

Maren Lihagen

Sammenheng mellom utvikling av maksimalt oksygenopptak, total hemoglobinmasse, blodvolum og antropometri i forhold til alder, kjønn og modning

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

Masteroppgave i idrettsvitenskap
Seksjon for fysisk prestasjonsevne
Norges idrettshøgskole, 2017

Sammendrag

Utviklingen av maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}) har i flere tiår blitt studert hos barn og unge, men hvordan de begrensende faktorene for maksimalt oksygenopptak styrer denne utviklingen finnes det lite litteratur på. Hensikten med denne studien var derfor å studere sammenhengen mellom utvikling av VO_{2maks} , total hemoglobinmasse (tHb_{masse}) og blodvolum (BV), og hvordan utviklingen av disse variablene ble påvirket av antropometriske faktorer. Det ble videre undersøkt kjønnsforskjeller i denne utviklingen.

Antropometri, tHb_{masse} , BV og VO_{2maks} ble målt hos 68 ungdommer (22 jenter og 46 gutter) rekruttert fra langrennsklubber eller skoleklasser (kontrollgruppe). Alle ungdommene ble testet året de fylte 12, 13 og 15 år.

Med økende alder økte høyde, kroppsvekt, fettfri masse (FFM) samt VO_{2maks} , tHb_{masse} og BV i absoluttverdier. Relatert til kroppsvekt økte tHb_{masse} og BV for guttene, men ikke for jentene. Relatert til FFM økte tHb_{masse} og BV for alle grupper unntatt jenter langrenn. Relatert til kroppsvekt var det ingen forskjell i utviklingen av VO_{2maks} mellom 12 og 13 år, men fra 13 til 15 år hadde jenter en nedgang mens gutters verdier var stabile. Relatert til FFM var det en nedgang i VO_{2maks} for langrennsgruppen, men ingen endring for kontrollgruppen. Det var god sammenheng mellom endring i VO_{2maks} og endringen av tHb_{masse} , BV, FFM, vekt og høyde for begge kjønn, med unntak av sammenhengen mellom endring i VO_{2maks} og vekt for jenter. Det var også god sammenheng mellom endring i BV og tHb_{masse} og endring i FFM, vekt og høyde. Når endringen i VO_{2maks} og endringen i tHb_{masse} ble relatert til kroppsvekt var det ingen korrelasjon. Lignende sammenhenger ble også observert mellom variablene for hvert enkelt årstrinn.

I samsvar med litteraturen ble det funnet tydelige kjønnsforskjeller fra ~13 år. Det var god korrelasjon mellom endringer i VO_{2maks} , tHb_{masse} og BV noe som ser ut til å komme som følge av den gode korrelasjonen for alle variablene mot FFM. For gutter ser FFM i stor grad ut til å være bestemmende for størrelsen på og endringen av VO_{2maks} , tHb_{masse} og BV, mens det for jenter også ser ut til å være andre faktorer som spiller inn.

Forord

Etter to flotte år som masterstudent er det mange som fortjener en takk for at oppgaven nå er ferdig.

Først og fremst må jeg takke mine veiledere Hege Wilson Landgraff og Jostein Hallén for at dere startet opp prosjektet og lot meg være en del av det. Takk til Hege for opplæring på labben, for all tiden vi har tilbragt med både testing og dobbeltsjekking av resultater, for raske tilbakemeldinger, for hyggelige samtaler og for at du alltid har tatt deg tid til å svare på store og små spørsmål. Takk til Jostein for god hjelp og oppfølging under hele prosessen, for gode og konstruktive tilbakemeldinger og for at du har delt av din erfaring og kunnskap.

Takk til Hege Nymo Østgaard for at du tok blodprøver av barna, Svein Leirstein for at du målte VO_{2maks} , og takk til alle som tidligere år har vært med å samle inn data i prosjektet, som jeg har vært så heldig å få bruke.

Alle barn, foreldre og lærere fortjener en takk for at dere stilte opp og la til rette for testing – uten dere hadde det ikke blitt noen oppgave.

Takk til Heidi, Marius, Charlotte og Camilla som var med og gjorde dagene i Sogndal hyggelige, og til resten av masterstudentene som har gjort det trangt og hjemmekoselig på masterkontoret.

En stor takk til pappa, Herman og Ole som gadd å lese gjennom oppgaven min, med en spesiell takk til Ole som også har støttet meg gjennom opp- og nedturer og for at du alltid er like snill og tålmodig.

Innhold

Sammendrag	3
Forord	4
Innhold	5
1. Innledning	7
1.1 Problemstilling	8
2. Teori	9
2.1 Vekst, utvikling og modning hos barn og unge	9
2.1.1 Kronologisk og biologisk alder	9
2.1.2 Høyde.....	10
2.1.3 Kroppsvekt.....	10
2.1.4 Pubertetsutvikling.....	10
2.2 Maksimalt oksygenopptak	12
2.2.1 Måling av maksimalt oksygenopptak	12
2.2.2 Maksimalt oksygenopptak og prestasjon	13
2.2.3 Utvikling av maksimalt oksygenopptak	14
2.2.4 Kjønnforskjeller	16
2.2.5 Effekt av trening hos barn og ungdom.....	17
2.2.6 Begrensninger for VO_{2maks}	19
2.3 Blodet	20
2.3.1 Total hemoglobinmasse, blodvolum, hematokritt og hemoglobinkonsentrasjon	20
2.3.2 Naturlig utvikling av blodparametere	21
2.3.3 Kjønnforskjeller	22
2.4 Sammenheng mellom maksimalt oksygenopptak og ulike blodparametere	23
3. Metode	25
3.1 Design	25
3.2 Forsøkspersoner	25
3.3 Gjennomføring av testene	26
3.4 Testprosedyre og målemetoder	26
3.4.1 Antropometriske målinger (Kroppsvekt, kroppshøyde, sittehøyde, kroppssammensetning)	26
3.4.2 Kronologisk og biologisk alder	26
3.4.3 Veneprobe.....	27
3.4.4 Maksimalt oksygenopptak.....	27
3.4.5 Måling av total hemoglobinmasse	28
3.4.6 Beregning av total hemoglobinmasse og blodvolum.....	31

3.5	Statistikk.....	31
4.	Resultater.....	33
4.1	Utvikling	33
4.1.1	Antropometri	33
4.1.2	Maksimalt oksygenopptak og hematologi	36
4.2	Sammenheng mellom VO_{2maks} , tHb_{masse} , BV og antropometri ved 12, 13 og 15 år.....	39
4.3	Sammenheng mellom endring i VO_{2maks} , tHb_{masse} , BV og antropometri fra 12 til 15 år	42
5.	Diskusjon	45
5.1	Utvikling	45
5.1.1	Langrenns- og kontrollgruppen	45
5.1.2	Maksimalt oksygenopptak	48
5.1.3	Total hemoglobinmasse og blodvolum.....	50
5.2	Sammenheng mellom VO_{2maks} , tHb_{masse} , BV og antropometri ved 12, 13 og 15 år.....	52
5.3	Sammenheng mellom endring i VO_{2maks} , tHb_{masse} , BV og antropometri fra 12 til 15 år	54
6.	Konklusjon.....	59
	Referanser.....	61
	Tabelloversikt	73
	Figuroversikt.....	75
	Forkortelser	77
	Vedlegg 1	79
	Vedlegg 2	81
	Vedlegg 3	87

1. Innledning

Barns utvikling, fra spedbarnsalder til ung voksen, er en prosess som innebærer forandring i fysiske så vel som psykiske, sosiale og kognitive egenskaper. Endringene i disse egenskapene henger sammen, men vil ikke følge samme forløp hos ulike personer. Når man studerer denne utviklingen hos barn og unge, vil kronologisk alder være det naturlige referansepunktet. Siden barn utvikles med ulik timing og tempo, vil barn med samme kronologiske alder kunne skille flere år i biologisk modenhet (Marshall & Tanner, 1969, 1970). I en gruppe med 12-15 år gamle ungdommer, kan en tidlig utviklet jente være ferdig utviklet, mens andre har flere år igjen før puberteten starter (Malina, Bouchard & Bar-Or, 2004b). Både individuelle forskjeller og forskjeller mellom kjønn gjør seg særlig gjeldende i denne alderen.

Maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}) blir ofte brukt som mål på aerob kapasitet, og korrelerer bra med prestasjonen i utholdenhetsidrett (Costill, Thomason & Roberts, 1973; Fay, Londeree, LaFontaine & Volek, 1989). Kroppsstørrelse og kroppslig modenhet vil påvirke barn og unges fysiske yteevne (Meen, 2000), og VO_{2maks} er nært knyttet til kroppsstørrelse gjennom barne- og ungdomsårene (Shao, Lin, Yi & Zhang, 1997). VO_{2maks} begrenses av respiratoriske, kardiovaskulære og hematologiske faktorer samt faktorer i skjelettmuskulaturen (Bassett & Howley, 2000). En økning i VO_{2maks} kommer som følge av utvikling av en eller flere av disse begrensende faktorene. En rekke tverrsnittstudier (Baltaci & Ergun, 1997; Shao et al., 1997; Sundberg & Elovainio, 1982) og longitudinelle studier (Cunningham, Paterson, Blimkie & Donner, 1984; Kemper, Verschuur & de Mey, 1989; Kobayashi, Kitamura, Miura, Sodeyama, Murase, Miyashita & Matsui, 1978; Sprynarova, Parizkova & Bunc, 1987) har studert utviklingen av VO_{2maks} , men hva som styrer denne utviklingen er mindre belyst.

Hos voksne er det i tverrsnittstudier funnet en god sammenheng mellom total hemoglobinmasse (tHb_{masse}), blodvolum (BV) og VO_{2maks} (Gore, Hahn, Burge & Telford, 1997; Heinicke et al., 2001; Schmidt & Prommer, 2008, 2010), og at disse variablene korrelerer bra med kroppsvekt og fettfri masse (FFM) (Sawka, Young, Pandolf, Dennis & Valeri, 1992). Det finnes noen tverrsnittstudier (Koch & Rucker, 1977; Raes, Van Aken, Craen, Donckerwolcke & Vande Walle, 2006; Åstrand, 1952) og longitudinelle studier over en kort periode (Eastwood, Bourdon, Withers & Gore,

2009; von Döbeln & Eriksson, 1972) som har undersøkt tHb_{masse} og BV hos barn og ungdom. Disse studiene har hatt ulike metodiske utfordringer som få forsøkspersoner, stor spredning i alder og ikke separate verdier for gutter og jenter. Ingen studier har, så vidt meg bekjent, sett på sammenheng i utvikling av tHb_{masse} , BV og $VO_{2\text{maks}}$ over flere år gjennom puberteten.

Hensikten med denne studien var å undersøke hvordan $VO_{2\text{maks}}$, tHb_{masse} og BV utvikles hos jenter og gutter fra 12-15 år. Det var derunder interessant å undersøke om det var sammenhengen mellom disse variablene hos denne aldersgruppen, og om det var sammenheng i endringen av disse variablene og endring antropometriske variabler fra 12 til 15 år. Videre ble det undersøkt kjønnsforskjeller i utviklingen, sammenheng mellom variabler ved 12, 13 og 15 år og sammenheng mellom endringen i variabler fra 12 til 15 år..

1.1 Problemstilling

- Hvordan utvikles $VO_{2\text{maks}}$, tHb_{masse} og BV hos jenter og gutter fra 12-15 år?
- Er det sammenheng mellom $VO_{2\text{maks}}$, tHb_{masse} , BV og antropometriske variabler ved 12, 13 og 15 år, og er det sammenheng i endringen i disse variablene og endring i antropometriske variabler fra 12-15 år?
- Er det kjønnsforskjeller i utviklingen fra 12-15 år, i sammenheng mellom variabler ved 12, 13 og 15 år og i sammenheng mellom endring av variabler fra 12-15 år?

2. Teori

2.1 *Vekst, utvikling og modning hos barn og unge*

Menneskekroppen er i endring hele livet; en prosess som innebærer forandring i fysiske så vel som psykiske, sosiale og kognitive egenskaper. Disse endringene skjer raskest i starten av livet og fra spedbarnsalder til ung voksen har det skjedd store forandringer.

Vekst, utvikling og modning er begreper som ofte blir brukt for å beskrive forandringene vi gjennomgår i løpet av barne- og ungdomsårene. Vekst refererer til økningen i kroppsstørrelse, proporsjoner, fysikk og kroppssammensetning, mens modning refererer til timingen og tempoet til disse endringene mot en moden biologisk tilstand, ofte beskrevet som prosessen mot å bli voksen. Modning av det neuroendokrine systemet er hovedfaktoren i modning av skjelettet samt seksuell og kroppslig modenhet i sen barndom og pubertet. Utvikling vil, i tillegg til å referere til en biologisk prosess, også innebære utvikling av kognitive, emosjonelle, sosiale og motoriske ferdigheter (Malina et al., 2004b).

2.1.1 **Kronologisk og biologisk alder**

For å studere vekst, utvikling og modning hos barn og unge, vil kronologisk alder være det naturlige referansepunktet. Biologisk alder vil, i motsetning til kronologisk alder, ikke følge den samme kjente kalenderen og tidsskjemaet. Derfor kan barn og unge med samme kronologiske alder skille flere år i biologisk modenhet (Marshall & Tanner, 1969, 1970). I en gruppe ungdommer mellom 12 og 15 år, kan en tidlig utviklet jente være ferdig utviklet, mens andre har flere år igjen før puberteten starter (Malina et al., 2004b). Både individuelle forskjeller, men også kjønnsforskjeller vil gjøre seg særlig gjeldende i denne alderen.

Det finnes ulike metoder for å beregne biologisk alder hos barn og unge. *Sekundære kjønns karakteristika* indikerer status av pubertetsutvikling. De inkluderer utvikling av kropps- og kjønns hår hos begge kjønn, brystutvikling og menarche (første menstruasjon) hos jenter, og utvikling av penis og testikler, stemmeskifte og ansiktshår hos gutter. *Skjelettalder* kan brukes som en indikator for modning. Her brukes røntgen av hånd og underarm til å se på endringer i benstrukturen fra umoden til full modenhet. *Alder ved peak high velocity (PHV)* (se neste avsnitt) kan estimeres ved hjelp av jevnlig målinger i longitudinelle studier, eller beregnes ved hjelp av ulike modeller ved

bruk av høyde, vekt, alder, sittehøyde og benlengde (Malina, Rogol, Cumming, Coelho e Silva & Figueiredo, 2015).

2.1.2 Høyde

Fra fødsel til ung voksen følger høydeveksten et mønster i fire faser; rask vekst fra spedbarnsalder til tidlig barndom, stabil vekst gjennom midten av barndommen, rask økning under pubertetsspurten og langsom vekst til voksen høyde blir nådd (Malina et al., 2004b). En typisk vekstkurve viser en tydelig vekstspurt i puberteten, og at den opptrår omtrent to år tidligere hos jenter enn hos gutter (Tanner, Whitehouse & Takaishi, 1966). Den maksimale hastigheten på høydeveksten under puberteten blir kalt PHV, og alderen ved PHV blir ofte brukt som et referansepunkt for modenhet (Malina et al., 2004b). Det vil være individuelle så vel som kjønnsrelaterte forskjeller i størrelsen på PHV (cm/år) og når denne inntreffer. Hos jenter inntreffer PHV typisk mellom 10,5 og 13,5 år og gutter mellom 12 og 16 år. Hos gutter er PHV mellom 7 og 15,5 cm/år, mens jenter typisk opplever en noe lavere veksthastighet på mellom 6,2 og 11 cm/år (Tanner et al., 1966). Disse kjønnsforskjellene i timingen og størrelsen på PHV fører til at unge menn i gjennomsnitt er 13 cm høyere enn unge kvinner (Malina et al., 2004b).

2.1.3 Kroppsvekt

Utviklingen av kroppsvekt følger de samme fire fasene som høyde (Tanner et al., 1966). I likhet med høyde er det også en tydelig vekstspurt for kroppsvekt i puberteten, og denne oppstår omtrent to år tidligere hos jenter enn hos gutter. Selv om vekt og høyde ser ut til å følge samme mønster, ser vekstspurten i vekt ut til å inntreffe rundt et halvt år senere enn vekstspurten i høyde (Geithner et al., 2004). I motsetning til høyde fortsetter kroppsvekten å øke lenger inn i voksenlivet (Malina et al., 2004b).

2.1.4 Pubertetsutvikling

Pubertetsutviklingen starter ved økt frigjøring av det gonadotropinfrigjørende hormonet Gn-RH fra hypothalamus i mellomhjernen. Gn-RH vil påvirke utskillelsen av FSH (follikkelstimulerende hormon) og LH (luteiniserende hormon) fra hypofysens forlapp. FSH og LH vil deretter stimulere produksjonen av kjønnshormoner, primært østrogen hos jenter og testosteron hos gutter. Begge kjønn opplever en økning i både testosteron og østrogen, men økningen i østrogen er størst hos jenter og økning i testosteron er størst hos gutter (Armstrong & Welsman, 1997).

I tillegg til å stimulere reproduksjon og utvikling av kjønnskarakteristikk hos begge kjønn, fører ulikheter i hormonkonsentrasjon til kjønnsforskjeller som har betydning for prestasjon. Mens det gjennom barndommen er små fysiske forskjeller mellom gutter og jenter vil økningen i testosteron gjøre at gutter i løpet av puberteten får en økt andel muskelmasse og hemoglobinkonsentrasjon, mens økningen i østrogen hos jenter stimulerer fettakkumulering (Armstrong & Welsman, 1997).

I to studier fra 1969 og 1970 fremstilles variasjoner og mønster for pubertal utvikling hos henholdsvis jenter og gutter (Marshall & Tanner, 1969, 1970). Hos 95 % av guttene begynte utviklingen av kjønnsorganene mellom 9,5 og 13,5 år (gj.sn. = $11,6 \pm 0,09$) og nådde modenhet mellom 13 og 17 år (gj.sn. = $14,9 \pm 1,10$). Utviklingen av kjønnsår begynte etter utviklingen av kjønnsorganene og nådde voksen modenhet ved gjennomsnittsalder $15,2 \pm 0,01$ år. Guttene hadde en gjennomsnittsalder på $14,1 \pm 0,14$ år ved PHV. PHV ble hos 95 % av guttene ikke nådd før kjønnsorganene var nesten ferdig utviklet (Marshall & Tanner, 1970). Kjønnsorganene brukte i gjennomsnitt 3 år fra de begynte å vokse til de var fullt utviklet, men det var store individuelle forskjeller. Noen gutter var fullt utviklet i løpet av 1,8 år, mens andre brukte 4,7 år (Marshall & Tanner, 1970).

Det første tegnet til pubertetsutvikling (brystutvikling eller utvikling av kjønnsår) oppsto mellom 8,5 og 13 år hos 95 % av jentene, og brystutviklingen nådde fullt modent stadium mellom 11,8 og 18,9 år. To tredjedeler av jentene opplevde at brystutviklingen startet før utvikling av kjønnsår. Gjennomsnittsalderen var $12,14 \pm 0,88$ for PHV og $13,47 \pm 1,02$ for menarche. Det var store individuelle forskjeller i tempoet og timingen i pubertetsutviklingen, og tiden fra første tegn til pubertetsutvikling til full modning varierte fra 1,5 til over 6 år. Det tok i gjennomsnitt omtrent ett år fra begynnende brystutvikling til PHV, mens det i gjennomsnitt tok rundt 2,5 år fra brystene startet å utvikle seg til menarche. Tiden mellom starten av brystutvikling til menarche hadde imidlertid en variasjon fra 6 måneder til nesten 6 år (Marshall & Tanner, 1969). Jenter opplever i gjennomsnitt PHV nesten 2 år før enn gutter, men utviklingen av jenters bryster starter bare 6 måneder tidligere enn utvikling av gutters kjønnsorgan. Kjønnsår vises omtrent 1,5 år senere hos gutter enn jenter (Marshall & Tanner, 1970).

Studiene til Marshall & Tanner (1969, 1970) er med på å understreke at det er store individuelle forskjeller i tempoet og timingen av modningen hos ungdom. Selv om det finnes gjennomsnitt og referanseverdier på hvordan «normal» utvikling foregår hos både gutter og jenter, er det like normalt å ligge to år bak eller foran dette gjennomsnittet. Vi kan dermed ikke forvente det samme av ulike 12-15 åringer, selv om de har samme kronologiske alder. Ulik modning vil påvirke fysiske så vel som mentale og sosiale ferdigheter.

2.2 Maksimalt oksygenopptak

Maksimalt oksygenopptak er definert som den høyeste hastigheten oksygen kan bli tatt opp og utnyttet av kroppen under utmattende aktivitet (Bassett & Howley, 2000).

Maksimalt oksygenopptak er en viktig begrensning for kondisjonsidretter og er det mest populære enkeltmålet på aerob kapasitet (Armstrong & Welsman, 1997).

2.2.1 Måling av maksimalt oksygenopptak

Det finnes flere måter å teste maksimalt oksygenopptak på, med variasjon i både protokoller og bruk av ulike ergometre. Studier har vist at valg av protokoll og ergometer kan påvirke resultatene og er derfor viktig å ta i betraktning når man sammenligner resultater fra ulike studier. Det har blant annet blitt vist at en test utført på tredemølle gir resultater som er ~7-8 % høyere enn på sykkel (Armstrong & Welsman, 1994; Krahenbuhl, Skinner & Kohrt, 1985; Rivera-Brown & Frontera, 1998).

