

**Petter Aspebakken Linstad**

**Utvikling av kardiorespiratorisk form og  
kroppssammensetning i puberteten hos jenter og gutter  
som trener regelmessig håndball og fotball.**

En prospektiv oppfølgingsstudie av jenter 11-15 år og gutter 12-17 år rekruttert fra henholdvis ett håndballag og ett fotballag.

**Masteroppgave i idrettsvitenskap**

Seksjon for idrettsmedisinske fag  
Norges idrettshøgskole, 2016



## Sammendrag

**Bakgrunn:** Hos barn og unge har en god kardiorespiratorisk form og en sunn kroppssammensetning vist å ha forebyggende effekt mot en rekke livsstilssykdommer og øke sjansen for et langt liv. Fysisk aktivitet og trening er vist å ha en god effekt på kardiorespiratorisk form og kroppssammensetning hos voksne. I puberteten skjer det store forandringer med kroppen og det etterlyses longitudinelle studier som kan undersøke hvordan utviklingen og trenbarheten av kardiorespiratorisk form og kroppssammensetning er i puberteten. Det er foreløpig ingen norske studier, så vidt meg bekjent, som har fulgt både kroppssammensetning og kardiorespiratorisk form på samme gruppe i puberteten. Hensikten med denne oppgaven var å undersøke utviklingen, kjønnsforskjeller og treningseffekt på kroppssammensetning og kardiorespiratorisk form i puberteten.

**Metode:** Den foreliggende studien hadde et prospektivt eksperimentelt design og bestod av 23 jenter fulgt fra 11–15 år og 17 gutter fulgt fra 12–17 år. Kardiorespiratorisk form ble målt ved en direkte  $VO_{2peak}$ -test på tredemølle, mens kroppssammensetning ble målt på en bioimpedans vekt (InBody 720). Forsøkspersonene ble testet én gang per år i perioden januar til mars.

**Resultater:** Jentene økte sin fettfri masse og muskelmasse fra 11–15 år, på hhv. 14 og 9,7 kg. Guttene hadde en mer markant økning på 24,2 kg i fettfri masse og 17,3 kg i muskelmasse fra 12 til 17 år. Jentene og guttene økte sin fettmasse med hhv. 6,9 kg og 5,1 kg. Både jentene og guttene hadde en signifikant økning i absolutt  $VO_{2peak}$  fra hhv. 11–15 år og 12–17 år, med en større økning hos guttene. Jentene hadde en signifikant nedgang i  $VO_{2peak}$  relatert til kroppsvekt på  $4,3 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  fra 11–15 år, mens guttenes relative  $VO_{2peak}$  var stabil.  $VO_{2peak}$  relatert til fettfri masse var uendret hos både jentene og guttene fra hhv. 11–15 år og 12–17 år. Muskelmasse og treningstimer per uke hadde positiv effekt på  $VO_{2peak}$  ( $\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$ ) hos jentene. Når  $VO_{2peak}$  ble relatert til kroppsvekt, hadde de samme variablene en positiv effekt, mens fettmasse og fettfri masse hadde en negativ effekt. Hos guttene hadde fettmasse, fettfri masse og treningstimer per uke en positiv effekt på absolutt  $VO_{2peak}$ , men for  $VO_{2peak}$  relatert til kroppsvekt hadde FM en negativ effekt og treningstimer per uke en positiv effekt.

Treningstimer per uke hadde størst effekt på  $VO_{2peak}$  relatert til kroppsvekt hos begge kjønn.

**Konklusjon:** Både fettfri masse, muskelmasse, fettmasse og  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ) økte signifikant hos begge kjønn fra henholdsvis 11–15 år hos jenter og 12–17 år hos gutter. Jentene hadde en nedgang i  $VO_{2peak}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) og stabil  $VO_{2peak}$  relatert til fettfri masse, mens guttene hadde en uendret  $VO_{2peak}$ , både relatert til kroppsvekt og fettfri masse. Treningstimer per uke hadde størst effekt på  $VO_{2peak}$  ( $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), sammenlignet med  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ) hos begge kjønn.

