ikke blitt til uten veldig god hjelp fra mine to veiledere Hege Wilson Landgraff og Jostein Hallén. Takk Hege for opplæring på labben, og for tiden sammen da vi testet 12-åringene, både på NIH og ute på barneskolene, for raske tilbakemeldinger og at du alltid har tid. Takk Jostein for at du under hele prosessen har satt av mye tid til veiledning, delt av din kunnskap, gitt raske og kontraktive tilbakemeldinger, og for at du ga meg muligheten til å reise på idrettskonferansen i Portugal. Så igjen, tusen takk til dere begge to, og for at dere alltid er så positive.

Videre vil jeg takke Hege Nymo Østgaard for at du tok blodprøver av 12-åringene, Svein Leirstein og Håvard Myklebust for at dere målte 12-åringenes VO_{2maks} og Bjarne Rud for hjelp til å både pakking og opprigging av testutstyr. Også takk til medisinstudent Stian Hallén for at du var med oss både på NIH og barneskolen for å ta blodprøver av barna.

Alle 12-åringene som deltok frivillig i prosjektet fortjener en stort takk. Spesielt takk til lærerne ved 7.trinn på Tårnåsen barneskole. Samtidig vil jeg takke HiSF for samarbeidet, og at dere var behjelpelig med rekrutteringsprosessen av skolebarna ved Kvåle barneskole.

Til alle masterstudenter ved SFP 2012-2014, takk for en fin studietid sammen, både faglig og sosialt, og for oppmuntrende og positiv innstilling ved innspurt av levering.

Sist vil jeg takke gode venner og familie utenfor NIH, for at dere viste mye god støtte underveis og ved sluttspurten av oppgaven, noe som betydde veldig mye for meg.

Anette Aaeng, Mai 2014

1. Innledning

1.1 Bakgrunn for studien

Barn og unges fysiske yteevne påvirkes av kroppsstørrelse og kroppslig modenhet (Armstrong & Welsman, 1997; Meen, 2000). Det forekommer derfor store variasjoner i fysiske prestasjoner underveis i barndommen fra barn til barn, ettersom det er stor variasjon i vekst og modningshastighet hos barn. Fysiologiske variabler, deriblant maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}) bør derfor relateres til kroppsvekt. I fysisk sammenheng er det lite kjønnsforskjell mellom prepubertalebarn, og veksthastigheten for kroppsvekt og kroppshøyde er nærmest identisk for gutter og jenter (Meen, 2000). Det er i løpet av puberteten de største fysiologiske forandringer hos barn forekommer (Armstrong & Welsman, 1997; Hansen & Klausen, 2004). Når denne overgangen skjer varierer fra barn til barn, og mellom gutter og jenter, men normalt kommer jenter i puberteten i alderen mellom 10 og 12 år, mens gutter to år senere. Jenter får i denne perioden en større akkumulering av fettvev enn gutter, som også resulterer i en større kroppsvekt hos jentene (Meen, 2000).

Fysisk prestasjon i utholdenhetsidretter har god sammenheng med VO_{2maks} (Heinicke et al., 2001). Oksygentransporten til arbeidende muskler er en viktig faktor for størrelsen på VO_{2maks} . Oksygen blir i hovedsak transportert av hemoglobin (Hb) i blodet, som derfor fører til at størrelsen på hemoglobinmassen (Hb-massen) er en avgjørende faktor for størrelsen på VO_{2maks} (Eastwood, Bourdon, Withers, & Gore, 2009).

Det er godt dokumentert at voksne utholdenhetsutøvere på elitenivå har høyere Hb-masse relatert til kroppsvekt sammenlignet med normalt trente og utrente (Steiner & Wehrin, 2011b). Samtidig er det uklart om deres høye Hb-masse er effekt av mange års utholdenhets trening, eller om eliteutøvere er genetisk predisponert for utholdenhetsidrett (Steiner & Wehrin, 2011b). Det er vist at Hb-massen og VO_{2maks} har svært høy korrelasjon med kroppsvekt, og korrelasjonen mellom Hb-masse og VO_{2maks} viser også sterk korrelasjon både i absolutte verdier, og kontrollert for kroppsvekt (Gore, Hahn, Burge, & Telford, 1997; Heinicke et al., 2001; Schmidt & Prommer, 2008).

Det er til nå dårlig dokumentasjon på disse data hos barn og unge. Så vidt vi vet foreligger det få tidligere studier på prepubertale barns Hb-masse og blodvolum (BV), men studiene har deltagelse av få forsøkspersoner. Til nå er Åstrand (1952) den mest sentrale studien, der det rapporteres normalverdier fra målinger av Hb-masse, BV og VO_{2maks} hos gutter og jenter i kronologiske aldersgrupper fra 7-30 år, men det er få forsøkspersoner per gruppe. En nyere studie viser at det forekommer signifikante forskjeller i Hb-masse og VO_{2maks} mellom syklister på elitenivå og normale barn på samme alder, men det var ingen økning i Hb-massen over en periode på ett år for begge gruppene (Eastwood et al., 2009). Ettersom studien hadde stor spredning i alder (11-15 år), er det vanskelig å vite hvor mye av deres funn som skyldes vekst og utvikling, og hvor mye som skyldes adaptasjon fra utholdenhetstrening.

Denne masteroppgaven baserer seg på tverrsnittsdata fra starten på en longitudinell studie. Hensikt med masteroppgaven var å kartlegge VO_{2maks} og Hb-masse, BV, hematokritt (Hct), hemoglobinkonsentrasjon ([Hb]), rødt cellevolum (RCV) og plasmavolum (PV) hos en gruppe 12 år gamle langrennsutøvere og en kontrollgruppe på samme alder rekruttert fra skoleklasser. Dernest å undersøke sammenhenger mellom kroppsmasse, VO_{2maks} , Hb-masse, BV, og [Hb] hos de samme gruppene. Videre ble det sett på kjønnsforskjeller innad og mellom langrennsgruppen og kontrollgruppen.

1.2 Problemstillinger

- Er det forskjell i VO_{2maks} og Hb-masse, BV, PV og RCV hos en gruppe 12-åring rekruttert fra langrennsklubber og en gruppe rekruttert fra skoleklasser på samme alder?
- Er det forskjell mellom gutter og jenters VO_{2maks} , Hb-masse, BV, PV og RCV allerede ved 12 års alder?
- Hva er sammenhengen mellom kroppsmasse, VO_{2maks} Hb-masse og BV hos 12-åring rekruttert fra langrennsklubber og en gruppe rekruttert fra skoleklasser på samme alder, og er det forskjell mellom gruppene?

2. Teori

2.1 Vekts og utvikling hos barn og unge

2.1.1 Biologisk alder

Variasjon i biologisk utvikling er en faktor som påvirker vekst, prestasjon og fysisk form, og er en viktig kovariant for barn og unges fysiske prestasjoner (Malina & Koziel, 2014). Kronologisk alder følger kalenderen, mens biologisk alder blir definert ut i fra status på barn og unges vekst- og pubertetsutvikling, og hvilke pubertetstegn som inntreffer ved kronologisk alder (Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004).

Modningen i skjelettalder, og status på utvikling av kjønnsorganer, kjønnsår og brystutvikling er med å anslå barns utviklingsstatus og biologisk alder (Malina & Koziel, 2014). To andre kjente indikatorer på pubertetsstatus og modningshastigheten er alderen ved "peak height velocity" (PHV), og alderen når jenta starter å menstruere (menarche). Alderen ved første menarche er individuell. Alderen ved PHV krever flere målinger av et større utvalg over en lengre periode, og er ofte gjort i longitudinelle studier, mens alderen ved første menarche kartlegges ved hjelp av spørreskjema eller samtale med jenta (Malina & Koziel, 2014).

2.1.2 Pubertetsutvikling

Gjennom barndommen er hormonene FHS (follikkelsesstimulerende hormon) og LH (luteiniserende hormon) normalt stabilt, og i lav konsentrasjon i kroppen.

Konsentrasjonen av hormonene er nærmest lik hos gutter og jenter gjennom barndommen. Senere i utviklingen, i skille mellom barn og unge, starter hypothalamus å stimulere til utskillelse av FHS og LH via fremre del av hypofysen (Armstrong & Welsman, 1997). Utskillelsen starter ved tidligere alder hos jenter enn hos gutter, som gjenspeiles i at jenter er ved yngre alder enn gutter når de kommer i puberteten.

Hormonene FHS og LH utvikler menarche, menstruasjonssyklusen og stimulerer hormonet østrogenproduksjon hos jenter. Østrogen stimulerer til vekts og utvikling av jenters kjønnskarakteristikk, samtidig som hormonet har effekt på muskelvekst, akkumulering av fettvev og skjelettutvikling (Armstrong & Welsman, 1997). Hos gutter stimulerer hormonene FHS og LH til produksjon og sekresjon av testosteron (Armstrong & Welsman, 1997). Testosteron er sentralt for utvikling av kjønnsorganer, stemmeskifte, og kroppsbehåring som kommer i pubertetsårene, samtidig er hormonet vesentlig med på å øke gutters muskelmassen (Armstrong &

Welsman, 1997).

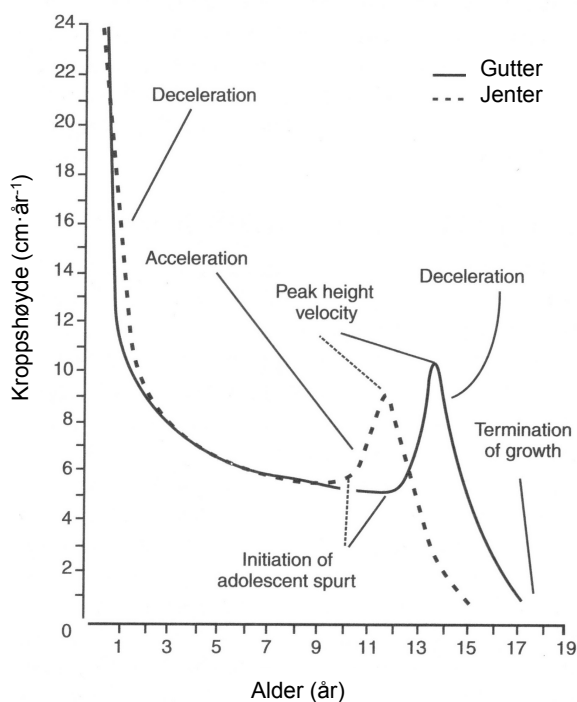
Gutter som har samme kronologisk alder, men har kommet lengre i pubertetsutviklingen presterer i gjennomsnitt bedre i styrke, hurtighet, aerobt og anaerobt arbeid (Malina, Eisenmann, Cumming, Ribeiro, & Aroso, 2004). Det er i alderen mellom 13 og 16 år normalt å se forskjell i fysisk prestasjon hos gutter som er ulikt i pubertetsutviklingen, men ved samme kronologisk alder (Malina, Eisenmann, et al., 2004). Om VO_{2maks} blir relatert til kroppsstørrelsen (kroppsvekt og kroppshøyde), kan forskjellen i de gutter som er tidlig og de gutter som er sent i pubertetsutviklingen bli minimert. I fysiske prestasjoner som muskulær styrke og spenst, ses det ikke store forskjeller mellom tidlig og sent utviklet gutter. Derimot i fysiske prestasjoner der hurtighet og agility er viktige faktorer for god prestasjon forekommer det større forskjeller mellom tidlig og sent utviklet gutter da kroppsstørrelse er av en viktigere betydning (Malina, Eisenmann, et al., 2004). Selve modnings hastigheten varierer i tid, tempo, og varierer fra individ til individ (Philippaerts et al., 2006). På grunn av disse variasjonene, er det normalt å benytte PHV heller enn kronologisk alder for å kartlegge forandringer i kroppsstørrelse, kroppssammensetning og fysisk prestasjon (Philippaerts et al., 2006). Tverrsnittsstudier har vist at tidlig utviklet gutter fra midten og sent i ungdomsårene tenderer til å ha større suksess i fotball enn sent utviklet gutter på samme alder. Det er også vist at fotballag for 14 år gamle gutter og oppover har høyere andel av gutter som tidlig har kommet lengre i utviklingen av skjelett og kjønnskarakteristikk (Philippaerts et al., 2006).

Underveis i puberteten er det sett at VO_{2maks} øker signifikant hos gutter som systematisk trener utholdenhet på et høyt nivå i forhold til utrente gutter på samme alder. Det er sett at gutter responderer best på utholdenhetstreningen ved PHV, og at VO_{2maks} har høyest økning som følge av utholdenhetstrening ved PHV (Ingjer, 1992; Malina & Koziel, 2014). Etter PHV er det normalt at VO_{2maks} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) når et platå, og holder seg stabil gjennom puberteten om utholdenhetstrening opprettholdes på samme nivå (Ingjer, 1992).

2.1.3 Kroppshøyde

Frem til ca. 10 års alder ser kroppshøyden ut til å ha lik økning per år gjennomsnittlig for jenter og gutter (figur 2.1). Ved ca. 10 års alder begynner jenter å vokse litt

raskere enn gutter. Gutter begynner først å vokse litt raskere ved 12-13 års alder. Jenter ser ut til å være ferdig utvokst ved 15 års alderen, mens gutter ved 17-18 års alder (Armstrong & Welsman, 1997). Jenter når PHV omtrent ved 12 års alder, mens gutter normalt ved 14 års alder (Armstrong & Welsman, 1997; Bell, 1993; Malina, Bouchard, et al., 2004; Malina, Eisenmann, et al., 2004; Philippaerts et al., 2006).

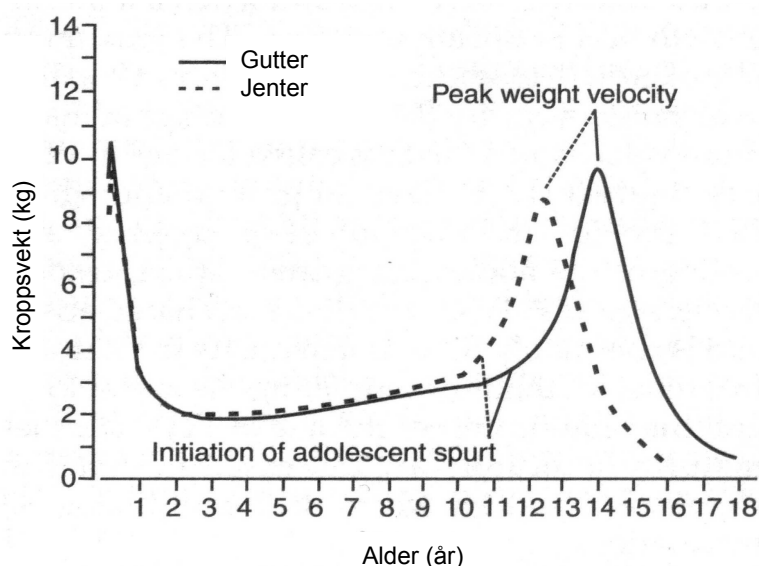


Figur 2.1: Typisk hastighetskurve for kroppshøyde hos gutter og jenter. Figuren er hentet fra Malina, Bouchard, et al. (2004).

2.1.4 Kroppsmasse

Gjennom hele barndommen har barn en svak, men konstant økning i kroppsvekt. Hastigheten på økning i kroppsvekt er størst sent i ungdomsårene (Armstrong & Welsman, 1997). Når det gjelder utviklingen av kroppsmasse, ligger jenter rett over gutter hele barndommen, men ved ca. 10 års alder begynner jenter å øke kroppsvekten mer enn gutter. Gutter begynner først å øke kroppsvekten ved 13-14 års alder. Peak weight velocity (PWV) forekommer normalt for gutter ved 14 års alder, mens hos jenter ved 12 års alder (figur 2.2) (Tanner, Whitehouse, & Takaishi, 1966). Økningen i kroppsvekt skyldes for gutter stort sett økning i skjelett- og muskelmasse, samtidig som en reduksjon i fettmasse, mens for jenter skyldes økning i kroppsvekt hovedsakelig en økning i fettmasse (Armstrong & McManus, 2011). Ved fødselen er fettprosenten rundt 10-12% hos både gutter og jenter (Armstrong & Welsman, 1997).

Det er små kjønnsforskjeller i fettmasse og fettprosent hos barn, men jenter har hele tiden litt mer fettvev på kroppen enn gutter (Meen, 2000). Når puberteten inntreier, blir denne forskjellen vesentlig større, og jenter får mer fett på kroppen enn gutter. Fettvevet legger seg for jentene ved glutealområdet, på lårene og i brystene (Armstrong & McManus, 2011). Gutter går i samme periode ned i fettmasse, øker sin fettfri masse og sin muskelmasse. Forskjellen i fettmasse og fettprosent som oppstår skyldes gutter og jenters ulik hormonelle utvikling i starten av pubertetsårene. For gutter starter denne utviklingen ved ca. 12-14 års alderen, mens hos jenter ved ca. 10-12 års alderen (Rowland, 1996). I slutten av pubertetsårene har jenter en fettprosent på 20-30%, mens gutter har en lavere fettprosent på omkring 16% (Meen, 2000; Rowland, 1996). Det er sett at jenter som driver med idrett og aktivitet har lavere fettprosent enn ikke-aktive jenter på samme alder, men det varierer fra idrett til idrett og fra jente til jente (Armstrong & McManus, 2011). Hos dansere, langdistanseløpere og langrennsløpere i alderen 10-17 år er det rapportert fettprosent så lav som 21-25%, mens høyere verdier er rapportert hos svømmere, fotballspillere, og ved andre ballidretter (Armstrong & McManus, 2011).



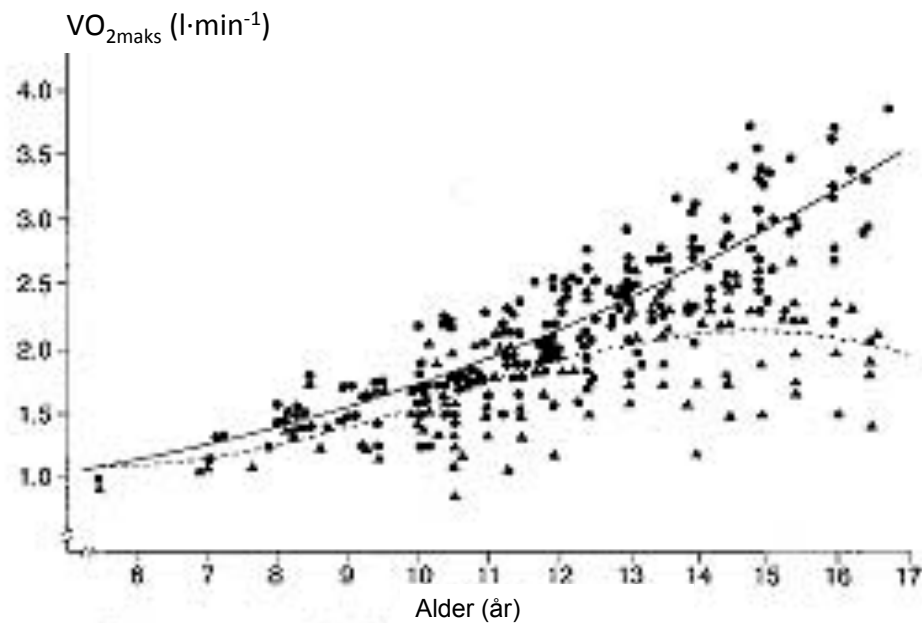
Figur 2.2: Typisk hastighetskurve for kroppsvekt hos gutter og jenter. Figuren er hentet fra Malina, Bouchard, et al. (2004).

2.2 Maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks})

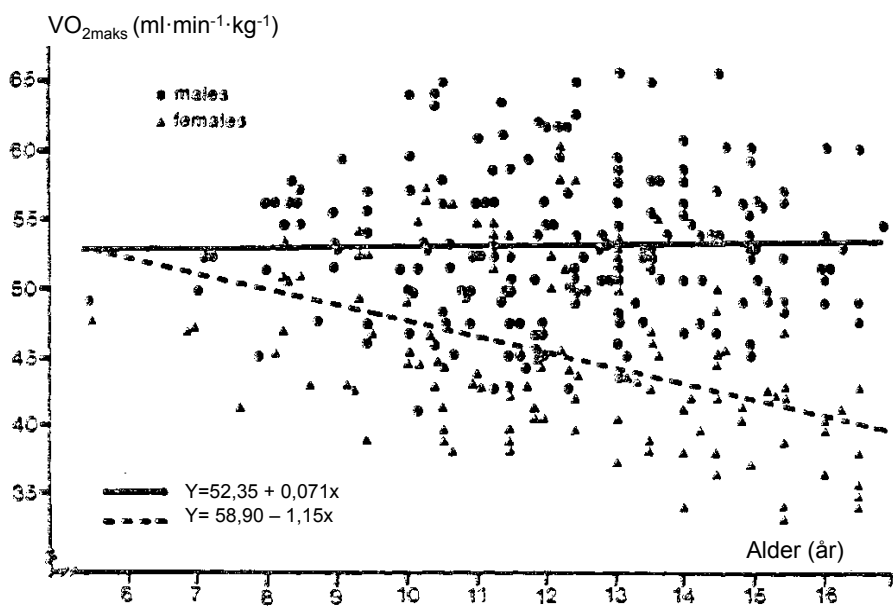
Mengden oksygen som en maksimalt kan forbruke under et anstrengende arbeid bestemmes av VO_{2maks} (Hallén, 2002). VO_{2maks} har vist å være den beste indikatoren på barn og unges fysiske prestasjon (Armstrong & Welsman, 2001), og er i stor grad avhengig av alder, kjønn, kroppssammensetning, aktivitetsnivå, arv og miljø (McArdle, Katch, & Katch, 2001).

2.2.1 VO_{2maks} hos 12-åring

VO_{2maks} har blitt testet hos barn og unge helt ned i fire års alderen både ved longitudinelle studier, og ved tverrsnittstudier (Armstrong & Welsman, 1997; Krahenbuhl, Skinner, & Kohrt, 1985). Åstrand (1952) hevder det først er når barn er over åtte år at VO_{2maks} -verdiene er av tilfredsstillende validitet, og derfor mer benyttet i litteraturen. Barns VO_{2maks} ($l \cdot \text{min}^{-1}$) øker med kronologisk alder (figur 2.3) (Meen, 2000). Når VO_{2maks} blir relatert til kroppsvekt, forandres det bilde som ses ved absolutte verdier, og verdiene blir enklere å sammenligne mellom barn, ettersom kroppsvekt påvirker VO_{2maks} (figur 2.4) (Armstrong & Welsman, 1997; Meen, 2000). Når det gjelder de fysiologiske forandringene som er med på å påvirke barn og unges VO_{2maks} , kommer disse i pubertetsårene. Resultater fra studier blir både rapportert i absoluttverdier, men også relatert til ulike antropometriske variabler som blant annet kroppsvekt, fettfri masse, kroppshøyde og kronologisk alder (Krahenbuhl et al., 1985). Åstrand (1952) testet VO_{2maks} hos normale personer fra 7 til 30 år. Funnene i studien viser at VO_{2maks} relatert til kroppsvekt øker fra barn til ungdom, men at det etter ungdomsårene er en tendens til nedgang, og denne nedgangen er mer markant, og starter tidligere hos jenter enn hos gutter. Ved 4 til 7 års alderen hadde barna en gjennomsnittlig VO_{2maks} på $48,5 (1,5) \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (Åstrand, 1952). 12-13 åringene i studien til Åstrand (1952) hadde en gjennomsnittlig VO_{2maks} på $53,1 (0,7) \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, mens 30-åringene hadde en VO_{2maks} på $53,5 (0,6) \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (Åstrand, 1952). Fra 25 års alderen er det sett at VO_{2maks} starter å synke med ca. 1% hvert år. Selv om trening vil være med på å opprettholde VO_{2maks} , vil det allikevel være en viss nedgang hvert år (Åstrand, Rodahl, Dahl, & Strømme, 2003).



Figur 2.3: Sammenhengen mellom absolutt VO_{maks} og kronologisk alder. Datamaterialet er hentet fra en metaanalyse av 66 undersøkelser og representerer 5793 gutter (lukket linje) og 3508 jenter (stiplet linje) der alle var utrente, friske barn. Figuren er hentet fra (Krahenbuhl et al., 1985).



Figur 2.4: Sammenhengen mellom VO_{maks} relatert til kroppsvekt og kronologisk alder. Datamaterialet er hentet fra en metaanalyse av 66 undersøkelser og representerer 5793 gutter (lukket linje) og 3508 jenter (stiplet linje) der alle var utrente, friske barn. Figuren er hentet fra (Krahenbuhl et al., 1985).