For å vite om en person har oppnådd VO_{2maks} under en test har det blitt satt noen kriterier som må være oppfylt. Taylor, Buskirk & Henschel (1955) har presentert det som regnes for gullstandarden for å ha gjennomført en vellykket VO_{2maks} -test. Det er et kriterium om å oppnå et platå i oksygenopptak (VO_2), der en økning i intensitet ikke følges av en forventet økning i VO_2 . Det kan se ut som om kravet til å oppnå et platå eller avflatning av VO_2 for et valid resultat er mindre gjeldende hos barn enn voksne. I mangel på denne avflatningen har den høyeste målte verdien for oksygenopptak hos barn ofte blitt referert til som VO_{2peak} istedenfor VO_{2maks} . Flere studier har pekt på at så mange som 50 % av barn ikke oppnår denne avflatningen mot slutten av en VO_{2maks} -test (Armstrong, Kirby, McManus & Welsman, 1995; Armstrong, Welsman & Winsley, 1996; Rivera-Brown & Frontera, 1998). Ved å sammenligne tester av barn som har oppnådd et platå eller ikke, har man ikke funnet forskjeller i reliabilitet, høyeste målt

VO₂, hjertefrekvens (HF), «Respiratory Exchange Ratio» (RER) eller blodlaktat (Armstrong et al., 1995; Rivera-Brown & Frontera, 1998). Det er derfor grunn til å tro at VO_{2maks} kan bli oppnådd hos barn og ungdom uten en avflatning i VO₂, så lenge andre kriterier er tilstede. Den høyeste målte verdien for oksygenopptak vil derfor i denne oppgaven bli omtalt som VO_{2maks}.

Utholdenhetstester med barn og ungdom blir vanligvis avsluttet når testpersonen, til tross for sterk verbal oppmuntring fra testlederen, ikke er i stand til å fortsette. Siden oppnåelse av et platå ikke bør bli brukt som et krav for å definere VO_{2maks} hos barn og unge, har det blitt foreslått ulike hjelpekriterier for å avgjøre om VO_{2maks} er oppnådd. Objektive kriterier som HF > 90 eller 95 % av aldersberegnet maksimal hjertefrekvens (HF_{maks}), respiratorisk utvekslings kvotient (RER)-verdi > 1,00 eller blodlaktatverdier på 6-9 mmol/l i sammenheng med testleders subjektive oppfattelse av intens anstrengelse (f.eks. ansiktsrødme, svetting, kortpustethet, ustødighet) har blitt brukt som hjelp til å bestemme om VO_{2maks} har blitt oppnådd (Armstrong & Van Mechelen, 2000).

2.2.2 Maksimalt oksygenopptak og prestasjon

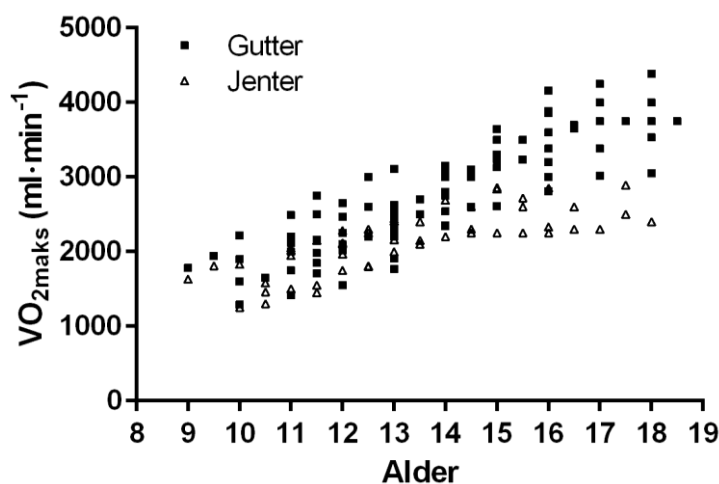
Prestasjonen i typiske utholdenhetsidretter bestemmes av VO_{2maks}, utnyttingsgrad, arbeidsøkonomi og i en tidsvarierende grad av anaerob kapasitet (Bassett & Howley, 2000). For å kontrollere for effekten av kroppsstørrelse når man skal sammenligne ulike grupper eller individer, blir VO_{2maks} ofte presentert relativt til kroppsvekt. I utholdenhetsaktiviteter der man må bære sin egen kroppsvekt, for eksempel i løping, er det hos voksne funnet en god sammenheng mellom relativ VO_{2maks} og utholdenhetsprestasjon (Costill et al., 1973; Fay et al., 1989).

I tverrsnittstudier med barn i lik alder finner man også hos barn en god korrelasjon mellom VO_{2maks} og løpsprestasjon (Unnithan, Timmons, Paton & Rowland, 1995). Når man ser på utvikling av VO_{2maks} og utholdenhetsprestasjon hos barn blir dette forholdet mer uklart (Daniels, Oldridge, Nagle & White, 1978). Presentert som relative verdier ser VO_{2maks} ut til å holdes konstant for gutter, og flere studier viser en nedgang hos jenter gjennom barne- og ungdomsårene (Armstrong, Tomkinson & Ekelund, 2011; Eisenmann, Pivarnik & Malina, 2001; Kemper et al., 1989). Til tross for denne utviklingen i relativ VO_{2maks} finner flere studier økt løpsprestasjon med økende alder hos barn og ungdom (Cureton, Sloniger, Black, McCormack & Rowe, 1997; Daniels et

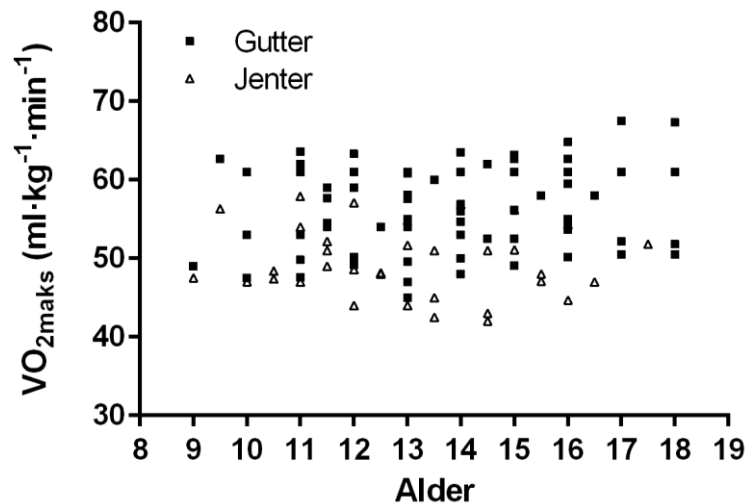
al., 1978; Krahenbuhl, Morgan & Pangrazi, 1989; Pettersen, Fredriksen & Ingjer, 2001). Den økte evnen til å prestere i utholdenhetsidretter til tross for ingen økning i relativ VO_{2maks} har blant annet blitt tilskrevet bedret arbeidsøkonomi og økt utnyttelsesgrad hos eldre barn sammenlignet med yngre (Cureton et al., 1997; Daniels et al., 1978; Krahenbuhl et al., 1989).

2.2.3 Utvikling av maksimalt oksygenopptak

Det finnes en rekke longitudinelle- og tverrsnittstudier som har sett på VO_{2maks} hos barn og unge (Baltaci & Ergun, 1997; Baxter-Jones, Goldstein & Helms, 1993; Cunningham et al., 1984; Daniels & Oldridge, 1971; Eisenmann et al., 2001; Geithner et al., 2004; Hansen & Klausen, 2004; Kemper et al., 1989; Kobayashi et al., 1978; Malina, Beunen, Lefevre & Woynarowska, 1997; Mirwald, Bailey, Cameron & Rasmussen, 1981; Sprynarova et al., 1987). I absoluttverdier ($l \cdot \text{min}^{-1}$) VO_{2maks} ut til å øke med alder for både gutter og jenter (Figur 2.2.1). Det kan se ut til at jenters verdier ligger litt lavere enn gutters verdier fra barndommen, men frem til 13-14 år er det ikke store forskjeller. Noen studier har hentydet en avflatning i jenters VO_{2maks} rundt 13-14 år (Kemper et al., 1989; Shao et al., 1997), mens andre studier ser en økning for jenter frem til 17-18 år (Eisenmann et al., 2001; Geithner et al., 2004; Malina et al., 1997), da det også ser ut til å være en avflatning for gutter (Daniels et al., 1978; Geithner et al., 2004; Kobayashi et al., 1978). Etter 13-14 år ser det derimot ut til at VO_{2maks} øker mer for gutter enn jenter.



Figur 2.2.1: Utvikling av VO_{2maks} i absoluttverdier. Figuren er basert på gjennomsnittstall hentet fra longitudinelle og mikset longitudinelle studier (Baxter-Jones et al., 1993; Daniels et al., 1978; Eisenmann et al., 2001; Geithner et al., 2004; Kemper et al., 1989; Kobayashi et al., 1978; Malina et al., 1997; Rowland, Vanderburgh & Cunningham, 1997; Sprynarova et al., 1987).



Figur 2.2.2: Utvikling av relativ VO_{2maks} med alder. Figuren er basert på gjennomsnittstall hentet fra longitudinelle og mikset longitudinelle studier (Baxter-Jones et al., 1993; Daniels et al., 1978; Eisenmann et al., 2001; Geithner et al., 2004; Kemper et al., 1989; Kobayashi et al., 1978; Malina et al., 1997; Rowland et al., 1997; Sprynarova et al., 1987).

Økningen i VO_{2maks} ser ut til å sammenfalle med økningen i kroppsvekt gjennom barndommen, noe som gjør at VO_{2maks} uttrykt relativt til kroppsvekt ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) ser ut til å holdes relativt konstant (Figur 2.2.2). Ulike studier har hentydet at VO_{2maks} relativt til kroppsvekt synker for jenter med økende alder gjennom barndommen (Kemper et al., 1989; Malina et al., 1997; Rowland et al., 1997) eller etter puberteten (Eisenmann et al., 2001), mens andre har sett at verdiene holdes relativt stabilt (Baxter-Jones et al., 1993). For gutter har det blitt rapportert om synkende verdier (Kemper et al., 1989; Malina et al., 1997; Sprynarova et al., 1987), stabile verdier (Baxter-Jones et al., 1993; Kobayashi et al., 1978) eller økende verdier gjennom puberteten (Eisenmann et al., 2001).

Med data fra tverrsnittstudier ser absolutt VO_{2maks} ut til å øke gradvis med økende alder. En longitudinell studie av Geithner et al. (2004) viser derimot at VO_{2maks} ikke ser ut til å utvikle seg lineært, men i likhet med utviklingen av høyde og vekt, ha en vekstspurt. Denne vekstspurten i VO_{2maks} ser ut til å sammenfalle med vekstspurten for høyde for begge kjønn, i gjennomsnitt rundt 12 år for jenter og 14 år for gutter (Geithner et al., 2004). Dette var i gjennomsnitt 0,3 og 0,7 år tidligere enn vekstspurten for vekt hos henholdsvis jenter og gutter. Det ble observert en kraftigere vekstspurt i VO_{2maks} for gutter, med en økning på ca. 1 l/min per år, kontra 0,58 l/min per år hos jenter (Geithner et al., 2004).

Økningen i VO_{2maks} gjennom barndommen ser ut til å komme av økt slagvolum. Slagvolumet øker likt med VO_{2maks} gjennom barne- og ungdomsårene, men ser ut til å henge etter gjennom den raskeste veksten i VO_{2maks} (Cunningham et al., 1984).

2.2.4 Kjønnsforskjeller

Den naturlige utviklingen av VO_{2maks} ser ut til å være forskjellig for gutter og jenter. Studier har funnet ulike kjønnsforskjeller, men felles for alle er at jenters VO_{2maks} -verdier ligger litt lavere (10-25 %) enn gutters gjennom barndommen, og at denne forskjellen øker gjennom puberteten. Dette fører til at det ved 16 år har blitt rapportert 35-50 % forskjell mellom jenter og gutter (Armstrong & Welsman, 1994; Krahenbuhl et al., 1985). Disse kjønnsforskjellene kan delvis forklares av ulikheter i kroppssammensetning, ved at gutter i løpet av tenårene får en større andel muskelmasse sammenlignet med jenter (Armstrong et al., 2011). Gjennom barne- og ungdomsårene utvikles muskelmasse hos begge kjønn, og selv om gutter har generelt høyere muskelmasse enn jenter også i barndommen, blir ikke disse forskjellene tydelige før i puberteten. Fra 5 til 16 år ser man en økning i gutters relative muskelmasse fra 42 til 54 % av kroppsvekten, mens den hos jenter øker fra 40 til 45 % av kroppsvekt fra 5 til 13 år (Armstrong et al., 2011). Etter fylte 13 år ser vi en nedgang i jenters relative muskelmasse på grunn av en økning i kroppsfett gjennom tenårene (Meen, 2000). Høyere andel muskelmasse hos gutter sammenlignet med jenter kan tenkes å påvirke VO_{2maks} både via en bedre utnyttelse av oksygenet i muskulaturen og gjennom økt venøs tilbakestrømning (Armstrong et al., 2011).

Selv om forskjeller i kroppssammensetning er med på å forklare kjønnsforskjeller i puberteten, kan ikke forskjellene i muskel- og fettmasse forklare hele forskjellen. Hvis VO_{2maks} relateres til FFM, reduseres kjønnsforskjellene, men er fortsatt på 5-10 % (Meen, 2000). Denne forskjellen har blitt forklart gjennom testosteronets effekt på produksjon av røde blodceller (Shahani, Braga-Basaria, Maggio & Basaria, 2009), som fører til at gutters hemoglobinkonsentrasjon er rundt 10 % høyere enn for jenter i slutten av puberteten (Armstrong et al., 2011). I tillegg til å stimulere produksjon av røde blodceller, vil testosteron også påvirke VO_{2maks} gjennom å påvirke endringer i hjertestørrelse. Det har blitt vist at gjennom puberteten øker størrelsen på venstre ventrikkel raskere hos gutter enn hos jenter (Janz, Dawson & Mahoney, 2000). Dette vil

gi en fordel til gutter gjennom økt endediastolisk volum, slagvolum og dermed også minuttvolum.

Økt muskelmasse og hemoglobinkonsentrasjon kan være med å forklare de økte forskjellene gjennom puberteten, men i barndommen er det ikke tydelige kjønnsforskjeller i disse parameterne. Forklaringene på de små, men allikevel tilstedeværende kjønnsforskjellene i VO_{2maks} før puberteten, er sprikende (Rowland, Goff, Martel & Ferrone, 2000; Vinet, Mandigout, Nottin, Nguyen, Lecoq, Courteix & Obert, 2003; Winsley, Fulford, Roberts, Welsman & Armstrong, 2009). Vinet et al. (2003) rapporterte at forskjellene i VO_{2maks} mellom gutter og jenter skyldes gutter større slagvolum (SV), men at kjønnsforskjellene i både VO_{2maks} og SV forsvant da det ble relatert til FFM. De konkluderer dermed med at gutters høyere VO_{2maks} gjennom barndommen skyldes høyere FFM. Rowland et al. (2000) fant derimot høyere VO_{2maks} og SV hos gutter selv etter å ha kontrollert for forskjeller i kroppssammensetning. De konkluderer med at det er funksjonelle forskjeller i hjertet, ikke hjertestørrelse, som bidrar til større SV hos gutter i barndommen. Winsley et al. (2009) fant derimot ingen forskjeller i hjertestørrelse og minuttvolum hos gutter og jenter med lik FFM, til tross for at guttene hadde høyere VO_{2maks} . De fant derimot høyere arteriell-venøs-oksygen-differanse (a-v- O_2 -differanse) hos guttene.

2.2.5 Effekt av trening hos barn og ungdom

Gjennom naturlig vekst, modning og utvikling øker VO_{2maks} og utholdenhetsprestasjon hos barn og unge. Det er også kjent at regelmessig utholdenhetstrening fører til en økning i VO_{2maks} hos voksne. Flere studier har sammenlignet VO_{2maks} hos trente og utrente barn, og viser at barn som trener mer har høyere VO_{2maks} enn de som trener mindre (Baltaci & Ergun, 1997; Eastwood et al., 2009; Hansen & Klausen, 2004). Spørsmål om hvorvidt dette skyldes treningen i seg selv, genetisk predisposisjon og seleksjon til en spesiell idrett eller en effekt av ulikheter i vekst mellom gruppene, gjør at trenbarhet av barn lenge har vært et omdiskutert tema.

I 1983 presenterte Victor Katch en «*triggerhypotese*» som går ut på at det er et kritisk punkt («*triggerpunkt*») i barns utvikling, hvor trening før dette punktet gir minimal effekt på fysisk form, om noe i det hele tatt (Katch, 1983). Dette punktet sammenfaller for de fleste barn med puberteten, men kan også opptre tidligere hos noen. Katch

foreslår at dette triggerfenomenet er et resultat av at hormonene som setter i gang puberteten har en modulerende effekt på kardiovaskulære-, skjelett-, muskel-, nerve- og respiratoriske adaptasjoner. Triggerhypotesen er basert på at det må være noen nødvendige forutsetninger tilstede for at adaptasjoner til trening skal skje. Dette kan være økt andel FFM, modning av nervesystemet og visse nivåer av hormoner, spesielt androgener og veksthormon (Katch, 1983).

Denne hypotesen understøttes blant annet i en tverrsnittstudie av Sundberg & Elovainio (1982) hvor de sammenligner kardiorespiratorisk funksjon hos løpere og en jevnaldrende kontrollgruppe ved 12, 14 og 16 år. Det ble ikke funnet noen forskjell i VO_{2maks} ($l \cdot min^{-1}$) mellom løpere og kontrollgruppen for 12- og 14-åringene, men løperne på 16 år hadde høyere VO_{2maks} sammenlignet med kontrollgruppen. I relative verdier ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) hadde løperne høyere VO_{2maks} sammenlignet med kontrollgruppen i alle aldersgruppene. Dette skyldes at løperne allerede fra 12 år hadde lavere vekt og lavere fettprosent enn kontrollgruppen. Forskjellen observert mellom trente og utrente 16 åringer, i kontrast til de yngre aldersgruppene, kan enten skyldes at 16 åringene responderer bedre på treningen enn de yngre i henhold til Katch's *triggerhypotese* eller at de 16 år gamle løperne er en mer selektert gruppe med genetisk anlegg for løping. Det er naturlig å tenke seg at de som ikke var like suksessfulle i løping har falt av i større grad ved 16 år, sammenlignet med ved 12 og 14 år.

Avhengig av kvantiteten og kvaliteten på treningen, har man hos voksne sett en økning på 10-30 % etter en treningsperiode ("American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults," 1998). I en oversiktsartikkel av Baquet, van Praagh & Berthoin (2003) rapporteres det om ~5 % økning hos barn og ungdom opp til 18 år uavhengig av kjønn og pubertetsstatus. Det var store variasjoner mellom studier, og endringene varierte fra -7,6 til 20,5 % (Baquet et al., 2003).

Om det er Katch's *triggerhypotese* eller andre utfordringer ved treningsstudier på barn og unge som bidrar til denne forskjellen i respons mellom prepubertale og postpubertale individer, er vanskelig å konkludere med. Alder og modning hos forsøkspersonene, rekruttering av forsøkspersoner, VO_{2maks} ved start av studien, kjønnsforskjeller,

genetikk, overenstemmelse mellom trening og testing, tilslutning til treningsprogrammet og type, frekvens og intensitet av treningen samt lengden av programmet, vil påvirke resultatet av treningsintervensjonsstudier på barn og unge (Armstrong & Barker, 2011). Ved studier på barn i vekst vil det være vanskelig å skille mellom hva som er effekt av intervensjonen og hva som kommer av naturlig vekst og utvikling, selv med en kontrollgruppe. Siden barn og unge utvikler seg i ulikt tempo, kan de selv ved lik estimert biologisk alder ved start av studien påvirkes ulikt av vekst, utvikling og modning de kommende månedene.

Selv om kvaliteten på treningsintervensjonsstudier på barn og unge ikke alltid er god, har Armstrong & Barker (2011) oppsummert litteraturen på bakgrunn av studier som er gjort. Med data fra voksne studier og de få studiene som er gjort hos unge, ser det ut som om arv bidrar med så mye som 45-50 % av økning i VO_{2maks} . Det ser ikke ut til å være noen stor forskjell i treningsrespons mellom gutter og jenter, men baselineverdier for VO_{2maks} ser ut til å ha et inverst forhold med treningsrespons (Armstrong & Barker, 2011). Det ser ut til at prepubertale barn responderer på trening, men i mindre grad enn voksne (Matos & Winsley, 2007).

2.2.6 Begrensninger for VO_{2maks}

Utviklingen av det maksimale oksygenopptaket hos barn og unge har blitt studert gjennom flere tiår og i flere ulike studier (Eisenmann et al., 2001; Geithner et al., 2004; Kemper et al., 1989; Shao et al., 1997; Sprynarova et al., 1987; von Döbeln & Eriksson, 1972; Winsley et al., 2009; Åstrand, 1952). Hvordan de begrensende faktorene for VO_{2maks} styrer denne utviklingen finnes det betydelig mindre litteratur på.

Fick's ligning forklarer faktorer som bestemmer VO_{2maks} :

$$VO_{2maks} = \text{Minuttvolum}_{maks} \cdot a-v-O_2 \text{ differanse}_{maks}$$

Der minuttvolum (MV) er et produkt av SV og HF og a-v- O_2 -differansen er forskjellen mellom oksygeninnholdet i arterie- og veneblod (McArdle, Katch & Katch, 2015a).

For å dekke det økte oksygenkravet ved aktivitet kontra hvile, øker både SV, HF og a-v- O_2 -differansen. Dette må skje hos både barn og voksne, men bidraget fra de forskjellige komponentene ser ut til å være forskjellig. Barn har et signifikant lavere SV på en gitt belastning sammenlignet med voksne. SV øker med økende alder, og er knyttet til

økning i kroppsstørrelse. For å kompensere for et mindre SV, har barn høyere HF på en gitt hastighet enn voksne (Turley, 1997). Selv om litteraturen ikke er helt konsekvent, ser det ut til at barn har lavere MV på et gitt oksygenopptak sammenlignet med voksne, og at dette blir kompensert for med høyere a-v-O₂-differanse (Turley, 1997).

Oksygenets vei fra luften rundt oss til mitokondriene går gjennom flere steg, som hvert kan være en potensiell begrensning for VO_{2maks}. Lungenes diffusjonskapasitet, maksimalt minuttvolum, blodets transportkapasitet for oksygen og egenskaper i muskulaturen blir regnet som mulige begrensende faktorer (Bassett & Howley, 2000). Siden oksygen primært blir transportert i blodet ved hjelp av hemoglobin, vil tHb_{masse} påvirke blodets transportkapasitet for oksygen og derfor VO_{2maks}. Hos voksne har det blitt funnet en høy korrelasjon mellom tHb_{masse} og VO_{2maks}. Det tyder på den tHb_{masse} kan være en bestemmende for VO_{2maks} og utholdenhetsprestasjon (Gore et al., 1997; Heinicke et al., 2001; Schmidt & Prommer, 2008).