# Innhold

<b>SAMMENDRAG .....</b>	<b>3</b>
<b>INNHold .....</b>	<b>5</b>
<b>FORKORTELSER OG MÅLEENHETER .....</b>	<b>8</b>
<b>FORORD .....</b>	<b>9</b>
<b>1.0 INNLEDNING .....</b>	<b>10</b>
1.1 BAKGRUNN FOR STUDIEN .....	10
1.2 PROBLEMSTILLINGER .....	12
<b>2.0 TEORI .....</b>	<b>14</b>
2.1 VEKST OG UTVIKLING .....	14
2.1.1 <i>Veien til en voksen kropp</i> .....	14
2.1.2 <i>Kroppshøyden</i> .....	15
2.1.3 <i>Kroppsmasse</i> .....	16
2.2 KROPPSSAMMENSETNING .....	18
2.2.1 <i>Muskelmasse, fettmasse (FM) og fettfri masse (FFM)</i> .....	18
2.2.2 <i>Måling av kroppssammensetning</i> .....	20
2.3 KRONOLOGISK VS. BIOLOGISK VEKST .....	22
2.3.1 <i>Estimering av biologisk alder</i> .....	22
2.3 KARDIORESPIRATORISK FORM (KRF) .....	24
2.3.1 <i>Definisjon</i> .....	24
2.3.3 <i>Det maksimale oksygenopptaket (<math>VO_{2maks}</math>)</i> .....	25
2.3.4 <i>Peak oksygenopptak (<math>VO_{2peak}</math>)</i> .....	26
2.3.5 <i>Hvilke fysiologiske faktorer er med på å bestemme <math>VO_{2peak}</math>?</i> .....	27
2.4 UTVIKLINGEN AV KARDIORESPIRATORISK FORM ( $VO_{2PEAK}$ ) GJENNOM PUBERTETEN .....	28
2.4.1 <i>Utvikling av <math>VO_{2peak}</math> (<math>l \cdot min^{-1}</math>) i forhold til alder og kjønn</i> .....	28
2.4.2 <i>Utvikling av <math>VO_{2peak}</math> <math>ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}</math> i forhold til alder og kjønn?</i> .....	31
2.4.3 <i>Hvordan påvirkes <math>VO_{2peak}</math> av trening i puberteten?</i> .....	33
<b>3.0 METODE .....</b>	<b>38</b>
3.1 STUDIEDESIGN .....	38

3.2 REKRUTTERINGEN OG BESKRIVELSE AV UTVALGET .....	38
3.3 DELTAKERNES TRENINGSTATUS .....	39
3.4 TESTPROSEDYRE OG MÅLINGER.....	39
3.4.1 Kronologisk og biologisk alder .....	40
3.4.2 Antropometriske målinger .....	40
3.4.3 Kroppssammensetning.....	40
3.4.5 Peak oksygenopptak .....	41
3.5 STATISTIKK .....	43
3.6 MULTIPPEL REGRESJONSANALYSE .....	44
3.7 ETIKK.....	44
<b>4.0 RESULTATER .....</b>	<b>46</b>
4.1 ANTROPOMETRISKE DATA .....	46
4.2 KROPPSSAMMENSETNING .....	48
4.2.1 Utviklingen av muskelmasse.....	49
4.2.2 Utviklingen av fettmasse (FM).....	49
4.2.3 Utviklingen av fettfri masse (FFM) .....	50
4.3 KARDIORESPIRATORISK FORM ( $VO_{2PEAK}$ ).....	51
4.3.1 Utvikling av $VO_{2peak}$ ( $l \cdot min^{-1}$ ) .....	53
4.3.2 Utvikling av $VO_{2peak}$ ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ).....	53
4.3.3 Utvikling av $VO_{2peak}$ ( $ml \cdot kg \cdot FFM^{-1} \cdot min^{-1}$ ).....	54
4.3.4 Bestemmende faktorer for $VO_{2peak}$ .....	55
<b>5.0 DISKUSJON.....</b>	<b>58</b>
5.1 HOVEDFUNN .....	58
5.2 UTVIKLINGEN AV ANTROPOMETRISKE VARIABLER .....	59
5.3 UTVIKLING AV KARDIORESPIRATORISK FORM OG KROPPSSAMMENSETNING I PUBERTETEN .....	60
5.3.1 Kroppssammensetning.....	60
5.3.2 Kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ ) .....	65
5.4 KJØNNSFORSKJELLER.....	76
5.4.1 Kroppssammensetning.....	76
5.4.2 Kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ ) .....	78
5.5 EFFEKT AV TRENING PÅ UTVIKLING AV KARDIORESPIRATORISK FORM OG KROPPSSAMMENSETNING I PUBERTETEN.....	81
5.5.1 Kroppssammensetning.....	81