2.2.2 Kjønnforskjeller i VO_{2maks} hos 12-åringer

Før puberteten er det mindre forskjell mellom kjønnene, og gutter og jenter følger den samme utvikling i VO_{2maks} ($l \cdot \text{min}^{-1}$), men jenter har hele tiden litt lavere VO_{2maks} enn gutter (Meen, 2000; Tanner, 1989). Før puberteten har gutter og jenter normalt en VO_{2maks} på henholdsvis $1,23-3,06 l \cdot \text{min}^{-1}$ og $1,25-2,24 l \cdot \text{min}^{-1}$ (figur 2.3) (Armstrong & Welsman, 1997). Ved starten av puberteten, starter en sterk økning i VO_{2maks} ($l \cdot \text{min}^{-1}$) for gutter, og denne økningen fortsetter frem til 18-20 års alderen, da VO_{2maks} ($l \cdot \text{min}^{-1}$) gradvis begynner å synke (Meen, 2000; Åstrand et al., 2003). For jenter starter det en gradvis nedgang i VO_{2maks} ($l \cdot \text{min}^{-1}$) allerede i 14-16 års alderen. (Armstrong & McManus, 2011). Dette resulterer i et enda større skille mellom gutter og jenters VO_{2maks} ($l \cdot \text{min}^{-1}$).

Det er vist at gutters VO_{2maks} relatert til kroppsvekt er signifikant høyere enn jenters. VO_{2maks} relatert til kroppsvekt er i barndommen, og gjennom puberteten relativt stabil for gutter, mens det er vist at jenters VO_{2maks} avtar gjennom den samme periode (figur 2.4) (Krahenbuhl et al., 1985).

2.2.3 VO_{2maks} og utholdenhetstrening hos 12-åringer

Det er godt dokumentert at utholdenhetstrening fører til økning av VO_{2maks} hos voksne (Hallén, 2002; McArdle et al., 2001). I hvor stor grad VO_{2maks} øker som følge av trening er individuelt, men det er normalt sett at utrente voksne kan øke sin VO_{2maks} med 15-25% etter en treningsperiode (Eriksson, 1972). Derimot er det usikkert i hvor stor grad utholdenhetstrening påvirker VO_{2maks} i ung alder (Armstrong & Welsman, 2002; Baquet, van Praagh, & Berthoin, 2003; Rowland, 2005). Det er også usikkert hvor vidt det er selve treningseffekten som øker VO_{2maks} eller om genetisk predisposisjon og seleksjon til idrett kan være årsaken (Baxter-Jones, Helms, Maffulli, Baines-Preece, & Preece, 1995).

I tidligere studier som har deltagelse av både en trent gruppe og en utrent gruppe, rapporteres det signifikante forskjeller i VO_{2maks} hos barn (Baltaci & Ergun, 1997; Eastwood et al., 2009; Ingjer, 1992). I en oversiktsartikkel utarbeidet av Baquet et al. (2003), der 22 studier ble inkludert, ble det gjennomsnittlig sett at treningseffekt hos barn og unge var på 8-10%. Samtidig er det også sett at barn og unge ikke kan øke VO_{2maks} som følge av utholdenhetstrening (Armstrong & Welsman, 1997).

Forskjellene i VO_{2maks} mellom utrente og trente barn og unge variere med barnas treningsbakgrunn, type trening og treningsintensiteten (Baxter-Jones et al., 1995). Det er vist at noen utholdenhetstrente barn på høyt nivå kan ha 50% høyere VO_{2maks} enn barn på samme alder som er mindre aktive (Armstrong & McManus, 2011). Normalt forekommer dette ved utholdenhetsidretter som sykling, langrenn, roing, svømming og løping (Armstrong & McManus, 2011).

Studien til Eastwood et al. (2009) rapporterte en signifikant økning (11,3%) i VO_{2maks} etter en periode på 12 måneder, fra 57,8 (7,6) til 64,2 (8,6) $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ hos syklistene (Eastwood et al., 2009). I treningsstudien til Eriksson (1972) ble det funnet en økning i VO_{2maks} på 14% hos utrente 11-13-åringer etter en periode på 4 måneder. Ingjer (1992) viste at unge langrennsutøvere på elitenivå hadde en økning i på 35% i VO_{2maks} over en periode på 6 til 9 år, der studien hadde start ved pubertetsalder for langrennsutøverne. Gjennomsnittlig VO_{2maks} var ved 14 års alderen på 76,3 (2,7) $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, og ved 20 års alderen hadde VO_{2maks} økt til 82,3 (3,6) $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (Ingjer, 1992). Det var fra 14-15 års alderen det ble sett størst økningen i VO_{2maks} .

Det kan derfor se ut til at det forekommer en økning i VO_{2maks} hos barn og unge, men ikke i like stor grad som det forekommer hos voksne (Baquet et al., 2003). Samtidig ser det ut til at barn i prepubertal alder ikke har mulighet til å øke VO_{2maks} i like stor grad som barn etter puberteten. Det kan henge sammen med at den største økningen i VO_{2maks} normalt ses ved PHV, og PHV er skille mellom barnets prepubertale og pubertale periode (Malina & Koziel, 2014). Det kan derfor tyde på at det kan forekomme en modningsterskel som gjør at barn ikke har mulighet til å øke VO_{2maks} på samme måte som det blir sett at voksne kan øke sin VO_{2maks} (Malina, Bouchard, et al., 2004).

2.3 Hvilke faktorer bestemmer VO_{2maks} ?

Faktorer som bestemmer VO_{2maks} kan forklares ved Ficks ligning:

$$VO_{2maks} = \text{Minuttvolum}_{maks} \cdot a\text{-}vO_2 \text{ differanse}_{maks},$$

der minuttvolum (MV) er produktet av slagvolumet (SV) og hjertefrekvensen (HF), og er mengden blod hjertet klarer å pumpe hvert minutt. A- vO_2 differansen er forskjellen mellom oksygeninnholdet i arterie- og veneblodet (McArdle et al., 2001).

VO_{2maks} bestemmes i hovedsak av hvor mye oksygen sirkulasjonssystemet kan levere til kroppen, som igjen bestemmes av MV og [Hb] (McArdle et al., 2001). Hb-massen har innvirkning på to forhold i Ficks ligning. Den ene innvirkningen er at Hb-massen påvirker blodets kapasitet for transport av oksygen ved å påvirke [Hb] (Steiner & Wehrlin, 2011b). Endring i Hb-massen henger som regel sammen med tilsvarende endring i BV. Den andre innvirkningen er at størrelsen på BV påvirker den venøse tilbakestrømningen, som igjen påvirker SV og MV (Heinicke et al., 2001).

Når den venøse tilbakestrømningen økes, vil dette gjøre at ventriklene i endediastolen fylles raskere og som derfor vil føre til en forhøyning av det endediastoliske volumet. Frank- Starlings lov forteller oss at en økning i det endediastoliske volumet gjør at ventrikkelveggene i hjertet blir satt på strekk (Levine, 1993). Når hjertet blir satt på strekk, øker kalsiumsensitiviteten for myofibrillene, som vil øke aktin- og myosinoverlappingen. Dette vil forårsake at hjertemuskulaturen vil kunne trekke seg samme raskere, til tross for en større mengde blod i hjertet (Levine, 1993; Åstrand et al., 2003). Det er derfor sett en høy til svært høy sammenheng mellom VO_{2maks} og Hb-massen, samt mellom VO_{2maks} og BV (Heinicke et al., 2001).

2.4 Generell hematologi

2.4.1 Blodceller

Blodet består i hovedsak av komponentene plasma og blodceller (Sand, Sjaastad, & Haug, 2001; Widmair, Raff, & Strang, 2011). Plasma er en væske bestående av en høy konsentrasjon med proteiner, næringsstoffer, avfallsstoffer og andre molekyler som blir fraktet mellom organene (Widmair et al., 2011). Det er tre hovedtyper blodceller. Disse er erytrocytter (røde blodceller), levkocytter (hvite blodceller) og

trombocytter (blodplater), og disse tre blodcelletypene utgjør til sammen 40-45% av selve blodet (Sand et al., 2001). Mer enn 99% av disse blodcellene er erytrocytter, og hovedoppgaven til erytrocyttene er å frakte oksygen fra lungene og ut til organismene. Erytrocyttvolumet blir også kalt for hematokritt, og er den prosentvise andelen av blodet som erytrocyttvolumet utgjør (Widmair et al., 2011). Det er en viss kjønnsforskjell i denne prosentvise andelen, henholdsvis 45% for menn og 42% for kvinner (Widmair et al., 2011).

Hemoglobinmolekylet (Hb) er et protein, som binder oksygen, og er ansvarlig for blodets oksygentransport fra lungene og ut til organismene, frakten av karbondioksid (CO₂) ut av cellene, samt lagring av oksygen (Sand et al., 2001; Widmair et al., 2011). Nesten alt av oksygenet som blir transportert i blodet er bundet til Hb-molekylet (Sand et al., 2001). Hb-molekylet består av fire polypeptidkjeder og fire hemgrupper. På hver av disse fire hemgruppene er det festet et jernatom (Fe²⁺) som binder selve oksygenmolekylet (Sand et al., 2001) (Widmair et al., 2011). Kroppen har et betydelig lager av jern, hovedsakelig i leveren, bundet opp til proteinet ferritin (Widmair et al., 2011). Resirkuleringen av jern foregår på en effektiv måte. Når gamle erytrocytter blir ødelagt, hovedsakelig i milten og leveren, blir jernet frigjort i plasma, og bundet til transferrin, som er et jerntransporterende protein (Widmair et al., 2011).

Produksjonen av erytrocytter, kalt erytropoiese, styres av glykogenhormonet erytropoetin (EPO) som produseres i nyrene (Durussel et al., 2013). Denne produksjonen blir styrt av oksygeninnholdet i blodet. (Durussel et al., 2013). EPO sirkulerer med blodet, og stimulerer beinmargen til økt erytrocyttproduksjon (Prommer, Sottas, Schoch, Schumacher, & Schmidt, 2008; Sand et al., 2001). Produksjonen av erytrocytter starter ut fra en stamcelle i beinmargen, som er felles for alle blodceller. Etter gjentatt proliferasjon og differensiering har stamcellen gått fra å være en generell blodcelle til å bli en erytroblast som blir til en reticulocyt, og som tilslutt blir til en erytrocytt i blodet (Sand et al., 2001). Reticulocytene, som er umodne erytrocytter har noen ribosomer som inneholder RNA, som under differensieringen produserer Hb. I motsetning mangler de modne erytrocyttene både cellekjerne, mitokondrier og andre celleorganeller, og er derfor nesten bare små "vesker" fylt med Hb etter differensieringen (Sand et al., 2001). Dette fører til at erytrocyttene ikke har så lang levetid siden de ikke kan lege sine celledskader som kan

oppstå underveis (Sand et al., 2001). Normalt er deres levetid på ca. 120 dager, og siden antallet erythrocytter i blodet er nærliggende konstant, må det nydannes nye erythrocytter kontinuerlig (Sand et al., 2001).

2.4.2 Hemoglobinkonsentrasjon ([Hb]) hos 12-åringer

Det er mellom 120-160 gram Hb i en liter blod, og det er denne mengden som kalles [Hb]. Ett gram Hb kan binde 1,39 ml oksygen (Schmidt & Prommer, 2005) og dette tallet blir kalt Hüfner's tall (Heinicke et al., 2001). Referanseområdet for voksne menn er 13,4-17,0 g·dl¹ blod, og for kvinner 11,7-15,3 g·dl¹ blod. Før puberteten er det ikke signifikante forskjeller mellom gutter og jenter, og [Hb] har en gradvis økning fra 12,6 g·dl¹ blod ved 4 års alderen til 13,0 g·dl¹ blod ved 12 års alderen. Det er under puberteten den største økningen inntreffer, da [Hb] øker for gutter opp mot 16,0 g·dl¹ blod, og for jenter opp mot 14,0 g·dl¹ blod. Hos unge gutter og jenter ligger normalt nivået for [Hb] mellom 11,5-15,0 g·dl¹ (Fürst, 2013).

2.4.3 Hematokritt (Hct%) hos 12-åringer

Ved spedbarnsalder er Hct på 50%. Så fort barnet begynner å vokse synker Hct, og ved tre måneders alder er Hct nede på 30% (Malina, Bouchard, et al., 2004). Videre øker Hct gjennom barnets utvikling. Referanseverdiene for Hct er for gutter og jenter i 7 til 13 års alder, henholdsvis 34-46% og 34-45% (Fürst, 2013). Ved puberteten øker Hct fortsatt hos gutter, men begynner å flate ut for jenter (Malina, Bouchard, et al., 2004). Den største kjønnsforskjellen forekommer ved PHV, og når den seksuelle modningen starter. Det er derfor normalt å forklare de kjønnsforskjeller som ses ved Hct til endringer i kroppsmasse da gutter øker sin muskelmasse, og jenter får en større økning i fettmasse. Jenter som har blitt pubertale kan også få redusert Hct som følge av blodtap gjennom menstruasjonen (Malina, Bouchard, et al., 2004).

2.5 Hemoglobinmasse (Hb-masse) og blodvolum (BV)

Mange tidligere studier har testet voksnes Hb-masse og BV, mens tidligere studier på barn er det få av. De tidligere studier som er gjennomført med deltagelse av barn, har deltagelse av barn med stor spredning i alder, eller relativt lite antall forsøkspersoner (Eastwood et al., 2009; Åstrand, 1952). Hb-masse og BV-verdier hos barn og unge er derfor ikke godt dokumentert.

2.5.1 Hb-masse og BV hos 12-åring

Tidligere studier viser at utrente voksne normalt har Hb-masse på $11,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 20-25% lavere enn hos voksne som er godt trente (Heinicke et al., 2001). BV er normalt på $75\text{-}80 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ hos normale voksne (Heinicke et al., 2001), og normalt har en voksen person som veier mellom 70-80 kg et BV på 5 liter (Malina, Bouchard, et al., 2004).

Både Hb-masse og BV øker lineært med alder og kroppsvekt frem til ca. 22 års alder for gutter, og frem til 20 års alder for jenter (Åstrand, 1952). Det er også vist at BV ligger ved samme verdi fra spedbarnsalder og til voksen alder, og normale barn og voksne har et BV på $75\text{-}80 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Malina, Bouchard, et al., 2004). Åstrand (1952) fant at Hb-masse for normale 12-13-åring gjennomsnittlig var på $8,3 (0,5) \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, og at det var høyere verdier enn hva 10-12 åringene hadde, og lavere enn hva 13-14 åringene. BV var på $60,5 (2,4) \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ for 12-13 åringene, og fulgte den samme utviklingen som ble sett ved Hb-massen (Åstrand, 1952).

2.5.2 Kjønnforskjeller i Hb-masse og BV hos 12-åring

Det største og eneste studiet som har målt Hb-masse og BV hos barn og unge ved ulike aldre er studien til Åstrand (1952). Studien kan derfor forklare hvordan Hb-masse og BV forandres med kronologisk alder. Åstrand (1952) viste at økningen i Hb-masse og BV er lik for gutter og jenter frem til 12 års alderen, men etter dette får jenter en reduksjon i økningen som vedvarer gjennom hele puberteten, mens gutter øker Hb-masse og BV gjennom hele puberteten. Underveis i puberteten ble det sett en kjønnforskjell på 20%, og alt ved 14-18 års alder øker skillet til 28%, for så å igjen øke til 32% ved 18 års alder og opp mot 30 års alder (Åstrand, 1952).

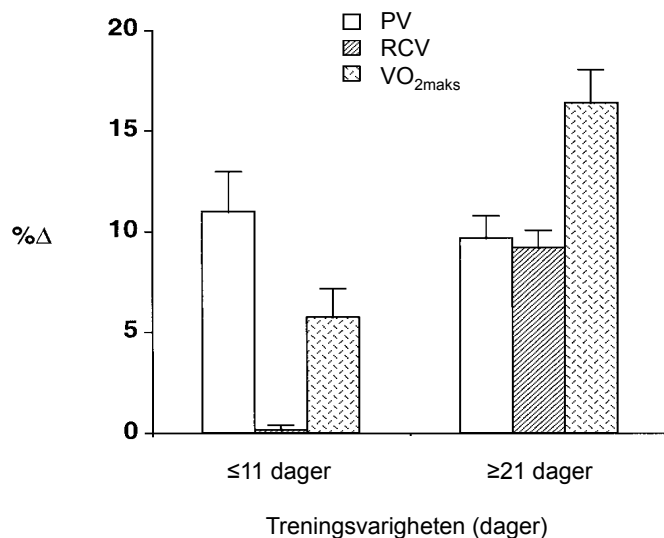
Gutter får altså en økning i både Hb-masse og BV underveis i puberteten, mens jenter får en reduksjon. Den store økningen i Hb-masse må ses i sammenheng med en økning i kroppsvekt i samme periode for gutter, mens det for jenter henger sammen med økning i kroppsfett (Baxter-Jones et al., 1995; Rowland, 2005; Åstrand, 1952). Gutter øker også [Hb] i større grad enn jentene i pubertetsperioden. En økning i [Hb] resulterer i en større økning i PV, som igjen forårsaker en økning i BV, og det forekommer derfor en større kjønnforskjell i BV fra og med puberteten (Malina, Bouchard, et al., 2004).

Da det er få studier som har skilt prepubertale gutter og jenter, foreligger det til nå derfor ikke noen referanseverdier for prepubertale gutter og jenter. Det tidligere studier kan peke på, er at det hos barn og unge, liksom hos voksne, forekommer ulike verdier i Hb-masse og BV ved ulikt utvalg. Landgraff (2009) fant at 12 år gamle gutter hadde Hb-masse på $11,4 (0,9) \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ og for jentene $11,0 (0,9) \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, mens Åstrand (1952) målte $8,8 (0,6) \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ for gutter og $7,8 (0,3) \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ hos jenter i alderen 12-13 år. Landgraff (2009) konkluderer med at guttene og jentene i studien var over gjennomsnittet godt trente, mens Åstrand (1952) sine gutter og jenter var normale barn, uten for stort aktivitetsnivå.

2.5.3 Hb-masse, BV og utholdenhetstrening hos voksne

Både RCV og PV kan forandres uavhengig av hverandre, og forårsake en økning eller reduksjon av BV (Sawka, Convertino, Eichner, Schnieder, & Young, 2000). I forbindelse med utholdenhetstrening, er det sett at PV øker allerede fra timer til dager etter treningsøkten, mens økningen i RCV forekommer om utholdenhetstreningen opprettholdes fra uker til måneder (figur 2.5) (Sawka et al., 2000).

Forskjeller i Hb-masse og BV mellom utrente og trente har blitt godt dokumentert i over 60 år (Heinicke et al., 2001). Hb-masse og BV-verdier hos utrente og trente varierer fra studie til studie, grunnet utvalget i studien, studiens metode, og antall forsøkspersoner. Normalt er det vanlig å si at det forekommer 20-25% forskjell mellom utrente og trentes Hb-masse og BV, men forskjeller kan komme opptil 40% (Heinicke et al., 2001). Gore et al. (1997) rapporterte en høyere Hb-masse på $14,1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ hos godt utholdenhetstrente, enn studiens utrente gruppe. Eastwood et al. (2012) viser at utrente har lavere Hb-masse $8,5 (1,26) \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, og BV på $59 (5) \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ enn studiens godt trente utholdenhetsutøvere.



Figur 2.5: Relative forandringer (% delta) i BV, RCV og VO_{2maks} etter utholdenhetstrening med varighet ≤11 dager (venstre) og ≥21 dager (høyre). Dataen er gjennomsnittsverdier fra 15 studier. Figuren er hentet fra Sawka et al. (2000).

Tverrsnittsstudier viser at utholdenhetstrener utøvere har høyere Hb-masse og BV enn utrente og normalt trente. Heinicke et al. (2001) fant at utrente hadde en Hb-masse på 11,05 g·kg⁻¹, mens Hb-massen var høyere hos godt trente eliteutøvere på sykkel, løping og triathlon, henholdsvis Hb-masse på 14,7, 14,2 og 15,3 g·kg⁻¹. Schmidt et al. (2002) rapporterer forskjeller i Hb-masse mellom utrente og trente syklister, henholdsvis på 11,0 (1,1) g·kg⁻¹ og 15,4 (1,3) g·kg⁻¹.

Steiner og Wehrin (2011b) målte Hb-masse og BV hos utholdenhetsutøvere i alderen 16, 21 og 28 år, og hos utrente på samme alder. Hb-massen ble målt til 13,2 (0,87), 15,2 (1,01) og 15,6 (1,06) g·kg⁻¹ hos de trente, mens hos de utrente ble Hb-massen målt til 13,0 (0,90), 13,8 (0,90) og 13,5 (0,73) g·kg⁻¹ for de respektive alderne. BV fulgte det samme mønsteret som ved Hb-masse. De trente hadde BV på 95,3, 102,0 og 105,7 ml·kg⁻¹, mens de utrente hadde BV på 89,0, 90,0 og 90,7 ml·kg⁻¹, henholdsvis for 16, 21 og 28-åringene (Steiner & Wehrin, 2011b). Det var signifikante forskjeller mellom de trente og de utrente 21 og 28-åringene, men ikke mellom 16-åringene (Steiner & Wehrin, 2011b). Det ble også sett signifikant høyere PV hos de trente 16-åringene, sammenlignet med de trente 21 og 28-åringene. Det kan derfor tyde på at det er PV som i større grad blir påvirket, og som fører til en økning i BV hos de som er 16 år og yngre, mens Hb-massen ikke blir påvirket i like stor grad (Steiner & Wehrin, 2011b).

Selv om utholdenhetsutøvere har målt høyere verdier av Hb-masse og BV er det ikke godt nok grunnlag til å slå fast at det kun er utholdenhetstreningen som har ført til en økning i disse to variablene. Det kan ikke utelukkes at utholdenhetsutøverne har vært genetisk predisponert og selektert inn i utholdenhetsidrett (Heinicke et al., 2001; Steiner & Wehrin, 2011b).

Grunnen til et høyere BV hos utholdenhetstrener kontra utrente skyldes i hovedsak to mekanismer. Den første mekanismen skjer som følge av en akutt reduksjon i PV etter en treningsøkt. Videre skjer det en økning i blodets osmolaritet. Renin-angiotensin-aldosteron kaskaden blir som følge av en økning i osmolariteten påvirket, og det blir en økt utskillelse av vasopressin (Convertino, 2007; Heinicke et al., 2001; Sand et al., 2001). Aldosteron, som er et steroidhormon fører til at reabsorpsjonen av natrium i nyrene øker, slik at mindre vann og natrium skilles ut via urinen. Denne reduksjonen blir kompensert underveis i restitusjonsperioden etter treningsøkten. Vasopressin, som er et antidiuretisk hormon sikrer reabsorpsjonen av vann, som gjør det ekstracellulære volumet forhøyet, og som følger til at det skjer en økning i BV (Convertino, 2007; Heinicke et al., 2001; Sand et al., 2001).

Den andre mekanismen forekommer som følge av en økning i sirkulerende proteiner i blodbanen. Proteiner er store molekyler, og vil ikke bli filtrert ut av kapillærene på grunn av sin størrelse. Det osmotiske trykket i blodbanen vil da øke, og som følge av en forandring i det osmotiske trykket vil proteinene trekke mer ekstracellulærvæske inn i blodbanen, og BV vil derfor øke (Convertino, 2007; Heinicke et al., 2001; Sand et al., 2001).

Må Hb-massen øke for å øke VO_{2maks} ?

Selv om VO_{2maks} øker, er det sett at Hb-massen ikke øker. I studien til Eastwood et al. (2012) med en varighet på 40 dager med gjennomsnittlig 40 minutters trening hver dag på 65%-75% av HF_{maks} ble det sett en økning i VO_{2maks} på 11%.

Forsøkspersonene i studien var mellom 18 og 25 år, var både menn og kvinner, der ingen av forsøkspersonene var spesielt godt utholdenhetstrent (<150 minutter med fysisk aktivitet per uke). Ettersom det ikke ble sett noen økning i Hb-masse, spekulerte forfatterne i andre mekaniser som kunne ligge til grunn for økning i VO_{2maks} . Studien målte samtidig økning i BV på 4%. Økningen i BV var ikke

vesentlig høy, noe som kan skyldes den korte perioden studien varte (4 uker) (Eastwood et al., 2012). Økningen i BV kan trolig skyldes en økning i PV, og ikke økt produksjon av røde blodceller. Etter en treningsperiode med kort varighet og høy intensitet, konkluderte forfatterne med at forventet økningen av Hb-masse ville ligget på omtrent 4%, ettersom økning i VO_{2maks} var på 11% (Eastwood et al., 2012).