2.3 Blodet

Blodets hovedoppgave er å fungere som transportorgan, blant annet for gassene oksygen (O₂) og karbondioksid (CO₂), næringsstoffer og avfallsstoffer. Blodet består av celler, cellefragmenter og plasma. Plasma utgjør 55 % av det totale blodvolumet og består av 93 % vann (Åstrand, Rodahl, Dahl & Strømme, 2003). De tre hovedtypene av blodceller er erytrocytter (røde blodceller), leukocytter (hvite blodceller) og trombocytter (blodplater) (Widmaier, Raff, Strang & Vander, 2011). Erytrocytter utgjør over 99 % av alle blodceller, og det er disse som transporterer oksygen (Widmaier et al., 2011).

2.3.1 Total hemoglobinmasse, blodvolum, hematokrit og hemoglobinkonsentrasjon

Hemoglobin er et jernholdig protein i våre røde blodceller. Hemoglobinetts viktigste oppgave er å frakte oksygen rundt i kroppen. Hemoglobinet kan frakte inntil 1,39 ml oksygen (O₂) per gram. Ved full metning og normal hemoglobinkonsentrasjon ([Hb]) (f.eks. 14 g/dl) frakter hemoglobinet rundt 200 ml O₂ per liter blod (McArdle et al., 2015a). Bare 3 ml O₂ per liter kan fraktes løst i plasma.

Total hemoglobinmasse er total masse (målt i gram) sirkulerende hemoglobin i kroppen. BV er mengden blod (målt i liter) i kroppen og er summen av plasmavolum (PV) og

totalt volum av røde blodceller (RCV) (Armstrong & Welsman, 1997). [Hb] er massen av hemoglobin per volum (f.eks. g/l) og bestemmes av tHb_{masse} og PV. Den prosentvise volumandelen de røde blodcellene utgjør av det totale blodvolumet, kalles hematokrit (Hct) (Widmaier et al., 2011). BV og tHb_{masse} korrelerer bra med antropometriske karakteristika, spesielt FFM (Sawka et al., 1992). Denne sammenhengen ser ikke ut til å gjelde for [Hb] (Schmidt & Prommer, 2010).

2.3.2 Naturlig utvikling av blodparametere

Hemoglobinkonsentrasjonen hos nyfødte er rundt 20g/dl, men i løpet av de første 3 til 6 månedene synker den ned til 10g/dl. Gjennom barndommen, frem til 10-12 års alder, øker [Hb] jevnt for gutter og jenter. Etter dette fortsetter gutters [Hb] å øke frem til slutten av puberteten, mens den hos jenter flater ut (Malina et al., 2004b). [Hb] hos en gjennomsnittlig 8 åring, uavhengig av kjønn, er rundt 13g/dl, mens typiske verdier er henholdsvis 16 g/dl for voksne menn og 14g/dl hos kvinner (Rowland, 1989).

Det finnes få studier som har sett på utviklingen av BV og tHb_{masse} gjennom barne- og ungdomsårene. Studiene som har blitt gjennomført har vært tverrsnittstudier eller longitudinelle studier med kort tidsrom (< 1 år) og få forsøkspersoner med stor variasjon i kronologisk og biologisk alder (Eastwood et al., 2009; Raes et al., 2006; Steiner & Wehrin, 2011; Ulrich, Bartsch & Friedmann-Bette, 2011; von Döbeln & Eriksson, 1972; Åstrand, 1952)

Økningen i BV og tHb_{masse} fra fødsel til voksen alder følger vekstkurven for kroppsvekt, og man ser generelt en god korrelasjon mellom BV, tHb_{masse} og kroppsmasse på (Malina et al., 2004b). En nyfødt baby har rundt 300-400 ml blod i kroppen, mens en ung voksen mann på ca. 70 kg har rundt 5 l, fordelt på 3 l plasma og resten celler, primært røde blodceller (Malina, Bouchard & Bar-Or, 2004a). Det er store individuelle forskjeller i tHb_{masse} og BV. Hos voksne har det blitt observert signifikant høyere tHb_{masse} hos utholdenhetsutøvere sammenlignet med ikke-utholdenhetsutøvere og utrente (Heinicke et al., 2001; Schmidt & Prommer, 2008), men det er også blitt målt stort blodvolum hos utrente personer, trolig på grunn av genetiske faktorer (Martino, Gledhill & Jamnik, 2002). Godt utholdenhetsutøvere med høy aerob kapasitet ser ikke ut til å få noen stor endring i tHb_{masse} i respons på trening (Gore et al., 1997; Schmidt & Prommer, 2008). Man ser derimot en økning i tHb_{masse} etter oppstart av regelmessig

trening hos tidligere utrente (Schmidt & Prommer, 2008), som respons på høydetrening (Schmidt & Prommer, 2008) og som resultat av bloddoping (Otto, Montgomery & Richards, 2013).

Åstrand (1952) var en av de første til å rapportere gjennomsnittsverdier for BV og tHb_{masse} for begge kjønn i ulike aldre. Han rapporterte normalverdier for tHb_{masse} hos en 8-åring, uavhengig av kjønn, på rundt 7,5 g/kg, mens voksne menn og kvinner lå på henholdsvis 10,4 g/kg og 8,3 g/kg. Gjennomsnittsverdier for BV ble rapportert til 67 ml/kg for menn, 62 ml/kg for kvinner og 55 ml/kg for barn. Det har senere blitt rapportert noe høyere verdier. Raes et al. (2006) viser til gjennomsnittverdier for barn på 75-78 ml/kg for gutter og 63-74 ml/kg for jenter og Malczewska-Lenczowska, Sitkowski, Orysiak, Pokrywka & Szygula (2013) fant 81-94 ml/kg og 74-87 ml/kg for henholdsvis unge menn og kvinner. Det har blitt rapportert gjennomsnittverdier for 12-15 år gamle gutter for tHb_{masse} mellom 8,8 og 12 g/kg, og mellom 7,5 og 9,9 g/kg for jenter (Eastwood et al., 2009; Ulrich et al., 2011; von Döbeln & Eriksson, 1972; Åstrand, 1952)

2.3.3 Kjønnforskjeller

Frem til 12-13 år følger BV, tHb_{masse} og [Hb] utviklingen i andre antropometriske mål, uten store forskjeller mellom gutter og jenter. Selv om økningen etter dette fortsetter for begge kjønn, gjør testosteronets påvirkning på produksjon av røde blodceller at gutter etter puberteten har i gjennomsnitt 11 % høyere [Hb] enn jenter på samme alder (Meen, 2000). Gjennom puberteten og inn i voksenalder blir det synlige kjønnforskjeller i BV og tHb_{masse} . 14-18 år gamle jenter har 28 % lavere tHb_{masse} og 23 % lavere BV enn jevnaldrende gutter, og voksne kvinner ligger i gjennomsnitt 32 % og 21 % lavere enn menn for henholdsvis tHb_{masse} og BV (Åstrand, 1952). Kjønnforskjellene etter puberteten skyldes at menn i gjennomsnitt har en høyere kroppsvekt enn kvinner. På grunn av den nære sammenhengen mellom kroppsvekt og både tHb_{masse} og BV, vil menn dermed ha høyere tHb_{masse} og BV målt i absoluttverdier. Ulik kroppsvekt er derimot ikke den eneste grunnen til kjønnforskjeller i tHb_{masse} og BV, siden gutter også har høyere tHb_{masse} og BV i relative verdier. Disse forskjellene har blant annet blitt tilskrevet testosteronets effekt på produksjon av røde blodceller (Hero, Wickman, Hanhijarvi, Siimes & Dunkel, 2005).

2.4 Sammenheng mellom maksimalt oksygenopptak og ulike blodparametere

Det finnes en rekke studier som har sett på sammenhengen mellom VO_{2maks} og BV, tHb_{masse} og [Hb] hos voksne (Ahlgrim, Pottgiesser, Kron, Duerr, Baumstark & Schumacher, 2009; Gore et al., 1997; Heinicke et al., 2001; Kanstrup & Ekblom, 1984; Schmidt & Prommer, 2008, 2010; Yoshida, Nagashima, Nose, Kawabata, Nakai, Yorimoto & Morimoto, 1997). For friske personer ser det ut til å være liten sammenheng mellom [Hb] og VO_{2maks} (Schmidt & Prommer, 2010). Kanstrup & Ekblom (1984) brukte plasmavolumekspansjon og -reduksjon for å se på forholdet mellom VO_{2maks} og BV, tHb_{masse} og [Hb]. De konkluderer med at tHb_{masse} , i motsetning til [Hb], spiller en viktig rolle for å oppnå et høyt maksimalt oksygenopptak og fysisk prestasjon. Ved for eksempel store blodtap eller bruk av blod doping vil [Hb] spille en større rolle (Schmidt & Prommer, 2010), men dette vil ikke bli tatt opp i denne oppgaven.

Selv om sammenhengen mellom [Hb] og VO_{2maks} ikke ser ut til å være sterk, er det en god positiv sammenheng mellom tHb_{masse} og VO_{2maks} hos voksne (Gore et al., 1997; Heinicke et al., 2001; Schmidt & Prommer, 2008). I en metaanalyse basert på tverrsnittstudier med forsøkspersoner med ulik treningsbakgrunn, beregner Schmidt & Prommer (2008) ut fra regresjonslinjen at en endring i tHb_{masse} med 1 g/kg er assosiert med endringer i VO_{2maks} på $4,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. De beregnet en lignende sammenheng mellom BV og VO_{2maks} , der en endring i 1 ml blod/kg er assosiert til en $0,7 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ endring i VO_{2maks} (Schmidt & Prommer, 2008). De kunne derimot ikke finne noen klar sammenheng mellom VO_{2maks} og [Hb] eller Hct (Schmidt & Prommer, 2008).

Det antas at den gode sammenhengen mellom BV (og tHb_{masse}) og VO_{2maks} skyldes at BV kan påvirke venøs tilbakestrømning og hjertets fyllingstrykk, som igjen resulterer i økt maksimalt minuttvolum (Schmidt & Prommer, 2010). Et ettergivelig hjerte og utvidbar hjertepose som tillater høyt endediastolisk volum vil være viktige faktorer for et stort minuttvolum. Stort blodvolum vil kunne bidra til en mer effektiv hjertepumpe og rask diastolisk fylling (Schmidt & Prommer, 2010). Økt PV vil kunne føre til økt endediastolisk volum og dermed også SV, oksygentransport og VO_{2maks} (McArdle, Katch & Katch, 2015b).

Siden det er god korrelasjon mellom kroppsvekt og både BV, tHb_{masse} og $VO_{2\text{maks}}$ gjennom oppveksten, er det naturlig å tenke seg at det er en sammenheng i utviklingen av $VO_{2\text{maks}}$, BV og tHb_{masse} . Eastwood et al. (2009) fulgte utviklingen i tHb_{masse} og $VO_{2\text{maks}}$ over et år hos en gruppe 12-14 år gamle syklister, samt en jevnaldrende kontrollgruppe. I løpet av 12 måneder økte både absolutt og relativ $VO_{2\text{maks}}$ signifikant hos syklistene, men ikke hos kontrollgruppen. Hos begge grupper økte absolutt tHb_{masse} som en funksjon av tid. Relativ tHb_{masse} var signifikant høyere hos syklistene enn kontrollgruppen ved starten av studien, men det var ingen utvikling etter 12 måneder hos noen av gruppene. Det ble funnet en høy korrelasjon mellom relativ $VO_{2\text{maks}}$ og relativ tHb_{masse} både ved starten og slutten av studien, men ingen korrelasjon mellom prosent endring over 12 måneder. Det ble derimot ikke rapportert om sammenheng i endring av absoluttverdier.

3. Metode

3.1 Design

Denne masteroppgaven er en del av en større mikset longitudinell studie som ble startet ved Norges Idrettshøgskole i 2013. Studien skal belyse hvordan ulike fysiske parametere forandrer seg hos barn og unge fra de er 12 til 15 år. I løpet av perioden 2013-2016 har rundt 250 barn gjennomført en rekke fysiske og antropometriske tester (styrke, spenst, hurtighet, oksygenopptak, kroppssammensetning, hjertestørrelse, hemoglobinmasse og blodvolum) ved en, to eller tre anledninger. Denne oppgaven vil bare omhandle resultater fra maksimalt oksygenopptak, hemoglobinmasse, blodvolum og kroppssammensetning hos ungdom født i 2001, som har vært inne til testing ved tre anledninger (2013, 2014 og 2016).

Studien, testprotokollene og søknad om forskningsbiobank har blitt godkjent av Regional etisk komite for medisinsk forskningsetikk (REK Sør-Øst D). Prosjektet ble innmeldt til norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste (nsd).

3.2 Forsøkspersoner

Gutter og jenter født i 2001 ble i 2013 rekruttert fra langrennklubber i Oslo-området og fra en barne- og ungdomsskole i Sogndal. Alle elever født i 2001 ved barne- og ungdomsskolen i Sogndal fikk tilbud om å være med på testing i 2013, 2015 og 2016 uavhengig om de hadde deltatt ved tidligere tester eller ikke. Gruppen som ble rekruttert fra langrennklubber i Oslo deltok alle på langrennstrening i 2013, men de fikk tilbud om testing i 2015 og 2016 uavhengig om de fortsatt holdt på med langrenn eller ikke. Denne gruppen er dermed en blanding av personer som satser på langrenn, personer som deltar på langrennstrening men ikke satser, personer som satser på andre idretter og personer som ikke lengre deltar i organisert idrett. Til sammen har i underkant av 150 forsøkspersoner i disse gruppene vært inne til testing ved et eller flere av testtidspunktene. Av disse har 69 personer deltatt ved alle tre testtidspunktene. og det er resultater fra disse som vil bli brukt videre i oppgaven. En av disse forsøkspersonene fikk hormonbehandling i løpet av testperioden og har blitt ekskludert fra resultatene pga. atypisk utvikling som følge av behandlingen. En oversikt over forsøkspersonenes karakteristika vil bli presentert i resultatkapitlet.

Ved starten av studien ble det sendt ut informasjon om studien til forsøkspersonene (Vedlegg 1) og utdypende informasjon samt samtykke til langrennsgruppens foresatte (Vedlegg 2) og foresatte til forsøkspersonene i Sogndal (Vedlegg 3).

3.3 Gjennomføring av testene

Ved testing på Norges Idrettshøgskole gjennomførte hver forsøksperson (FP) alle sine tester på samme dag og i samme rekkefølge. Ved testing i Sogndal ble testene gjennomført i skoletiden, uten en fast rekkefølge på testene. Det ble imidlertid sørget for at testing av tHb_{masse} ikke ble utført i forkant av VO_{2maks}-test. Schmidt & Prommer (2005) viste at en økning i karboksyhemoglobin (HbCO) på 4,9 % førte til en reduksjon i VO_{2maks} på 3 %. Det var derfor spesielt viktig å sørge for at test av maksimalt oksygenopptak ble gjennomført før måling av hemoglobinmasse hvis testene foregikk på samme dag.

3.4 Testprosedyre og målemetoder

3.4.1 Antropometriske målinger (Kroppsvekt, kroppshøyde, sittehøyde, kroppssammensetning)

Forsøkspersonens høyde og kroppsvekt ble målt med et stadiometer (Seca, Hamburg, Tyskland) iført vanlige treningsklær, uten sko. Vekt og høyde ble notert til henholdsvis nærmeste 0,1 kg og 0,5 cm, og 0,5 kg ble trukket av for vekten på klærne.

Kroppssammensetning ble analysert ved hjelp av impedansmåling (InBody 720, Biospace Co, Ltd, Seoul, Korea).

3.4.2 Kronologisk og biologisk alder

Kronologisk alder ble beregnet ut fra antall år og dager fra fødselsdato til testdato. Alder ved PHV ble brukt som indikator på biologisk alder. Ulik timing i vekst av høyde, sittehøyde og benlengde ble brukt til å beregne alder fra PHV. Følgende likning, hentet fra Mirwald, Baxter-Jones, Bailey & Beunen (2002), ble brukt til å beregne alder fra PHV for henholdsvis jenter og gutter:

$$\text{Jenter} = -9.3760 + (0.001882 \cdot \text{benlengde} \cdot \text{sittehøyde}) + (0.0022 \cdot \text{alder} \cdot \text{benlengde}) + 0.005841 \cdot \text{alder} \cdot \text{sittehøyde} - (0.002658 \cdot \text{alder} \cdot \text{høyde}) + (0.07693 \cdot (\text{vekt/høyde}) \cdot 100)$$

$$\text{Gutter} = -9.2360 + (0.002708 \cdot \text{benlengde} \cdot \text{sittehøyde}) - (0.001663 \cdot \text{alder} \cdot \text{benlengde}) + (0.007216 \cdot \text{alder} \cdot \text{sittehøyde}) + (0.02292 \cdot (\text{vekt/høyde}) \cdot 100)$$

3.4.3 Venep prøve

I forkant av venep prøven ble det gitt tilbud om bedøvelsesplaster (Emla, AstraZeneca 55; Lidocain 25 mg, Prilocain 25 mg). For forsøkspersonene som ønsket dette, ble det lagt på innsiden av albueleddet og satt på i 30 minutter før selve venep prøven ble tatt. Til venep prøven ble det benyttet 4 ml glass (EDTA glass, BD vacutainer K2E 7,2 mg kalium). Venep prøvene ble sendt til Fürst Medisinske Laboratorium for analyse av [Hb], erytrocytter, Hct, MCHC (mean corpuscular hemoglobin concentration) og retikulocytter, som ble benyttet til å beregne BV, PV og RCV.

3.4.4 Maksimalt oksygenopptak

Oksygenopptaket ble målt ved løp på tredemølle (Woodway Elg 70, Weil am Rhein, Germany) ved bruk av automatisk ergospirometriutstyr (Oxycon Pro, Jaeger-Toennis, Hochberg, Germany) og «breath-by-breath»-metoden. Forsøkspersonen fikk på en maske (Hans Rudolph Instr., USA) med en volumtransducer som målte ventilasjonen. For hvert pust ble det trukket ut en liten mengde av ekspirasjonsluften for analyse av O₂ og CO₂. Det ble utført en manuell kalibrering av volumet ved hjelp av en 3 liters pumpe (Calibration Syringe, series 5530, Hans Rudolph Inc., MO, USA). O₂ og CO₂ ble kalibrert mot romluften og en gass med kjent konsentrasjon (15 % O₂, 6 % CO₂, 79 % N₂). HF ble lest av fra en hjertefrekvensmåler (Polar S610, Polar Electro Oy, Kempele, Finland), som mottok signaler fra en trådløs sender (Polar Wearlink, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) festet til et belte rundt brystet. Høyeste registrerte HF ble definert som HF_{maks}.

Stigningen på mølla ble satt til 5,3 %. FP sto stille 1 minutt mens oksygenopptaket ble målt. Etter 1 minutt ble mølla startet og det ble brukt 10 sekunder på å øke farten opp til 8 km/t. FP løp på denne hastigheten i 5 minutter. Etter en kort pause ble hastigheten og vinkelen på mølla satt på henholdsvis 7 km/t og 6,3 % mens FP sto med en fot på hver side av båndet. FP hoppet på båndet i fart og løp på denne hastigheten og stigningen i ett minutt. For hvert minutt ble hastighet og vinkel økt med henholdsvis 1 km/t og 1 % inntil det ble nådd en hastighet på 11 km/t. Deretter økte belastningen kun ved å øke vinkelen med 1 % hvert minutt. Før hver økning ble FP spurt om en økning ville gå bra. Det ble gjort individuelle tilpasninger mot slutten av testen av testleder, for eksempel at FP fortsatte på samme vinkel og hastighet i ett minutt til. Måleutstyret registrerte

oksygenopptaket hvert 30. sekund. Gjennomsnittet av de to høyeste påfølgende målingene ble definert som VO_{2maks} .

Det ble brukt hjelpekriterier for å vurdere om FP hadde holdt på helt til utmattelse. Utmattelse ble definert som når FP ikke lenger var i stand til å fortsette testen til tross for sterke verbale oppmuntringer fra testleder. Hjelpekriterier for å vise at FP hadde holdt på til utmattelse var RER på $>1,1$, en avflatning i oksygenopptaket, HF over 95 % av beregnet HF_{maks} i forhold til alder. Tidligere studier har vist at man ikke nødvendigvis finner en avflatning i oksygenopptaket ved maksimal anstrengelse hos barn i samme grad som hos voksne (Armstrong et al., 1995; Armstrong et al., 1996; Rivera-Brown & Frontera, 1998), og at det derfor ikke bør legges alt for stor vekt på dette kriteriet i forhold til om man har funnet VO_{2maks} eller ikke. Det viktigste kriteriet for å avslutte testen var derfor testleders subjektive oppfatning av om utmattelse var nådd eller ikke.

3.4.5 Måling av total hemoglobinmasse

For å bestemme tHb_{masse} ble «The optimised CO-rebreathing method» benyttet (Schmidt & Prommer, 2005).

Under testet pustet FP gjennom et lukket spirometer (Bloodtec, Gbr, Tyskland) (Figur 3.4.1). I enden som FP pustet gjennom ble det satt på et snorkelmunnstykke for å hjelpe til å forhindre lekkasje. Munnstykke var festet til et kammer fylt med soda lime som absorberte CO_2 og dermed forhindrer en forhøyet konsentrasjon av CO_2 i innåndingsluften. I motsatt ende var det festet en anestetisk bag på 3 L (Vacumed, Ventura, USA). Denne ballongen ble fylt med 100 % oksygen fra en oksygentank (AGA, medisinsk oksygen komprimert). Karbonmonoksidgassen (CO -gassen) (AGA, karbonmonoksid komprimert) ble fylt i en plastsprøyte (Baun Omnifix, 60 ml eller 90 ml kapasitet) med treveis stoppekran (Luer Lock) fra en CO -gassflaske som var oppbevart i et godt ventilert avtrekksskap. Ved påfylling av gass ble sprøyten «skylt» ved at slangen fra gassflasken ble koblet til sprøytens treveiskran og sprøyten ble fylt med ca. 30 ml CO . Toppen på kranen var hele tiden koblet til gasslangen, mens sprøyten deretter ble tømt gjennom sideåpningen på kranen. Dette ble gjentatt tre ganger før sprøyten ble fylt opp med CO -gass og kranen stengt. Sprøyten ble deretter lagt ved siden av et termometer til temperaturutjevning og sjekket for lekkasje med CO -alarmen.