Det er flere studier som har vist en økning i VO_{2maks} uten en lignende økning i Hb-masse. Gore et al. (1997) hadde deltagelse av roere på elitenivå. Etter en periode på 12 uker så de en økning i VO_{2maks} på 7,8%, men ingen forandring i Hb-massen (-0,2%). Forskjellen på studien til Eastwood et al. (2012) og Gore et al. (1997) var studienes deltagelse av henholdsvis utrente og trente forsøkspersoner. Ettersom eliteutøverne heller ikke økte sin Hb-masse etter en kortvarig studie, er det mulig at de var nærmere sin fysiologiske grense for økning av fysiologiske parametere (her Hb-massen), eller at de hadde en relativ stabil Hb-masse (Gore et al., 1997).

Oppsummering Hb-masse, BV og utholdenhetstrening hos voksne

Det kan se ut til at utholdenhetstrening kan øke Hb-massen og BV over tid hos utrente. Det ser også ut til at utholdenhetstrening kan øke Hb-masse og BV hos allerede godt trente utholdenhetsutøvere, men at godt trente allerede kan ha nådd sitt fysiologiske platå, og dermed ikke har evnen til å kunne øke sine verdier ytterligere. Selv om det ser ut til at utholdenhetstrening kan øke Hb-masse og BV hos utrente, må det være flere årsaker som fører til de store forskjeller som forekommer mellom utrente og trente. Faktorer som tidligere studier har konkludert med at det må forekomme genetiske forskjeller mellom personene (Prommer et al., 2008).

2.5.4 Hb-masse, BV og utholdenhetstrening hos 12-åringer

Forskjeller hos utrente og trente prepubertale barn er ikke godt dokumentert. Det er kun en longitudinellstudie som har sett på forskjeller mellom godt trente barn mot en kontrollgruppe på samme alder. Gruppene er like i alder, men aldersspredningen er stor, fra 11-15 år (Eastwood et al., 2009).

I studien til Eastwood et al. (2009) hadde syklistgruppen en Hb-masse på 10,6 (1,1) $g \cdot kg^{-1}$, mens kontrollgruppen på samme alder hadde en lavere Hb-masse på 9,6 (1,0) $g \cdot kg^{-1}$ ved starten av studien som foregikk over 12 måneder. Den absolutte Hb-masse

økte fra starten til slutten i begge gruppene, mens det ikke ble sett noen økning i Hb-massen relatert til kroppsvekten.

Åstrand (1952) fant at barn i alderen 12-13 år, som ikke var spesielt aktive hadde en Hb-masse på 8,3 (0,5) g·kg⁻¹ og BV på 60,5 (1,9) ml·kg⁻¹, mens Landgraff (2009) hadde deltagelse av 12-åringene som var over gjennomsnittet godt trente. 12-åringene i studien til Landgraff (2009) hadde Hb-masse og BV på henholdsvis 9,8 (0,9) g·kg⁻¹ og 96 (8) ml·kg⁻¹.

Det kan derfor se ut til at det allerede ved ung alder forekommer forskjeller i Hb-masse og BV mellom utrente og trente. Om denne forskjellen skyldes selve utholdenhetstrening, eller som tidligere nevnt også hos, at godt trente utholdenhetsutøvere er genetisk predisponerte og derfor selektert til utholdenhetsidretter, kan være mulige årsaker. Det ser likevel ut til at forskjellen mellom utrente og trente får et større skille etter prepubertal periode. Da det til nå ikke er mange tidligere studier, er dette kun antagelser.

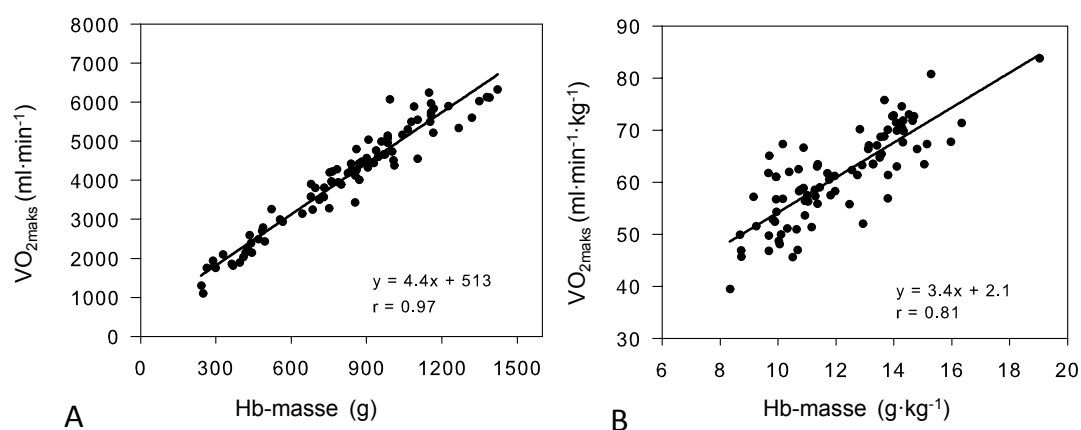
2.5.5 Sammenheng mellom VO_{2maks}, Hb-masse, BV og [Hb]

VO_{2maks}, Hb-masse og BV korrelerer sterkt med antropometriske variabler, spesielt kroppsvekt og fettfri masse (Schmidt & Prommer, 2010). Denne sterke korrelasjonen forekommer både hos voksne og hos barn (Krahenbuhl et al., 1985; Åstrand, 1952). Det er også sterke korrelasjoner mellom VO_{2maks} og Hb-masse, og mellom VO_{2maks} og BV, både i absolutte og relative verdier (figur 2.6) (Schmidt & Prommer, 2010). Korrelasjonene mellom VO_{2maks}, Hb-masse og BV har vist å være uavhengig av kjønn og alder (Schmidt & Prommer, 2010). Åstrand (1952) rapporterer en korrelasjonsverdi på 0,97 for menn og 0,94 for kvinner, og 0,97 når det ble slått sammen for kjønn (Åstrand, 1952).

Det er vist ulike korrelasjonsverdier i ulike utholdenhetsidretter. Variasjoner i korrelasjonskoeffisienten er vist å kunne være fra 0,48 til på 0,92 avhengig av hvilken utholdenhetsidrett, der den lavest korrelasjonen var hos løpere, mens den høyest var hos svømmere (Gore et al., 1997). Det er også vist at korrelasjonen er høye uavhengig av treningsstatus (r=0,84 for trente og r=0,81 for utrente) (Eastwood et al., 2009). De fleste studier finner korrelasjoner mellom 0,7 og 0,8 (Schmidt & Prommer, 2008). I

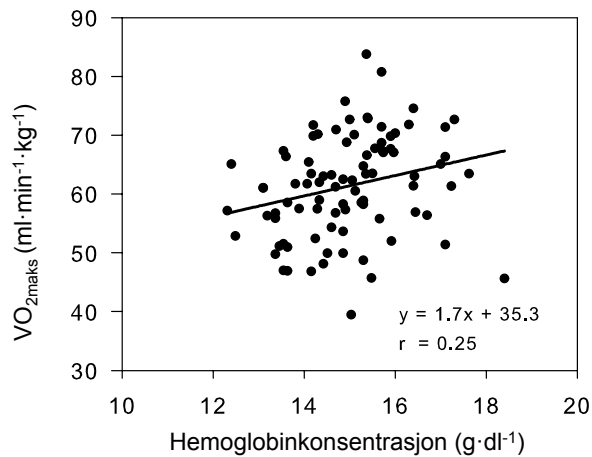
en metaanalyse, utarbeidet av Schmidt og Prommer (2008), der det var data fra 611 forsøkspersoner, fant de at korrelasjonen mellom VO_{2maks} og Hb-massen gjennomsnittlig var på 0,79, og korrelasjonen mellom VO_{2maks} og BV gjennomsnittlig var 0,76. Når Hb-massen økte med $1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, ble det sett en økning av VO_{2maks} på $4,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Når BV økte med $1 \text{ ml blod}\cdot\text{kg}^{-1}$, førte det til en økning på $0,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (Schmidt & Prommer, 2008).

Ettersom få studier er gjennomført med deltagelse av barn som har målt Hb-masse og BV er korrelasjonene ikke like godt dokumentert som hos voksne. Allikevel kan det se ut til at det forekommer sterke korrelasjoner også hos barn og unge (Eastwood et al., 2009; Landgraff, 2009; Åstrand, 1952). Eastwood et al. (2009) og Landgraff (2009) fant at korrelasjonen mellom VO_{2maks} og Hb-massen relatert til kroppsvekt var omkring 0,85, og korrelasjonen mellom VO_{2maks} og BV var omkring 0,80.



Figur 2.6: Sammenheng mellom Hb-masse og VO_{2maks} (verdiene er i absolutte (A), og relatert til kroppsvekten (B)). Datapunktene er verdier fra; utrente gutter i alderen 9-14 år, trente, moderattrente, eliteløpere og eliteroere. Figurene er hentet fra Schmidt og Prommer (2010).

Derimot er det ingen korrelasjon mellom [Hb] og VO_{2maks} (figur 2.7), verken hos barn eller hos voksne (Heinicke et al., 2001; Landgraff, 2009; Schmidt & Prommer, 2008, 2010).



Figur 2.7: Sammenheng mellom [Hb] og VO_{2maks} (verdiene relatert til kroppsvekten). Datapunktene er gjennomsnittsverdier fra; utrente gutter i alderen 9-14 år, trente, moderattrente, eliteløpere og eliteroere. Figuren er hentet fra Schmidt og Prommer (2010).

3. Metode

3.7 Rekruttering av forsøkspersoner (FP)

Det foregikk tre ulike rekrutteringsprosesser for rekruttering av forsøkspersoner (FP) til denne studien, der FP til langrennsgruppen ble rekruttert først. Disse FP ble rekruttert gjennom ulike langrennsklubber i Oslo-området. Det ble gjennomført informasjonsmøter for foreldre i hver av de ulike klubbene. Den første delen av FP i kontrollgruppen ble rekruttert fra tre 7. klasser på en barneskole i Akershus. Rektoren på barneskolen ble kontaktet, og etter positiv tilbakemelding fra rektoren, ble det avtalt et møte med kontaktlærerne på 7. trinn. Videre ble det avholdt et informasjonsmøte for elevene ved 7. trinn. Den andre, og siste delen av kontrollgruppen ble rekruttert via Høgskolen i Sogn og Fjordane (HiSF). HiSF tok kontakt med den lokale barneskolen, og 7. trinn ble informert om forskningsprosjektet.

Etter hvert av informasjonsmøtene ble informasjonsskriv om prosjektet (vedlegg 1), egenerklæring (vedlegg 2) og samtykkeerklæring (vedlegg 3) sendt ut til alle foresatte til utøverne i langrennsklubbene og skoleelevene på barneskolene. Egenerklæring inneholdt spørsmål om forsøkspersonens helsetilstand. I informasjonsskrivet om prosjektet fikk alle opplyste om at all data som ble samlet inn ville bli behandlet aidentifisert og at deltagerne når som helst kunne trekke seg fra prosjektet uten å måtte oppgi noen grunn. Underskrevet samtykkeerklæring av foresatte ble brukt som påmelding til prosjektet, og dette ble returnert fra foresatte om de var villig til la barnet deres delta i prosjektet. Forsøkspersonenes egenerklæringer ble delvis returnert samtidig som samtykkeerklæringen, eller på selve testdagen.

Studien, testprotokollene og søknad om opprettelse av forskningsbiobank var godkjent av ”Regional etisk komité for medisinsk forskningsetikk” (REK Sør-Øst D).

3.8 Forsøkspersonene

Studien besto i alt av 173 tolv år gamle gutter og jenter. Langrennsgruppen besto av 75 av 12-åringene (47 gutter og 28 jenter), og kontrollgruppen besto av 98 av 12-åringene (51 gutter og 47 jenter). Det ble ikke stilt noen standardiserte krav til forsøkspersonene (FP) utenom at de måtte være friske på testdagen for å kunne delta.

Alder på testdato, og antropometriske data (høyde, kroppsvekt, KMI, fettfri masse og fettprosent) er presentert i tabell 3.1 for alle FP. (En mer detaljert tabell over FP vil bli presentert i tabell 4.1 i resultatkapittelet.)

Tabell 3.1: Alder og antropometriske data for langrenns- og kontrollgruppen.

	Langrennsgruppen (n=75)	Kontrollgruppen (n=98)
Alder (år)	11,9 (0,2)	12,4 (0,3)
Kroppshøyde (cm)	152 (7,2)	156 (6,6)
Kroppsvekt (kg)	40,1 (5,7)	45,5 (8,0)
KMI (kg/m²)	17,2 (1,5)	18,6 (2,4)
Fettfrimasse (kg)	35,2 (4,6)	37,2 (5,2)
Fettprosent (%)	11,6 (5,0)	17,9 (7,2)

Alle verdiene er oppgitt i gjennomsnitt (standardavvik). KMI er kroppsvekten/kroppshøyden² (kg/m²). I langrennsgruppen var det 47 gutter og 28 jenter, i kontrollgruppen var det 51 gutter og 47 jenter.

3.9 Eksperimentelt design

Studien var en tverrsnittsundersøkelse av VO_{2maks} og de hematologiske variablene; Hb-masse, BV, [Hb], Hct, PV og RCV hos 12-åringer. Studien inneholdt to alderslike grupper med ulikt aktivitetsnivå, der begge kjønn var representert.

3.10 Tidspunkt og sted for målingene

Langrennsgruppen ble testet på NIH i mai og juni 2013. Disse FP ble rekruttert til et større longitudinelt studie, der det er planlagt målinger en gang i året frem til 2016. For den ene delen av kontrollgruppen ble alle målingene utenom VO_{2maks} utført på deres barneskole i september og oktober 2013. VO_{2maks} ble gjennomført på NIH i november 2013. Den andre delen av kontrollgruppen ble testet i desember 2013. Disse elevene ble testet både på deres barneskole i Sogndal, og på HiSF.

3.11 Testprosedyrene og målingene

3.11.1 Antropometriske målinger (kroppsvekt, kroppshøyde og kroppssammensetning)

Kroppsvekten ble målt på en digitalvekt med stadiometer (Seca, Hamburg, Tyskland). FP hadde på vanlige klær (bukse og genser), men uten sko. Vekten ble notert til nærmeste 0,1 kg, og 0,5 kg ble trukket fra for vekten av klærne.

Kroppshøyden til FP ble målt stående med et stadiometer (Seca, Hamburg, Tyskland) uten sko. Kroppshøyden ble notert til nærmeste 0,5 cm.

For å måle kroppssammensetningen (KMI, fettfri masse og fettprosent) ble impedansmåling (InBody 720, Biospace Co, Ltd, Seoul, Korea) benyttet. FP sto på en plattform med helene plassert på to sirkelformede elektroder, og den fremre del av føttene på to ovale elektroder. Hendene ble holdt rundt to håndtak med elektroden under, fire fingre rundt håndtaket, mens tommelen pekte opp. Armene hang avslappende ned langs siden, med en vinkel på ca. 15° mellom arm og kropp. Varigheten på testen var ca. to minutter, og FP holdt posisjonen uten å prate eller bevege seg inntil målingen var ferdig.

3.11.2 Kartlegging av utviklingsstadium

Utviklingsstadiet til jentene ble gjort ved å spørre om jenta hadde fått menarche. Om jenta hadde fått menarche ble hun karakterisert som pubertale. Siden pubertetsstatusen vanligvis starter noe senere hos guttene (normalt ved 13-17 års alderen), ble det ikke gjort noen undersøkelser av guttenes utviklingsstatus utenom egne observasjoner fra testleder.

Av alle jentene var det tolv som hadde fått menarche, og var derfor pubertale. to av de pubertale jentene var i langrennsgruppen, mens ti av de pubertale jentene var i kontrollgruppen. Det ble ikke sjekket grundig for pubertetsutvikling hos guttene i langrennsgruppen eller i kontrollgruppen. Testleder gjorde seg opp noen subjektive meninger ut ifra å se om guttene hadde antydninger til dun på overleppe og kroppshår på leggene. Det ble etter observasjonene ikke gjort noen store funn, og guttene kan anses å være prepubertale.

3.12 Kartlegging av idrettsaktivitet og aktivitetsstatus

For å kunne kartlegge FPs idrettsaktivitet og aktivitetsstatus ble FP bedt om å fylle ut ett spørreskjema (vedlegg 4). Dette ble gjort sammen med en av FPs foresatte.

Spørreskjemaet inneholdt noen enkle og korte spørsmål angående idrettsaktivitet. På barneskolen ble det i tillegg gitt ut et spørreskjema (vedlegg 5) til alle skoleelevene på 7. trinn. Dette var et anonymt spørreskjema som inneholdt noen korte og enkle spørsmål. Spørsmålene på dette aktivitetskjemata var med på å kartlegge hvorvidt de 12-åringene som ikke ønsket å være med på forskningsprosjektet holdt på med noen form for idretter utenfor skolens kroppsøvingstimer.

3.13 Legesjekken

Legesjekken ble gjennomført for å sikre at FP ikke hadde kontraindikasjoner mot å gjennomføre studiens fysiske test (VO_{2maks}). Utsjekkingen før VO_{2maks} var å gjennomgå et standardisert spørreskjema (vedlegg 6) om arvelighet, tidligere sykdommer, medisinbruk og symptomer. Deretter ble hjerte- og respirasjonsfrekvens målt, blodtrykket ble sjekket og det ble auskultert over hjerte og lunger.

3.13.1 Veneprovøvene

Siden det var barn som var FP i studien, var det viktig å tilrettelegge studien ekstra godt. Derfor ble det benyttet bedøvelsesplaster (Emla, AstraZeneca 55; Lidocain 25 mg, Prilocain 25 mg) for å minske smerten som veneprovøvene kan gi.

Bedøvelsesplastrene ble lagt på innsiden av begge albueleddene, og satt på i minimum 30 minutter før selve venepunksjonen ble tatt. Veneprovøvene ble tatt av tre leger. Til veneprovøvene ble det benyttet 4 ml glass (EDTA glass, BD vacutainer K2E 7,2 mg kalium). Veneprovøvene ble analysert for [Hb], erytrocytter, Hct, MCV/MCH og retikulocytter ved FÜRST, medisinsk laboratorium for analysering. Veneprovøvene ga verdier for å beregne BV, PV og RCV. Det ble ikke satt noen spesielle kriterier til standardisering av veneprovøvetakingen, men det ble satt av tid for å gjøre barna trygge før venepunksjonen.

3.14 Måling av Hb-massen

”The optimised CO-rebreathing” ble benyttet som metode for å bestemme Hb-massen og BV (Schmidt & Prommer, 2005). Det ble ikke satt noen standardiseringer i forhold

til ernæringsstatus eller aktivitetsstatus i forkant av målingene.

3.14.1 Utstyret

FP pustet i et lukket spirometer (Bloodtec, Gbr, Tyskland). Det ble pustet inn og ut av et kammer fylt med soda lime som absorberer CO₂ (karbondioksid) og forhindrer en forhøyet konsentrasjon av CO₂ i innåndingsluften. En anestetisk bag på 3 L (Vacumed, Ventura, USA) var festet til spirometeret. Den anestetiske baggen ble fylt opp med oksygen fra en oksygentank (AGA, medisinsk oksygen komprimert). Oksygenet ble tilført baggen via den lille stoppekranen på spirometeret, mens den store stoppekranen var avstengt. Den anestetiske baggen ble fylt tilnærmet full. Karbonmonoksidgassen (CO) (AGA, karbonmonoksid komprimert) som ble tilsatt i spirometeret ble først fylt i en kalibrert plastsprøyte (Baun Omnifix. 60 ml kapasitet), som var utstyrt med en treveis stoppekran (Luer lock). De oppfylte sprøytene ble lagt til temperaturtilvenning (om lag 10 minutter), og termometeret (Comark C26) ble lagt ved siden av plastsprøytene for å registrere gassens temperatur. For å kontrollere eventuelle lekkasjer under pusteprosedyren eller fra CO-flasken ble det benyttet en CO-analysator (Dräger-Pac 7000, Dräger Safety AG Co., Lübeck, Tyskland).

Kapillærprøvene ble tatt ved å punktere fingertuppene (Accu-Check, Soft clix pro). Kapillærrørene (55µl, Radiometer København, Danmark) ble fult nesten fulle med blod og uten luftlommer. Kapillærprøvene ble umiddelbart analysert i et diode array spektrometer (ABL80 Flex Radiometer Copenhagen) for HbCO% (karboksyhemoglobin).

3.14.2 Prosedyren

For å kunne bestemme dosen av CO (karbonmonoksid) som FP skulle få tilført, ble FP veid. Deretter ble metoden og testprosedyren beskrevet og gjennomgått for FP. Når dette var fullført, startet selve testprosedyren. To kapillærprøver ble tatt som hver inneholdt nok blod til to analyser av HbCO%-verdien i blodet, altså fire analyser totalt. Det var gjennomsnittet av disse fire HbCO%-verdiene som ble brukt som baselineverdien. Etter at den fjerde kapillærprøven ble analysert, ble det utført en simulert pusteprosedyre. Dette ble gjort for å være helt sikker på at FP visste hvordan pusteprosedyren skulle bli gjennomført. Plastsprøyten ble under øvingen kun tilsatt romluft, men i like stor dose som senere tilsatt CO-dose. Når testleder mente at FP var

innforstått med hva som skulle foregå, ble spirometeret tatt ut, og den virkelige pusteprosedyren kunne starte. Atmosfæretrykket (hPa) og temperaturen (°C) på gassen ble notert, og plastsprøyten med CO ble plassert på spirometeret. FP holdt selv spirometeret med munnstykket i munnen, og med leppene godt rundt munnstykket. FP ble så bedt om å ta et langt utpust for å kvitte seg med all luft i lungene. I stedet for neseklype holdt en assistent for FPs nese gjennom hele pusteperioden. FP holdt pusten i noen få sekunder mens CO-gassen ble tilsatt, den store stoppekranen på spirometeret ble åpnet, og stoppeklokken ble startet. FP ble bedt om å ta et langt og dypt innpust, og å trekke inn så mye oksygen fra baggen som mulig. Det første lange innpustet økte sjansen for at økt CO-mengde kunne diffundere over i blodet i løpet av testens første sekunder. Resten av testen ble FP beordret å puste normalt og avslappet. En håndholdt CO-analysator ble brukt for å analysere for eventuelle lekkasjer rundt munnen, nesen og ved koblingen mellom spirometeret og ballongen. Etter to minutter tok FP et langt utpust, og fylte ballongen med så mye luft som mulig. Når FP var ”helt tom” viste FP tommelen opp, og stoppekranen ble avstengt, og spirometeret ble tatt ut av munnen. På minutt fire ble FP målt for hvor mye av den tilsatte CO-gassen som var igjen i lungene. CO-analysatoren ble koblet på en slange med et lite munnstykke. FP plasserte munnstykket i munnen med leppene godt rundt, og tok et dypt og langt utpust. Når FP var ”helt tom” for luft, tok FP munnstykket ut av munnen, og CO-konsentrasjonen (ppm) ble notert. På minutt seks og på minutt åtte ble det tatt en ny kapillærprøve med nok blod til to analyseringer, disse ble analysert fortløpende i spektrometeret. Forskjellen mellom gjennomsnittsverdiene fra kapillærprøvene før og etter CO-rebreathing ble brukt for å regne ut deltaverdien ($\Delta\text{HbCO}\%$) i blodet. $\Delta\text{HbCO}\%$ ble brukt for å regne ut FPs Hb-masse (se punkt: 1.8.4: Utregninger).

Etter endt test ble volumet (liter) av baggen estimert og konsentrasjonen (ppm) av CO-gassen ble målt.

3.14.3 CO-gassen

Fylling av plastsprøytene ble gjort i et avtrekksskap eller ved et åpent vindu i testrommet. Det kreves nøyaktighet for å oppnå høy presisjon, og CO-mengden ble derfor dobbeltsjekk av en assistent. Før oppmåling ble sprøyten skylt tre ganger med 20 ml CO. Skyllingen ble utført ved at treveiskranen på plastsprøyten ble festet til slangen fra gassflasken, og var koblet på helt til skyllingen var ferdig. Plastsprøyten

ble fylt med 30 ml CO, deretter ble CO-gassen tømt ut via sideåpningen på treveis stoppekranen på plastsprøyten. Plastsprøyten ble etter skylling fylt tilnærmet full (60 ml), og lagt nært temperaturmåleren i testrommet.