Figur 3.4.1: Spirometeret som ble brukt til å måle hemoglobinmasse. 1. Assistent som holder for nesen, 2. Kammer for soda lime, 3. Plastspøyte med CO-gass, 4. Stoppekran, 5. Stoppekran, 6. Anestetisk bag. Bildet er hentet med tillatelse fra Aaeng (2014).

Mengde CO ble beregnet til hver FP basert på kroppsvekt, kjønn og treningstilstand, med et mål om å oppnå en deltaverdi ($\Delta\text{HbCO}\%$) på 5-7 % (Burge & Skinner, 1995). Tabell 3.4.1 viser en oversikt over mengde CO gitt til FP modifisert etter Eastwood et al. (2009). Det ble tatt utgangspunkt i anbefalingene om å gi 1,0 ml/kg kroppsvekt for gutter og 0,8 ml/kg kroppsvekt for jenter, men treningstilstand hos hver enkelt forsøksperson ble tatt i betraktning. Siden FPene i langrennsgruppen så ut til å være bedre trent enn gjennomsnittet, ble det ofte gitt en CO-dose litt over anbefalingene. Det gjorde at vi oppnådde en gjennomsnittlig deltaverdi på 6,15 med en nedre og øvre verdi på henholdsvis 4,9 og 8,5, noe som passet godt overens med anbefalingene.

Store mengder CO-gass er forbundet med helseskade og i verste fall død. Vanlige symptomer etter å ha vært utsatt for lett CO-forgiftning er hodepine, kvalme og svimmelhet. Disse symptomene ser ut til å komme når HbCO øker opp mot 15-20 % (Stewart, Peterson, Baretta, Bachand, Hosko & Herrmann, 1970).

Tabell 3.4.1: CO-dose i ml gitt til gutter og jenter i forhold til kroppsvekt.

Kroppsvekt (kg)	CO-dose (ml)	
	Jente	Gutt
30-39	35-40	40-45
40-49	45-50	50-55
50-59	50-55	55-60
60-69	60-70	60-70
70-79	70-80	70-80

I forkant av pusteprosedyren ble det fylt to kapillærrør (55 µL, Radiometer, Copenhagen, Danmark) fra fingerstikk (Accu-Check, Safe-T-pro plus) som hver inneholdt nok blod til to analyser av prosent karboksyhemoglobin (% HbCO) i blodet. Disse kapillærprøvene ble umiddelbart analysert ved hjelp et diode array spektrometer (ABL 80 Flex Radiometer, Copenhagen). Gjennomsnittet av disse fire verdiene ble brukt som baselineverdi for HbCO%-verdier i blodet. Forsøkspersonen ble gjort kjent med pusteprosedyren og det ble gjennomført en testrunde der det ble benyttet romluft istedenfor karbonmonoksid, slik at FP var best mulig forberedt til å utføre pusteprosedyren på best mulig måte. Atmosfæretrykket (hPA) og temperaturen (°C) i testrommet ble notert.

Under selve pusteprosedyren holdt FP selv spirometeret og tok munnstykket inn i munnen. FP ble bedt om å puste ut gjennom nese og munn, deretter holde pusten mens gassen ble tilsatt og kranen åpnet, for så å trekke luften inn fra ballongen. Etter at FP hadde pustet ut gjennom nese og munn, før gassen ble tilsatt, holdt en assistent for nesen til FP. Idet gassen ble tilsatt ble en stoppeklokke startet. Etter to minutter ble FP bedt om å fylle så mye luft som mulig ut i ballongen, før kranen ble stengt og testen ble avsluttet. Ved tilsetting av gass og underveis i testen ble det sjekket for lekkasje med håndholdt CO-alarm (Dräger Pac 7000, Dräger Safety AG Co., Lübeck, Germany).

På minutt 4 pustet tømte FP lungene for luft over sensoren på CO-alarmen, for å sjekke hvor mye CO som var igjen i lungene og dermed ikke hadde gått over i blodet. CO-konsentrasjonen (ppm) ble notert. Det ble fylt ett kapillærrør (to analyser) på

henholdsvis minutt 6 og minutt 8 som ble analysert fortløpende. Etter endt test ble volumet (l) av ballongen estimert og konsentrasjonen (ppm) av CO målt.

3.4.6 Beregning av total hemoglobinmasse og blodvolum

Gjennomsnittet av baselineverdiene fra kapillærprøvene ble sammen med gjennomsnittet fra kapillærprøvene tatt etter 6 og 8 minutter brukt til å beregne økningen i HbCO%. Ved hjelp av $\Delta\text{HbCO}\%$ før og etter CO-rebreathing ble total hemoglobinmasse beregnet etter følgende likning (Schmidt & Prommer, 2005):

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

Der K = det aktuelle barometertrykket/ (760 · [1+0,003661 · aktuell temperatur]); MCO = volumet av tilført CO (ml); $\Delta\text{HbCO}\%$ = forskjellen mellom baseline og platånivået til HbCO (%); 1,39 = Hüfner's number – 1 g Hb binder 1,39 ml CO, det samme som for O₂.

Med resultatene fra venepreven ble BV, PV og RCV beregnet:

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

$$\text{BV} = \text{RCV} \cdot 100 / \text{Hct}$$

$$\text{PV} = \text{BV} - \text{RCV}$$

Der MCHC = gjennomsnittskonsentrasjonene av hemoglobin i de røde blodcellene;
Hct = Hematokritt, korrigert for cellefaktoren (0,91) for hele kroppen.

3.5 Statistikk

Alle figurer er laget i GraphPad Prism 7.03 (GraphPad Software Inc, San Diego, CA, USA). Dette programmet ble også benyttet til lineær regresjon av korrelasjon mellom variabler, og for å analysere forskjell mellom regresjonslinjene for jenter og gutter. Her ble signifikansnivået satt til $p < 0,05$. Microsoft Excel (Microsoft Excel, 2016, USA) ble brukt for å analysere utvikling av variabler fra 12-15 år. Det ble benyttet en uparet t-test for å undersøke om stigningskoeffisienten var ulik mellom gruppene. Det ble også benyttet en uparet t-tester for å undersøke forskjell mellom gruppene og mellom kjønn ved de ulike testtidspunktene. Først ble det testet om gjennomsnittet av de tre

tidspunktene var forskjellig. Om så var tilfelle ble de ulike tidspunktene eller endring mellom tidspunktene testet for forskjeller mellom gruppene eller kjønn. Siden det ble utført flere t-tester på samme datamateriale, ble signifikansnivået satt til $p < 0,01$ for disse testene. Om $p < 0,05$ ble det regnet som tendens. Resultatene blir presentert som gjennomsnitt \pm standardavvik. Korrelasjon ble definert som: triviell ($<0,01$), liten (0,1 – 0,3), moderat (0,3 - 0,5), god (0,5 – 0,7), svært god (0,7 - 0,9) og nesten perfekt (0,9 – 1,0) (Hopkins, Marshall, Batterham & Hanin, 2009).

4. Resultater

4.1 Utvikling

4.1.1 Antropometri

I 2013 ble testene av ungdommene på NIH foretatt på våren 2013, mens testene i Sogndal ble gjennomført på høsten. Kontrollungdommene i Sogndal er derfor om lag et halvt år eldre ved første måling enn langrenns-ungdommene. Siden ungdommene vokser om lag 9 cm og 6 kg per år i denne alderen (tabell 4.1.1.), bidrar aldersforskjellen til at kontrollguttene blant annet er høyere og tyngre enn langrennsguttene ved første måling. Trass i aldersforskjellen var ikke kontrolljentene høyere og tyngre enn langrennsjentene, men de hadde om lag 80 % høyere fettprosent, tilsvarende som hos guttene. I 2014 og 2016 ble alle testet på høsten.

Ved første test hadde 33 % av langrennsjentene, 80 % av kontrolljentene og ingen av guttene opplevd PHV. Ved andre test hadde alle jentene opplevd PHV, mens det bare gjaldt 6 % av langrennsguttene og 46 % av kontrollguttene. Ved siste test hadde også alle kontrollguttene opplevd PHV, mens det fremdeles var 6 % av langrennsguttene som ikke hadde.

I gjennomsnitt økte kroppshøyde med $4,5 \pm 1,2$ og $6,8 \pm 1,2$ cm/år fra 12-15 år for henholdsvis jentene ($p < 0,001$) og guttene ($p < 0,001$). Det var ingen forskjell mellom gutter og jenter i økning fra 12-13 år, men fra 13-15 år var økningen større hos guttene enn jentene ($p < 0,001$). Det var ingen forskjell i høyde mellom gutter og jenter ved 12 og 13 år, men ved 15 år var guttene signifikant høyere ($p < 0,01$).

I gjennomsnitt økte kroppsvekt med $4,9 \pm 1,3$ og $5,8 \pm 1,5$ kg/år fra 12-15 år for henholdsvis jentene ($p < 0,001$) og guttene ($p < 0,001$). Det var ingen forskjell i økningen mellom gruppene fra 12-13 år, men fra 13-15 år økte langrennsgruppen mer enn kontrollgruppen ($p < 0,01$) og det var en tendens til at guttene økte mer enn jentene ($p = 0,012$). Ved 12 og 13 år var kontrollguttene signifikant tyngre enn langrennsguttene ($p < 0,001$).

I gjennomsnitt økte FFM med $3,3 \pm 1,4$ og $5,8 \pm 1,4$ kg/år fra 12-15 år for henholdsvis jentene ($p < 0,001$) og guttene ($p < 0,001$). Økningen var større hos guttene enn jentene ($p < 0,001$) og i langrennsgruppen sammenlignet med kontrollgruppen ($p < 0,01$). Det var ingen signifikant forskjell mellom gutter og jenter ved 12 og 13 år, men ved 15 år hadde guttene høyere FFM ($p < 0,001$).

Det var en gjennomsnittlig endring i fettprosenten på $1,5 \pm 1,7$ og $-1,0 \pm 1,5$ %/år fra 12-15 år for henholdsvis jentene ($p < 0,01$) og guttene ($p < 0,001$). Utviklingen var ulik for jenter og gutter ($p < 0,001$) og reduksjonen i fettprosent var høyere for kontrollguttene enn langrenns guttene mellom 12 og 13 år ($p < 0,01$). Ved 12 år var det ingen forskjell mellom jenter og gutter, men fra 13 år hadde jentene høyere fettprosent enn guttene ($p < 0,01$). Ved alle målinger hadde kontrollgruppen høyere fettprosent enn langrennsgruppen ($p < 0,001$).

I gjennomsnitt økte kroppsmasseindeksen (BMI) med $0,9 \pm 0,4$ og $0,7 \pm 0,5$ per år fra 12-15 år for henholdsvis jentene ($p < 0,001$) og guttene ($p < 0,001$). Det var ingen forskjell i utvikling mellom gutter og jenter, men langrenns guttene økte mer enn kontrollguttene ($p < 0,01$). Ved 12 og 13 år hadde langrennsgruppen lavere BMI enn kontrollgruppen ($p < 0,01$), mens det var ingen forskjell mellom noen av gruppene ved 15 år.

Tabell 4.1.1: Alder og antropometriske målinger hos gruppene ved de ulike testtidspunktene. Tall er presentert som gjennomsnitt (standardavvik).

	2013			2014			2016			
	Langrenn	Kontroll	Langrenn	Langrenn	Kontroll	Langrenn	Kontroll	Jenter	Kontroll	
	Jenter (n=12)	Gutter (n=33)	Jenter (n=10)	Gutter (n=13)	Jenter (n=12)	Gutter (n=33)	Jenter (n=10)	Gutter (n=13)	Jenter (n=10)	Gutter (n=13)
Alder (år)	11,8 (0,2)	11,9 (0,3)	12,4 (0,3) ^b	12,5 (0,3) ^b	13,3 (0,3)	13,4 (0,3)	13,4 (0,3)	13,5 (0,3)	15,2 (0,2)	15,3 (0,3)
År fra PHV (år)	-0,1 (0,2) ^a	-1,9 (0,4)	0,3 (0,4) ^a	-1,2 (0,4) ^b	1,3 (0,6) ^a	-0,7 (0,6)	1,3 (0,4) ^a	-0,1 (0,5) ^b	2,9 (0,6) ^a	1,3 (0,8)
Kroppshøyde (cm)	154 (9,0)	151 (7,3)	153 (5,4)	158 (6,6) ^b	163 (8,6)	160 (9,4)	160 (4,9)	167 (7,3)	169 (8,4) ^a	173 (10,2)
Kroppsvekt (kg)	38,8 (6,1)	38,9 (5,2)	44,8 (8,5)	47,0 (6,4) ^b	45,8 (7,4)	44,9 (6,6)	49,4 (9,6)	53,3 (6,0) ^b	56,4 (8,4)	58,6 (9,0)
BMI (kg/m²)	16,8 (1,9)	16,8 (1,5)	18,9 (2,7)	18,9 (2,4) ^b	17,7 (1,9)	17,7 (1,3)	19,3 (3,1)	19,5 (2,2) ^b	19,8 (2,3)	19,5 (1,6)
Fettfri masse (kg)	34,3 (6,8)	34,7 (3,8)	35,5 (5,0)	39,1 (4,8) ^b	41,1 (7,6)	40,9 (5,8)	40,1 (5,3)	46,5 (5,6) ^b	47,3 (6,0) ^a	53,9 (7,9)
Fettprosent (%)	11,6 (4,2)	10,2 (4,1)	21,0 (7,1) ^b	17,9 (6,8) ^b	11,8 (4,6) ^a	9,9 (3,7)	18,7 (6,5) ^{ab}	14,2 (6,5) ^b	16,3 (5,0) ^a	8,5 (2,9)
									24,7 (4,7) ^{ab}	43,8 (4,9) ^a
									21,3 (2,2)	19,9 (2,5)
									15,4 (0,3)	15,5 (0,3)
									2,8 (0,3) ^a	1,9 (0,5) ^b

^a Signifikant forskjellig fra guttene ($p < 0,01$). ^b Signifikant forskjellig fra samme kjønn langrenn ($p < 0,01$). BMI = body mass index (kroppsmasseindeks); PHV = peak height velocity.

4.1.2 Maksimalt oksygenopptak og hematologi

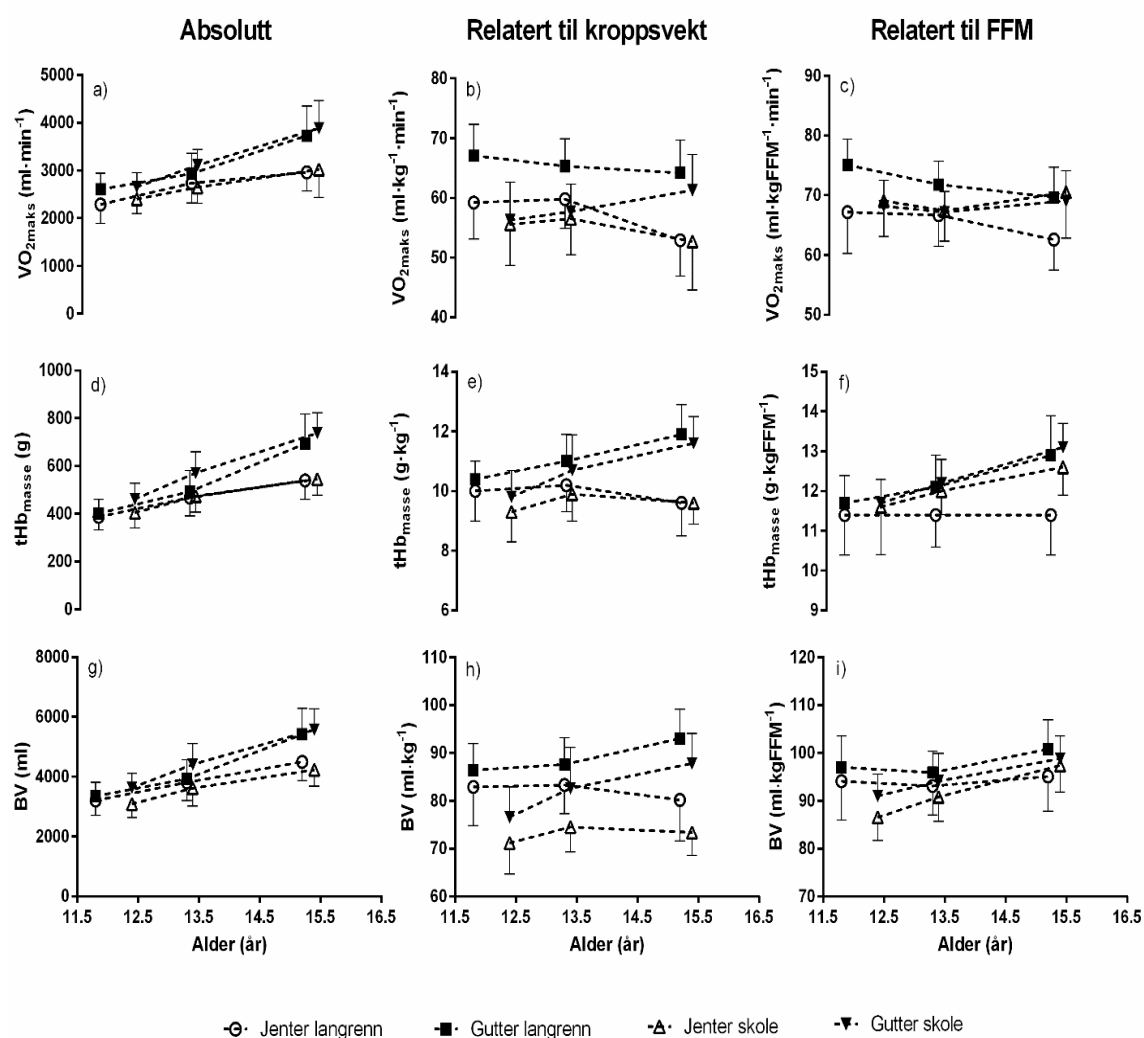
I gjennomsnitt økte VO_{2maks} med 212 ± 146 og 354 ± 136 $ml \cdot min^{-1}$ per år for henholdsvis gutter ($p < 0,001$) og jenter ($p < 0,001$). VO_{2maks} økte mer for gutter enn jenter fra 13 til 15 år ($p < 0,001$), men ikke fra 12 til 13 år (Figur 4.1.1. a). Gutter hadde signifikant høyere VO_{2maks} ved 12 og 15 år ($p < 0,01$) og en tendens til høyere verdi enn jentene ved 13 år ($p = 0,011$). Relatert til kroppsvekt økte VO_{2maks} for guttene i kontrollgruppen, det var en signifikant nedgang for jenter og gutter i langrennsgruppen, mens det var ingen endring for jentene i kontrollgruppen. Utviklingen var lik for jenter og gutter mellom 12-13 år, men fra 13-15 år var det en signifikant nedgang for jenter ($p < 0,001$), mens det var ingen endring hos gutter (Figur 4.1.1. b). Relatert til FFM ser vi en nedgang hos langrennsgruppen ($p < 0,001$), men ingen signifikant endring hos kontrollgruppen (Figur 4.1.1.c). Guttene har ved alle målinger signifikant høyere VO_{2maks} relatert til kroppsvekt og FFM enn jentene ($p < 0,01$).

I gjennomsnitt økte tHb_{masse} med 45 ± 14 og 88 ± 24 $g/år$ fra 12-15 år for henholdsvis jenter ($p < 0,001$) og gutter ($p < 0,001$). tHb_{masse} økte mer for gutter enn jenter fra 13 til 15 år ($p < 0,001$), men ikke fra 12 til 13 år (Figur 4.1.1. d). Relatert til kroppsvekt økte tHb_{masse} for guttene ($p < 0,001$), men ikke for jentene (Figur 4.1.1. e). Relatert til FFM økte tHb_{masse} for alle grupper unntatt jenter langrenn. Det er ingen kjønnsforskjell i økning mellom 12 og 13 år, men fra 13 til 15 år økte tHb_{masse} relatert til FFM signifikant mer for guttene enn jentene ($p < 0,01$) (Figur 4.1.1. f). Det var ingen signifikant forskjell mellom gutter og jenter ved 12 år, men fra 13 år hadde guttene høyere tHb_{masse} relatert til kroppsvekt enn jenter, og ved 15 år hadde de også høyere tHb_{masse} i absoluttverdier og relatert til FFM ($p < 0,001$).

I gjennomsnitt økte BV med 375 ± 127 og 638 ± 183 $ml/år$ fra 12-15 år for henholdsvis jenter ($p < 0,001$) og gutter ($p < 0,001$). Blodvolum økte mer for gutter enn jenter fra 13-15 år ($p < 0,001$), men ikke fra 12-13 år (Figur 4.1.1. g). Det var ingen signifikant forskjell mellom jenter og gutter ved 12 og 13 år, men ved 15 år har guttene signifikant høyere absolutt BV sammenlignet med jenter ($p < 0,001$). Relatert til kroppsvekt økte BV med alder for guttene ($p < 0,001$), mens det var ingen signifikant endring for jentene (Figur 4.1.1. h). Ved 12 år var det en tendens til at guttene hadde høyere verdier enn jenter ($p = 0,015$), og fra 13 år hadde de signifikant høyere BV relatert til kroppsvekt ($p < 0,001$). Relatert til FFM økte BV for alle grupper unntatt jenter langrenn. Det var

ingen kjønnsforskjeller i økningen av BV relatert til fettfri masse, men en signifikant større økning for kontrollgruppen sammenlignet med langrennsgruppen ($p < 0,01$) (Figur 4.1.1. i).

For jenter var det ingen utvikling i [Hb] og Hct, mens det hos guttene var en signifikant økning med alder ($p < 0,001$). Det var ingen forskjell mellom gutter og jenter ved 12 og 13 år, men ved 15 år er det en tendens til at guttene har høyere [Hb] ($p = 0,013$). Jentene i kontrollgruppen hadde signifikant høyere [Hb] sammenlignet med jentene i langrennsgruppen ved alle målinger ($p < 0,01$) og høyere Hct ved 12 og 15 år ($p < 0,001$). Guttene i kontrollgruppen hadde høyere [Hb] enn guttene i langrennsgruppen ved 12 år ($p < 0,01$) og Hct ved 12 og 15 år ($p < 0,001$).



Figur 4.1.1: Utvikling for VO_{2maks} (a, b, c), tHb_{masse} (d, e, f) og BV (g, h, i) presentert som absoluttverdier (a, d, g), relativt til kroppsvekt (b, e, h) og relativt til fettfri masse (c, f, i).

Tabell 4.1.2: [Hb] og Hct for de ulike gruppene ved de ulike testtidspunktene. Tall er presentert som gjennomsnitt (standardavvik).

	2013				2014				2016			
	Langrenn		Skole		Langrenn		Skole		Langrenn		Skole	
	Jenter (n=12)	Gutter (n=33)	Jenter (n=10)	Gutter (n=13)	Jenter (n=12)	Gutter (n=33)	Jenter (n=10)	Gutter (n=13)	Jenter (n=12)	Gutter (n=33)	Jenter (n=10)	Gutter (n=13)
[Hb] (g/dl)	13,3 (0,4)	13,2 (0,7)	14,4 (0,9)*	14,0 (0,9)*	13,5 (0,6)	13,9 (0,7)	14,5 (10,0)*	14,2 (0,8)	13,2 (0,7)	14,0 (0,9)	14,1 (0,8)*	14,5 (0,6)
Hct (%)	39,0 (1,8)	38,5 (2,0)	43,5 (2,8)*	42,1 (2,2)*	39,5 (2,0)	40,5 (2,2)	42,2 (2,7)	41,8 (1,9)	39,1 (2,0)	41,1 (2,8)	44,6 (2,2)*	45,6 (1,8)*

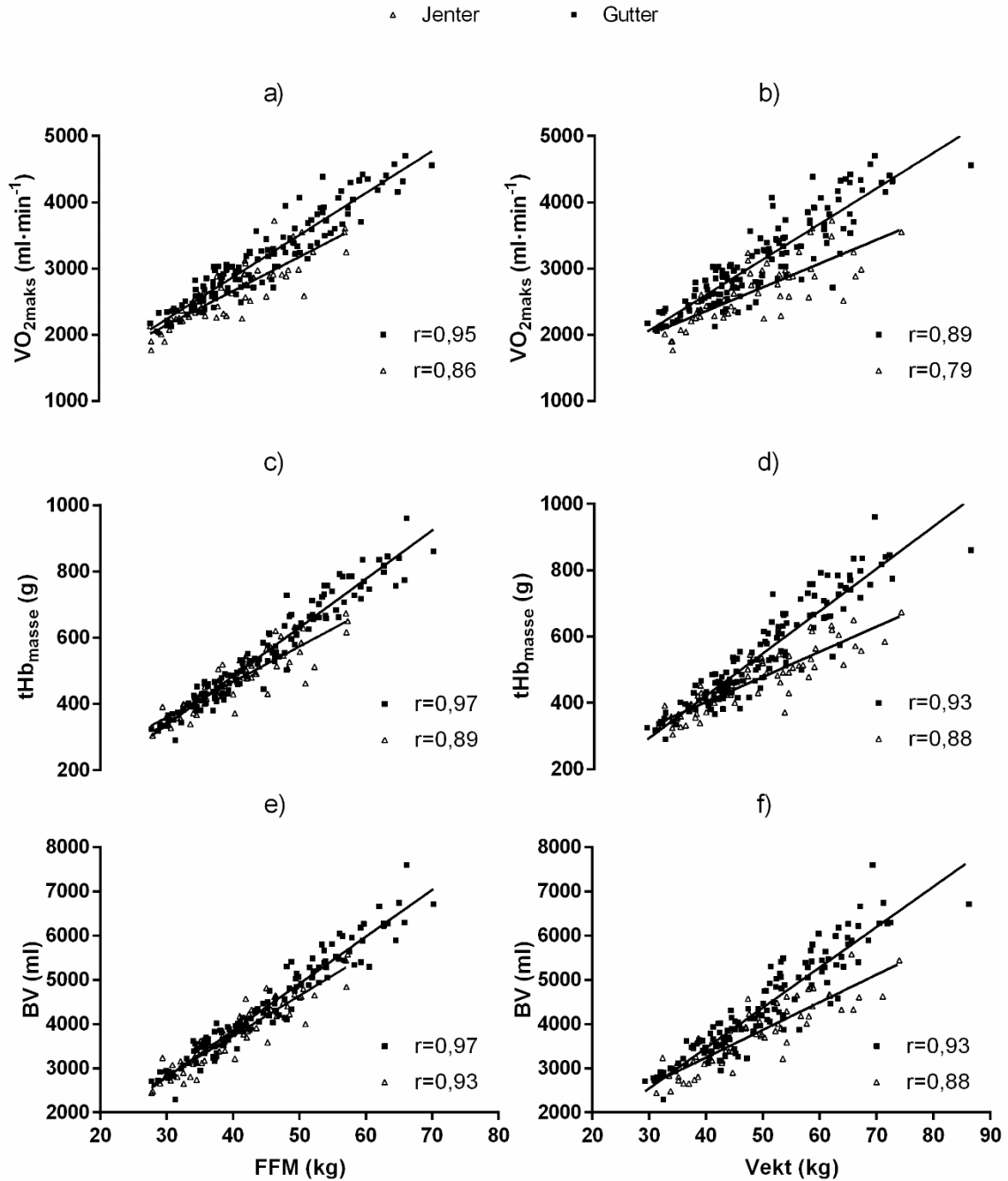
*Signifikant forskjellig fra samme kjønn langrenn ($p < 0,01$). [Hb] = hemoglobinkonsentrasjon; Hct = hematokrit

4.2 Sammenheng mellom VO_{2maks} , tHb_{masse} , BV og antropometri ved 12, 13 og 15 år

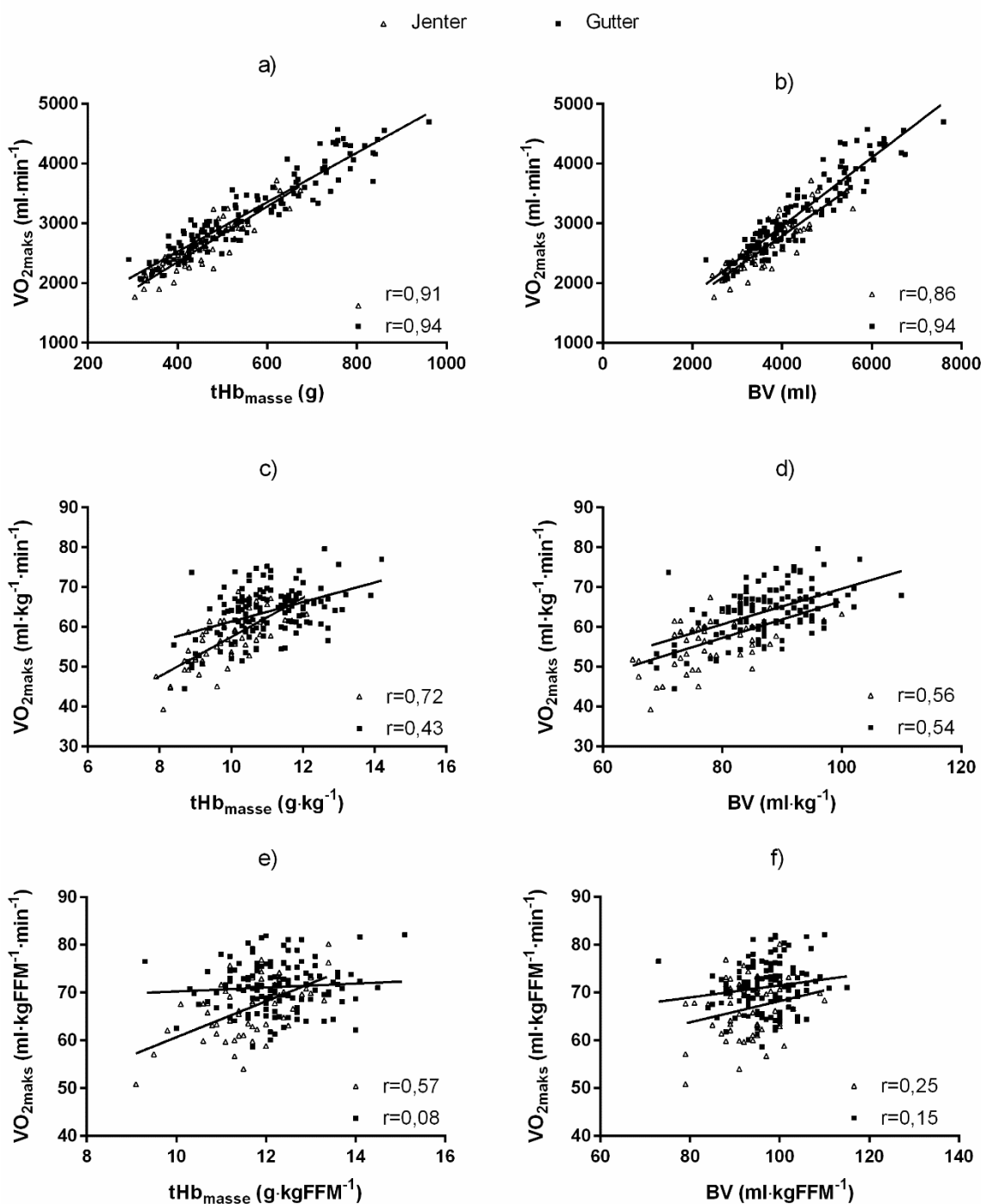
Det er en svært god til nesten perfekt korrelasjon ($p < 0,001$) mellom VO_{2maks} , BV , tHb_{masse} og de antropometriske variablene kroppsvekt og FFM for både gutter og jenter (Figur 4.2.1). For korrelasjon mellom tHb_{masse} og FFM, tHb_{masse} og kroppsvekt samt BV og kroppsvekt, er stigningskoeffisienten til linjene signifikant forskjellig mellom gutter og jenter ($p < 0,05$).

Det er en nesten perfekt korrelasjon mellom tHb_{masse} og VO_{2maks} presentert som absoluttverdier for både gutter og jenter ($p < 0,001$) (Figur 4.2.2. a). Relativt til kroppsvekt er det en svært god korrelasjon for jenter og en moderat korrelasjon for gutter ($p < 0,001$) (Figur 4.2.2. c). Relatert til FFM er det ingen korrelasjon for gutter, mens vi hos jenter ser en god korrelasjon ($p < 0,001$) (Figur 4.2.2 e). Stigningskoeffisienten var ulik for gutter og jenter relatert til kroppsvekt og FFM ($p < 0,01$).

Det er en svært god til nesten perfekt korrelasjon mellom BV og VO_{2maks} presentert som absoluttverdier for både gutter og jenter ($p < 0,001$) (Figur 4.2.2. b). Relativt til kroppsvekt er det en god korrelasjon for gutter og jenter ($p < 0,001$) (Figur 4.2.2. d). Relatert til FFM er det ingen signifikant korrelasjon mellom BV og VO_{2maks} (Figur 4.2.2. f). Det var ingen forskjeller i stigningskoeffisienten mellom gutter og jenter for BV og VO_{2maks} .



Figur 4.2.1: Korrelasjoner mellom kroppsvekt (b, d, f) og fettfri masse (a, c, e) og VO_{2maks} (a, b), tHb_{masse} (c, d) og BV (e, f). Figurene viser samlet data for 12,13 og 15 år. Det er beregnet separat lineær regresjon for jenter (◻) og gutter (◻).



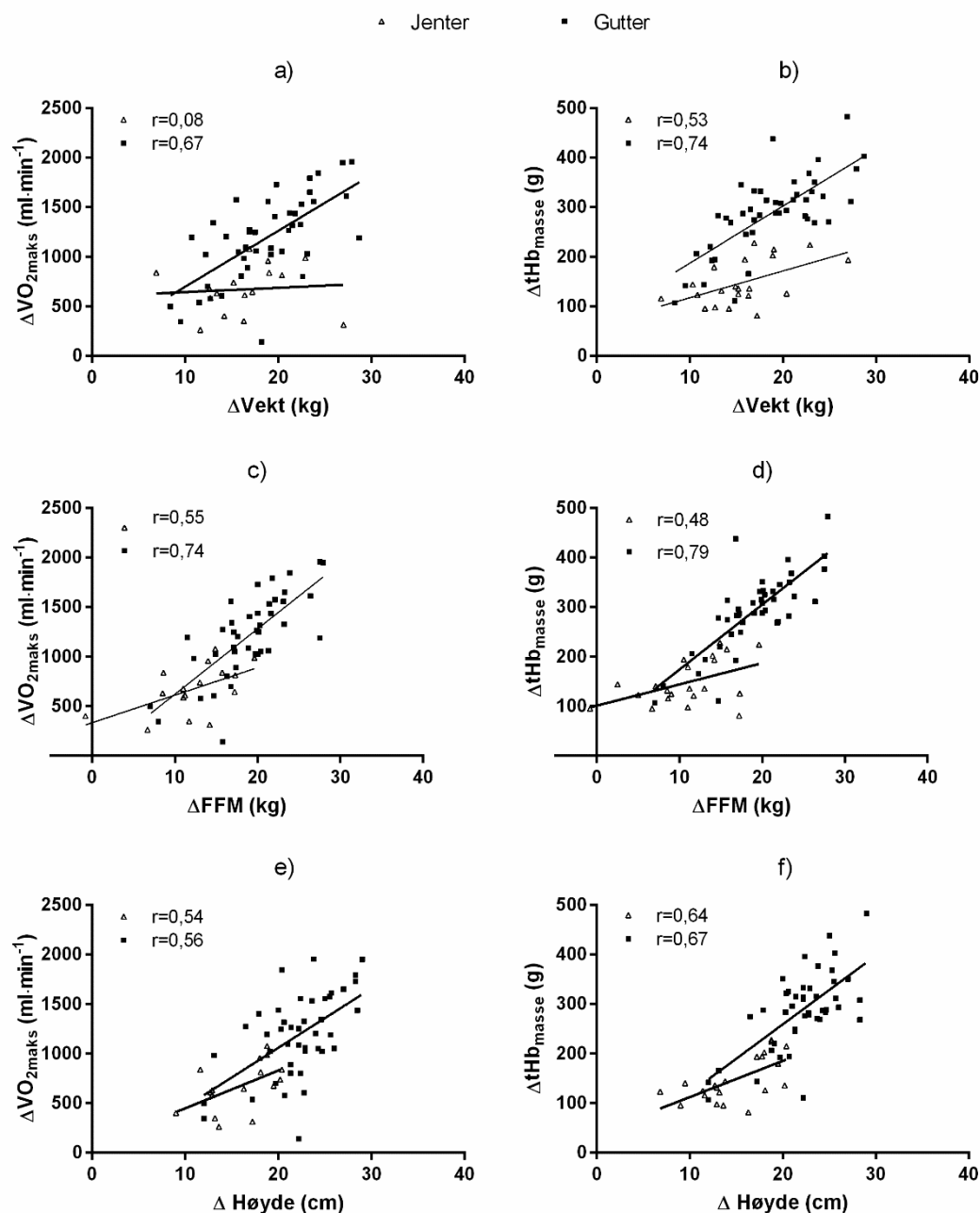
Figur 4.2.2: Sammenheng mellom VO_{2maks} og tHb_{masse} presentert som a) absoluttverdier, c) relativt til kroppsvekt og e) relativt til FFM, og mellom VO_{2maks} og BV presentert som b) absoluttverdier, d) relativt til kroppsvekt og f) relativt til FFM. Figurene viser separate regresjonslinjer for jenter (△) og gutter (■).

4.3 Sammenheng mellom endring i VO_{2maks} , tHb_{masse} , BV og antropometri fra 12 til 15 år

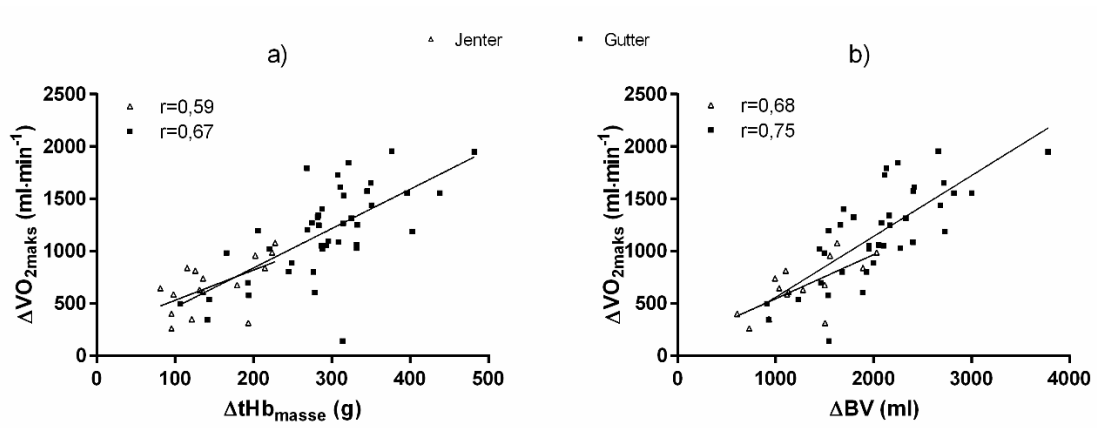
For gutter er det en god til svært god korrelasjon mellom endring i VO_{2maks} og vekt, FFM og høyde ($p < 0,001$) (Figur 4.3.1. a, c, e) Det samme gjelder for tHb_{masse} ($p < 0,001$) (Figur 4.3.1. b, d, f). For jenter er korrelasjonen moderat til god for alle variablene ($p < 0,05$) med unntak av VO_{2maks} og vekt (Figur 4.3.1). Stigningskoeffisienten til regresjonslinjene er forskjellig mellom gutter og jenter for FFM og vekt ($p < 0,05$), men ikke for høyde. Det var også en god til svært god korrelasjon mellom endring i BV og FFM ($r = 0,78$, $p < 0,001$), vekt ($r = 0,73$, $p < 0,001$) og høyde ($r = 0,68$, $p < 0,001$) for gutter, og god korrelasjon mellom endring i BV og FFM ($r = 0,60$, $p < 0,01$), vekt ($r = 0,53$, $p < 0,05$) og høyde ($r = 0,57$, $p < 0,05$) for jenter. Stigningskoeffisienten var ulik for gutter og jenter for FFM ($p < 0,05$), men ikke for vekt og høyde.

Det er en god til svært god korrelasjon mellom endring i absolutt VO_{2maks} og tHb_{masse} og BV ($p < 0,05$) for begge kjønn (Figur 4.3.2). Stigningskoeffisienten til regresjonslinjene er ikke forskjellig for gutter og jenter. Relativt til kroppsvekt er det også en god korrelasjon mellom endring i VO_{2maks} og BV for både jenter ($r = 0,67$, $p < 0,001$) og gutter ($r = 0,56$, $p < 0,001$), mens det for VO_{2maks} og tHb_{masse} var en god korrelasjon for jenter ($r = 0,67$, $p < 0,05$), men ingen signifikant korrelasjon for gutter ($r = 0,28$). For jenter var det også relatert til FFM en god korrelasjon mellom endringen i både BV ($r = 0,60$, $p < 0,05$) og tHb_{masse} ($r = 0,57$, $p < 0,05$) mot VO_{2maks} , mens det for gutter var en moderat korrelasjon mellom endring i VO_{2maks} og BV ($r = 0,43$, $p < 0,05$) og ingen korrelasjon mellom endring av VO_{2maks} og tHb_{masse} ($r = 0,15$, $p > 0,1$).

Korrelasjonen mellom endring i BV og tHb_{masse} var svært god til nesten perfekt for både gutter ($r = 0,91$, $p < 0,001$) og jenter ($r = 0,89$, $p < 0,001$). Det var ingen sammenheng mellom endring av VO_{2maks} og [Hb] eller tHb_{masse} og [Hb] verken som absolutte eller relative verdier.



Figur 4.3.1: Korrelasjon mellom endring i VO_{2maks} og a) vekt, c), FFM og e) høyde, og mellom endring i tHb_{masse} og b) vekt, d) FFM og f) høyde fra 12-15 år. Figurene viser separate regresjonslinjer for jenter (△) og gutter (■).



Figur 4.3.2: Korrelasjon mellom endring i VO_{2maks} og a) tHb_{masse} og b) BV . Figurene viser separate regresjonslinjer for jenter (Δ) og gutter (\blacksquare).

5. Diskusjon

Hovedfunnene i vår studie er at VO_{2maks} , tHb_{masse} og BV endres i takt med økningen i kroppsstørrelse fra 12-15 år for både gutter og jenter. Økningen i VO_{2maks} , tHb_{masse} og BV er tette knyttet til økningen i FFM, og det er en tettere sammenheng mellom endringen i antropometriske variabler og VO_{2maks} , tHb_{masse} og BV for gutter enn for jenter. Det er små kjønnsforskjeller ved 12 år, men ved 15 år har gutter høyere VO_{2maks} , tHb_{masse} og BV, større FFM, høyde og tendens til høyere [Hb]. Ved 12 år hadde langrensguttene 20 % høyere VO_{2maks} relativt til kroppsvikt sammenlignet med kontrollguttene (for jentene er dataene usikre fordi bare 5 jenter i kontrollgruppen testet VO_{2maks}). Ved 15 år er det ikke lenger forskjell mellom gruppene, og det er grunn til å tro at forskjellene ved 12 år skyldes ulikheter i modning.