Det ble søkt å oppnå en $\Delta\text{HbCO}\%$ -verdi (forskjellen mellom gjennomsnittsverdiene av kapillærprøvene før og etter CO-rebreathing) på 5 - 7%. Det var FPs kroppsvekt og kjønn som bestemte mengden av CO-gassen som ble tilført. Tabell 3.2 viser en oversikt over CO-dose gitt til FP modifisert etter Eastwood med medarbeidere i 2008 (Eastwood, Hopkins, Bourdon, Withers, & Gore, 2008). Normalt ble det gitt $1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ kroppsvekt hos gutter, og $0,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ kroppsvekt hos jenter.

Før pusteprosedyren ble gasstemperaturen ($^{\circ}\text{C}$) og atmosfæretrykket notert (hPa). Den overflødige CO-mengden ble sluppet ut av sprøyten ved vinduet i testrommet for å unngå for mye av gassen i testrommet. Ventilen på sprøyten ble så stengt og festet på spirometeret.

CO som tilsettes er en giftig gass, og kan i enkelte tilfeller føre med seg noen bivirkninger. Bivirkninger gassen kan gi er hodepine, døsighet og slapphet (Eastwood et al., 2008). Symptomer på disse bivirkningene kommer normalt ikke før deltaverdien av HbCO% overstiger 15%-25% (Eastwood et al., 2008). I denne studien oversteg ikke deltaverdien over 7%.

Det var to testledere som gjennomførte Hb-masse målingene. I langrennsgruppen var det 74 av 12-åringene som gjennomførte målingen på NIH. I kontrollgruppen var det 93 av 12-åringene som utførte testen på barneskolene.

Tabell 3.2: CO-dose i ml gitt til gutter og jenter i forhold til kroppsvekt (kg) modifisert etter Eastwood et al. (2008).

Kroppsvekt (Kg)	CO-dose (ml)	
	Jente (kg)	Gutt (kg)
30-39	25 (30)	35 (40)
40-44	35 (40)	45 (50)
45-54	45 (50)	55 (60)
55-64	55 (60)	65 (70)
65-74	65 (70)	75 (80)

Tallet i parentes ble brukt til FP som var i øvre grense av intervallet.

3.14.4 Utregninger for HB-masse, BV, RCV og PV

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

K = aktuelt barometertrykk/ (760 · [1 + (0,003661 · aktuell temperatur)]),

MCO = volumet av tilført CO (ml)

$\Delta HbCO\%$ = forskjellen mellom gjennomsnittsverdiene av kapillærprøvene før og etter CO-rebreathing, gitt i %

1,39 = Hüfner's number – 1 g Hb binder 1,39 ml CO, det samme som for O₂

$$RCV = Hb\text{-masse} / MCHC \cdot 100$$

MCHC = gjennomsnittskonsentrasjonen av Hb i de røde blodcellene

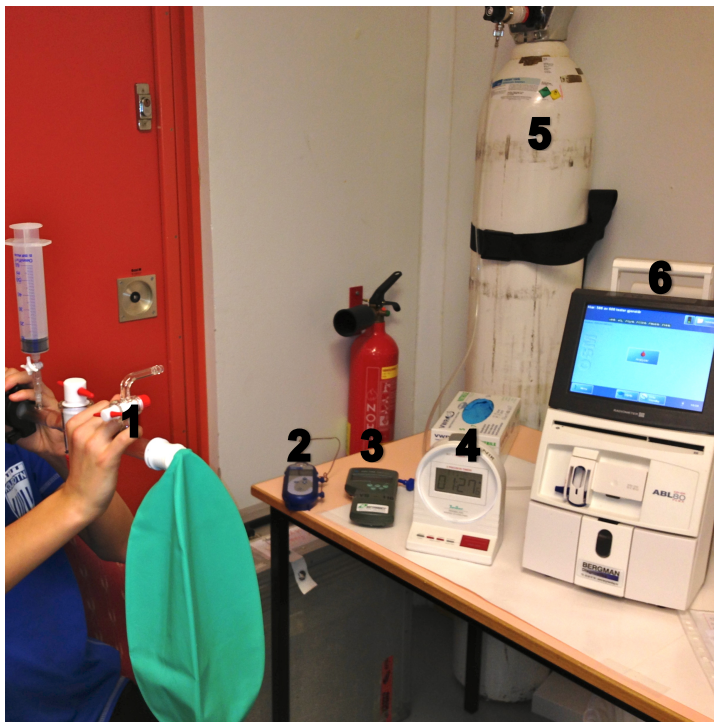
$$BV = RCV \cdot 100 / Hct$$

Hct = Hematokritt, korrigert for cellefaktoren (0,91) for hele kroppen

$$PV = BV - RCV$$



Figur 3.1: Viser utstyr til måling av Hb-masse ved hjelp av "The optimised CO-rebreathing" metoden. 1, Assisten som holder for nesen, 2, kammer for sodalime, 3, gass-sprøyte, 4, stoppekran for stenging av oksygen, 5, stoppekran for fylling av oksygen, og 6, 3L anestetisk bag.



Figur 3.2: Viser utstyr til måling av Hb-masse ved hjelp av "The optimised CO-rebreathing" metoden. 1, spirometer, 2, termometer, 3, trykkmåler, 4, stoppeklokke, 5, oksygentank og 6, ABL80 Hemoksimeter.

3.14.5 Reliabilitet og begrensninger til "The Optimised CO-rebreathing-method"

CO har en mye sterkere affinitet til Hb enn oksygen og danner HbCO. Det var derfor ventet at en stor mengde av CO-gass diffunderer inn i blodet på et par sekunder (Schmidt & Prommer, 2005). Hovedfaktorene som påvirker HbCO, og derfor også estimeringen av den totale Hb-masse er avhengig av tidspunktet kapillærprøven blir tatt (Schmidt & Prommer, 2005). En annen faktor som kan være med å påvirke estimeringen av HbCO over tiden fra administrasjonen av CO-gassen og til CO-gassen har diffundert over til blodet (Schmidt & Prommer, 2005). Det er differansen i HbCO% før og etter CO-rebreathing, sammen med aktuelt barometertrykk, temperaturen i testrommet, volumet av den tilførte CO-gassen (ml), og atmosfæretrykket (hPa) som blir benyttet for utregning av den totale Hb-masse.

Det kreves at det Hemoximeter som blir brukt har minst en desimal oppløsning. Det er kalkulert at en økning på 5% i HbCO, vil føre til en relativ konstant lekkasje på 1% av det inhalerte CO-volumet som igjen vil føre til en overestimering av den total Hb-masse på 1% (Schmidt & Prommer, 2005).

Schmidt og Prommer (2005) rapporterte at metoden hadde en teknisk feil (TEM) på 1,7%. Denne studien hadde en TEM på 3,5%, og en varianskoeffisient (CV) på 3,7%. TEM mellom studiens to testlederne som utførte "The Optimised CO-rebreathing" var på 0,5%, og CV var på 0,5%.

3.15 Måling av det maksimale oksygenopptak (VO_{2maks})

Måling av VO_{2maks} ble gjort etter en standardisert protokoll utarbeidet ved laboratoriet på NIH. VO_{2maks} ble målt før måling av Hb-masse ettersom en økning på 4,9% av HbCO er assosiert med en nedgang på 3,0% av VO_{2maks} (Schmidt & Prommer, 2005).

3.15.1 Utstyret

Testen foregikk på en løpemølle (Woodway Elg 70, Weil am Rhein, Germany). Oksygenopptaket ble målt ved bruk av et automatisk ergospirometriutstyr (Oxycon Pro, Jaeger-Toennis, Hochberg, Germany). Oksygenopptaket ble målt ved bruk av "pust til pust"- metoden, med bruk av maske (Hans Rudolph Instr., USA). Ekspirasjonsluften fra FP ble pustet direkte gjennom en volumtransducer påmontert masken som målte ventilasjon til FP. En liten mengde av ekspirasjonsluften (25 ml)

ble trukket ut for hvert pust for måling av gassene oksygen (O_2) og CO_2 .

Manuell kalibrering av volumet ble gjort ved hjelp av en 3 liters pumpe (Calibration Syringe, series 5530, Hans Rudolph Inc., MO, USA). Gassene O_2 og CO_2 ble kalibrert både mot romluften og en gass med kjent konsentrasjon på 15% O_2 , 6% CO_2 og resten N_2 .

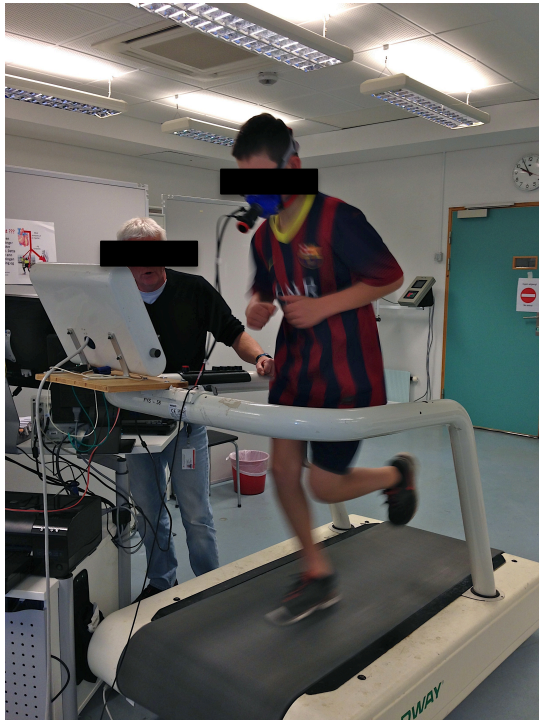
Hjertefrekvensen ble målt ved bruk av hjertefrekvensmåler (Polar S610, Polar Electro Oy, Kempele, Finland), som mottok signaler fra en trådløs sender (Polar Wearlink, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) som var festet til et belte FP hadde rundt brystet. Det var den høyeste registrerte hjertefrekvensen som ble definert som FPs maksimale hjertefrekvens (HF_{maks}).

3.15.2 Prosedyren

FP ble påsatt maske og hjertefrekvensmåler. De første fem minutter gikk FP på 5 km/t med en stigning på 5,3%. Etter fem minutter ble løpemøllen stoppet, og FP fikk en liten pause, før hastigheten ble satt til 7 km/t og 6,3% stigning. Deretter økte både hastigheten og stigningsvinkelen med 1 km/t og 1% stigning hvert minutt inntil 11 km/t var nådd. Deretter økte kun stigningsvinkelen med 1% hvert minutt. Mot slutten av testen gjorde testleder individuelle tilpasninger (økte vinkelen eller beholdt samme vinkel testen ut) slik at FP avbrøt testen når full utmattelse var nådd. Utmattelse ble definert som når ikke FP lenger var villig til å fortsette testen selv om testleder kom med sterke oppmuntringer. Måleutstyret registrerte VO_2 hvert 30. sekund. Gjennomsnittet av de to høyeste påfølgende målingene (1 minutt) ble definert som FPs VO_{2maks} .

Det ble brukt hjelpekriteriene for å vite om FP hadde nådd full utmattelse. Disse hjelpekriteriene var; en respirasjonskvotient (RER) større enn 1,1, avflatning av oksygenopptaket (lest av de registrerte målingene), eller testleders subjektive oppfatning om at utmattelse ble nådd (Bahr, Hallén, & Medbød, 1992). For testing av VO_{2maks} forekommer det normalt en variasjonskoeffisient på 3% hos voksne (Åstrand et al., 2003). I vår studie, da det ikke ble gjennomført en tilvenning til test, og siden det var deltagelse av barn må vi forvente at variasjonskoeffisienten var av en høyere verdi ($CV > 3\%$).

Det var tre erfarende testledere som gjennomførte VO_{2maks} -målingene. I langrennsgruppen var det 75 barn som gjennomførte VO_{2maks} -testen på NIH. I kontrollgruppen var det 20 barn som utførte VO_{2maks} -testen på NIH og 43 barn som utførte VO_{2maks} -testen på HiSF. Ikke alle i kontrollgruppen utførte en VO_{2maks} -test.



Figur 3.3: Viser en FP under VO_{2maks} -testen på løpemølle utført på laboratoriet på NIH.

3.16 Statistikk

Alle dataene ble lagt inn, og analysert i Microsoft Excel for mac 2011. For å undersøke om det var signifikante forskjeller mellom gruppene ble det benyttet en tosidig uparet t-test. Signifikansnivået ble satt til 5% ($p < 0,05$). Gjennomsnitt og standardavvik (sd) er presentert i alle tabeller. Sammenhengen mellom to variabler ble testet med regresjonsanalyse og Pearsons korrelasjonskoeffisient.

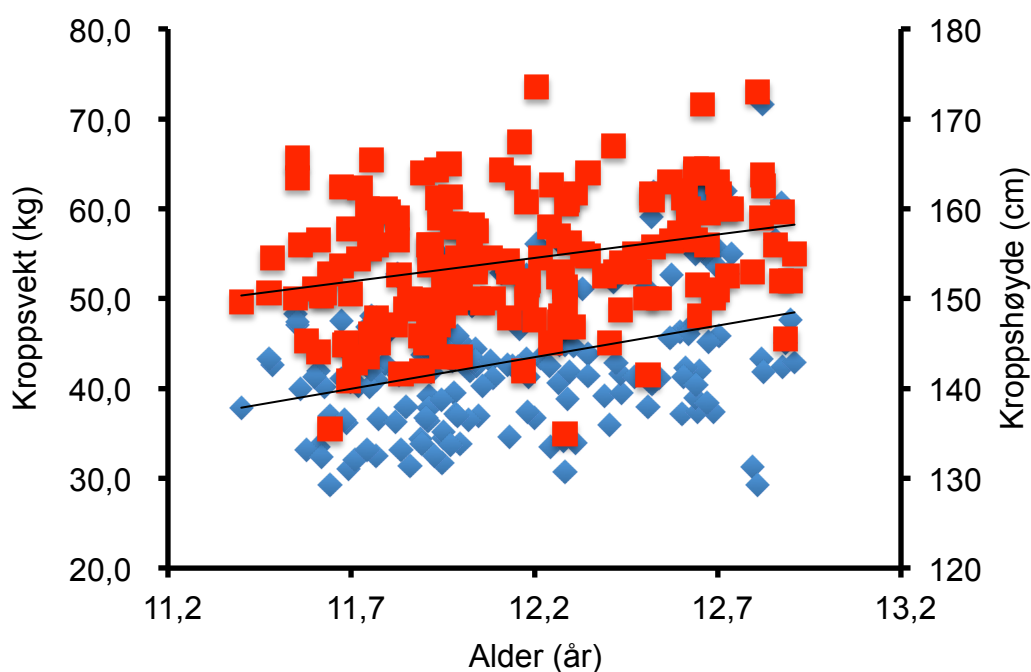
Korrelasjonskoeffisienten ble regnet som lav, moderat, høy, veldig høy og nesten perfekt når de oversteg terskelverdiene 0,1, 0,3, 0,5, 0,7, 0,9 (Hopkins, 2000).

4. Resultat

4.1 Alder og Antropometriske data

Langrennsgruppen ble testet 6 måneder tidligere enn kontrollgruppen og var 6,0 måneder yngre på testdagen (tabell 4.1). Det er sannsynligvis det i hovedsak som forklarer at kroppshøyde og fettfri masse var lavere i langrennsgruppen enn i kontrollgruppen, henholdsvis 3% og 5%. Figur 4.1 viser at kroppsvekten økte med 5,2 kg, og kroppshøyden økte med 7,0 cm per år gjennomsnittlig for alle FP.

Kroppsvekten, KMI og fettprosent var henholdsvis 12%, 8% og 36% lavere hos langrennsløperne sammenlignet med kontrollgruppen (tabell 4.1).



Figur 4.1: Sammenhengen mellom alder og kroppsvekt (blått, $Y = 5,2x - 40,3$), og alder og kroppshøyde (rødt, $Y = 7,0x + 90,8$) for alle FP (langrennsgruppen og kontrollgruppen slått sammen) ($n=173$).

Det var ingen signifikant forskjell i kroppsvekt, kroppshøyde, KMI og fettfri masse mellom gutter og jenter verken i langrennsgruppen eller i kontrollgruppen (tabell 4.1).

Når guttene i langrennsgruppen og kontrollgruppen sammenlignes, var kroppshøyden (4%), kroppsvekten (13%), KMI (7%), fettfri masse (9%) og fettprosenten (29%) lavere i langrennsgruppen. For jentene var det ingen signifikant forskjell i kroppshøyde og fettfri masse, mens kroppsvekten (10%), KMI (8%) og fettprosenten (41%) var signifikant lavere hos langrennsjentene sammenlignet med kontrolljentene.

4.2 Organisert trening

Langrennsgruppen hadde signifikant flere organiserte treningstimer (18%) i uken enn kontrollgruppen ($p < 0,001$). Fordelt på gutter og jenter, var denne forskjellen ikke statistisk signifikant for jentene (tabell 4.1).

Tabell 4.1: Alder og antropometriske data for 12 år gamle barn rekruttert fra langrennsklubber og skoleklasser.

	Langrennsgruppen			Kontrollgruppen		
	Alle (n= 75)	Gutter (n= 47)	Jenter (n=28)	Alle (n=98)	Gutter (n=50-51)	Jenter (n=45-47)
Alder (år)	11,9 (0,2) <i>a</i>	11,9 (0,3) <i>d</i>	11,9 (0,2) <i>e</i>	12,4 (0,3)	12,3 (0,3) <i>c</i>	12,4 (0,3)
Kroppshøyde (cm)	152 (7,2) <i>a</i>	151 (6,8) <i>d</i>	154 (7,4)	156 (6,5)	157 (6,6)	155 (6,2)
Kroppsvekt (kg)	40,1 (5,7) <i>a</i>	39,2 (5,0) <i>d</i>	41,6 (6,4) <i>e</i>	45,6 (8,1)	45,0 (6,4)	46,2 (9,5)
KMI (kg/m³)	17,2 (1,5) <i>a</i>	17,1 (1,3) <i>d</i>	17,4 (1,7) <i>e</i>	18,7 (2,5)	18,4 (2,2)	19,0 (2,9)
Fettfri masse (kg)	35,2 (4,6) <i>a</i>	34,6 (3,5) <i>d</i>	36,1 (5,9)	37,2 (5,2)	38,2 (4,8)	36,1 (5,5)
Fettprosenten (%)	11,6 (5,0) <i>a</i>	10,8 (5,6) <i>b, d</i>	12,9 (3,7) <i>e</i>	17,9 (7,2)	15,2 (6,6) <i>c</i>	20,9 (6,5)
Organisert trening (t·uke⁻¹)	6,7 (3,0) <i>a</i>	6,8 (2,4) <i>d</i>	6,7 (2,3) <i>e</i>	5,5 (2,8)	5,4 (2,7)	5,5 (3,0)

Alle verdier er gjennomsnittsverdier (standardavvik). KMI= kroppsmasseindeks. Organisert trening er beregnet ut ifra spørreskjema om fritidsaktiviteter (vedlegg 5). Signifikante forskjeller ($p < 0,05$) mellom gruppene representerer: *a*, mellom langrennsgruppen og kontrollgruppen, *b*, mellom gutter og jenter i langrennsgruppen, *c*, mellom gutter og jenter i kontrollgruppen, *d*, mellom gutter i langrennsgruppen og gutter i kontrollgruppen, og *e*, mellom jenter i langrennsgruppen og jenter i kontrollgruppen.

4.3 Hematologiske data

4.3.1 Hematokritt og hemoglobinkonsentrasjon

Hct var 7% høyere og [Hb] 5% høyere hos kontrollgruppen sammenlignet med langrennsgruppen ($p < 0,0001$) (tabell 4.2). Det var ingen signifikant forskjell i Hct og [Hb] mellom gutter og jenter i langrennsgruppen. I kontrollgruppen var det ingen signifikant forskjell i [Hb], mens Hct var 2% høyere hos jentene.

4.3.2 Hb-masse, BV, PV og RCV

Absolutte verdier for Hb-masse var 6% høyere og RCV var 4% høyere hos kontrollgruppen enn hos langrennsgruppen, mens det var ingen signifikante forskjeller i BV og PV mellom gruppene (tabell 4.2). Relativt til kroppsvekt var imidlertid Hb-masse, BV og PV høyere i langrennsgruppen enn i kontrollgruppen, mens det ikke var forskjell i RCV (tabell 4.2 og figur 4.2).

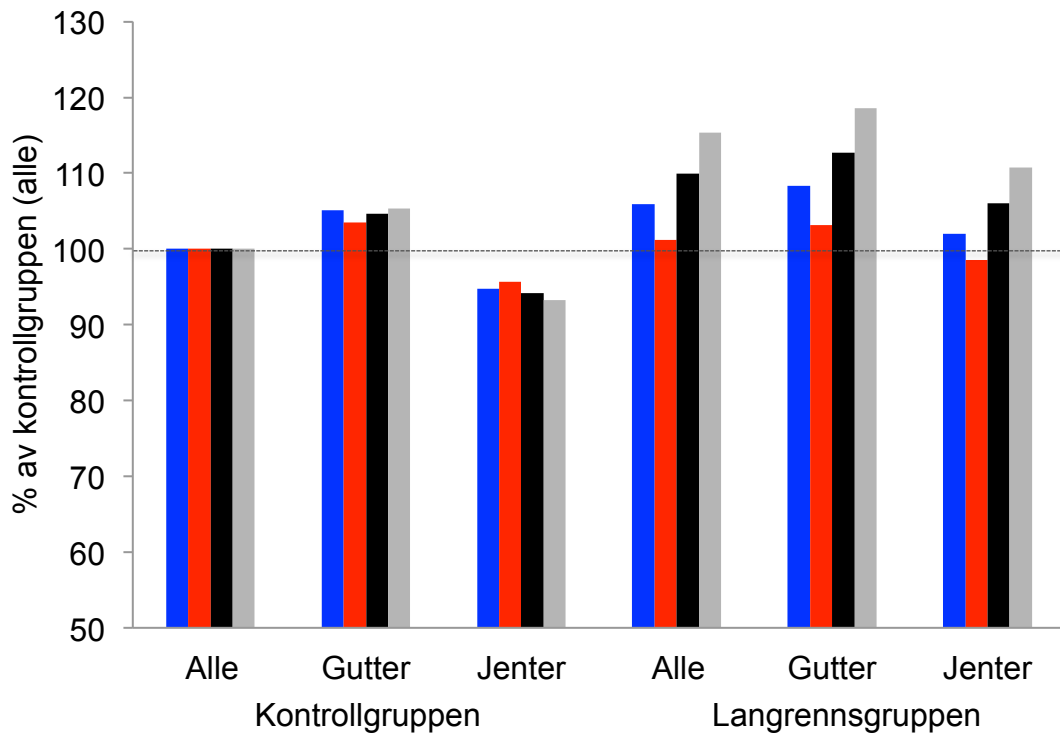
Det var ingen signifikante forskjeller i absolutte verdier for Hb-masse, BV, PV eller RCV mellom gutter og jenter i langrennsgruppen (tabell 4.2). I kontrollgruppen var total Hb-masse (8%), BV (11%), PV (13%) og RCV (9%) alle høyere hos guttene enn hos jentene (tabell 4.2).

Relativt til kroppsvekt var Hb-masse, BV, PV og RCV alle signifikant høyere hos guttene enn hos jentene i begge gruppene. Langrenns guttene hadde signifikant høyere BV og PV relatert til kroppsvekten enn kontrollguttene, mens langrennsjentene hadde signifikant høyere Hb-masse, BV, og PV relativt til kroppsvekten enn jentene i kontrollgruppen (tabell 4.2 og figur 4.2)

Tabell 4.2: Hematologiske data fra venepreøver og måling av Hb-masse og BV for 12 år gamle barn rekruttert fra langrennsklubber og skoleklasser.

	Langrennsgruppen			Kontrollgruppen		
	Alle (n=69-74)	Gutter (n= 41-46)	Jenter (n= 28)	Alle (n= 79-93)	Gutter (n= 44-47)	Jenter (n= 36-46)
Hematokritt (%)	39 (2) <i>a</i>	38 (2) <i>d</i>	39 (2) <i>e</i>	42 (2)	42 (2) <i>c</i>	43 (2)
Hb-konsentrasjon (g·dl⁻¹)	13,2 (0,6) <i>a</i>	13,2 (0,7) <i>d</i>	13,2 (0,6) <i>e</i>	13,9 (0,8)	13,8 (0,8)	13,9 (0,7)
Hb-masse (g)	405 (57) <i>a</i>	406 (57) <i>d</i>	404 (58)	429 (71)	446 (66) <i>c</i>	411 (73)
Hb-masse (g·kg⁻¹)	10,1 (0,8) <i>a</i>	10,3 (0,8) <i>b, d</i>	9,7 (0,8) <i>e</i>	9,5 (1,1)	10,0 (1,0) <i>c</i>	9,0 (0,9)
Blodvolum (ml)	3369 (492)	3 370 (488)	3 369 (506)	3408 (518)	3 584 (469) <i>c</i>	3 187 (497)
Blodvolum (ml·kg⁻¹)	84,2 (7,3) <i>a</i>	86,2 (7,5) <i>b, d</i>	81,1 (6,1) <i>e</i>	76,5 (8,0)	80,1 (7,3) <i>c</i>	72,0 (6,6)
Plasmavolum (ml)	2186 (329)	2 192 (322)	2 178 (345) <i>e</i>	2108 (336)	2 233 (305) <i>c</i>	1 952 (310)
Plasmavolum (ml·kg⁻¹)	54,6 (5,3) <i>a</i>	56,1 (5,5) <i>b, d</i>	52,4 (4,2) <i>e</i>	47,3 (5,5)	49,9 (5,0) <i>c</i>	44,1 (4,3)
Rødt cellevolum (ml)	1183 (179) <i>a</i>	1 178 (183)	1 192 (176)	1299 (203)	1 352 (186) <i>c</i>	1 235 (206)
Rødt cellevolum (ml·kg⁻¹)	29,5 (2,7)	30,1 (2,6) <i>b</i>	28,7 (2,6)	29,2 (3,2)	30,2 (3,0) <i>c</i>	27,9 (2,9)
MCHC (g·dl⁻¹)	34,1 (0,8)	34,3 (0,8)	33,9 (0,8)	33,0 (0,9)	33,2 (0,8)	32,7 (1,0)

Alle resultater er gjennomsnittsverdier (standardavvik). Hb-masse= hemoglobinmasse, Hb-konsentrasjon= hemoglobinkonsentrasjon, MCHC= mean corpuscular hemoglobin concentration (gjennomsnittskonsentrasjonen av Hb i de røde blodcellene). Signifikante forskjeller ($p < 0,05$) mellom gruppene representerer: *a*, mellom langrennsgruppen og kontrollgruppen, *b*, mellom gutter og jenter i langrennsgruppen, *c*, mellom gutter og jenter i kontrollgruppen, *d*, mellom gutter i langrennsgruppen og gutter i kontrollgruppen, og *e*, mellom jenter i langrennsgruppen og jenter i kontrollgruppen.



4.4 Det maksimale oksygenopptak (VO_{2maks})

Det var ingen signifikant forskjell mellom VO_{2maks} ($ml \cdot min^{-1}$) og HF_{maks} mellom langrenns- og kontrollgruppen. Det var imidlertid signifikant forskjell i VO_{2maks} relativ til kroppsvekt ($ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$), TTU, $vinkel_{maks}$, og $hastighet_{maks}$ mellom gruppene, der forskjellene henholdsvis var 14%, 26%, 7% og 4% (tabell 4.3).

VO_{2maks} ($ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$), TTU, $vinkel_{maks}$ og $hastighet_{maks}$ var signifikant forskjellig mellom guttene og jentene i langrennsgruppen, henholdsvis 11%, 16%, 7% og 3% (tabell 4.3). Gutter sammenlignet med jenter i kontrollgruppen hadde høyere VO_{2maks} ($ml \cdot min^{-1}$) (11%), VO_{2maks} ($ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$) (9%), høyere VE_{maks} (8%), og TTU (13%). Guttene i langrennsgruppen hadde 14% høyere VO_{2maks} ($ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$), 26% lengre TTU og 8% brattere $vinkel_{maks}$ enn kontrollgruppen. Jentene i langrennsgruppen hadde 12% høyere VO_{2maks} ($ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$), 23% lengre TTU, 4% brattere $vinkel_{maks}$ og 3% høyere $hastighet_{maks}$ enn jentene i kontrollgruppe

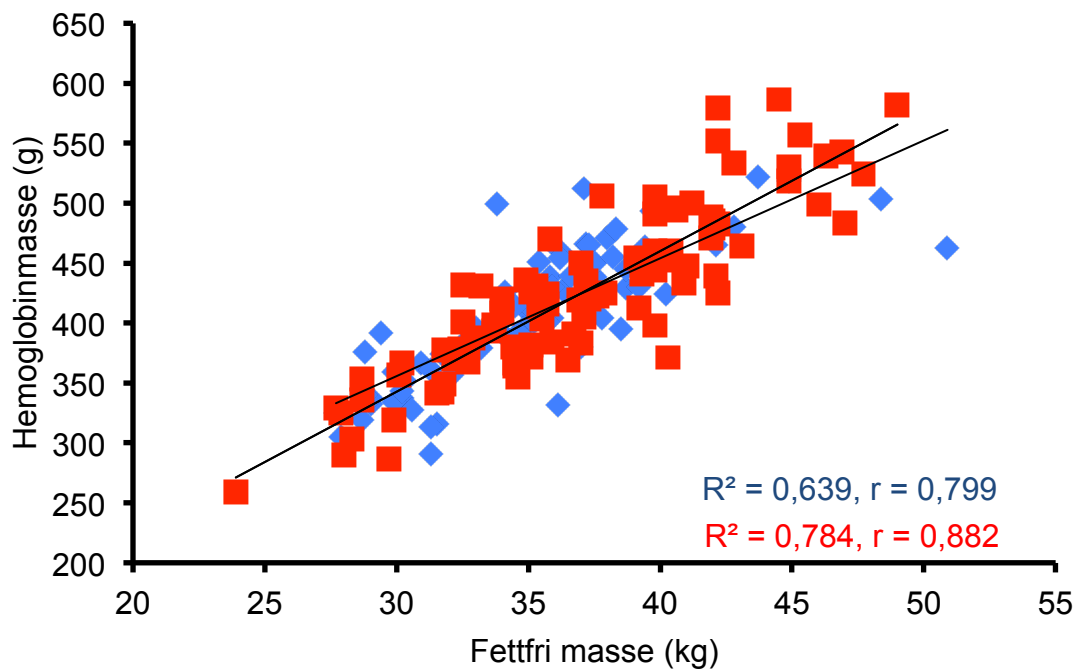
Tabell 4.3: Maksimale data fra VO_{2maks} -testen på tredemølle for 12 år gamle barn rekruttert fra langrennsklubber og skoleklasser.

	Langrennsgruppen				Kontrollgruppen			
	Alle (n= 73)	Gutter (n= 47)	Jenter (n= 27)	Alle (n= 47-57)	Gutter (n= 31-34)	Jenter (n= 27-34)		
VO_{2maks} (ml·min ⁻¹)	2 488 (339)	2 549 (330)	2 388 (329)	2446 (404)	2585 (347) <i>c</i>	2310 (410)		
VO_{2maks} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	62,5 (6,7) <i>a</i>	65,2 (6,3) <i>b, d</i>	58,0 (64,8) <i>e</i>	53,6 (6,6)	56,3 (6,2) <i>c</i>	51,0 (5,8)		
HF _{maks} (slag·min ⁻¹)	201 (7,8) <i>a</i>	201 (7,9)	202 (7,9)	199 (7,9)	200 (7,1)	198 (8,7)		
RER	1,1 (0,05) <i>a</i>	1,0 (0,04) <i>b</i>	1,1 (0,05) <i>e</i>	1,1 (0,12)	1,1 (0,07) <i>c</i>	1,1 (0,06)		
VE _{maks} (l·min ⁻¹)	84,5 (11,5)	85,5 (10,9)	83,5 (12,6)	85,0 (13,8)	88,6 (13,3) <i>c</i>	81,8 (13,6)		
TTU (min)	5,8 (1,1) <i>a</i>	6,2 (1,1) <i>b, d</i>	5,2 (0,9) <i>e</i>	4,3 (0,9)	4,6 (1,0) <i>c</i>	4,0 (0,8)		
Vinkel _{maks} (%)	10,4 (1,1) <i>a</i>	10,7 (1,2) <i>b, d</i>	9,9 (0,6) <i>e</i>	9,7 (0,9)	9,8 (0,9)	9,5 (0,8)		
Hastighet _{maks} (km·t ⁻¹)	10,7 (0,5) <i>a</i>	10,8 (0,5)	10,5 (0,5) <i>e</i>	10,3 (0,8)	10,5 (0,9)	10,2 (0,7)		

Alle verdier er gjennomsnittsverdier (standardavvik). VO_{2maks} = maksimalt oksygenopptak, RER = respiratorisk utvekslingskvotient, HF_{maks} = maksimal hjertefrekvens, VE_{maks} = maksimal ventilasjon. Signifikante forskjeller mellom gruppene representerer: *a*, mellom langrennsgruppen og kontrollgruppen, *b*, mellom gutter og jenter i langrennsgruppen, *c*, mellom gutter og jenter i kontrollgruppen, *d*, mellom gutter i langrennsgruppen og gutter i kontrollgruppen, og *e*, mellom jenter i langrennsgruppen og jenter i kontrollgruppen.

4.4.1 Sammenheng mellom Hb-masse, kroppsvekt og fettfri masse

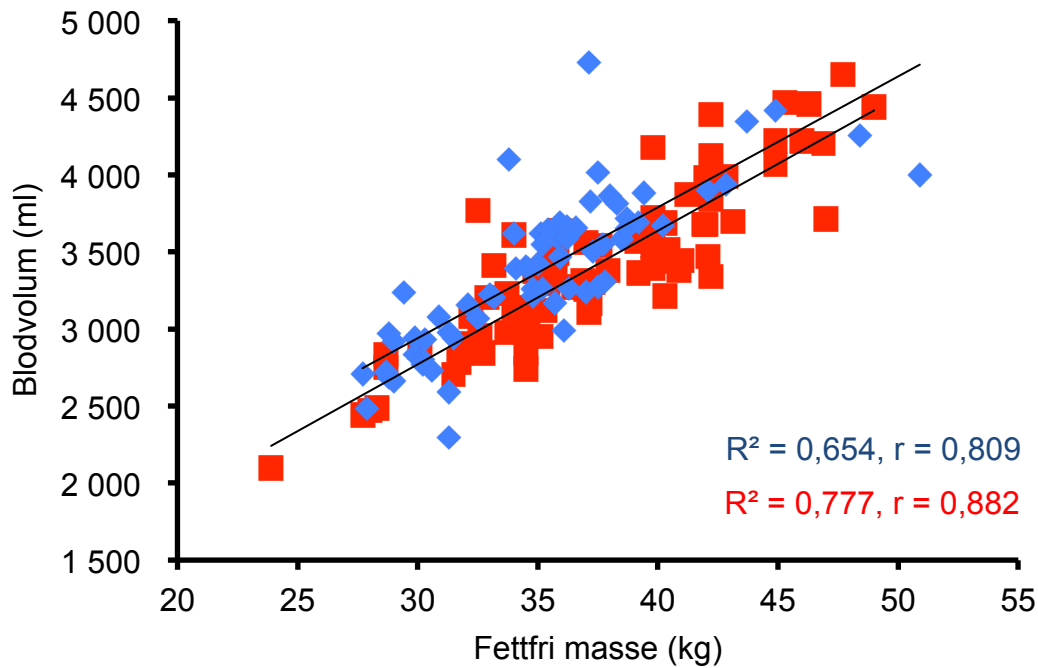
Det var en veldig høy korrelasjon mellom kroppsvekt og absolutt Hb-masse både i langrennsgruppen ($r=0,829$) og i kontrollgruppen ($r=0,775$). Det var tilsvarende korrelasjon mellom fettfri masse og absolutt Hb-masse ($r=0,799$ og $r=0,882$ for henholdsvis langrenns og kontrollgruppen) (figur 4.3).



Figur 4.3: Sammenhengen mellom fettfri masse og hemoglobinmasse, langrennsgruppen (blått) og kontrollgruppen (rødt).

4.4.2 Sammenheng mellom BV, kroppsvekt og fettfri masse

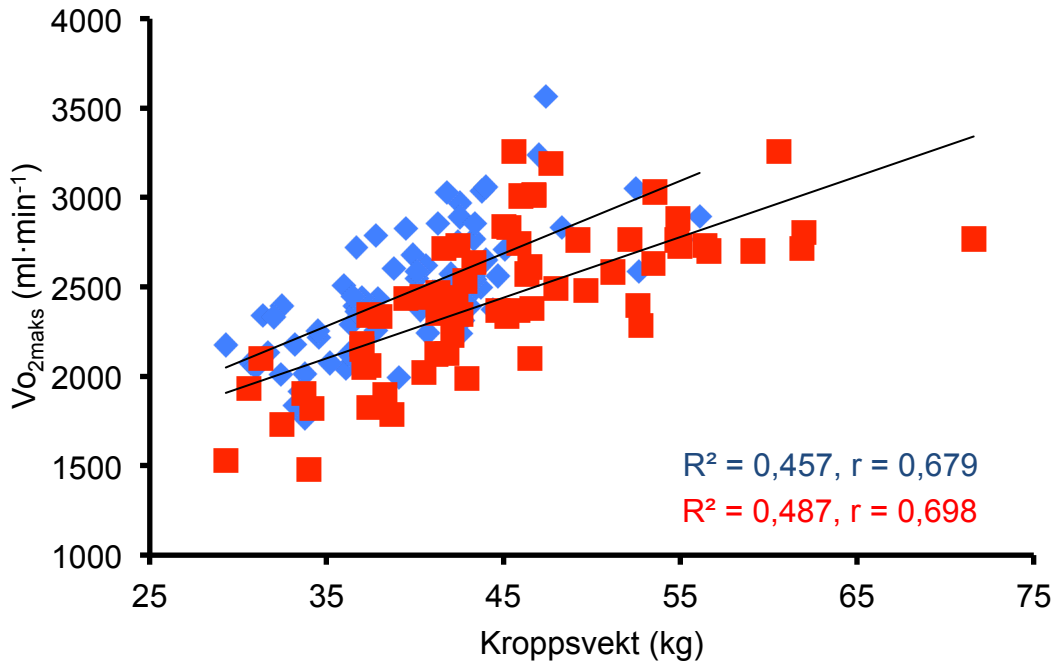
Det var en veldig høy korrelasjon mellom kroppsvekt og absolutt BV både i langrennsgruppen ($r=0,824$), og kontrollgruppen ($r=0,760$). Det var også en veldig høy korrelasjon mellom fettfri masse og BV ($r=0,809$ og $r=0,882$, henholdsvis i langrennsgruppen og i kontrollgruppen) (figur 4.4).



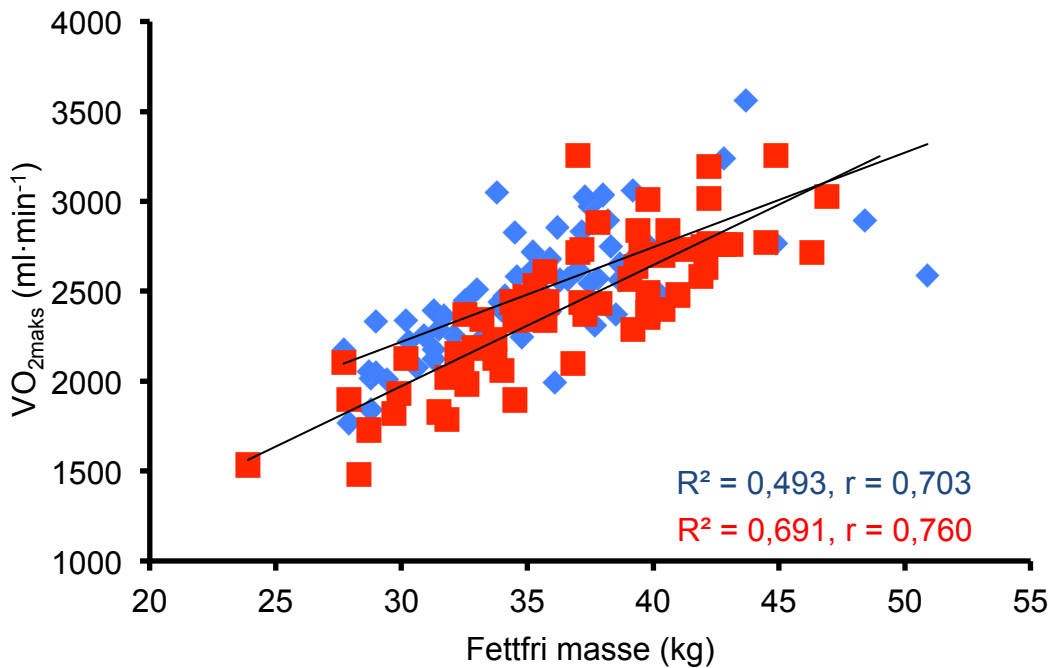
Figur 4.4: Sammenhengen mellom fettfri masse og blodvolum, langrennsgruppen (blått) og kontrollgruppen (rødt).

4.4.3 Sammenheng mellom VO_{2maks} , kroppsvekt og fettfri masse

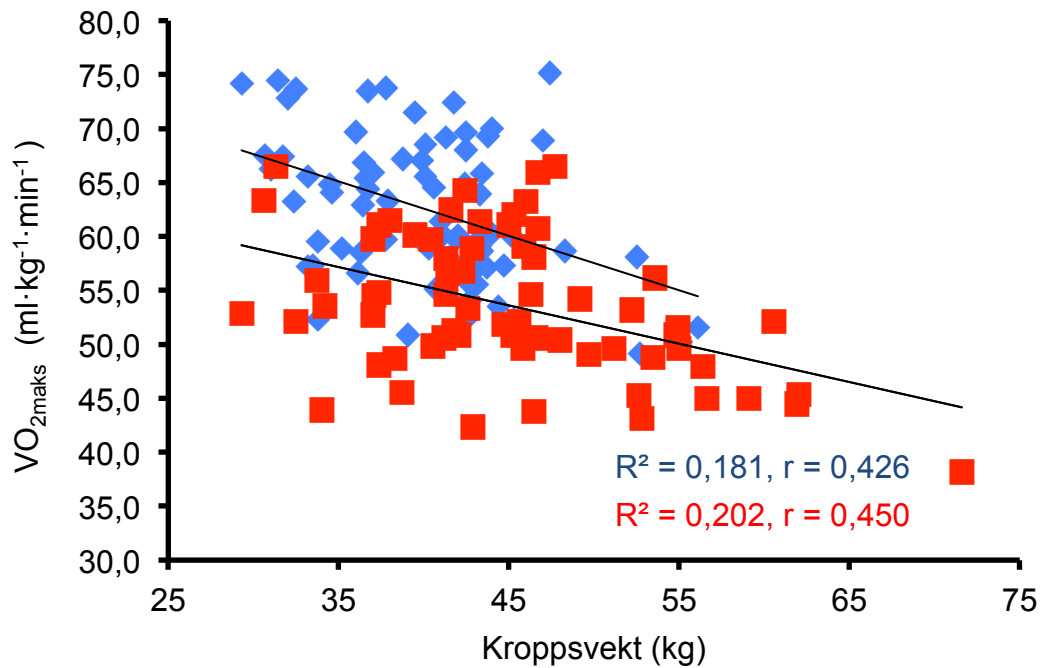
Det var høy korrelasjon mellom kroppsvekt og absolutt VO_{2maks} ($r=0,679$ og $r=0,698$, henholdsvis i langrennsgruppen og i kontrollgruppen) (figur 4.5). Det var en veldig høy korrelasjon mellom fettfri masse og absolutt VO_{2maks} i langrennsgruppen ($r=0,703$) og i kontrollgruppen ($r=0,831$) (figur 4.6) I både langrenns- og kontrollgruppen var det en moderat korrelasjon (henholdsvis $r=0,426$, og $r=0,450$) mellom kroppsvekt og VO_{2maks} relatert til kroppsvekt (figur 4.7) enn ved absolutte verdier.



Figur 4.5: Sammenhengen mellom kroppsvekt og maksimalt oksygenopptak, langrennsgruppen (blått) og kontrollgruppen (rødt).



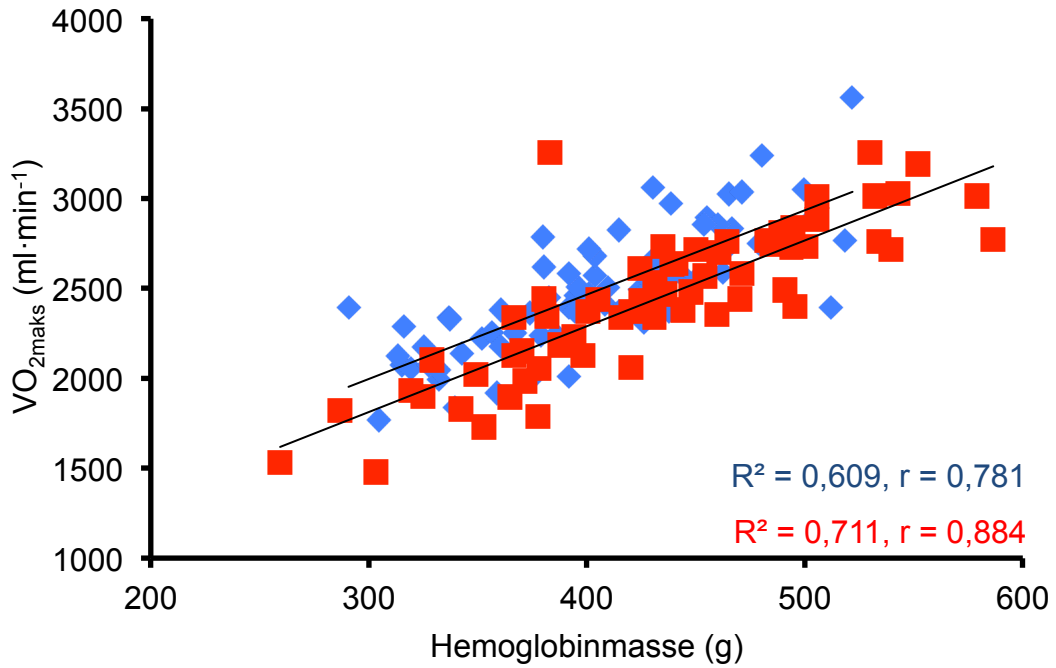
Figur 4.6: Sammenhengen mellom fettfri masse og maksimalt oksygenopptak, langrennsgruppen (blått) og kontrollgruppen (rødt).



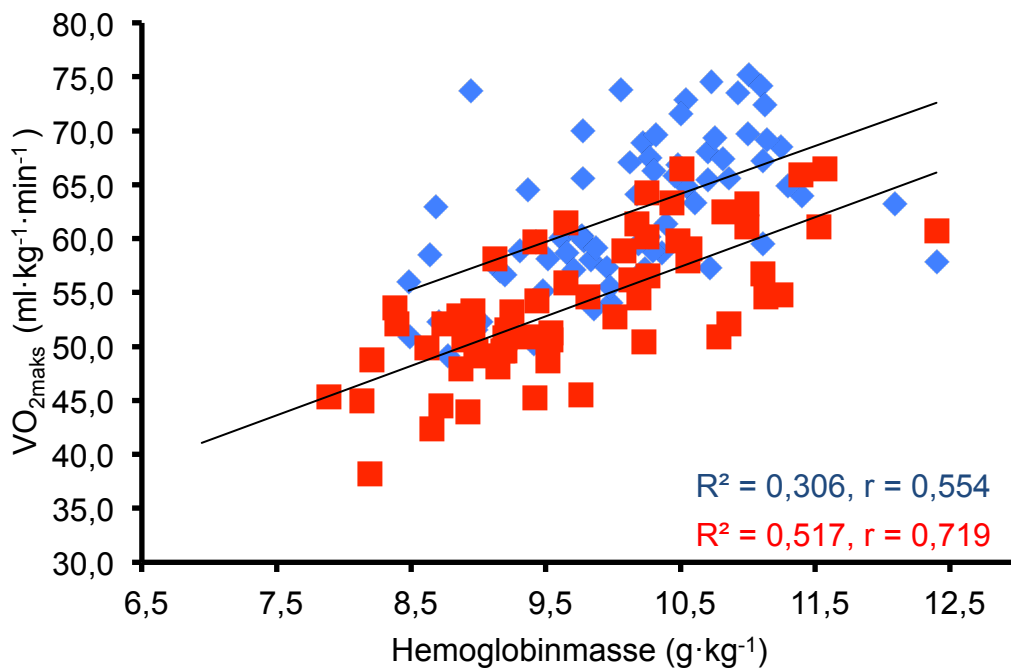
Figur 4.7: Sammenhengen mellom kroppsvekt og maksimalt oksygenopptak relativt til kroppsvekt, langrennsgruppen (blått) og kontrollgruppen (rødt).