5.1 Utvikling

5.1.1 Langrenns- og kontrollgruppen

Siden kontrollgruppen var et halvt år eldre ved første test (12 år), var kontrollguttene høyere og tyngre enn langrensguttene ved første måling (Tabell 4.1.1). Til tross for aldersforskjellen var det ingen forskjell i høyde og vekt mellom langrensjentene og kontrolljentene. Basert på utregning av alder ved PHV, ser det ut til at kontrollgruppen har en høyere biologisk alder sammenlignet med langrennsgruppen, og at denne forskjellen er størst mellom guttene. Ved andre test (13 år) hadde alle jentene opplevd PHV, mens det bare gjaldt 6 % av langrensguttene og 46 % av kontrollguttene. Ved siste test (15 år) hadde også alle kontrollguttene opplevd PHV, mens det fremdeles var 6 % av langrensguttene som ikke hadde. Det er naturlig å tenke seg at disse forskjellene i modning er med på å forklare ulikheter i utvikling mellom gruppene. Til tross for at det ved andre måling ikke lenger var forskjell i kronologisk alder, var kontrollguttene tyngre som følge av både høyere fettprosent og større FFM. Kontrollgruppen hadde ved alle målinger høyere fettprosent enn langrennsgruppen. Guo, Chumlea, Roche & Siervogel (1997) rapporterte at tidlig utviklede jenter og gutter hadde høyere fettprosent og FFM enn de som er sent utviklede. Vi ser en større økning i FFM hos langrennsgruppen enn hos kontrollgruppen fra 13 til 15 år. Det er naturlig å tenke seg at denne økning kommer som følge av at langrennsgruppen har tendens til lavere utgangsverdier som følge av lavere biologisk alder.

Ulik modning vil også kunne påvirke forskjeller mellom gruppene i VO_{2maks} . Det var ingen forskjell mellom langrennsgruppen og kontrollgruppen i absoluttverdier, men langrennsgruttene var lettere enn kontrollguttene ved de to første målingene og har da høyere VO_{2maks} relatert til kroppsvekt og FFM (Figur 4.1.1. a, b, c). Det har blitt stilt spørsmål ved å fjerne effekten av ulik kroppsstørrelse på VO_{2maks} ved å dele på kroppsvekt, og hevdet at dette fører til overestimering av VO_{2maks} hos individer med lav kroppsvekt, samt underestimering hos de med høy kroppsvekt (Armstrong & Welsman, 1994). Sent og tidlig utviklede gutter ser ut til å ha høyere relativ VO_{2maks} ved 11-12 år sammenlignet med gjennomsnittlig utviklede gutter, men ved 15 år ser det ut til at disse forskjellene er utjevnet (Malina et al., 1997). Samme observasjon ble gjort i vår studie der VO_{2maks} relatert til kroppsvekt økte for guttene i kontrollgruppen, viste en signifikant nedgang for langrennsgruppen mens det var ingen endring for jentene i kontrollgruppen. Dette kommer som en naturlig følge av at guttene og jentene i langrennsgruppen har en større vektøkning sammenlignet med kontrollgruppen, særlig fra 13-15 år. Denne økningen skyldes i stor grad økning i FFM, noe som fører til at vi også relatert til FFM ser en nedgang hos langrennsgruppen, men ingen signifikant endring hos kontrollgruppen.

Ulik biologisk alder vil også kunne være med på å forklare hematologiske forskjeller mellom gruppene. Ved første måling hadde kontrollgruppen høyere [Hb] sammenlignet med langrennsgruppen (Tabell 4.1.2). Påvirkning fra økt mengde testosteron har vært forklaringen på at gutter i løpet av puberteten får en større økning i [Hb] sammenlignet med jenter (Hero et al., 2005). Det er bare guttene i langrennsgruppen som har en signifikant økning i [Hb] fra 12 til 15 år, og ved 15 år er det ikke lenger forskjell mellom guttene i kontrollgruppen og langrennsgruppen. Jentene i kontrollgruppen har derimot ved alle målinger høyere [Hb] sammenlignet med langrennsjentene, og kontrollgruppen har ved alle målinger høyere Hct enn langrennsgruppen. Dette stemmer bra overens med en studie av Boyadjiev & Taralov (2000) som fant at trente gutter og jenter hadde lavere [Hb] og Hct sammenlignet med en kontrollgruppe. Selv om forsøkspersonene i vår studie ble rekruttert fra henholdsvis langrennsklubber og skoleklasser, kan ikke alle i langrennsgruppen klassifiseres som «trente» og alle i kontrollgruppen som «utrente». Det var likevel en større andel i langrennsgruppen som «satset» på utholdenhetsidrett og dermed hadde et større treningsvolum som kan tenkes å påvirke disse variablene. Studien til Boyadjiev & Taralov (2000) målte ikke tHb_{masse}

eller blodvolum, og kunne dermed ikke fastslå hva som var grunnen til lavere [Hb] og Hct hos de trente 14 åringene. I vår studie hadde guttene i kontrollgruppen høyere absolutt tHb_{masse} ved første måling, sammenlignet med langrennsguttene. Dette var en naturlig følge av deres høyere vekt, og som relative verdier var det ingen signifikant forskjell mellom noen av gruppene. Langrennsgruppen hadde derimot høyere relativ BV sammenlignet med kontrollgruppen ved alle målinger, noe som kan forklare forskjellene i [Hb] og Hct.

Forskjellene observert mellom kontrollgruppen og langrennsgruppen ser i stor grad ut til å være en effekt av at kontrollgruppen er noe tidligere utviklet enn langrennsgruppen, kanskje med unntak av forskjellene i blodvolum, som kan tenkes å være påvirket av utholdenhetstrening. Disse modningsforskjellene ser derimot ut til å være mest tydelig ved 12 år, og ved 15 år er de fleste forskjellene jevnet ut. Til tross for at enkelte av ungdommene i langrennsgruppen drev med systematisk utholdenhetstrening og la ned et betydelig antall treningstimer, ser vi samlet sett en nedgang i $VO_{2\text{maks}}$ både relatert til kroppsvekt og FFM for langrennsgruppen. Disse funnene kan være med å støtte Katch's *trigger hypotese*, som går ut på at trening før et kritisk «triggerpunkt» i barns utvikling gir minimal effekt på fysisk form (Katch, 1983). Denne hypotesen har lenge vært omstridt og kan per dags dato hverken bekreftes eller avkreftes siden litteraturen gir sprikende funn (Baquet et al., 2003). Fysisk vekst, modning og gener vil i stor grad påvirke barns maksimale oksygenopptak. Det vil være vanskelig å kontrollere for alle disse faktorene og gi et «riktig» svar på om trening vil påvirke barns fysiske form utover det som naturlig skjer gjennom vekst og modning. Flere tverrsnittstudier har funnet høyere verdier hos trente barn sammenlignet med utrente (Baltaci & Ergun, 1997; Nottin, Vinet, Stecken, N'Guyen, Ounissi, Lecoq & Obert, 2002). Dette kan tyde på at trening fungerer allerede hos prepubertale barn. Man kan derimot ikke utelukke at disse forskjellene skyldes seleksjon til idrett for barn som er genetisk predisponert.

Sundberg & Elovainio (1982) fant i sin tverrsnittstudie bare små forskjeller mellom utholdenhetstrente gutter og jevnaldrende kontroller ved 12 og 14 år, men at 16 år gamle utholdenhetstrente gutter hadde signifikant høyere $VO_{2\text{maks}}$ både i absolutt og relative verdier. I en longitudinell studie med aktive og inaktive gutter fra 7 til 17 år fant Mirwald et al. (1981) først betydelige forskjeller mellom gruppene etter vekstspurt for $VO_{2\text{maks}}$. Med bakgrunn i disse studiene ville man kunne forvente å se økte forskjeller

mellom kontrollgruppen og langrennsgruppen ved 15 år sammenlignet med ved 12 år, ikke at forskjellene skulle bli mindre som ble observert i vår studie. Dette kan skyldes at ikke alle ungdommene i vår langrennsgruppe var like aktive ved 15 år. Selv om noen i langrennsgruppen hadde stor treningsmengde og satset på langrenn eller andre utholdenhetsidretter, var det også noen i denne gruppen som ikke lenger holdt på med organisert idrett eller bare var med «for moro skyld». Det var også noen av ungdommene i kontrollgruppen som var svært aktive. Det at noen av guttene i langrennsgruppen ser ut til å være sent utviklet, kan også bidra til at de som 15-åringer enda ikke har nådd det som Katch (1983) betegner som «kritisk punkt», og dermed ikke opplever en like stor effekt av treningsmengden som de legger ned.

I takt med at forskjellene mellom langrenns- og kontrollgruppen minsker, blir forskjellene mellom gutter og jenter tydeligere. Resten av diskusjonen vil dermed fokusere mest på kjønnsforskjeller og bare ta for seg forskjell mellom langrenn og kontroll der det er relevant.

5.1.2 Maksimalt oksygenopptak

Mellom 12 og 15 år økte VO_{2maks} i gjennomsnitt 212 og 354 ml/min per år for henholdsvis jentene og guttene (Figur 4.1.1.a). Denne økningen stemmer bra overens med tidligere studier (Eisenmann et al., 2001; Hansen & Klausen, 2004; Kemper et al., 1989). Hos både guttene og jentene i vår studie øker absolutt VO_{2maks} signifikant til 15 år, men mens vi hos guttene så den største årlige økningen fra 13-15 år, viste jentene en lavere årlig økning mellom 13-15 år ($167 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$ per år) sammenlignet med fra 12-13 år ($226 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$ per år). Dette stemmer bra overens med tidligere studier som antyder lavere veksthastighet hos jenter etter 13-14 år (Geithner et al., 2004; Kemper et al., 1989; Malina et al., 1997). Guttene har allerede ved 12 år signifikant høyere verdier enn jenter, men fra 12 til 15 år øker kjønnsforskjellene fra 12 til 27 %. Dette stemmer bra overens med kjønnsforskjeller rapportert i litteraturen (Armstrong & Welsman, 1994; Rowland et al., 2000). Disse økte kjønnsforskjellene kan forklares ved at guttene øker mer i vekt, FFM, [Hb] og Hct som også fører til en større økning i tHb_{masse} og BV. Dette vil igjen vil påvirke maksimalt oksygenopptak gjennom større oksygenbærende kapasitet i blodet og påvirke SV positivt gjennom å øke venøs tilbakestrømning og hjertets fyllingstrykk (Schmidt & Prommer, 2010).

Når vi relaterer VO_{2maks} til kroppsvekt ser vi et litt annet bilde (Figur 4.1.1.b). Mellom 12 og 13 år var verdiene stabile for begge kjønn, men fra 13 til 15 år så vi i gjennomsnitt en nedgang fra $\sim 58 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ til $\sim 53 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ hos jenter, mens gutters verdier i gjennomsnitt lå stabilt på $\sim 64 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Denne trenden i utvikling gjennom tenårene stemmer bra overens med hva som tidligere har blitt observert (Kemper et al., 1989; Malina et al., 1997), og verdier rapportert hos utholdenhetstrent ungdom (Baxter-Jones et al., 1993; Daniels et al., 1978; Eisenmann et al., 2001; Kobayashi et al., 1978). Ved alle målinger hadde guttene signifikant høyere relativ VO_{2maks} sammenlignet med jenter, men fra 12 til 15 år økte kjønnsforskjellene fra 11 til 20 %. Dette stemmer bra overens med kjønnsforskjeller rapportert i litteraturen (Eisenmann et al., 2001; Rowland et al., 2000). Forskjellen mellom gutter og jenter har blant annet blitt tilskrevet jenters høyere andel fett, som blir særlig tydelig gjennom puberteten, men som i mindre grad også ser ut til å være gjeldende i barndommen (Dencker, Thorsson, Karlsson, Linden, Eiberg, Wollmer & Andersen, 2007; Rump, Verstappen, Gerver & Hornstra, 2002). Mellom 12 og 15 år økte jentenes fettprosent fra 15,9 til 20 %, mens vi hos gutter så en nedgang fra 12,5 til 9,3 %. Dette vil være med på å forklare de økende kjønnsforskjellene i relativ VO_{2maks} fra 12-15 år.

For å fjerne denne påvirkningen av økt andel fettmasse hos jenter, har det blitt foreslått av VO_{2maks} skal relateres FFM ($\text{ml}\cdot\text{kgFFM}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). Når vi relaterer VO_{2maks} til FFM ligger kjønnsforskjellene i vår studie stabilt på 5-7 % fra 12-15 år, noe som stemmer bra overens med hva som tidligere har blitt rapportert (Meen, 2000; Rowland et al., 2000). I gjennomsnitt hadde guttene en nedgang fra $73,0 \text{ ml}\cdot\text{kgFFM}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ved 12 år til $69,5 \text{ ml}\cdot\text{kgFFM}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ved 15 år, mens jentene i gjennomsnitt hadde en ikke-signifikant nedgang fra $68,0 \text{ ml}\cdot\text{kgFFM}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ til $64,9 \text{ ml}\cdot\text{kgFFM}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ fra 12-15 år (Figur 4.1.1.c). Våre verdier stemmer bra overens med hva som tidligere har blitt rapportert (Kemper et al., 1989).

Kjønnsforskjellene i VO_{2maks} relativt til kroppsvekt økte fra 12 til 15 år fra 11 til 20 %, mens vi ikke ser noen økt kjønnsforskjell med økende alder når VO_{2maks} relateres til FFM. Økt andel kroppsfett hos jenter forklarer kjønnsforskjellene når VO_{2maks} relateres til kroppsvekt, men ikke kjønnsforskjeller i VO_{2maks} relatert til FFM. Disse kjønnsforskjellene har hos voksne blitt tilskrevet gutters høyere [Hb], hjertestørrelse og -funksjon (Cureton, Bishop, Hutchinson, Newland, Vickery & Zwiren, 1986;

Hutchinson, Cureton, Outz & Wilson, 1991). Hos prepubertale barn er det ikke funnet noen forskjell i [Hb] (Vinet et al., 2003). I vår studie fant vi ingen forskjell i [Hb] eller Hct mellom gutter og jenter ved 12 og 13 år, men vi ser en økning i [Hb] og Hct hos guttene, mens jentenes verdier holdes stabile fra 12-15 år. Dette fører til at det ved 15 år er en tendens til at guttene har høyere [Hb]. Siden vi ikke ser noen kjønnsforskjeller i [Hb] og Hct ved 12 og 13 år, og kjønnsforskjellene i VO_{2maks} relatert til FFM holdes stabile, kan ikke disse forskjellene tilskrives ulikheter i [Hb] eller Hct. Rowland et al. (2000) antyder at større SV hos gutter sammenlignet med jenter kan bidra til denne forskjellen. De observerte 12,7 % større maksimalt SV hos 12 år gamle gutter, en forskjell som ble redusert til 5,2 % når det ble kontrollert for forskjeller i kroppsfett. De observerte ingen forskjell i a-v- O_2 -differanse eller HF_{maks} . I motsetning til Rowland et al. (2000) fant Winsley et al. (2009) i sin studie på prepubertale 10-åringer ingen forskjell i maksimalt SV, MV eller hjertestørrelse mellom kjønn, til tross for 14 % høyere VO_{2maks} hos gutter og jenter med samme FFM. De fant derimot en høyere a-v- O_2 -differansen hos gutter. Siden vi i denne oppgaven ikke har noen mål på hjertestørrelse, SV eller a-v- O_2 -differanse, og funnene i litteraturen er sprikende, er det vanskelig å konkludere med hva kjønnsforskjellen på 5-7 % i VO_{2maks} relatert til FFM skyldes.

5.1.3 Total hemoglobinmasse og blodvolum

I absoluttverdier økte både BV og tHb_{masse} for både gutter og jenter fra 12-15 år, men signifikant mer for guttene (Figur 4.1.1.d, g). En økning i tHb_{masse} og BV som følge av økt vekst er forventet, da det er rapportert en nær sammenheng mellom BV, tHb_{masse} og vekt (Malina et al., 2004b; Sawka et al., 1992), og kroppsvekten har økt for både gutter og jenter (Tabell 4.1.1). Dette stemmer også bra overens med funnene til Eastwood et al. (2009) og von Döbeln & Eriksson (1972) som begge ser en økning i absolutt tHb_{masse} over henholdsvis 12 og 4 måneder hos gutter og jenter mellom 11 og 15 år, samt tverrsnittsdata fra Åstrand (1952) som indikerer at absolutt tHb_{masse} og BV øker med økende alder frem til 20 år for begge kjønn. Relatert til kroppsvekt ser vi en økning hos guttene, men ikke for jentene (Figur 4.1.1.e.h). Eastwood et al. (2009) observerte ingen endring i tHb_{masse} relatert til kroppsvekt gjennom 12 måneder. I denne studien ble det sammenlignet en gruppe med unge syklister mot kontroller, men ikke presentert separate verdier for jenter og gutter. Det er derfor vanskelig å sammenligne resultatene,

siden det ut fra våre resultater ser ut til at jenter og gutter har ulik utvikling av tHb_{masse} relatert til kroppsvekt.

Våre gjennomsnittverdier for relativ BV og tHb_{masse} er betydelig høyere enn verdiene rapportert av Åstrand (1952) og Raes et al. (2006). Den relative tHb_{masse} funnet i vår studie stemmer derimot bra overens med verdiene rapportert av Eastwood et al. (2009), Ulrich et al. (2011) og Koch & Rucker (1977). Alle de tre sistnevnte studiene har inkludert ungdommer rekruttert fra idrettsklubber i likhet med vår studie. Om de høyere verdiene observert i disse studiene i likhet med vår, sammenlignet med verdiene til Åstrand (1952) og Raes et al. (2006), kommer som følge av metodiske ulikheter, trening eller som følge av genetisk predisposisjon og selektering til idrett, er det derimot ikke grunnlag for å si noe om.

Både som absoluttverdier og relativt til kroppsvekt har guttene ved 12 år ~7 % høyere BV og ~5 % høyere tHb_{masse} enn jenter, men disse forskjellene er ikke signifikante. Med en høyere økning i BV og tHb_{masse} hos gutter sammenlignet med jenter, øker disse forskjellene til 25 % og 30 % for henholdsvis absolutt BV og tHb_{masse} ved 15 år. Relativt til kroppsvekt er denne forskjellen litt mindre, men guttene har fremdeles 18 % høyere BV og 23 % høyere tHb_{masse} enn jentene. Disse verdiene stemmer bra overens med tidligere rapporterte verdier (Ulrich et al., 2011; Åstrand, 1952).

Relatert til FFM blir kjønnsforskjellene i BV redusert til en ikke-signifikant ~ 4 % for alle aldre. Det var heller ingen forskjell i utvikling mellom gutter og jenter; begge kjønn økte BV relatert til FFM fra 13-15 år, men det var ingen endring fra 12-13 år (Figur 4.1.1.i). Dette tyder på at kjønnsforskjellene i BV i stor grad tilskrives ulikheter i kroppssammensetning mellom gutter og jenter, med økt andel fettmasse hos jenter som hovedgrunn til de økte kjønnsforskjellene.

Når vi relaterer tHb_{masse} til FFM blir også kjønnsforskjellene betydelig mindre, men øker fra 2-9 % fra 12-15 år, noe som gjør at det ved 15 år er en signifikant kjønnsforskjell. Dette kommer som en følge av at tHb_{masse} relatert til FFM holdes stabilt for jenter fra 12-15 år, mens vi hos gutter ser en økning (Figur 4.1.1.f). Ulrich et al. (2011) undersøkte endringer i tHb_{masse} for trente og utrente gutter og jenter fra 15-17 år. Relatert til FFM fant de ingen endring i tHb_{masse} for noen av gruppene, men

kjønnsforskjellene i tHb_{masse} relatert til FFM var $\sim 10\%$. Disse verdiene stemmer bra overens med våre verdier ved 15 år. Siden forsøkspersonene i studien til Ulrich et al. (2011) er eldre enn våre, kan det tenkes at tHb_{masse} relatert til FFM øker gjennom puberteten og stabiliserer seg rundt 15 år. Økningen i tHb_{masse} relatert til FFM i vår studie sammenfaller med en økning i [Hb] og Hct for gutter, mens det i studien til Ulrich et al. (2011) ikke var noen endring i [Hb] eller Hct. Det er naturlig å tenke seg at denne økningen i [Hb] og Hct for gutter kommer som følge av økt konsentrasjon av testosteron (Hero et al., 2005), og at økningen i [Hb] forklarer gutters høyere tHb_{masse} per kg FFM sammenlignet med jenter

5.2 Sammenheng mellom $VO_{2\text{maks}}$, tHb_{masse} , BV og antropometri ved 12, 13 og 15 år

Det var en svært god til nærmest perfekt korrelasjon for både $VO_{2\text{maks}}$, BV og tHb_{masse} mot de antropometriske variablene kroppsvekt og FFM (Figur 4.2.1). For både $VO_{2\text{maks}}$, BV og tHb_{masse} var korrelasjonen høyere med FFM enn kroppsvekt. Dette stemmer bra overens med tidligere forskning på barn så vel som voksne menn og kvinner (Buskirk & Taylor, 1957; Dencker et al., 2007; Sawka et al., 1992; Schumacher, Ahlgrim & Pottgiesser, 2008; Shao et al., 1997; Steiner & Wehrin, 2011). Det er ikke overraskende å finne en høyere korrelasjon mellom $VO_{2\text{maks}}$ og FFM, enn mellom $VO_{2\text{maks}}$ og kroppsvekt. Ved å relatere $VO_{2\text{maks}}$ til FFM fjerner man påvirkningen av fettmasse som har svært lav metabolsk aktivitet under arbeid og dermed i liten grad vil innvirke på størrelsen av det maksimale oksygenopptaket. Raes et al. (2006) fant i likhet med oss en høy korrelasjon mellom BV og både kroppsvekt og FFM hos barn på $9 \pm 4,6$ år. Stigningskoeffisienten indikerte en økning på ~ 89 ml blod per kg økning i FFM. Dette er litt lavere enn våre beregninger, som indikerer en økning på ~ 106 ml per kg økning i FFM for gutter og ~ 91 ml per kg økning i FFM for jenter. Disse forskjellene kan komme som følge av metodiske ulikheter i beregning av BV og FFM, eller at barna i vår studie i gjennomsnitt var eldre og hadde mindre variasjon i alder. Forsøkspersonene i studien til Raes et al. (2006) var barn med steroidefølsom nefrotisk syndrom hvor målingene ble utført under stabil remisjon. Selv om forsøkspersonene hadde normale antropometriske verdier og vært i remisjon i minst 6 måneder og uten terapi for minst 3 måneder, kan det ikke utelukkes at verdiene kan avvike noe fra «normale» barn.