4.4.4 Sammenheng mellom VO_{2maks} , [Hb], Hb-masse og BV

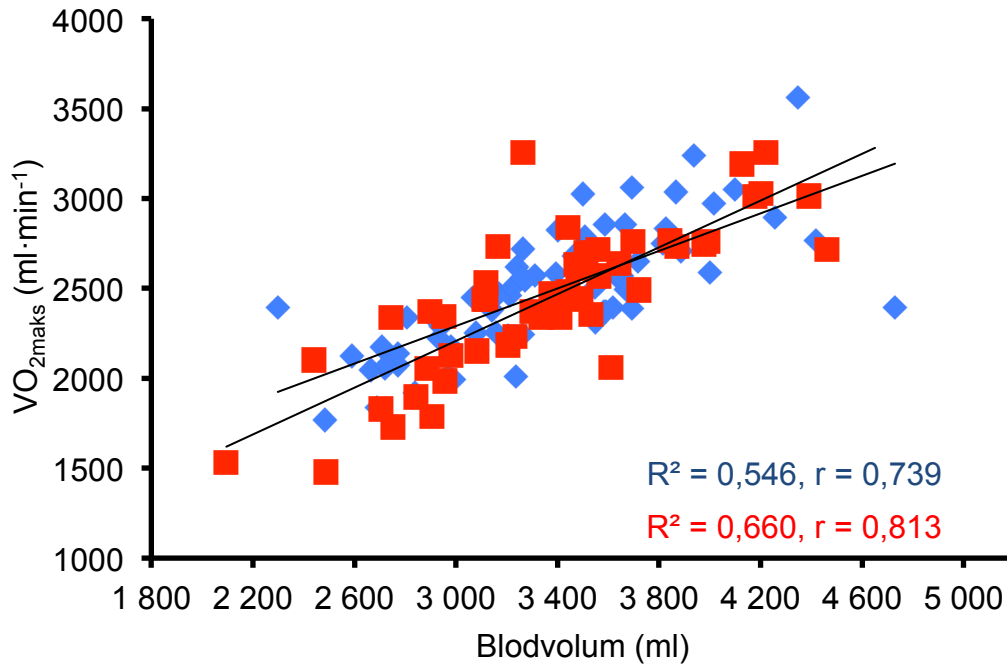
Det var ingen signifikant korrelasjon ($p > 0,05$) mellom [Hb] og VO_{2maks} relatert til kroppsvekt ($r = 0,084$ og $r = 0,221$ henholdsvis for langrennsgruppen og kontrollgruppen). Det var derimot en veldig høy korrelasjon mellom VO_{2maks} og Hb-masse, både i absolutte ($r = 0,781$ og $r = 0,844$, henholdsvis for langrennsgruppen og kontrollgruppen) (figur 4.8) og relatert til kroppsvekt ($r = 0,554$ og $r = 0,719$, henholdsvis for langrennsgruppen og kontrollgruppen) (figur 4.9) i begge gruppene. Korrelasjonen mellom VO_{2maks} og BV var veldig høy i absolutte verdier ($r = 0,739$ og $r = 0,813$, henholdsvis for langrennsgruppen og kontrollgruppen) (figur 4.10), men ved VO_{2maks} relatert til kroppsvekt var korrelasjonen ved lavere (langrennsgruppen, $r = 0,489$ og kontrollgruppen, $r = 0,580$) (figur 4.11) verdi.



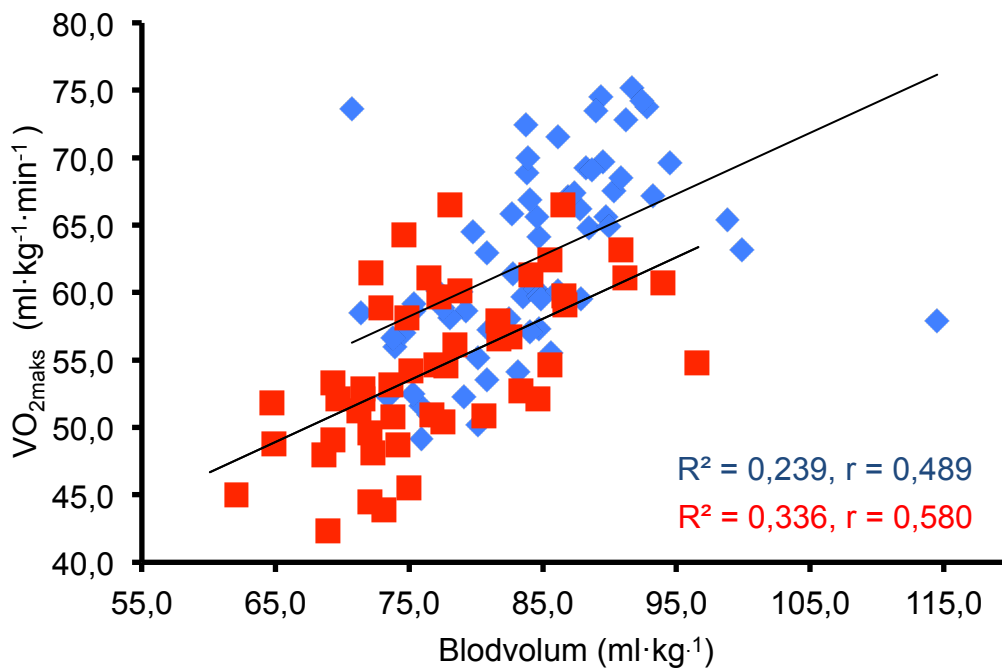
Figur 4.8: Sammenhengen mellom hemoglobinmassen og maksimalt oksygenopptak, langrennsgruppen (blått) og kontrollgruppen (rødt).



Figur 4.9: Sammenhengen mellom hemoglobinmasse og maksimalt oksygenopptak relativt til kroppsvekt, langrennsgruppen (blått) og kontrollgruppen (rødt).



Figur 4.10: Sammenhengen mellom blodvolum og maksimalt oksygenopptak langrennsgruppen (blått) og kontrollgruppen (rødt).



Figur 4.11: Sammenhengen mellom blodvolum og maksimalt oksygenopptak relativt til kroppsvekt, langrennsgruppen (blått) og kontrollgruppen (rødt).

5. Diskusjon

Denne studiens hovedfunn var at Hb-massen relatert til kroppsvekten var signifikant høyere hos langrennsgruppen enn hos kontrollgruppen og høyere hos guttene enn jentene i begge gruppene. Hct og [Hb] var signifikant høyere hos kontrollgruppen, noe som betyr at PV og BV var relativt sett enda høyere i langrennsgruppen i forhold til kontrollgruppen enn Hb-massen (figur 4.1). Også VO_{2maks} relatert til kroppsvekten var høyere for langrennsgruppen sammenlignet med kontrollgruppen. Guttene hadde høyere VO_{2maks} enn jentene i begge gruppene.

Det var svært høy korrelasjon mellom Hb-massen og VO_{2maks} , og mellom BV og VO_{2maks} i absolutte verdier i både langrennsgruppen og i kontrollgruppen. Når disse variablene ble relatert til kroppsvekten var det fremdeles en signifikant, men lavere korrelasjon.

For langrennsgruppen var alle antropometriske variabler (kroppshøyde, kroppsvekt, KMI, fettfri masse og fettprosent) signifikant lavere enn kontrollgruppen (tabell 4.1). Dette skyldes delvis at kontrollgruppen var seks måneder eldre enn langrennsgruppen på testtidspunktet (tabell 4.1). Sammenligninger av antropometriske variabler mellom gruppene må derfor tolkes i lys av dette. Når det gjelder alderens påvirkning på de hematologiske variablene og VO_{2maks} , antas dette og ikke ha like stor påvirkning som på de antropometriske variablene. På grunn av denne forskjell i kroppsvekt vil det i hovedsak bli sammenlignet verdier normalisert til 12-åringenes kroppsvekt.

Tabell 5.1: Oversikt over tidligere litteratur som har målt Hb-masse, BV og VO_{2maks} hos barn og unge.

Studienes hovedfunn										
Studie (År)	Metode	Antall (FP)	Kjønn (G/J)	Alder (år)	Hb-masse (g)	Hb-masse ($g \cdot kg^{-1}$)	BV (l)	BV ($ml \cdot kg^{-1}$)	VO_{maks} ($ml \cdot min^{-1}$)	VO_{maks} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)
Åstrand (1952)	Estimert HbCO via alveole-CO-konsentrasjon	7	Gutter	10-11	266 (8)	7,5 (0,3)	1,87 (0,1)	52 (1,7)	2004	56 (1,0)
		9	Jenter	10-11	266 (15)	8,0 (0,3)	1,87 (0,1)	56 (1,6)	1730	52 (0,8)
		6	Gutter	12-13	369 (43)	8,8 (0,6)	2,68 (0,2)	64 (3,0)	2360	57 (0,6)
		12	Jenter	12-13	367 (21)	7,8 (0,3)	2,64 (0,1)	57 (1,7)	2330	50 (0,7)
		10	Gutter	14-15	617 (63)	10,0 (0,5)	4,05 (0,3)	66 (2,8)	3927	60 (0,9)
11	Jenter	14-15	435 (23)	7,6 (0,3)	3,02 (0,2)	53 (2,6)	2576	46 (1,0)		
Eriksson (1972)	Estimert HbCO via alveole-CO-konsentrasjon	12	Gutter	11-13	Pre: 389 (10,7) Post: 428 (18,7)	8,6 9,3	2,92 (0,1) 3,28 (0,2)	65 71	1700 2100	39 45
		12	Syklister (G+J)	11-15	559	10,6 (1,1)			3046	58 (8)
Eastwood et al. (2008)	The Optimised CO-rebreathing	11	Kontroll (G+J)	11-15	463	9,6 (1,0)			2140	44 (8)
		11	Gutter	12	482 (60)	11,4 (0,9)	4,04 (0,46)	96 (7)	2502 (248)	60 (5)
Landgraff (2009)	Tradisjonell CO-rebreathing	12	Jenter	12	471 (56)	11,0 (0,9)	4,12 (0,5)	96 (8)	2430 (266)	57 (4)
		14	Gutter (trente)	16	758 (124)	13,2 (0,9)	5,82 (0,82)	95	4019 (547)	66
Steiner & Wehrlin (2011)	The Optimised CO-rebreathing	16	Gutter (utrente)	16	745 (92)	13,0 (0,9)	5,52 (0,63)	89	3641 (373)	59
		75	Langrenn (G+J)	12	405 (57)	10,1 (0,8)	3,37 (0,5)	84 (7)	2488 (339)	63 (7)
NIH (2014)	The optimised CO-rebreathing	98	Kontroll (G+J)	12	429 (71)	9,5 (1,0)	3,40 (0,5)	75 (11)	2446 (404)	54 (7)

Alle verdier blir oppgitt i gjennomsnitt. Nesten alle verdier er oppgitt i (standardavvik). De steder det ikke er oppgitt (standardavvik), er det fordi gjennomsnittsverdien ikke var oppgitt i artikkelen, og er derfor regnet ut i fra kroppsvekten (kg) som ble oppgitt i artikkelen.

5.1 Antropometriske variabler hos 12-åring

Kroppsvekten var 5,5 kg høyere i kontrollgruppen enn langrennsgruppen. Basert på alle deltakerne i studien øker kroppsvekten med 7 kg per år (figur 4.1) og vi kunne derfor forvente at aldersforskjellen på 6 måneder ville gi en forskjell i kroppsvekt på 3,5 kg. Dette stemmer bra med at forskjellen mellom gruppenes fettfri masse var på kun 2 kg. I kontrollgruppen var derfor en større del av kroppsvekten fettmasse, og fettprosenten var 6,3% poeng høyere enn langrennsgruppen. Kroppshøyden var 4 cm høyere i kontrollgruppen enn langrennsgruppen. Basert på sammenhengen mellom alder og kroppshøyde for alle deltakerne i studien hadde vi forventet en forskjell på 2,6 cm (figur 4.1). Det at kroppsvekten i kontrollgruppen er høyere enn forventet utfra forskjell i alder, kan derfor delvis skyldes økt kroppshøyde og delvis økt fettprosent.

Vi fant ingen forskjell i kroppsvekt og kroppshøyde mellom kjønnene i verken langrenns- eller kontrollgruppen, men vi fant kjønnsforskjell i fettprosent hos begge gruppene. Kjønnsforskjellen var på 2,1 kg i langrennsgruppen, og på 5,7 kg i kontrollgruppen. For gutter ser vi at kroppshøyden hos kontrollgruppen er hele 6 cm høyere enn i langrennsgruppen og forskjellen i kroppsvekt i hovedsak kan forklares ut fra økt kroppshøyde. Det understrekes ved at forskjellen i fettfri masse er 3,6 kg. Hos jentene er det imidlertid ingen forskjell i fettfri masse mellom gruppene og forskjellen i kroppshøyde er bare 1 cm. Det ser derfor ut til at hele vektforskjellen mellom langrennsjentene og jentene i kontrollgruppen skyldes økt fettmasse. Selv om det er en viss usikkerhet med estimeringen av fettprosent med InBody, (Jensky-Squires et al., 2008) støttes denne analysen av at KMI var 8% høyere hos kontrolljentene. Om det er slik at de utholdhetstrenerne har lavere kroppsvekt og fettprosent er grunnet utholdhetstreningen, eller at det både er genetikk, arv og miljø som er årsaken, er ikke utelukket.

5.2 Hemoglobinmasse (Hb-masse)

Kontrollgruppen hadde signifikant høyere absolutt Hb-masse enn langrennsgruppen, men absolutt Hb-massen øker med kroppsvekt (Åstrand, 1952), og kontrollgruppen var 5,5 kg tyngre enn langrennsgruppen. Forskjellen i Hb-masse må derfor tilskrives denne vektforskjellen. Når vi ser på Hb-masse relativt til kroppsvekt, hadde langrennsgruppen signifikant høyere verdier enn kontrollgruppen (tabell 4.2 og figur 4.1).

Det vil videre i dette diskusjonskapittelet først bli diskutert nivået på Hb-massen, sett i forhold til tidligere studier. Videre vil kjønnsforskjellene bli diskutert og til slutt vil forskjellene mellom gruppene bli diskutert. Hovedsakelig tas det utgangspunkt i Hb-massen relatert til kroppsvekten.

5.2.1 Hb-masse hos 12-åring

Vi fant at langrennsgruppen hadde Hb-masse på $10,1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, mens kontrollgruppen hadde lavere Hb-masse på $9,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Det er forholdsvis få studier på Hb-masse og BV som har blitt gjennomført med deltagelse av barn og unge (tabell 5.1). Av studiene i tabell 5.1 hadde fire deltagelse av barn og unge under 16 år, mens i ett av studiene var deltakerne over 16 år. Alle disse studiene har benyttet CO-rebreathing for målingen av Hb-masse, men etter ulike protokoller. To av studiene (Eastwood et al., 2009; Steiner & Wehrlin, 2011b) benyttet samme metode som vår studie. Landgraff (2009) benyttet også CO-rebreathing som metode, men med et større spirometer og lengre rebreathingsperiode (12 min) (tradisjonell CO-rebreathing method, etter Burge og Skinner (1995)). Åstrand (1952) og Eriksson (1972) benyttet en eldre metode etter Sjøstrand (1948) der det ble brukt en lavere dose CO og der HbCO% beregnes fra ekspirasjonsluft.

Åstrand (1952) testet Hb-massen til 94 gutter og jenter mellom 7 og 30 år. Hb-massen som ble målt i studien til Åstrand (1952) var for 12-13 år gamle gutter og jenter på $8,3 (0,5) \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, som var 17% lavere enn kontrollgruppen i studien vår. Trolig kan forskjellen i verdi skyldes det lave antall med forsøkspersoner, og metoden som ble benyttet. Åstrand (1952) benyttet metoden etter Sjøstrand (1948), som bruker rundt 50% mindre mengde CO. Dette gir en lavere deltaverdi av HbCO%, og er en svakhet i metoden. Når en lavere deltaverdi blir benyttet i estimeringen av Hb-massen kan det føre til en underestimering av den totale Hb-masse (Schmidt & Prommer, 2005). En annen, og kanskje større svakhet med metoden til Sjøstrand (1948) er at HbCO% blir beregnet ved å analysere CO-konsentrasjonen i alveolarluften, og ikke ved hjelp av kapillærprøver som ble gjort i vår studie (Åstrand, 1952). Åstrand (1952) sin Hb-masse er lavere, og skiller seg derfor litt fra de andre studiene i tabell 5.1. Studien til Eastwood et al. (2009) benyttet samme metode som vår studie for målingen Hb-masse.

Forsøkspersonene i studien var mellom 11 og 15 år, og det var deltagelse av både gutter

og jenter. I alt var det 23 forsøkspersoner, der 12 av de deltok i syklist-gruppen, mens elleve deltok i kontrollgruppen (Eastwood et al., 2009). Kontrollgruppen i studien til Eastwood et al. (2009) hadde en Hb-masse på $9,6 (1,0) \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Deres Hb-massen var derfor lik Hb-massen hos kontrollgruppen i vår studie. Studien skilte ikke på kjønn, samt deltagelse av få forsøkspersoner og en stor spredning i alder kan tenkes å ha påvirket Hb-masseverdiene. Landgraff (2009) målte høyere Hb-masse hos sine 12 år gamle gutter og jenter rekruttert fra fotball- og langrennsklubber. Gjennomsnittlig hadde guttene og jentene i studien til Landgraff (2009) en Hb-masse på $11,2 (0,9) \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, noe som er 10% og 15% høyere enn henholdsvis langrennsgruppen og kontrollgruppen i vår studie. Landgraff (2009) benyttet en metode som har vist å kunne overestimere Hb-masse verdiene. En tidligere studie rapporterer 9% høyere Hb-masse ved bruk av den tradisjonelle CO-rebreathing metoden i forhold til bruk av optimised CO-rebreathing metoden (Steiner & Wehrin, 2011a). Guttene og jentene i studien til Landgraff (2009) kan derfor trolig ha en overestimert Hb-masse.

5.2.2 Kjønnforskjeller i Hb-masse hos barn og unge

Når Hb-masse ble relatert til kroppsvekten fant vi at det var signifikante forskjeller mellom guttene og jentene både i langrennsgruppen og kontrollgruppen. I langrennsgruppen var det $0,7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ forskjell, mens i kontrollgruppen var det $1,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ som skilte kjønnens Hb-masse.

Tidligere studier tyder på at gutter og jenter har lik absolutt Hb-masse frem til pubertetsalderen, eller under 40 kg i kroppsvekt (Åstrand, 1952). Etter at jenter har kommet i puberteten, er det sett at gutter og jenter får et skille, og Hb-masse hos gutter øker mer enn hos jenter. Økningen kan være så mye som 67% i løpet av puberteten (Åstrand, 1952). Frem mot 14-15 års alderen har jenter sin største økning i Hb-masse, og etter denne alderen reduseres økningen betraktelig. Åstrand (1952) fant at jenter fra 14-18 år ligger 28% lavere enn gutter, og etter fylt 18 år blir skillet på hele 32%. Gutter får en større økning av Hb-masse underveis i puberteten. Den store økningen i Hb-masse for guttene må ses i sammenheng med deres økning i kroppsvekt på hele 47% i samme periode (Åstrand, 1952).

Det er bare studiene til Åstrand (1952) og Landgraff (2009) som har sett på kjønnforskjeller i Hb-masse hos barn og unge. I motsetning til vår studie, fant ikke

Landgraff (2009) noen signifikant forskjell i Hb-masse hos sine gutter og jenter, og forskjellen mellom kjønnene var også mindre ($0,4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) enn hva vi fant. Åstrand (1952) fant ingen signifikant forskjell i Hb-masse blant gutter og jenter i 10-11 års alderen, men i gruppene 12-13 år og 14-15 år fant han forskjeller i Hb-masse. Det ble i studien til Åstrand (1952) sett lik forskjell ($1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) mellom gutter og jenter i alderen 12-13 år som forskjellen vi fant mellom kjønnene i kontrollgruppen i vår studie.

Landgraff (2009) og våre funn kan tyde på at forskjeller i Hb-massen er større hos gutter og jenter i ung alder som ikke driver med spesifikk utholdenhetstrening. Disse forskjeller kan ligge på mer enn $1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Kjønnforskjeller i Hb-masse hos unge gutter og jenter som er aktive, og holder på med spesifikke utholdenhetssidretter ser trolig ut til å være av mindre forskjell.

5.2.3 Effekten av aktivitetsnivå og trening på Hb-masse hos 12--åringer

Total Hb-masse var høyere hos kontrollgruppen enn langrennsgruppen, men når verdiene ble relatert til kroppsvekten hadde langrennsgruppen en signifikant høyere Hb-masse på $10,1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, i forhold til kontrollgruppen på $9,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, en forskjell på 6%. Dette er verdier som stemmer overens med forskjellen på 9% Eastwood et al. (2009) fant mellom syklistgruppen og kontrollgruppen.

Studier som har sett på om Hb-massen øker etter en treningsperiode rapporterer ikke entydige funn. Eriksson (1972) målte en økning på 7,5% i Hb-massen relatert til kroppsvekt etter 16 uker med trening. Studien besto av gutter i alderen 11-13 år, som ikke var spesielt godt trent. Det ble ikke sett noen signifikant økning i Hb-masse hos kontrollgruppen fra starten til slutten av studien til Eastwood et al. (2009). Derimot ble det sett en økning fra starten til slutten av studien hos syklistgruppen. Økningen var på 11,3% (Eastwood et al., 2009). Studien til Steiner og Wehrin (2011b) var den første studien som så på forskjeller i Hb-masse, BV og $\text{VO}_{2\text{maks}}$ hos tre grupper utholdenhetstrengende ungdom og voksne på elitenivå i alderne 16, 21 og 28 år, mot tre utrente kontrollgrupper på samme alder. Studien foregikk over ett år, der Hb-masse ble testet ved starten av studien, hver tredje måned og ved slutten av studien. Steiner og Wehrin (2011b) rapporterte ingen forskjeller i Hb-masse mellom eliteutøverne og de utrente ungdommene på 16 år. Derimot var det en signifikant forskjell mellom eliteutøverne og kontrollgruppen på 21 og 28 år (Steiner & Wehrin, 2011b). Forfatterne

i studien spekulerer derfor i om utholdenhetstrening kan ha en mindre påvirkning på Hb-massen før og underveis i puberteten, mens senere i utvikling (postpubertalperiode), fører til økt Hb-massen (Steiner & Wehrlin, 2011b).

Tidligere studier på voksne rapporterer heller ikke entydige resultater fra studier som har målt Hb-masse før og etter en treningsintervensjon. Schmidt og Prommer (2008) fant en økning på 7,5% hos en gruppe mosjonister etter ni måneder med utholdenhetstrening. Derimot ser det ut til at godt trente utholdenhetsutøvere i voksen alder ikke klarer å oppnå samme økning i Hb-masse etter en periode med utholdenhetstrening (Eastwood et al., 2012; Gore et al., 1997; Schmidt & Prommer, 2008). En av grunnen til at godt trente idretts- og eliteutøvere ikke øker sin Hb-masse mener derfor Schmidt og Prommer (2008) trolig skyldes at utøverne er genetisk predisponert for en høy Hb-masse og økningen derfor ikke skyldes treningsadaptasjonen i like stor grad. Dette kan også være en av grunnene til at vi i vår studie ser en signifikant forskjell mellom langrenns- og kontrollgruppen. Årsaker til forskjellene kan ligge i arv og miljø, og at barna er selektert inn i idretten som deres foreldre trolig har vært aktive i.