Korrelasjonen mellom VO_{2maks} og BV ser ut til å være tilnærmet lik for gutter og jenter med svært god til nesten perfekt i absoluttverdier, god når variablene relateres til kroppsvekt og ingen signifikant korrelasjon relatert til FFM (Figur 4.2.2. b, d, f). For gutter ser korrelasjonene ut til å følge samme mønster også for VO_{2maks} og tHb_{masse} (Figur 4.2.2. a, c, e). Dette stemmer bra overens med det som tidligere er rapportert for absoluttverdier (Schmidt & Prommer, 2010; Åstrand, 1952) og kommer som en naturlig følge av at både tHb_{masse} , BV og VO_{2maks} er sterkt knyttet til de antropometriske variablene kroppsvekt og FFM. Tidligere studier har rapportert et bredt spekter av korrelasjoner mellom VO_{2maks} , tHb_{masse} og BV i relative verdier, der noen finner svært god korrelasjon (Convertino, 1991; Eastwood et al., 2009; Gore et al., 1997; Schmidt & Prommer, 2008, 2010; Yoshida et al., 1997), mens andre i likhet med oss har funnet en moderat til god korrelasjon relatert til kroppsvekt (Gore et al., 1997; Sawka et al., 1992) og ingen korrelasjon relatert til FFM (Ahlgrim et al., 2009; Sawka et al., 1992).

Siden korrelasjonen for tHb_{masse} , BV og VO_{2maks} mot FFM er nesten perfekt for gutter, og at sammenhengen mellom BV og tHb_{masse} mot VO_{2maks} forsvinner når man relaterer til FFM, tyder dette på at det er FFM som i stor grad er bestemmende for størrelsen på BV, tHb_{masse} og VO_{2maks} . Det samme gjelder for sammenhengen mellom BV og VO_{2maks} for jenter. Dette stemmer bra overens med resultatene til Ahlgrim et al. (2009) og Sawka et al. (1992) som hos unge menn, i likhet med oss, ikke finner noen sammenheng mellom BV og VO_{2maks} relatert til FFM. Derimot fant Yoshida et al. (1997) en korrelasjon mellom BV og VO_{2maks} relatert til FFM på $r=0,77$ hos mannlige collage-studenter, noe som strider mot våre funn. Sprynarova et al. (1987) fant den høyeste sammenhengen mellom VO_{2maks} og antropometriske variabler mellom 14-15 år, og at sammenhengen ved 18 år var betydelig lavere. De konkluderer med at sammenhengen mellom antropometriske variabler og maksimal funksjon er mye tydeligere gjennom puberteten enn i andre perioder. Det kan derfor tyde på at størrelsen på tHb_{masse} , BV og VO_{2maks} er sterkt knyttet til FFM i barndommen og gjennom puberteten, men at denne sammenhengen ikke er like tydelig i voksen alder.

Fettfri masse ser i stor grad ut til å styre utviklingen av både tHb_{masse} , BV og VO_{2maks} hos gutter, og også BV for jenter. Det ser derimot ikke ut til å være en like nær sammenheng mellom tHb_{masse} og FFM for jenter. I absoluttverdier fant vi også for jenter en nærmest perfekt korrelasjon mellom tHb_{masse} og VO_{2maks} , men mens denne

korrelasjonen ble betydelig lavere og forsvant relatert til FFM hos gutter, ser vi for jenter fremdeles en god korrelasjon relatert til kroppsvekt og FFM. Dette tyder på at størrelsen på VO_{2maks} og tHb_{masse} også blir påvirket av andre faktorer enn andelen FFM hos jenter. Denne problemstillingen er i liten grad belyst i eksisterende litteratur da det finnes få studier på utvikling av tHb_{masse} hos barn, få studier på sammenhengen mellom tHb_{masse} og VO_{2maks} som relaterer til FFM og få studier som inkluderer eller presenterer separate verdier for jenter/kvinner. Med bakgrunn i våre resultater ser det ut til at utviklingen av særlig tHb_{masse} blir påvirket av ulike faktorer hos gutter og jenter, men det trengs mer forskning for å underbygge eller motbevise om dette faktisk er tilfelle.

5.3 Sammenheng mellom endring i VO_{2maks} , tHb_{masse} , BV og antropometri fra 12 til 15 år

For begge kjønn var det en god sammenheng mellom endring av både tHb_{masse} , BV og VO_{2maks} mot høyde, og stigningskoeffisienten til regresjonslinjen indikerer at en 1 cm økning i høyde fører til $\sim 11,7g$ økning i tHb_{masse} , ~ 87 ml økning i BV og ~ 55 $ml \cdot min^{-1}$ økning i VO_{2maks} uavhengig av kjønn (Figur 4.3.1.e, f). For gutter var det en svært god sammenheng mellom endring av både tHb_{masse} og VO_{2maks} mot FFM (Figur 4.3.1 c, d), tHb_{masse} og vekt (Figur 4.3.1.b), og god sammenheng mellom endringen i VO_{2maks} og vekt (Figur 4.3.1 a). For jenter var det en god sammenheng mellom endring i tHb_{masse} og vekt og VO_{2maks} og FFM (Figur 4.3.1. b, c), moderat sammenheng for endring i tHb_{masse} og FFM (Figur 4.3.1. d), og ingen sammenheng mellom endring i VO_{2maks} og vekt (Figur 4.3.1. a). Sprynarova et al. (1987) fant i sin studie i likhet med oss en god sammenheng mellom endring i VO_{2maks} , kroppsvekt, FFM og høyde hos gutter fra 11 til 18 år. At sammenhengen i endring mellom vekt og VO_{2maks} er nærmest null for jenter, kan skyldes at jentenes vektøkning i denne perioden (12-15 år) kommer som følge av både økt fettmasse og FFM, mens gutters vektøkning i hovedsak skyldes en økning i fettfri masse. En økning i FFM vil kunne påvirke VO_{2maks} positivt, mens en økning i fettmasse ikke vil bidra til økning i VO_{2maks} .

Det ser ut til at endringen i tHb_{masse} , BV og VO_{2maks} følger endringen i høyde, og at denne sammenhengen er uavhengig av kjønn. For gutter ser endringen i FFM ut til å være den antropometriske variabelen som korrelerer best med endringen i VO_{2maks} , tHb_{masse} og BV, mens denne nære sammenhengen ikke er like klar for jenter. For gutter er også sammenhengen mellom endringen i vekt og endringen av tHb_{masse} , BV og

VO_{2maks} god, selv om den er litt lavere enn sammenhengen mot FFM. Dette skyldes at guttene i vår studie hadde forholdsvis lav fettprosent (12,5 % ved 12 år og 9,3 % ved 15 år) med en nedgang fra 12-15 år, noe som gjør at det ikke var så stor forskjell på endring i vekt og FFM for guttene. Denne sammenhengen ville muligens vært annerledes hos gutter med mer fettmasse.

Den dårlige korrelasjonen mellom endring i vekt og endring i VO_{2maks} for jenter, kan delvis forklares med økt andel fettmasse. Hvorfor vi finner en lavere korrelasjon mellom endring av FFM og både tHb_{masse} , BV og VO_{2maks} hos jenter, sammenlignet med gutter, kan derimot ikke forklares av ulikheter i kroppssammensetning.

Det kan tenkes at hormonelle forskjeller mellom gutter og jenter i puberteten kan være en del av forklaringen. Økning i testosteron vil både føre til økt produksjon av røde blodceller (Shahani et al., 2009) og stimulere til vekst av skjelett- (Veldhuis et al., 2005) og hjertemuskulatur (Janz et al., 2000). Dermed vil økningen i testosteron påvirke både FFM (økt andel muskulatur), tHb_{masse} og BV (økt produksjon av røde blodceller) og VO_{2maks} både som følge av økt hjertestørrelse og de nevnte økningene i muskelmasse, tHb_{masse} og BV. Gjennom puberteten øker mengden testosteron betydelig mer hos gutter enn hos jenter, noe som er med på å forklare de økte kjønnsforskjellene vi observerer gjennom ungdomsårene (Hero et al., 2005). Selv om mengden testosteron også øker noe hos jenter, er denne økningen lavere. Høyere konsentrasjon av testosteron hos gutter enn hos jenter vil forklare de økte kjønnsforskjellene, men vil ikke alene kunne forklare hvorfor sammenhengen mellom endring i FFM og endring i tHb_{masse} , BV og VO_{2maks} ser ut til å være dårligere for jenter enn gutter. I puberteten øker mengden østrogen hos jenter, noe som har blitt vist å kunne hemme økningen i røde blodceller (Murphy, 2014). Det har også blitt observert at testosteron virker ulikt inn på endring av kroppssammensetning og erytropoese hos mannlige og kvinnelige rotter (Nathan & Gardner, 1965). Hos gutter viser stigningskoeffisienten til regresjonslinjen at en økning på 1 kg FFM er assosiert med 90 ml økning i BV, 13 g økning i tHb_{masse} og $66 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$ økning i VO_{2maks} , mens den samme økning i FFM hos jenter er assosiert med 43 ml økning i BV, 4 g økning i tHb_{masse} og $28 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$ økning i VO_{2maks} . Det kan dermed spekuleres i om økt konsentrasjon av østrogen hos jentene hemmer produksjonen av røde blodceller og at de dermed får en mindre økning i tHb_{masse} , BV og VO_{2maks} per kg økning i FFM.

Det kan også tenkes at disse forskjellene mellom jenter og gutter skyldes ulik modning. Hos guttene følger endringen av både VO_{2maks} , tHb_{masse} og BV endringen i antropometriske variabler, mens denne sammenhengen er mindre konsis hos jenter. Det kan tyde på at disse sammenhengene er ganske entydige gjennom barndommen, men at betydningen av for eksempel hormoner blir mer tydelige i voksen alder og vil virke inn på disse sammenhengene. Steiner & Wehrlin (2011) fant blant annet ikke noen forskjell i tHb_{masse} mellom 16 år gamle utholdenhetsutøvere og kontrollpersoner i samme alder, mens de observerte signifikante forskjeller mellom utholdenhetsutøvere og kontroller ved 21 og 28 år. Det kan dermed tenkes at før og gjennom puberteten er det først og fremst økning i FFM som styrer økningen av tHb_{masse} , mens eventuell påvirkning av trening etter puberteten kan være med på å øke tHb_{masse} relativt til FFM. År fra PHV er med på å indikere at jentene i vår studie har kommet lenger i pubertetsutviklingen sammenlignet med guttene. Det kan dermed tenkes at jentenes verdier i større grad kan være påvirket av trening, mens guttenes verdier først og fremst er styrt av naturlig vekst og utvikling.

For begge kjønn er det en god til svært god sammenheng mellom endring av både BV og tHb_{masse} mot VO_{2maks} (Figur 4.3.2). Stigningskoeffisienten til regresjonslinjene indikerer at en økning på 1 g tHb_{masse} er assosiert med $3,6 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$ økning i VO_{2maks} og $0,6 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$ økning i VO_{2maks} per ml økning i BV. Det er så vidt meg bekjent to studier som tidligere har sett på sammenhengen mellom utvikling av tHb_{masse} og VO_{2maks} hos prepubertal og pubertal ungdom (Eastwood et al., 2009; von Döbeln & Eriksson, 1972). I sin studie fant von Döbeln & Eriksson (1972) ~ 9 % økning i tHb_{masse} og 17 % økning i VO_{2maks} etter 4 måneder med trening hos 11-12 år gamle gutter. De beregnet at økningen i tHb_{masse} ikke var større enn hva man kunne forvente som følge av vekst, men en 12-14 % større økning enn forventet i VO_{2maks} og konkluderte med at denne økningen skyldtes trening. Siden studien ikke inkluderte en kontrollgruppe ble endringer som følge av vekst beregnet ut fra endringer i høyde (cm^2 og cm^3). Beregnet ut fra verdier presentert i Tabell 1. i resultatkapittelet førte en endring i 1 g tHb_{masse} i gjennomsnitt til en endring i VO_{2maks} på ~ $3 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$. Selv om det var store individuelle variasjoner, er dette den samme gjennomsnittlige endringen som vi observerte i vår studie, og som har blitt observert etter en treningsperiode hos aktive voksne menn (Schmidt & Prommer, 2008).

Eastwood et al. (2009) fant ingen sammenheng mellom prosentvis endring i relativ VO_{2maks} og relativ tHb_{masse} over 12 måneder. Til tross for en 11 % økning i relativ VO_{2maks} i løpet av et år med trening, fant de ingen korresponderende endring i relativ tHb_{masse} . Dette stemmer bra overens med hva vi observerte for guttene i vår studie, der det ikke var noen sammenheng mellom økning i VO_{2maks} og tHb_{masse} relatert til kroppsvekt eller FFM. Hos jenter fant vi derimot en god korrelasjon mellom endring i VO_{2maks} og tHb_{masse} også som relative verdier og relatert til FFM. Dette er samme trend som vi observerte for sammenheng mellom VO_{2maks} og tHb_{masse} relatert til FFM målt for hvert enkelt år i perioden. Dette, sammen med kjønnsforskjellene i korrelasjon mellom endring i VO_{2maks} og vekt, er igjen med på å underbygge at gutters utvikling av VO_{2maks} og tHb_{masse} er nært knyttet til endringer i kroppsstørrelse, mens det hos jenter ser ut til å være andre faktorer som spiller inn. Eastwood et al. (2009) rapporterer ikke sammenheng i utvikling av VO_{2maks} og tHb_{masse} i absoluttverdier, har ikke målt FFM og skiller heller ikke mellom utviklingen hos gutter og jenter. Dette gjør det vanskelig å sammenligne deres funn med våre, selv om det er gjort mange av de samme målingene på samme aldersgruppe.

Vi observerte samme trend i sammenhengen mellom endring i tHb_{masse} og endring i VO_{2maks} fra 12 til 15 år, som vi observerte for sammenhengen mellom faktorene for hvert enkelt årstrinn. Dette tyder på at for gutter blir størrelsen på og endringer i tHb_{masse} og VO_{2maks} i stor grad styrt av størrelsen og endringer i FFM. For begge kjønn fant vi en sterk sammenheng mellom endring i VO_{2maks} og BV relatert til kroppsvekt. I motsetning til hva vi observerte relatert til FFM for hvert enkelt årstrinn, fant vi relatert til FFM fortsatt en god korrelasjon mellom endring i VO_{2maks} og endring i BV for jenter, og en moderat korrelasjon for gutter. Siden korrelasjonen mellom endring i VO_{2maks} og endring i BV fremdeles er god selv relatert til FFM, kan dette tyde på at endringen i VO_{2maks} og BV blir påvirket av andre ting enn endring av FFM. Steiner & Wehrin (2011) rapporterte at 16 år gamle utholdenhetsutøvere hadde signifikant høyere PV sammenlignet med jevnaldrende kontroller. De observerte ingen forskjeller i tHb_{masse} mellom disse gruppene, men fant en forskjell i tHb_{masse} mellom utholdenhetsutøvere og kontroller ved 21 og 28 år. Med deres og våre funn kan det dermed spekuleres i om en økning i PV, og dermed BV, kan skje som følge av trening før og under puberteten, men at økning i tHb_{masse} utover det som kommer av naturlig vekst, er mer avhengig av hormonelle påvirkninger og dermed ikke blir påvirket før etter puberteten.

6. Konklusjon

Hensikten med denne studien var å se hvordan VO_{2maks} , tHb_{masse} og BV utvikles hos jenter og gutter fra 12-15 år. Endringen i disse variablene ser ut til å være nært knyttet til endring i antropometriske variabler som høyde, vekt og FFM. Sammenhengen mot høyde ser ut til å være lik for både gutter og jenter, men mens endringene i VO_{2maks} , tHb_{masse} og BV hos gutter i stor grad ser ut til å være bestemt av endringer i FFM, var sammenhengen mer uklar for jenter. Det kan spekuleres i om dette skyldes hormonelle forskjeller, forsterket av at jentene hadde kommet lenger i pubertetsutviklingen enn guttene. Siden denne studien var den første til å belyse dette, trengs det flere studier for å kunne utdype dette ytterligere.

Ved 12 år hadde guttene høyere VO_{2maks} både som absoluttverdier og relatert til kroppsvekt og FFM enn jentene. Fra 12-13 år øker guttene mer i Hct enn jentene, mens det ikke var noen forskjell i utvikling mellom gutter og jenter i de andre målte parameterne. Fra 13-15 år hadde guttene en større økning i FFM, høyde, [Hb], tHb_{masse} i absoluttverdier, relatert til kroppsvekt og FFM, absolutt og relativ VO_{2maks} og BV sammenlignet med jentene, i tillegg til at guttene hadde en nedgang i fettprosent mens vi hos jenter så en økning. Dette førte til at vi ved 15 år så tydelige kjønnsforskjeller i VO_{2maks} , BV og tHb_{masse} . Disse forskjellene kan til dels tilskrives ulikheter i kroppssammensetning og [Hb], men dette kan ikke fullstendig forklare kjønnsforskjellene.

Referanser

- Aaeng, A. (2014). *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 ved Norges Idrettshøgskole, Oslo.
- Ahlgrim, C., Pottgiesser, T., Kron, J., Duerr, H., Baumstark, M. & Schumacher, Y. O. (2009). Relations between haemoglobin mass, cardiac dimensions and aerobic capacity in endurance trained cyclists. *J Sports Med Phys Fitness*, 49(4), 364-371.
- American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. (1998). *Med Sci Sports Exerc*, 30(6), 975-991.
- Armstrong, N. & Barker, A. R. (2011). Endurance training and elite young athletes. *Med Sport Sci*, 56, 59-83. doi:10.1159/000320633
- Armstrong, N., Kirby, B. J., McManus, A. M. & Welsman, J. R. (1995). Aerobic fitness of prepubescent children. *Ann Hum Biol*, 22(5), 427-441.
- Armstrong, N., Tomkinson, G. & Ekelund, U. (2011). Aerobic fitness and its relationship to sport, exercise training and habitual physical activity during youth. *Br J Sports Med*, 45(11), 849-858. doi:10.1136/bjsports-2011-090200
- Armstrong, N. & Van Mechelen, W. (2000). *Paediatric exercise science and medicine*. Oxford ; New York: Oxford University Press.
- Armstrong, N. & Welsman, J. (1997). *Young people and physical activity*. Oxford ; New York: Oxford University Press.

- Armstrong, N., Welsman, J. & Winsley, R. (1996). Is peak VO₂ a maximal index of children's aerobic fitness? *Int J Sports Med*, 17(5), 356-359. doi:10.1055/s-2007-972860
- Armstrong, N. & Welsman, J. R. (1994). Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. *Exerc Sport Sci Rev*, 22, 435-476.
- 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.
- Bassett, D. R., Jr. & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*, 32(1), 70-84.
- Baxter-Jones, A., Goldstein, H. & Helms, P. (1993). The development of aerobic power in young athletes. *J Appl Physiol* (1985), 75(3), 1160-1167.
- Boyadjiev, N. & Taralov, Z. (2000). Red blood cell variables in highly trained pubescent athletes: a comparative analysis. *Br J Sports Med*, 34(3), 200-204.
- 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* (1985), 79(2), 623-631.
- Buskirk, E. & Taylor, H. L. (1957). Maximal oxygen intake and its relation to body composition, with special reference to chronic physical activity and obesity. *J Appl Physiol*, 11(1), 72-78.

- Convertino, V. A. (1991). Blood volume: its adaptation to endurance training. *Med Sci Sports Exerc*, 23(12), 1338-1348.
- Costill, D. L., Thomason, H. & Roberts, E. (1973). Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Med Sci Sports*, 5(4), 248-252.
- Cunningham, D. A., Paterson, D. H., Blimkie, C. J. & Donner, A. P. (1984). Development of cardiorespiratory function in circumpubertal boys: a longitudinal study. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 56(2), 302-307.
- Cureton, K., Bishop, P., Hutchinson, P., Newland, H., Vickery, S. & Zwiren, L. (1986). Sex difference in maximal oxygen uptake. Effect of equating haemoglobin concentration. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 54(6), 656-660.
- Cureton, K. J., Sloniger, M. A., Black, D. M., McCormack, W. P. & Rowe, D. A. (1997). Metabolic determinants of the age-related improvement in one-mile run/walk performance in youth. *Med Sci Sports Exerc*, 29(2), 259-267.
- Daniels, J. & Oldridge, N. (1971). Changes in oxygen consumption of young boys during growth and running training. *Med Sci Sports*, 3(4), 161-165.
- Daniels, J., Oldridge, N., Nagle, F. & White, B. (1978). Differences and changes in VO₂ among young runners 10 to 18 years of age. *Med Sci Sports*, 10(3), 200-203.
- Dencker, M., Thorsson, O., Karlsson, M. K., Linden, C., Eiberg, S., Wollmer, P. & Andersen, L. B. (2007). Gender differences and determinants of aerobic fitness in children aged 8-11 years. *Eur J Appl Physiol*, 99(1), 19-26.
doi:10.1007/s00421-006-0310-x

- 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. doi:10.1007/s00421-008-0953-x
- Eisenmann, J. C., Pivarnik, J. M. & Malina, R. M. (2001). Scaling peak VO₂ to body mass in young male and female distance runners. *J Appl Physiol (1985)*, 90(6), 2172-2180.
- Fay, L., Londeree, B. R., LaFontaine, T. P. & Volek, M. R. (1989). Physiological parameters related to distance running performance in female athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 21(3), 319-324.
- Geithner, C. A., Thomis, M. A., Vanden Eynde, B., Maes, H. H., Loos, R. J., Peeters, M., . . . Beunen, G. P. (2004). Growth in peak aerobic power during adolescence. *Med Sci Sports Exerc*, 36(9), 1616-1624.
- 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. doi:10.1055/s-2007-972667
- Guo, S. S., Chumlea, W. C., Roche, A. F. & Siervogel, R. M. (1997). Age- and maturity-related changes in body composition during adolescence into adulthood: the Fels Longitudinal Study. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 21(12), 1167-1175.
- 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. doi:10.1055/s-2001-17613

- 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. doi:10.1016/j.jpeds.2004.09.002
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M. & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc*, *41*(1), 3-13. doi:10.1249/MSS.0b013e31818cb278
- Hutchinson, P. L., Cureton, K. J., Outz, H. & Wilson, G. (1991). Relationship of cardiac size to maximal oxygen uptake and body size in men and women. *Int J Sports Med*, *12*(4), 369-373. doi:10.1055/s-2007-1024696
- Janz, K. F., Dawson, J. D. & Mahoney, L. T. (2000). Predicting heart growth during puberty: The Muscatine Study. *Pediatrics*, *105*(5), E63.
- Kanstrup, I. L. & Ekblom, B. (1984). Blood volume and hemoglobin concentration as determinants of maximal aerobic power. *Med Sci Sports Exerc*, *16*(3), 256-262.
- Katch, V. L. (1983). Physical conditioning of children. *J Adolesc Health Care*, *3*(4), 241-246.
- Kemper, H. C., Verschuur, R. & de Mey, L. (1989). Longitudinal Changes of Aerobic Fitness in Youth Ages 12 to 23. *Pediatr Exerc Sci*, *1*, 257-270.
- Kobayashi, K., Kitamura, K., Miura, M., Sodeyama, H., Murase, Y., Miyashita, M. & Matsui, H. (1978). Aerobic power as related to body growth and training in Japanese boys: a longitudinal study. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, *44*(5), 666-672.
- Koch, G. & Rucker, L. (1977). Plasma volume and intravascular protein masses in trained boys and fit young men. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, *43*(6), 1085-1088.

- Krahenbuhl, G. S., Morgan, D. W. & Pangrazi, R. P. (1989). Longitudinal changes in distance-running performance of young males. *Int J Sports Med*, 10(2), 92-96. doi:10.1055/s-2007-1024881
- 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.
- Malczewska-Lenczowska, J., Sitkowski, D., Orysiak, J., Pokrywka, A. & Szygula, Z. (2013). Total haemoglobin mass, blood volume and morphological indices among athletes from different sport disciplines. *Arch Med Sci*, 9(5), 780-787. doi:10.5114/aoms.2013.36926
- Malina, R. M., Beunen, G., Lefevre, J. & Woynarowska, B. (1997). Maturity-associated variation in peak oxygen uptake in active adolescent boys and girls. *Ann Hum Biol*, 24(1), 19-31.
- Malina, R. M., Bouchard, C. & Bar-Or, O. (2004a). Functional Development: Heart, Blood, and Lungs. I: R. M. Malina, C. Bouchard, & O. Bar-Or (Red.), *Growth, Maturation, and Physical Activity* (Second Edition ed., s. 181-192). Champaign, Ill: Human Kinetics.
- Malina, R. M., Bouchard, C. & Bar-Or, O. (2004b). *Growth, maturation, and physical activity* (2nd ed.). Champaign, Ill: Human Kinetics.
- Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho e Silva, M. J. & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. *Br J Sports Med*, 49(13), 852-859. doi:10.1136/bjsports-2015-094623
- Marshall, W. A. & Tanner, J. M. (1969). Variations in pattern of pubertal changes in girls. *Arch Dis Child*, 44(235), 291-303.

- Marshall, W. A. & Tanner, J. M. (1970). Variations in the pattern of pubertal changes in boys. *Arch Dis Child*, 45(239), 13-23.
- Martino, M., Gledhill, N. & Jamnik, V. (2002). High VO₂max with no history of training is primarily due to high blood volume. *Med Sci Sports Exerc*, 34(6), 966-971.
- Matos, N. & Winsley, R. J. (2007). Trainability of young athletes and overtraining. *J Sports Sci Med*, 6(3), 353-367.
- McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. (2015a). *Exercise physiology : nutrition, energy, and human performance* (Eighth edition. ed.). Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.
- McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. (2015b). Training for Anaerobic and Aerobic Power. I: W. D. McArdle, F. I. Katch, & V. L. Katch (Red.), *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance* (s. 460-497). Philadelphia: Wolters Kluwer Health/ Lippincott Williams & Wilkins.
- Meen, H. D. (2000). [Physical activity in children and adolescents in relation to growth and development]. *Tidsskr Nor Laegeforen*, 120(24), 2908-2914.
- Mirwald, R. L., Bailey, D. A., Cameron, N. & Rasmussen, R. L. (1981). Longitudinal comparison of aerobic power in active and inactive boys aged 7.0 to 17.0 years. *Ann Hum Biol*, 8(5), 405-414.
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. A. & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc*, 34(4), 689-694.

- Murphy, W. G. (2014). The sex difference in haemoglobin levels in adults - mechanisms, causes, and consequences. *Blood Rev*, 28(2), 41-47.
doi:10.1016/j.blre.2013.12.003
- Nathan, D. G. & Gardner, F. H. (1965). Effects of large doses of androgen on rodent erythropoiesis and body composition. *Blood*, 26(4), 411-420.
- Nottin, S., Vinet, A., Stecken, F., N'Guyen, L. D., Ounissi, F., Lecoq, A. M. & Obert, P. (2002). Central and peripheral cardiovascular adaptations to exercise in endurance-trained children. *Acta Physiol Scand*, 175(2), 85-92.
doi:10.1046/j.1365-201X.2002.00975.x
- Otto, J. M., Montgomery, H. E. & Richards, T. (2013). Haemoglobin concentration and mass as determinants of exercise performance and of surgical outcome. *Extrem Physiol Med*, 2(1), 33. doi:10.1186/2046-7648-2-33
- Pettersen, S. A., Fredriksen, P. M. & Ingjer, E. (2001). The correlation between peak oxygen uptake (VO₂peak) and running performance in children and adolescents. aspects of different units. *Scand J Med Sci Sports*, 11(4), 223-228.
- Raes, A., Van Aken, S., Craen, M., Donckerwolcke, R. & Vande Walle, J. (2006). A reference frame for blood volume in children and adolescents. *BMC Pediatr*, 6, 3. doi:10.1186/1471-2431-6-3
- Rivera-Brown, A. M. & Frontera, W. R. (1998). Achievement of plateau and reliability of VO₂max in trained adolescents tested with different ergometers. *Pediatric Exercise Science*, 10(2), 164-175.
- Rowland, T. (1989). Oxygen Uptake and Endurance Fitness in Children: A Developmental Perspective. *Pediatr Exerc Sci*, 1, 313-328.

- Rowland, T., Goff, D., Martel, L. & Ferrone, L. (2000). Influence of cardiac functional capacity on gender differences in maximal oxygen uptake in children. *Chest*, *117*(3), 629-635.
- Rowland, T., Vanderburgh, P. & Cunningham, L. (1997). Body size and the growth of maximal aerobic power in children: A longitudinal analysis. *Pediatric Exercise Science*, *9*(3), 262-274.
- Rump, P., Verstappen, F., Gerver, W. J. & Hornstra, G. (2002). Body composition and cardiorespiratory fitness indicators in prepubescent boys and girls. *Int J Sports Med*, *23*(1), 50-54. doi:10.1055/s-2002-19274
- Sawka, M. N., Young, A. J., Pandolf, K. B., Dennis, R. C. & Valeri, C. R. (1992). Erythrocyte, plasma, and blood volume of healthy young men. *Med Sci Sports Exerc*, *24*(4), 447-453.
- 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. doi:10.1007/s00421-005-0050-3
- Schmidt, W. & Prommer, N. (2008). Effects of various training modalities on blood volume. *Scand J Med Sci Sports*, *18 Suppl 1*, 57-69. doi:10.1111/j.1600-0838.2008.00833.x
- Schmidt, W. & Prommer, N. (2010). Impact of alterations in total hemoglobin mass on VO₂max. *Exerc Sport Sci Rev*, *38*(2), 68-75. doi:10.1097/JES.0b013e3181d4957a
- Schumacher, Y. O., Ahlgrim, C. & Pottgiesser, T. (2008). Evaluation of anthropometrical reference parameters for hemoglobin mass in endurance athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, *48*(4), 509-514.

- Shahani, S., Braga-Basaria, M., Maggio, M. & Basaria, S. (2009). Androgens and erythropoiesis: past and present. *J Endocrinol Invest*, 32(8), 704-716.
doi:10.1007/BF03345745
- Shao, L., Lin, W. S., Yi, C. & Zhang, Y. (1997). Maximal aerobic capacity and its relationship with physical growth in Chinese children. *Coll Antropol*, 21(1), 109-116.
- Sprynarova, S., Parizkova, J. & Bunc, V. (1987). Relationships between body dimensions and resting and working oxygen consumption in boys aged 11 to 18 years. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 56(6), 725-736.
- Steiner, T. & Wehrin, J. P. (2011). Does hemoglobin mass increase from age 16 to 21 and 28 in elite endurance athletes? *Med Sci Sports Exerc*, 43(9), 1735-1743.
doi:10.1249/MSS.0b013e3182118760
- Stewart, R. D., Peterson, J. E., Baretta, E. D., Bachand, R. T., Hosko, M. J. & Herrmann, A. A. (1970). Experimental human exposure to carbon monoxide. *Arch Environ Health*, 21(2), 154-164.
- Sundberg, S. & Elovainio, R. (1982). Cardiorespiratory function in competitive endurance runners aged 12-16 years compared with ordinary boys. *Acta Paediatr Scand*, 71(6), 987-992.
- Tanner, J. M., Whitehouse, R. H. & Takaishi, M. (1966). Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity: British children, 1965. I. *Arch Dis Child*, 41(219), 454-471.
- Taylor, H. L., Buskirk, E. & Henschel, A. (1955). Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *J Appl Physiol*, 8(1), 73-80.

- Turley, K. R. (1997). Cardiovascular responses to exercise in children. *Sports Med*, 24(4), 241-257.
- Ulrich, G., Bartsch, P. & Friedmann-Bette, B. (2011). Total haemoglobin mass and red blood cell profile in endurance-trained and non-endurance-trained adolescent athletes. *Eur J Appl Physiol*, 111(11), 2855-2864. doi:10.1007/s00421-011-1920-5
- Unnithan, V. B., Timmons, J. A., Paton, J. Y. & Rowland, T. W. (1995). Physiologic correlates to running performance in pre-pubertal distance runners. *Int J Sports Med*, 16(8), 528-533. doi:10.1055/s-2007-973049
- Veldhuis, J. D., Roemmich, J. N., Richmond, E. J., Rogol, A. D., Lovejoy, J. C., Sheffield-Moore, M., . . . Bowers, C. Y. (2005). Endocrine control of body composition in infancy, childhood, and puberty. *Endocr Rev*, 26(1), 114-146. doi:10.1210/er.2003-0038
- Vinet, A., Mandigout, S., Nottin, S., Nguyen, L., Lecoq, A. M., Courteix, D. & Obert, P. (2003). Influence of body composition, hemoglobin concentration, and cardiac size and function of gender differences in maximal oxygen uptake in prepubertal children. *Chest*, 124(4), 1494-1499.
- von Döbeln, W. & Eriksson, B. O. (1972). Physical training, maximal oxygen uptake and dimensions of the oxygen transporting and metabolizing organs in boys 11-13 years of age. *Acta Paediatr Scand*, 61(6), 653-660.
- Widmaier, E. P., Raff, H., Strang, K. T. & Vander, A. J. (2011). *Vander's human physiology : the mechanisms of body function* (12th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Winsley, R. J., Fulford, J., Roberts, A. C., Welsman, J. R. & Armstrong, N. (2009). Sex difference in peak oxygen uptake in prepubertal children. *J Sci Med Sport*, 12(6), 647-651. doi:10.1016/j.jsams.2008.05.006

Yoshida, T., Nagashima, K., Nose, H., Kawabata, T., Nakai, S., Yorimoto, A. & Morimoto, T. (1997). Relationship between aerobic power, blood volume, and thermoregulatory responses to exercise-heat stress. *Med Sci Sports Exerc*, 29(7), 867-873.

Åstrand, P.-O., Rodahl, K., Dahl, H. A. & Strømme, S. B. (2003). *Textbook of work physiology : physiological bases of exercise* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

Åstrand, P. O. (1952). *Experimental Studies of Physical Working Capacity in Relation to Sex and Age*. Copenhagen: Ejnar Munksgaard.

Tabelloversikt

Tabell 3.4.1: CO-dose i ml gitt til gutter og jenter i forhold til kroppsvekt.	30
Tabell 4.1.1: Alder og antropometriske målinger hos gruppene ved de ulike testtidspunktene. Tall er presentert som gjennomsnitt (standardavvik).	35
Tabell 4.1.2: [Hb] og Hct for de ulike gruppene ved de ulike testtidspunktene. Tall er presentert som gjennomsnitt (standardavvik).....	38

Figuroversikt

Figur 2.2.1: Utvikling av VO_{2maks} i absoluttverdier. Figuren er basert på gjennomsnittstall hentet fra longitudinelle og mikset longitudinelle studier (Baxter-Jones et al., 1993; Daniels et al., 1978; Eisenmann et al., 2001; Geithner et al., 2004; Kemper et al., 1989; Kobayashi et al., 1978; Malina et al., 1997; Rowland, Vanderburgh & Cunningham, 1997; Sprynarova et al., 1987).....	14
Figur 2.2.2: Utvikling av relativ VO_{2maks} med alder. Figuren er basert på gjennomsnittstall hentet fra longitudinelle og mikset longitudinelle studier (Baxter-Jones et al., 1993; Daniels et al., 1978; Eisenmann et al., 2001; Geithner et al., 2004; Kemper et al., 1989; Kobayashi et al., 1978; Malina et al., 1997; Rowland et al., 1997; Sprynarova et al., 1987).....	15
Figur 4.1.1: Utvikling for VO_{2maks} (a, b, c), tHb_{masse} (d, e, f) og BV (g, h, i) presentert som absoluttverdier (a, d, g), relativt til kroppsvekt (b, e, h) og relativt til fettfri masse (c, f, i).	37
Figur 4.2.1: Korrelasjoner mellom kroppsvekt (b, d, f) og fettfri masse (a, c, e) og VO_{2maks} (a, b), tHb_{masse} (c, d) og BV (e, f). Figurene viser samlet data for 12,13 og 15 år. Det er beregnet separat lineær regresjon for jenter (Δ) og gutter (\blacksquare).	40
Figur 4.2.2: Sammenheng mellom VO_{2maks} og tHb_{masse} presentert som a) absoluttverdier, c) relativt til kroppsvekt og e) relativt til FFM, og mellom VO_{2maks} og BV presentert som b) absoluttverdier, d) relativt til kroppsvekt og f) relativt til FFM. Figurene viser separate regresjonslinjer for jenter (Δ) og gutter (\blacksquare).	41
Figur 4.3.1: Korrelasjon mellom endring i VO_{2maks} og a) vekt, c), FFM og e) høyde, og mellom endring i tHb_{masse} og b) vekt, d) FFM og f) høyde fra 12-15 år. Figurene viser separate regresjonslinjer for jenter (Δ) og gutter (\blacksquare).	43
Figur 4.3.2: Korrelasjon mellom endring i VO_{2maks} og a) tHb_{masse} og b) BV. Figurene viser separate regresjonslinjer for jenter (Δ) og gutter (\blacksquare).	44

Forkortelser

a-v-O ₂ -differanse	Arteriell-venøs-oksygen-differanse
BMI	Body mass index (kroppsmasseindeks)
BV	Blodvolum
CO	Karbonmonoksid
CO ₂	Karbondioksid
FFM	Fettfri masse
FSH	Follikkelstimulerende hormon
HbCO	Karboksihemoglobin
[Hb]	Hemoglobinkonsentrasjon
Hct	Hematokrit
HF	Hjertefrekvens
hPa	Hektopascal
LH	Luteiniserende hormon
MCHC	Mean corpuscular hemoglobin concentration
MV	Minuttvolum
O ₂	Oksygen
PHV	Peak hight velocity
PV	Plasmavolum
RCV	Rødt cellevolum
RER	Respiratorisk utveksling kvotient (Respiratory Exchange Ratio)
SV	Slagvolum
tHb _{masse}	Total hemoglobinmasse

Vedlegg 1

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

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

Hva må du gjøre?

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

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

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

Med vennlig hilsen
Hege Wilson Landgraff
Norges idrettshøgskole

Vedlegg 2

Fysisk utvikling hos unge utholdenhetsutøvere

Bakgrunn og hensikt

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

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

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

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

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

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

Hva innebærer studien?

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

Mulige fordeler og ulemper

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

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

Prøvene tatt av deltagerne i prosjektet og informasjonen som registreres om dem skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med studien. Alle opplysningene og prøvene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte 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 utøvere fra langrennsklubber skal rekrutteres til studien. Totalt skal det rekrutteres 80 forsøkspersoner, og begge kjønn skal være representert. Forsøkspersonene må være friske på inklusjonstidspunktet og ikke ha kroniske sykdommer som kan påvirke resultatene.

Undersøkelser og blodprøver

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

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

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

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

Tidsskjema – hva skjer og når skjer det?

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

Mulige ubehag/ulemper

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

Personvern, biobank, økonomi og forsikring

Personvern

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

Norges idrettshøgskole ved administrerende direktør er databehandlingsansvarlig.

Biobank

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

Rett til innsyn og sletting av opplysninger om deg

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

Forsikring

Alle forsøkspersonene er forsikret ved NIHs forsøkspersonforsikring .

Informasjon om utfallet av studien

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

Samtykke til deltakelse i studien

Fysisk utvikling hos unge utholdenhetsutøvere

Jeg er villig til at mitt barn kan delta i studien

Navn på barnet

Foresattes samtykke

(Signert av nærstående, dato)

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om studien

(Signert, prosjektleder, dato)

Vedlegg 3

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

Bakgrunn og hensikt

Dette er et spørsmål til deg som foresatt om ditt barn kan delta i en forskningsstudie som skal undersøke hvordan kondisjon (VO_{2maks}) og styrke endrer seg i årene fra 12 til 16 år. Vi skal undersøke dette i en gruppe som driver typiske kondisjonsidretter og sammenligne med barn som nødvendigvis ikke driver med disse idrettene.

Kondisjonsutøverne har vi rekruttert i 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 prestasjonssevne.

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

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

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

Hva innebærer studien?

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

I idrettshallen vil vi gjennomføre en legeundersøkelse og ta en blodprøve fra armen (alle får bedøvelse) i tillegg vil vi måle høyde, vekt og kroppssammensetning. Vi ønsker også å teste kondisjon, styrke i armer og ben, hurtighet, spenst og muskelvolum. Kondisjonen blir målt ved at de løper på en tredemølle, og vi måler hvor mye oksygen de bruker. Du kan lese mer om testene litt senere.

Mulige fordeler og ulemper

Ved å være med på denne undersøkelsen vil barna lære litt om kroppen sin og hvordan forskning foregår. Kanskje de vil synes det er spennende. I forbindelse med måling av blodvolum må vi ta en blodprøve fra armvenen. Vi bedøver huden der vi skal ta blodprøven slik at det ikke skal gjøre vondt. Måling av maksimalt oksygenopptak ved løp på tredemølle kan oppleves som slitsomt, og det krever at de løper til de blir ganske slitene. Dersom undersøkelsene som gjennomføres i forbindelse med studien avdekker noe som bør utredes nærmere, vil alle få tilbud om dette.

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

Prøvene tatt av deltagerne i prosjektet og informasjonen som registreres om dem skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med studien. Alle opplysningene og prøvene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjenning 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 å identifisere den enkelte deltager i resultatene i studien når disse publiseres. Når studien er ferdig og vi ikke trenger å kontakte deg mer, vil navnelistene som knytter deltageren til forsøket bli slettet.

Frivillig deltakelse

Det er selvsagt frivillig å delta. Du kan når som helst og uten å oppgi noen grunn trekke samtykke til at ditt barn skal delta i studien. Dersom du ønsker at ditt barn skal delta, undertegner du samtykkeerklæringen på siste side. Dersom du senere ønsker å trekke samtykket til deltagelse for ditt barn eller har spørsmål til studien, kan du kontakte Geir Kåre Resaland (416 21 333), Hege Wilson Landgraff (934 37 711) eller Jostein Hallén (telefon 23 26 23 14, e-post: jostein.hallen@nih.no).

Utdypende forklaring av hva studien innebærer

Kriterier for deltagelse

Barn fra 7. klasse (12 år) skal rekrutteres til denne delen av studien. Vi ønsker å undersøke flest mulig 7. klassinger fra Sogndal, og begge kjønn skal være representert. Forsøkspersonene må være friske på inklusjonstidspunktet og ikke ha kroniske sykdommer som kan påvirke resultatene.

Undersøkelser og blodprøver

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

Styrke måles ved å ligge på en benk og presse armene mot en fast stang (isometrisk benkpress) og ved å sitte og presse leggen mot en fast plate (isometrisk knestrek). Kroppssammensetning for beregning av muskelmasse vil bli målt ved at man står på en plate og holder i to håndtak og motstanden i kroppen måles (bioimpedans). Spenst vil bli målt ved spensthopp på en kraftplattform og hurtighet vil bli målt ved løping rett frem i 30 meter.

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

Tidsskjema – hva skjer og når skjer det?

Måling av blodvolum vil skje i løpet av i uke 49 og tar ca. 30 minutter per elev. De andre undersøkelsene vil foregå i forbindelse med kroppsøvingstimen mandag 2. og 9. desember (kl 8-12) og torsdag i forbindelse med fysak timen. Vi får ikke undersøkt alle 7. klassingene på de oppsatte da særlig kondisjonstesten er tidkrevende. Dere vi derfor få tilbud om å testes etter skoletid.

Mulige ubehag/ulemper

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

Personvern, biobank, økonomi og forsikring

Personvern

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

Norges idrettshøgskole ved administrerende direktør er databehandlingsansvarlig.

Biobank

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

Rett til innsyn og sletting av opplysninger om barnet ditt

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

Forsikring

Alle forsøkspersonene er forsikret ved NIHs forsøkspersonforsikring.

Informasjon om utfallet av studien

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

Samtykke til deltakelse i studien

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

Jeg er villig til at mitt barn kan delta i studien

Navn på barnet

Foresattes samtykke

(Signert av nærstående, dato)

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

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

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om studien

(Signert, prosjektleder, dato)