Oppsummering Hb-masse

Vi fant at Hb-masse var høyere hos 12 år gamle langrennsutøvere enn kontrollgruppen på samme alder. Funn fra tidligere litteratur som har målt Hb-masse hos barn og unge, samt funn i vår studie peker på at barn og unge ved 12 års alderen har en Hb-masse i området 9-10 g·kg⁻¹. Det er bare Åstrand (1952) som har rapportert signifikante forskjeller mellom gutter og jenter fra 12 års alderen, og tilsvarende som funn i vår studie, kan det tyde på at jenter allerede ved 12 års alderen har 10% lavere Hb-masse enn gutter.

5.2.4 Hematokritt Hct%

Fürst (2013) sine referanseverdier for Hct er for gutter og jenter på 7-13 år henholdsvis 34-46% og 34-45% (Fürst, 2013), noe langrennsgruppen (39%) og kontrollgruppen (42%) var innenfor. Både langrennsgruppen og kontrollgruppen i vår studie hadde verdier som var innenfor de oppgitte referanseområdene, men ettersom de var 12 år, burde de ha ligget i den øvre grensen av referanseverdiene til Fürst (2013). Det kan

derfor se ut til at langrennsgruppen i vår studie hadde litt lavere Hct enn hva som er normalt for barn og unge i 12-års alderen.

Det var kun studien til Landgraff (2009) og Steiner og Wehrlin (2011b) i tabell 5.1 som rapporterer Hct-verdier. Barna i studien til Landgraff (2009) var også innenfor referanseverdiene, der guttene hadde 38,3% og jentene hadde 37,0% Hct, og som svarer bra med verdiene som ble målte hos langrennsgruppen i studien vår. Steiner og Wehrlin (2011b) fant at eliteutøvere på 16 år hadde en Hct på 42%, mens utrente på samme alder hadde 43,8%. Selv om forsøkspersonene var 4 år eldre enn 12-åringene i vår studie, har kontrollgruppen i vår studie relativt like verdier Steiner og Wehrlin (2011b) målte hos sine 16 år gamle eliteutøvere. De rapporterer at utrente har tendenser til høyere Hct-verdier enn eliteutøvere (Steiner & Wehrlin, 2011b), noe som stemmer med vår studie, da vi fant signifikant forskjell mellom gruppenes Hct.

Det ble ikke målt noen kjønnsforskjeller i Hct i langrennsgruppen, mens det i kontrollgruppen var en signifikant forskjell mellom guttene og jentene, der jentene hadde 1% poeng høyere Hct enn guttene. Det var ingen signifikant forskjell mellom kjønnene i studien til Landgraff (2009), men det var en tendens til forskjell mellom guttene og jentene, der guttene hadde 1,3% poeng høyere Hct enn jentene.

Ut i fra tidligere studier og vår studie kan det se ut til at det er en tendens til lavere Hct-verdier hos barn og unge som aktivt driver med utholdenhetsidrett. Dette henger sammen med et høyere PV som bidrar til et høyere BV hos langrennsgruppen (se punkt 5.3.3).

5.2.5 Hemoglobinkonsentrasjon [Hb]

Referanseområdet for gutter og jenter mellom 7-13 år er 11,5-15,0 g·dl⁻¹, noe langrennsgruppen (13,2 g·dl⁻¹) og kontrollgruppen (13,9 g·dl⁻¹) var innenfor. Landgraff (2009) sine gutter og jenter hadde gjennomsnittlig en verdi på 12,9 g·dl⁻¹, som er 6% og 7% lavere enn langrenns- og kontrollgruppen i vår studie. Eriksson (1972) sine [Hb] verdier var 12,3 og 12,4 g·dl⁻¹ henholdsvis ved starten og slutten av studien. En annen tidligere studie har oppgitt normalverdier som ligger på 13,5 g·dl⁻¹ for 9-12 år gamle barn og unge (Dallman & Siimes, 1979). Over 9000 barn i alderen 0-16 år var med i studien som hadde til hensikt å fremstille percentilkurver og normalverdier over [Hb]

for barn ved ulik alder (Dallman & Siimes, 1979). Disse normalverdiene var for 9-12 år gamle gutter og jenter på $13,5 \text{ g} \cdot \text{dl}^{-1}$. Dette er normalverdier for [Hb] som er tilnærmet like de verdier som langrennsgruppen og kontrollgruppen målte i vår studie. Det kan derfor type på at Landgraff (2009) sine gutter og jenter hadde litt lavere [Hb] enn gjennomsnittet på samme alder. Noe også forfatteren påpeker da guttene og jentene i deres studie hadde forholdsvis høy $\text{VO}_{2\text{maks}}$.

I treningsstudien til Eriksson (1972) var det ingen økning i [Hb] fra starten til slutten av treningsstudien, men det var en økning i både Hb-masse og BV. Dette kan derfor tyde på at [Hb] holder seg mer eller mindre konstant, mens en økning i Hb-masse og BV forårsaker en økning i $\text{VO}_{2\text{maks}}$ som en naturlig konsekvens (Åstrand, 1952).

Det ble i studien vår ikke målt noen kjønnsforskjeller i [Hb]. Dette støttes av Rowland (2005) og Vinet et al. (2003) som begge hevdet at det normalt ikke er noe forskjell i [Hb] hos prepubertale gutter og jenter, men at kjønnsforskjeller normalt kommer i 12-14 års alderen. Hormonet testosteron har stor påvirkning på produksjonen av Hb, Hct og røde blodceller. Guttenes produksjon av testosteron i puberteten er derfor med på å forklare det kjønns skillet i [Hb] som normalt kommer i løpet av puberteten (Hero, Wickman, Hanhijarvi, Siimes, & Dunkel, 2005).

5.3 Blodvolum (BV)

5.3.1 BV hos 12-åringer

Vi fant at det var signifikant forskjell i BV relatert til kroppsvekten mellom langrennsgruppen og kontrollgruppen i studien vår. Langrennsgruppen hadde BV på $84,2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$, mens kontrollgruppen hadde lavere BV på $76,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ (tabell 4.2 og figur 4.2). BV utgjør 7-8% av kroppsvekten (Sand et al., 2001), og Rowland (1989) hevder at BV normalt er på $75-80 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ fra spedbarnsalder til voksen alder, mens studien til Åstrand (1952) rapporterer lavere normalverdier for BV for barn og unge. Åstrand (1952) sine verdier ligger på $60,5 (2,4) \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Åstrand, 1952). Det foreligger for øvrig ikke mange originalartikler på barn og unges BV.

BV hos barn og unge er i høyest grad relatert til alder, kroppsvekt og kroppshøyde (Åstrand, 1952). Det forekommer store individuelle forskjeller fra barn til barn og fra voksne til voksne. Åstrand (1952) målte lavere verdi for BV enn hos 12-13-åringene i

vår studie. Lavere BV enn hva 12-åringene i studien vår hadde, ble også sett hos Eriksson (1972) sine utrente forsøkspersoner ($65 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$). Landgraff (2009) derimot, målte BV på $96 (8) \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ når guttene og jentene i studien ble slått sammen, noe som er høyere verdier enn både langrennsgruppen og kontrollgruppen i studien vår.

5.3.2 Kjønnforskjeller i BV

I studien vår fant vi at det var signifikant forskjell i BV mellom kjønnene i både langrennsgruppen (6%) og kontrollgruppen (10%). Det er også sett forskjell i BV hos gutter og jenter i tidligere studier (Eriksson, 1972; Åstrand, 1952) og kjønnforskjellene i BV følger de kjønnforskjeller som ses ved Hb-masse. Forskjeller mellom gutter og jenter i ung alder er mindre enn hva det er hos eldre kvinner og menn (Eriksson, 1972; Åstrand, 1952). Det er sett at BV øker fra prepubertale til pubertale alder hos både gutter og jenter, mens det videre kun øker for gutter fra pubertale til postpubertale alder. Hos jenter er BV mer eller mindre konstant frem til 16 år alder, da det er sett at jenter får en reduksjon i BV, hovedsakelig forårsaket av den økning som forekommer i kroppsmasse hos jenter i samme periode (Åstrand, 1952).

Det er kun studiene til Åstrand (1952) og Landgraff (2009) som har skilt på kjønnene også ved BV-verdier. Åstrand (1952) rapporterte BV på $64 (3,0) \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ for gutter, og $57 (1,7) \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ for jenter, mens Landgraff (2009) fant samme verdi for guttene og jentene ($9,6 (8,0) \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$). Både guttene og jentene i langrennsgruppen og kontrollgruppen i vår studie hadde høyere BV enn Åstrand (1952) sine gutter og jenter, men lavere enn hva Landgraff (2009) fant. Selv om ikke Landgraff (2009) fant noen forskjeller i BV hos sine gutter og jenter, er det tydelig å se utfra Åstrand (1952) og vår studie, at forskjell i BV mellom gutter og jenter kan forekomme allerede ved ung alder.

5.3.3 Effekten av aktivitetsnivå og trening på BV hos 12--åringer

Langrennsgruppen i vår studie hadde signifikant høyere BV enn kontrollgruppen, henholdsvis verdier på $84,2$ og $76,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$, en forskjell mellom gruppene på 11%. Denne forskjellen er større enn den forskjellen som ble sett mellom gruppens Hb-masse (6%). Selv om Hb-massen var høyere i langrennsgruppen, var ikke RCV forskjellig mellom gruppene. Det høyere BV i langrennsgruppen skyldes derfor i hovedsak et høyere PV (figur 4.2). Dette stemmer med at langrennsgruppen hadde en

høyere Hb-masse og en lavere [Hb] enn kontrollgruppen, og at det var tendens til høyere gjennomsnittskonsentrasjon av Hb i de røde blodcellene (MCHC) (tabell 4.2).

Det er vist at utholdhetstrening kan øke BV (Convertino, 1991), og det er sett at utrente voksne normalt har 20-25% lavere BV enn godt trente utholdhetsutøvere, noe som gjelder både for menn og kvinner (Convertino, 1991). Selv om dette er vist, er det usikkert hvor stor del av økningen som skyldes adaptasjonen fra treningen, eller hvor stor del av økningen som skyldes arv og miljø (Convertino, 1991; Heinicke et al., 2001). Den forskjellen vi fant mellom våre to grupper er litt lavere enn hva tidligere studier har funnet, men studiene har rapportert funn mellom voksne utrente og utholdhetstrening (Heinicke et al., 2001), og sammenligninger må derfor gjøres varsomt. Det kan likevel se ut til at det allerede ved prepubertal alder forekommer høyere BV hos utholdhetstrening barn enn barn med et lavere aktivitetsnivå.

Oppsummering BV

Langrennsgruppen hadde høyere BV enn kontrollgruppen på samme alder. Forskjellen mellom BV er større enn den forskjellen som ble sett ved Hb-masse. Kjønnforskjeller i BV følger det samme mønstret som ble sett ved Hb-massen, der jenter har omtrent 10% lavere verdier enn gutter ved 12 års alder.

5.4 Det maksimale oksygenopptak (VO_{2maks})

5.5 VO_{2maks} hos 12-åring

Kontrollgruppen i vår studie hadde VO_{2maks} på $53,6 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, som tilsvarer hva Åstrand (1952) fant hos sine 12-13 åringene. I en studie av Armstrong, Kirky, McManus, og Welsman (1995) med 164 skolebarn i alderen 11 år, målte de VO_{2maks} på $48 (6) \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. Dette er 10% lavere VO_{2maks} enn hva vi målte hos vår kontrollgruppe. Forskjellen kan delvis forklares ved den lille aldersforskjellen (0,9 år) det var mellom gruppene, men det kan også se ut til at vår kontrollgruppe hadde høyere VO_{2maks} .

5.5.1 Kjønnforskjeller i VO_{2maks}

Vi fant signifikante forskjeller mellom guttene og jentene i studien vår. Guttene i langrennsgruppen hadde 11% høyere VO_{2maks} enn jentene i gruppen, og en nesten like stor forskjell (9%) var det mellom guttene og jentene i kontrollgruppen. Åstrand (1952)

viste med sine VO_{2maks} -resultater at forskjellen mellom gutter og jenter øker med kronologisk alder. Forskjellen mellom gutter og jenter ved 10-11 års alder er mindre enn 10%, mens forskjellen blir større enn 10% når barna blir eldre enn 12 år. Allikevel fant ikke Landgraff (2009) signifikante forskjeller mellom sine 12 år gamle gutter og jenter, men det var en ikke-signifikant forskjell på 5% mellom kjønnene. Armstrong et al. (1995) fant også en forskjell mellom guttene og jentene i 11 års alder. Guttene i studien hadde VO_{2maks} på $51 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, mens jentene hadde lavere VO_{2maks} på $45 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Armstrong et al., 1995). Før puberteten er kroppsvekt- og kroppshøydekurvene relativt like mellom kjønnene. To kjente mål på hvor barn er i utviklingsstadiet er alderen ved PHV, og om jenta har fått menarche. Dette er to faktorer som kan påvirker fysisk prestasjonsevne hos barn og unge (Malina, Bouchard, et al., 2004). Etersom vår studie var en tverrsnittsstudie, har vi ingen mål på guttene og jentenes PHV, men vi vet hvor mange av jentene som hadde fått menarche. Av jentene i langrennsgruppen var det kun to, og i kontrollgruppen var det kun fem av de som løp VO_{2maks} -testen som hadde fått menarche. Malina, Bouchard, et al. (2004) mener det ikke er uvanlig å se en forskjell i alderen ved PHV på to år mellom gutter og jenter. Jenter når normalt PHV ved 12 års alderen, mens gutter ved 14 års alderen (Malina, Bouchard, et al., 2004). Det kan derfor være mulig at våre jenter, grunnet deres kronologiske alder, var rett ved, eller hadde nådd PHV, mens guttene ennå var omtrent to år unna. Det kan derfor ikke utelukkes at det har vært forskjell i biologisk alder og utviklingsstadium mellom guttene og jentene i både langrennsgruppen og kontrollgruppen som kan være med på å forklare forskjeller vi fant i VO_{2maks} mellom kjønnene. En annen forskjell som ses mellom kjønnene er forskjellen i fettprosent. Denne forskjellen er størst mellom guttene og jentene i kontrollgruppen. Derimot er det ingen forskjell i kroppsvekt mellom kjønnene i kontrollgruppen, som derfor tyder på at den kroppsvekt jentene har er av større andel fett enn guttene, som kan ha ført til en negativ påvirkning på jentenes VO_{2maks} .

5.5.2 Effekt av aktivitetsnivå og trening på Vo_{2maks} hos 12-åringer

Studien vår fant en forskjell på 14% i VO_{2maks} relatert til kroppsvekten mellom langrennsgruppen ($63 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) og kontrollgruppen ($54 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$). Spørsmålet er om denne forskjellen skyldes arv og miljø, eller om den skyldes utholdenhetstrening?

Det er vist at arvelige komponenter kan utgjør opptil 50% av VO_{2maks} hos voksne når det er justert for alder, kjønn og kroppsvekt (Bouchard et al., 1998). Det er også sett at det kan forekomme høyt VO_{2maks} hos voksne uten noen treningsbakgrunn (Martino, Gledhill, & Jamnik, 2001).

Tidligere litteratur viser avvikende resultater på barns evne til å øke VO_{2maks} som effekt av trening. Baxter-Jones og Maffulli (2003) mener barn og unge kan øke VO_{2maks} med hele 15%-20% som følge av en treningsperiode. En oversiktsartikkel utarbeidet av Baquet et al. (2003) rapporterte at en økning kan for prepubertale barn være på 8-10% i VO_{2maks} . Økningen som følge av trening varierer fra barn til barn, ettersom det er vist at genetiske faktorer kan spille en vesentlig rolle (Baxter-Jones & Maffulli, 2003). I studien til Eastwood et al. (2009) var forskjellen på 10% mellom syklistene og de utrente. En tilsvarende forskjell (11%) var det også mellom de trente og utrente 16-åringene i studien til Steiner og Wehrlin (2011b). Hansen og Klausen (2004) hadde en forskjell på 5% mellom eliteutøverne og kontrollgruppen ved starten av studien, og en forskjell på 12% ved slutten av studien. En vesentlig større forskjell (50%) i VO_{2maks} er sett mellom 14 år gamle langrennsutøvere på elitenivå og normale på samme alder (Ingjer, 1992). Den store forskjellen på 50% som er rapportert, mener forfatteren trolig har opphav i langrennsutøvernes mye omfattende og spesifikk treningsregime, og det høye antall treningstimer per uke (15-25 timer) (Ingjer, 1992).

Elite fotballspillere i alderen 10,5 til 13 år hadde ved starten av studien en VO_{2maks} på 58,2 (6,7) $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. Etter 3,5 år hadde VO_{2maks} økt til 60,1 (5,9) $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (Hansen & Klausen, 2004). Over en periode på ett år økte syklistene i studien til Eastwood et al. (2009) sin VO_{2maks} fra 57,8 (7,6) til 64,2 (8,6) $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. Studien testet også syklistenes Hb-masse, der de ikke fant noe økning. Forfatterne spekulerer derfor i om VO_{2maks} kan øke selv om det ikke ses noen økning i Hb-masse over samme periode, og kan derfor skje som følge av andre vaskulære tilpasninger (Eastwood et al., 2009).

Vi fant også en forskjell i antall timer med organisert trening per uke mellom gruppene i vår studie. Langrennsgruppen hadde 27% flere organiserte timer med trening per uke enn kontrollgruppen, og hovedvekten av disse timene var utholdenhetstrening for langrennsgruppen, mens mer breddeidrett hos kontrollgruppen.

Vi kan ikke utelukke at langrennsgruppen var vant med, samt flinkere til å presse seg over tid, og derfor presset seg mer under VO_{2maks} -testen (tabell 4.3). Tidligere studier har vist at barn og unge som deltar i idretter med krav til høyt VO_{2maks} har høyere VO_{2maks} enn barn og unge som ikke driver med tilsvarende idretter (Fredriksen & Pettersen, 2000). Gruppene i studien vår var ikke tilfeldig utplukket, men meldte seg frivillig til deltagelse etter at de hadde mottatt informasjon om studien. Det er derfor ikke utelukkende at seleksjonsbias kan ha forekommet i studien vår, og kan ha ført til et differensert bilde av hvordan treningspåvirkning i barne og ungdomsårene forekommer (Meen, 2000). Det er heller ikke umulig at langrennsgruppen har foreldre med sterk økonomi, som gjør at de 12 år gamle langrennsutøverne har gode forutsetninger for optimale treningsmuligheter som kan føre til økt langrennsprestasjon. Dette kan støttes ved at tidligere studier har funnet en sammenheng mellom bosted og utdanningsnivå, og sammenheng mellom foreldrenes utdanningsnivå og barnas aktivitetsnivå (Dyrstad, Aandstad, & Hallen, 2005; Fredriksen & Pettersen, 2000). Det er også rapportert signifikant forskjell i VO_{2maks} mellom by og bygd, der barn og unge fra bystrøk hadde høyere VO_{2maks} enn barn og unge fra land (Fredriksen & Pettersen, 2000). De samme signifikante forskjeller ser vi mellom gruppene i vår studie, der langrennsgruppen som hovedsakelig er fra byområder har høyere VO_{2maks} enn kontrollgruppen som var rekruttert land. Det er usikkert i hvor stor grad dette stemmer i vår studie, eller om det kun er en tilfeldighet.

Oppsummering VO_{2maks}

Ut ifra våre målte verdier, og verdier fra tidligere litteratur ser det ut til at VO_{2maks} for normale barn ligger i området $50-55 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, mens barn som driver med aktiv utholdenhetstrening kan å ha verdier som er mer enn 15% høyere. Vi fant også at jenter ved 12 års alder har signifikant lavere VO_{2maks} enn hva som blir sett hos gutter ved samme alder, noe som også har blitt sett i tidligere studier. Det er usikkert om forskjellen mellom gruppene skyldes utholdenhetstreningen, noe som tidligere studier også har diskutert. Andre grunner til høyere VO_{2maks} hos utholdenhetstrengende barn kan være forskjell i kroppssammensetning, arv og genetikk, og seleksjon til idretten, noe som sannsynlig også er påvirkende faktorer i vår studie.

5.6 Korrelasjonsanalyser

Det er ikke mange tidligere studier som har testet Hb-masse, BV og VO_{2maks} hos prepubertale barn i samme studie slik vi har gjort i denne studien. En annen styrke med vår studie er det høye antall med forsøkspersoner, og at studien inneholdt to alderslike grupper som representerte to ulike aktivitetsnivå. Dette gir en unik mulighet til å se på sammenhengen mellom disse sentrale variablene.

Hos voksne er det en høy korrelasjon mellom absolutt Hb-masse og kroppsvekt, og absolutt VO_{2maks} og kroppsvekt (Krahenbuhl et al., 1985). På samme måte er det en høy korrelasjon mellom absolutt Hb-masse og absolutt VO_{2maks} (Gore et al., 1997; Heinicke et al., 2001; Schmidt & Prommer, 2008). Dette tyder på at kroppsvekt er av en viktig bestemmende faktor både for Hb-masse og VO_{2maks} , noe som er godt dokumentert i tidligere studier (Gore et al., 1997; Heinicke et al., 2001; Schmidt & Prommer, 2008).

Disse sammenhenger er ikke godt dokumentert hos barn og unge. Sammenhenger mellom kroppsvekt og absolutt VO_{2maks} hos barn og unge er bedre dokumentert (Armstrong, 2013; Krahenbuhl et al., 1985; Landgraff, 2009; Åstrand, 1952), enn hva kroppsvekt og absolutt Hb-masse er (Landgraff, 2009; Åstrand, 1952).

Åstrand (1952) fant neste perfekt korrelasjon mellom kroppsvekt og Hb-masse og Hb-masse og VO_{2maks} ($r=0,97$). Åstrand (1952) skiller ikke på alder i sammenhengene, og har derfor en stor aldersspredning (7-30 år) i korrelasjonene. Det er derfor ikke mulig å si noe om hvor mye vekst og utvikling har av betydning på størrelse av Hb-masse og VO_{2maks} . Sammenhenger mellom absolutt Hb-masse og absolutt VO_{2maks} der det er barn med lik alder (12 år) finnes det kun en tidligere studie på (Landgraff, 2009). Studien vår, med deltagelse av hovedsakelig prepubertale barn viser også høye korrelasjoner mellom kroppsvekt og Hb-masse, og kroppsvekt og VO_{2maks} (figur 4.5). Når korrelasjonene blir gjort mot fettfri masse, øker korrelasjonskoeffisienten, spesielt hos kontrollgruppen som da får veldig høye korrelasjoner (figur 4.3 og figur 4.6). Disse korrelasjoner er så vidt vi vet tidligere ikke vist hos barn, så studien vår kan derfor være med på å forklare at fettfri masse kan ha en større betydning for størrelsen på Hb-massen og VO_{2maks} hos prepubertale barn.

Hos voksne viser de samme sammenhenger også høye korrelasjoner når det blir kontrollert for kroppsvekt (Schmidt & Prommer, 2008). Korrelasjonskoeffisient varierer fra lav hos utrente og moderat trente, til moderat hos godt trente utholdenhetsutøvere, og høy hos profesjonelle idrettsutøvere. Det er ikke vist noen forskjeller i korrelasjonskoeffisient mellom kjønn (Heinicke et al., 2001; Schmidt & Prommer, 2008). Det er også lite dokumentasjon på studier på barn og unge der det blir kontrollert for kroppsvekt. Det er kun en tidligere studie som har vist dette, og studien rapporterer en relativ lik sammenheng ($r=0,82$) som hos voksne (Eastwood et al., 2009). Svakheten med studien er at barna representerer en 5 års spredning i alder, fra 11-14 år, og kan så vidt vi vet ha kommet lengre i puberteten. Våre data tyder på at sammenhenger der det blir kontrollert for kroppsvekt er lave, og dårligere enn hva som har blitt sett hos voksne (figur 4.9 og figur 4.11). Det kan derfor tyde på at kroppsvekten ikke er av så stor faktor for bestemmelsen av størrelsen på Hb-masse og VO_{2maks} hos barn og unge.

Vår studie, i likhet med tidligere studier på både voksne og barn, finner lav korrelasjon mellom [Hb] og VO_{2maks} (Armstrong et al., 1995; Heinicke et al., 2001; Landgraff, 2009; Sawka et al., 2000; Schmidt & Prommer, 2010). Dette kan være med på å fastslå at [Hb] ikke påvirker VO_{2maks} på samme avgjørende måte som Hb-masse, og understrekes med at langrennsgruppen har lavere [Hb].

BV følger det samme mønsteret som sett ved Hb-masse. Men det er en viss tendens til at korrelasjonene er av lavere verdi enn ved Hb-masse, dette gjelder både ved absolutte, og ved verdier kontrollert for kroppsvekt. Det antas derfor at årsaken til lavere korrelasjonskoeffisient ved BV ligger ved utregningen av BV. BV trenger både verdier fra målingene av Hb-masse og fra venepøver, noe som fører til en større usikkerhet rundt BV-verdiene.

Det er ingen forskjeller i korrelasjonene mellom gruppene, men det er tendens til høyere korrelasjonskoeffisient i kontrollgruppen i de fleste av analysene (figur 4.3-4.11). Det kan i midlertidig se ut til at langrennsgruppen har høyere VO_{2maks} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) på samme Hb-masse ($g \cdot kg^{-1}$) som kontrollgruppen (figur 4.9). Det betyr at det ikke bare er Hb-massen som forklarer langrennsgruppen sin høyere VO_{2maks} sammenlignet med kontrollgruppen. Kjønnsmessig ser det ut til at det er likt mellom gutter og jenters

sammenhenger, både i absoluttverdier, og når det ble kontrollert for kroppsvekt (data ikke vist).

Oppsummering korrelasjonsanalyser

Vår studie med deltagelse av prepubertale barn tilsvarer funn som det er sett ved tidligere studier gjort med voksen deltagelse i sammenhengene mellom kroppsvekt, Hb-masse og VO_{2maks} , og mellom Hb-masse og VO_{2maks} . Korrelasjonene blir enda høyere når Hb-masse og VO_{2maks} sammenlignes med fettfri masse. Derimot ser studien vår ikke like høy korrelasjon når det blir kontrollert for kroppsvekt ved Hb-masse og VO_{2maks} som det er sett ved tidligere studier på voksne. Det kan derfor se ut til at kroppsvekten ikke er av en like bestemmende faktor på avgjørelsen av størrelsen på Hb-masse og VO_{2maks} hos prepubertale barn.

5.7 *Forskning på barn og unge. Etisk riktig?*

Når det er deltagelse av barn i studier kreves det at det blir tatt enda flere forholdsregler enn om det er voksne som deltar i studien. Grunnen til det er at barn bør skånes så mye som mulig for ubehag, smerte, utfordringer og eventuelle risiko som kan oppstå underveis i studien. I Helsinkideklarasjonen og i forskningsetiske retningslinjer står det at sårbare grupper og barn har krav på særlig beskyttelse når de deltar i forskning. Forskeren må sørge for å tilpasse både metode og informasjon til de aldersgrupper som skal delta (etikkom, 2013).

Siden metoden som ble brukt i denne studien innebar at barna inhalerte en gass som er kjent som giftig og farlig, var det viktig å formidle til både barna som deltok og barnets foresatte at gassen ble tilsatt i en kjent mengde som var tilpasset barnets kroppsvekt (1 ml CO per kilo kroppsvekten). Faren for å bli CO-forgiftet var minimal eller nær sagt ikke tilstede, fordi sprøytene vi brukte for å tilsette CO-gassen rommet maksimalt 60 ml. Gore et al. (2006) hevder at en CO-dose på over 1000 ml på voksne menn kan forårsake livstruende symptomer. Ettersom det var deltagelse av barn i vår studie er det å anta at dosen for livstruende symptomer er noe lavere.

”The optimised CO-rebreathing” er en nyere metode som er mindre invasiv enn tidligere benyttede metoder for beregning av Hb-masse og BV (Schmidt & Prommer, 2005). Ved bruk av kun fire kapillærprøver, og to minutters rebreathing av CO i

spirometer gjør dette metode mer velegnet til bruk også på barn og unge uten store ulemper og begrensninger (Schmidt & Prommer, 2005).

I etterkant av vår studie ser vi ingen begrensinger ved å benytte deltagelse av barn og unge i idrettsvitenskapelige forskningsprosjekter. Det så ut til at barna som deltok syntes det både var spennende og lærerikt, og at de som regel gikk stolte ut av testrommet. Det hevdes at det er viktig at barn og unge inkluderes i forskning, da spesielt forskning som er relevant for barns helse og velferd (etikkom, 2013). Så lenge det ikke er etiske, eller vitenskapelige grunner til at barn og unge ikke skal inkluderes i forskning, bør de bli inkludert (etikkom, 2013). Det er viktig og ikke undervurdere barn og unge. De tåler ofte mer enn hva vi tror. Dette var noe vi opplevde i vår studie, da det kun var tre av 12-åringene som deltok i studien som avbrøyt underveis i målingen av Hb-masse. Det utgjør utgjør mindre enn 2% av alle barna som leverte inn samtykke for deltagelse i studien.

Ved å utføre idrettsvitenskapelige studier med deltagelse av barn kan man få ny kunnskap som man ikke kunne fått om det var deltagelse av voksne. Egne definerte teorier, spekulasjoner og synsinger kan etter idrettsvitenskapelige studier komme frem med svar som kan bekrefte eller avkrefte tidligere teorier og spekulasjoner. Basert på oppfatninger etter studiens gjennomførelse bør i høyest grad idrettsvitenskapelig forskning på barn og unge forsvares, forbedres og utvikles.

6. Konklusjon

Denne studien er den første som har testet Hb-masse, BV og VO_{2maks} hos en gruppe 12 år gamle langrennsutøvere (n=75) og en kontrollgruppe (n=93) på samme alder med mange deltagere. Vi fant at langrennsgruppen hadde høyere Hb-masse, BV, PV og VO_{2maks} relatert til kroppsvekt enn kontrollgruppen. I midlertidig hadde kontrollgruppen høyere [Hb] og Hct, som sannsynligvis forklarer at RCV ikke var forskjellig mellom gruppene. Kroppsvekten var høyere i kontrollgruppen, og det kan delvis forklares med at de i gjennomsnitt var seks måneder eldre. Imidlertid, særlig hos jentene var den høyere kroppsvekten i stor grad som følge av jentenes høyere fettmasse.

Studien fant også at gutter har høyere Hb-masse, BV, PV, RCV og VO_{2maks} relatert til kroppsvekt enn jenter. Det var ingen signifikante forskjeller i kroppsvekt eller kroppshøyde mellom guttene og jentene i noen av gruppene. Sammenhengene mellom absolutte verdier for kroppsmasse, Hb-masse, BV og VO_{2maks} viste høye til svært høye korrelasjoner for begge gruppene. Dette tilsvarer det som tidligere er funnet hos voksne. Korrelasjonene var enda høyere når Hb-masse, BV og VO_{2maks} ble korrelert mot fettfri masse. Imidlertid, relatert til kroppsvekt ble korrelasjonene lavere, også lavere enn det som tidligere er funnet hos voksne.

Deltakere i langrennsklubber hadde altså tydelig høyere Hb-masse, BV og VO_{2maks} enn en kontrollgruppen rekruttert fra skoleklasser selv allerede ved 12 års alder når det ble kontrollert for kroppsvekt. Langrennsutøverne hadde også lavere KMI og fettprosent, særlig blant jentene. Om årsaken til disse funnene er den gjennomførte utholdenhetstreningen eller om langrennsutøverne var genetisk predisponert for et høyere VO_{2maks} kan ikke fastslås fra denne tverrsnittstudien.

7. Referanser

- Armstrong, N. (2013). Aerobic fitness and physical activity in children. *Pediatr Exerc Sci*, 25(4), 548-560
- Armstrong, N., Kirky, 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* (Vol. 56). Lexington, Ky: Medicine and Sport Science.
- Armstrong, N., & Welsman, J. (1997). *Young people and physical activity*. Oxford: 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*, 85(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
- Bahr, R., Hallén, J., & Medbød, J. I. (1992). *Testing av idrettsutøvere*. OSLO: Universitetsforlaget.
- Baltaci, G., & Ergun, N. (1997). Maximal oxygen uptake in well-trained and untrained 9-11 year-old children. *Pediatr Rehabil*, 1(3), 159-162
- Baquet, G., van Praagh, E., & Berthoin, S. (2003). Endurance training and aerobic fitness in young people. *Sports Med*, 33(15), 1127-1143
- 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
- Baxter-Jones, A. D., & Maffulli, N. (2003). Endurance in young athletes: it can be trained. *Br J Sports Med*, 37(2), 96-97
- Bell, W. (1993). Body size and shape: a longitudinal investigation of active and sedentary boys during adolescence. *J Sports Sci*, 11(2), 127-138
- Bouchard, C., Daw, E.W., Rice, T., Pérusse, L., Gagnon, J., Province, M.A., . . . Wilmore, J.H. . (1998). Familial resemblance for VO₂max in the sedentary state: the HERITAGE family study. *Med Sci Sports Exerc*, 30(2), 252-258
- Burge, C. M., & Skinner, S. L. (1995). Determination of hemoglobin mass and blood volume with CO: evaluation and application of a method *J Appl Physiol*, 79, 623-631

- Convertino, V. A. (1991). Blood volume: its adaptation to endurance training. *Med Sci Sports Exerc*, 23(12), 1338-1348
- Convertino, V. A. (2007). Blood volume response to physical activity and inactivity. *Am J Med Sci*, 334(1), 72-79
- Dallman, P. R., & Siimes, M. A. (1979). Percentile curves for hemoglobin and red cell volume in infancy and childhood. *J Pediatr*, 94(1), 26-31
- Durussel, J., Daskalaki, E., Anderson, M., Chatterji, T., Wondimu, D. H., Padmanabhan, N., . . . Pitsiladis, Y. P. (2013). Haemoglobin mass and running time trial performance after recombinant human erythropoietin administration in trained men. *PLoS One*, 8(2), e56151
- Dyrstad, S. M., Aandstad, A., & Hallen, J. (2005). Aerobic fitness in young Norwegian men: a comparison between 1980 and 2002. *Scand J Med Sci Sports*, 15(5), 298-303
- Eastwood, A., Bourdon, P. C., Norton, K. I., Lewis, N. R., Snowden, K. R., & Gore, C. J. (2012). No change in hemoglobin mass after 40 days of physical activity in previously untrained adults. *Scand J Med Sci Sports*, 22(6), 722-728
- Eastwood, A., Bourdon, P. C., Withers, R. T., & Gore, C. J. (2009). Longitudinal changes in haemoglobin mass and VO₂max 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
- Eriksson, B.O. (1972). Physical training, oxygen supply and muscle metabolism in 11-13 year old boys. *Acta Physiologica Scandinavica (Suppl.)*, 384, 1-48
- etikkom. (2013). Barn kan delta i forskning. Lastet ned 22. april.2014, fra <https://http://www.etikkom.no/Forskningsetikk/Hva-skal-du-forske-pa/Barn/>
- Fredriksen, P. M., & Pettersen, S. A. (2000). Fysisk aktivitet og fysisk yteevne hos barn og unge. *Tidsskrift for Den Norske legeforening*, 120, 3567-3570
- Fürst. (2013). B-Hemoglobin. Lastet ned 07.november 2013, fra <http://www.furst.no/analyse-og-klinikk/analyser/hemoglobin/>
- 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). VO₂max and haemoglobin mass of trained athletes during high intensity training. *Int J Sports Med*, 18(6), 477-482
- Hallén, J. (2002). *Fysiologisk adaptasjon til utholdenhetstrening*. Oslo: Norges Idrettshøgskole.
- Hansen, L., & Klausen, K. (2004). Development of aerobic power in pubescent male soccer players related to hematocrit, hemoglobin and maturation. A longitudinal study. *J Sports Med Phys Fitness*, 44(3), 219-223
- Heinicke, K., Wolfarth, B., Winchenbach, P., Biermann, B., Schmid, A., Huber, G., . . . Schmidt, W. (2001). Blood volume and hemoglobin mass in elite athletes of different disciplines. *Int J Sports Med*, 22(7), 504-512
- 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
- Hopkins, W. G. (2000). A scale of magnitudes for effect statistics. I: A New View of Statistics. Lastet ned 20.april.2014, fra <http://www.sportsci.org/resource/stats/>
- 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
- Jensky-Squires, Nicole E., Dieli-Conwright, Christina M., Rossuello, Amerigo, Erceg, David N., McCauley, Scott, & Schroeder, E. Todd. (2008). Validity and reliability of body composition analysers in children and adults. *The British Journal of Nutrition*, 100(4), 859-865
- 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), Norges Idrettshøgskole, Oslo.
- Levine, B. D. (1993). Regulation of central blood volume and cardiac filling in endurance athletes: the Frank-Starling mechanism as a determinant of orthostatic tolerance. *Med Sci Sports Exerc*, 25(6), 727-732
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, Maturation, and Physical Activity* (2nd ed.): Campaign. IL: Human Kinetics.
- Malina, R. M., Eisenmann, J. C., Cumming, S. P., Ribeiro, B., & Aroso, J. (2004). 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. (2014). Validation of maturity offset in a longitudinal sample of Polish boys. *J Sports Sci*, 32(5), 424-437
- Martino, M., Gledhill, N., & Jamnik, V. (2001). High VO₂max with no history of training is primarily due to high blood volume. *American College of Sports Medicine*
- McArdle, W.D., Katch, F.I., & Katch, V.L. (2001). *Exercise Physiology. Energy, Nutrition, and Human Performance* (5th ed.). 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
- Philippaerts, R. M., Vaeyens, R., Janssens, M., Van Renterghem, B., Matthys, D., Craen, R., . . . Malina, R. M. (2006). The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *J Sports Sci*, 24(3), 221-230
- 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
- Rowland, T. W. (1989). Oxygen uptake and endurance fitness in children: A developmental perspective. *Pediatric Exercise Science*, 1, 313-328
- Rowland, T. W. (1996). *Developmental Exercise Physiology*. USA: Human Kinetics.
- Rowland, T. W. (2005). *Children`s exercise physiology* (2nd Ed.). USA: Human Kinetics.
- Sand, O., Sjaastad, Ø. V., & Haug, E. (2001). *Menneskets fysiologi*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag.
- Sawka, M. N., Convertino, V. A., Eichner, E. R., Schnieder, 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), 332-348
- Schmidt, W., Heinicke, K., Rojas, J., Manuel Gomez, J., Serrato, M., Mora, M., . . . Keul, J. (2002). Blood volume and hemoglobin mass in endurance athletes from moderate altitude. *Med Sci Sports Exerc*, 34(12), 1934-1940
- Schmidt, W., & Prommer, N. (2005). The optimised 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 Suppl 1*, 57-69
- Schmidt, W., & Prommer, N. (2010). Impact of alterations in total hemoglobin mass on VO 2max. *Exerc Sport Sci Rev, 38(2)*, 68-75
- Sjøstrand, T. (1948). *A method for the determination of the total haemoglobin content of the body* (Vol. 16): Acta Physiologica Scandinavica.
- Steiner, T., & Wehrin, J. P. (2011a). Comparability of haemoglobin mass measured with different carbon monoxide-based rebreathing procedures and calculations. *Scand J Clin Lab Invest, 71(1)*, 19-29
- Steiner, T., & Wehrin, J. P. (2011b). Does Hemoglobin Mass Increase from Age 16 to 21 and 28 in Elite Endurance Athletes? *American College of Sports Medicine*
- Tanner, J. M. (1989). *Foetus into Man. Physical Growth from conception to Maturity* (2nd ed.): Ware: Castlemead 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. II. *Arch Dis Child, 41(220)*, 613-635
- 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
- Widmair, E. P., Raff, H., & Strang, K. T. (2011). *Vander`s Human Physiology The Mechanisms of body function*. USA: McGraw-Hill Higher Education.
- Åstrand, P.O. (1952). *Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age*. Stockholm: Departement 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* (4th ed.): Campaign IL: Human Kinetics.

8. Tabelloversikt

Tabell 3.1: Alder og antropometriske data for langrenns- og kontrollgruppen.....	32
Tabell 3.2: CO-dose i ml gitt til gutter og jenter i forhold til kroppsvekt (kg) modifisert etter Eastwood et al. (2008).....	38
Tabell 4.1: Alder og antropometriske data for 12 år gamle barn rekruttert fra langrennsklubber og skoleklasser.....	45
Tabell 4.2: Hematologiske data fra venepøver og måling av Hb-masse og BV for 12 år gamle barn rekruttert fra langrennsklubber og skoleklasser.....	47
Tabell 4.3: Maksimale data fra VO_{2maks} -testen på tredemølle for 12 år gamle barn rekruttert fra langrennsklubber og skoleklasser.....	49
Tabell 5.1: Oversikt over tidligere litteratur som har målt Hb-masse, BV og VO_{2maks} hos barn og unge.....	57

9. Figuroversikt

Figur 2.1: Typisk hastighetskurve for kroppshøyde hos gutter og jenter. Figuren er hentet fra Malina, Bouchard, et al. (2004).....	14
Figur 2.2: Typisk hastighetskurve for kroppsvekt hos gutter og jenter. Figuren er hentet fra Malina, Bouchard, et al. (2004).	15
Figur 2.3: Sammenhengen mellom absolutt VO_{maks} og kronologisk alder. Datamaterialet er hentet fra en metaanalyse av 66 undersøkelser og representerer 5793 gutter (lukket linje) og 3508 jenter (stiplet linje) der alle var utrente, friske barn. Figuren er hentet fra (Krahenbuhl et al., 1985).....	17
Figur 2.4: Sammenhengen mellom VO_{maks} relatert til kroppsvekt og kronologisk alder. Datamaterialet er hentet fra en metaanalyse av 66 undersøkelser og representerer 5793 gutter (lukket linje) og 3508 jenter (stiplet linje) der alle var utrente, friske barn. Figuren er hentet fra (Krahenbuhl et al., 1985).....	17
Figur 2.5: Relative forandringer (% delta) i BV, RCV og VO_{2maks} etter utholdenhetstrening med varighet ≤ 11 dager (venstre) og ≥ 21 dager (høyre). Dataen er gjennomsnittsverdier fra 15 studier. Figuren er hentet fra Sawka et al. (2000).	25
Figur 2.6: Sammenheng mellom Hb-masse og VO_{2maks} (verdiene er i absolutte (A), og relatert til kroppsvekten (B)). Datapunktene er verdier fra; utrente gutter i alderen 9-14 år, trente, moderattrente, eliteløpere og eliteroere. Figurene er hentet fra Schmidt og Prommer (2010).....	29
Figur 2.7: Sammenheng mellom [Hb] og VO_{2maks} (verdiene relatert til kroppsvekten). Datapunktene er gjennomsnittsverdier fra; utrente gutter i alderen 9-14 år, trente, moderattrente, eliteløpere og eliteroere. Figuren er hentet fra Schmidt og Prommer (2010).....	30
Figur 3.1: Viser utstyr til måling av Hb-masse ved hjelp av "The optimised CO-rebreathing" metoden. 1, Assisten som holder for nesen, 2, kammer for sodalime, 3, gass-sprøyte, 4, stoppekran for stenging av oksygen, 5, stoppekran for fylling av oksygen, og 6, 3L anestetisk bag.	39
Figur 3.2: Viser utstyr til måling av Hb-masse ved hjelp av "The optimised CO-rebreathing" metoden. 1, spirometer, 2, termometer, 3, trykkmåler, 4, stoppeklokke, 5, oksygentank og 6, ABL80 Hemoksimeter.	39
Figur 3.3: Viser en FP under VO_{2maks} -testen på løpemølle utført på laboratoriet på NIH.	42
Figur 4.1: Sammenhengen mellom alder og kroppsvekt (blått, $Y = 5,2x - 40,3$), og alder og kroppshøyde (rødt, $Y = 7,0x + 90,8$) for alle FP (langrennsgruppen og kontrollgruppen slått sammen) ($n=173$).	43
Figur 4.3: Sammenhengen mellom fettfri masse og hemoglobinmasse, langrennsgruppen (blått) og kontrollgruppen (rødt).	50

Figur 4.4: Sammenhengen mellom fettfri masse og blodvolum, langrennsgruppen (blått) og kontrollgruppen (rødt).....	51
Figur 4.5: Sammenhengen mellom kroppsvekt og maksimalt oksygenopptak, langrennsgruppen (blått) og kontrollgruppen (rødt).....	52
Figur 4.6: Sammenhengen mellom fettfri masse og maksimalt oksygenopptak, langrennsgruppen (blått) og kontrollgruppen (rødt).....	52
Figur 4.7: Sammenhengen mellom kroppsvekt og maksimalt oksygenopptak relativt til kroppsvekt, langrennsgruppen (blått) og kontrollgruppen (rødt).....	53
Figur 4.8: Sammenhengen mellom hemoglobinmassen og maksimalt oksygenopptak, langrennsgruppen (blått) og kontrollgruppen (rødt).....	54
Figur 4.9: Sammenhengen mellom hemoglobinmasse og maksimalt oksygenopptak relativt til kroppsvekt, langrennsgruppen (blått) og kontrollgruppen (rødt).....	54
Figur 4.10: Sammenhengen mellom blodvolum og maksimalt oksygenopptak langrennsgruppen (blått) og kontrollgruppen (rødt).....	55
Figur 4.11: Sammenhengen mellom blodvolum og maksimalt oksygenopptak relativt til kroppsvekt, langrennsgruppen (blått) og kontrollgruppen (rødt).....	55

10. Vedlegg

Vedlegg 1.

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

Bakgrunn og hensikt

Det 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 langrennsklubber. 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 bare måle denne ene gangen. Skulle barnet ditt likevel ønske å følge opp målingen når de blir 14 og 16 år vil dere ved å ta kontakt med oss få tilbud om å komme til NIH og bli målt igjen.

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

Hva innebærer studien?

Målingene vil foregå på skolen. Etter en enkel legesjekk vil det bli tatt en blodprøve fra armen (alle får bedøvelse), målt kroppshøyde og kroppsvekt og gjennomført måling av blodvolum og en enkel test for muskelstyrke. Måling av blodvolum skjer ved at man puster i et munnstykke forbundet med et kammer med oksygen tilsatt en liten mengde CO gass. De som ønsker kan i tillegg møte én gang på Norges idrettshøgskole for måling av kondisjon. 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 gjenkjennerende 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 barn fra skoleklasser skal rekrutteres til denne delen av studien. Totalt skal det rekrutteres 40-50 barn, 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.

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).

De som ønsker å komme til Idrettshøgskolen for å måle det maksimale oksygenopptaket vil bli målt mens hun/han 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?

Målingene planlegges gjennomført høsten 2013. Vi kommer altså til skolen og gjennomfører testene der på angitte dager. Først vil vi gjennomføre en enkel legeundersøkelse og kroppsvekt og kroppshøyde vil bli registrert. Deretter gjennomføres de andre testene. Til sammen vil dette ta maksimalt 45 minutter.

Mulige ubehag/ulemp

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, kroppshøyde, vekt, blodparametere 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 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.

Vedlegg 2.

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)

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om studien:

(Signert, prosjektleder, dato)

Vedlegg 3.

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. 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.

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

JA NEI

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

Sted - dato

Underskrift

Vedlegg 4.

Spørreskjema: Fritidsaktiviteter

Navn: _____

–

1. Driver du med organiserte idretter? (ring rundt)

Ja	Nei
-----------	------------

2. Hvis ja, hvilke idretter driver du med?
3. Anser du en av dem som din hovedidrett, eventuelt hvilken?
4. Når på året driver du med dine idretter?
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? (inkludert konkurranser/kamper)?
7. Hvor lenge (minutter) varer hver treningsøkt?
8. Trener du på egenhånd i tillegg til de organiserte treningstidene, evt hvor mange minutter per uke?

Vedlegg 5.

Spørreskjema: Fritidsaktiviteter (anonymt)

Skoleklasse

1. Sett ring rundt riktig kjønn

Gutt	Jente
-------------	--------------

2. Var du med i forsøket der de målte blodvolumet og styrken din?

Ja	Nei
-----------	------------

3. Driver du med noen fritidsaktiviteter?

Ja	Nei
-----------	------------

4. Hvis du svarte ja, kan du fylle ut hvilke aktiviteter du holder på med, og hvor mange timer du holder på med det per gang?

Aktivitet	Ja/ Nei	Hvor lang tid per gang?	Hvor mange dager i uken?
Fotball			
Håndball			
Volleyball			
Basketball			
Turn			
Speider			
Ridning			
Orientering			
Sykling			
Roing			
Langrenn			
Løping			
Friidrett			
Kunstsolen			
Musikksolen			
Dansing			
Svømming			
Skateboarding			
Alpint			
Korps			
Evt:			

Vedlegg 6.

Legeundersøkelse før måling av VO_{2maks}

Navn:		
Anamnese		
Høyde og vekt	Høyde	Vekt
Menarche		
Brystutvikling		
BT		
HF		
Cor		
Pulmones		
Konklusjon		
Dato og sign:		