5.5.2 Effekt av trening på utvikling av kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ ).....	83
5.6 FAKTORER SOM PÅVIRKER KARDIORESPIRATORISK FORM .....	94
5.7 METODISKE VURDERINGER .....	96
5.7.1 Utvalget.....	96
5.7.2 Testprosedyre.....	97
<b>6.0 KONKLUSJON .....</b>	<b>99</b>
6.1 PRIMÆR PROBLEMSTILLING .....	99
6.2 SEKUNDÆR PROBLEMSTILLING.....	99
6.3 TERTIÆR PROBLEMSTILLING .....	99
<b>7.0 REFERANSER.....</b>	<b>100</b>
<b>8.0 TABELLOVERSIKT.....</b>	<b>113</b>
<b>9.0 FIGUROVERSKRIFT .....</b>	<b>114</b>
<b>10.0 VEDLEGG .....</b>	<b>116</b>
VEDLEGG 1: .....	116
VEDLEGG 2 .....	126
VEDLEGG 3 .....	129
VEDLEGG 4 .....	130
VEDLEGG 5 .....	131

## Forkortelser og måleenheter

Forkortelse	Forklaring	Måleenhet
<b>BIA</b>	Bioelektrisk impedans analyse	-
<b>DEXA</b>	Dual energy X-ray absorptiometry	-
<b>FA</b>	Fysisk aktivitet	-
<b>FFM</b>	Fettfri masse	kg
<b>FM</b>	Fettmasse	kg
<b>FP</b>	Forsøksperson	-
<b>Hb</b>	Hemoglobin	-
<b>HF<sub>maks</sub></b>	Maksimal hjerterefrekvens	slag·min <sup>-1</sup>
<b>KMI</b>	Kroppsmasseindeks	Kg/m <sup>2</sup>
<b>KRF</b>	Kardiorespiratorisk form	-
<b>La<sup>-</sup></b>	Laktat	mmol·l <sup>-1</sup>
<b>[La<sup>-</sup>]</b>	Laktatkonsentrasjon	mmol·l <sup>-1</sup>
<b>l·min<sup>-1</sup></b>	Liter per minutt	-
<b>ml·kg FFM<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup></b>	Milliliter per kilo fettfri kroppsmasse per minutt	-
<b>ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup></b>	Milliliter per kilo kroppsvekt per minutt	-
<b>ml·min<sup>-1</sup></b>	Milliliter per minutt	-
<b>n</b>	Antall	-
<b>RER</b>	Respiratorisk utvekslingsratio (Forholdet mellom produsert karbondioksid og opptatt oksygen)	VCO <sub>2</sub> /VO <sub>2</sub>
<b>SD</b>	Standardavvik	-
<b>VCO<sub>2</sub></b>	Produsert karbondioksid	l·min <sup>-1</sup> ,
<b>V<sub>E</sub></b>	Minuttventilasjon	l·min <sup>-1</sup>
<b>V<sub>Epeak</sub></b>	Høyeste registrerte minuttventilasjon	l·min <sup>-1</sup>
<b>VO<sub>2</sub></b>	Oksygenopptak	l·min <sup>-1</sup> , ml·min <sup>-1</sup> ·kg <sup>-1</sup>
<b>VO<sub>2maks</sub></b>	Maksimalt oksygenopptak	l·min <sup>-1</sup> , ml·min <sup>-1</sup> ·kg <sup>-1</sup>
<b>VO<sub>2peak</sub></b>	Høyeste oppnådde oksygenopptak	l·min <sup>-1</sup> , ml·min <sup>-1</sup> ·kg <sup>-1</sup>



## Forord

Norges idrettshøyskole har vært mitt studiested i 6 år. I denne tiden har jeg tatt en bachelor i fysisk aktivitet og helse, praktisk pedagogisk utdanning og nå til slutt en master i idrettsmedisin. Å skrive masteroppgaven har både vært spennende, utfordrende og en langvarig prosess.

Spennende fordi jeg har fått mulighet til å fordype meg i en problemstilling som jeg synes er engasjerende, samtidig som arbeidet med oppgaven har gitt meg mye ny kunnskap. Utfordrende fordi den har krevd mye tid og vært krevende, både i innsamling av data og skriveprosessen. Det er flere som har hjulpet meg underveis, slik at jeg nå kan levere min masteroppgave.

Jeg vil spesielt takke min veileder Trine Stensrud for veldig god støtte og gode tilbakemeldinger underveis. Tusen takk for god opplæring av den foreliggende oppgavens testprosedyre, samt lungefunksjonsmålinger ved fysiologisk laboratorium, Seksjon for idrettsmedisinske fag ved Norges idrettshøgskole.

I studien har ungdommer fra en håndballklubb og en fotballklubb i Bærum stilt til testing hvert år over en periode på 5–6 år. Jeg retter en stor takk til alle disse, som har gjort oppgaven mulig å gjennomføre.

I tillegg må jeg takke min samboer Siri Marie Bakken som har tatt hovedansvaret for Maja, vår lille datter, under innspurten av arbeidet med masteroppgaven. Min søster Stine A. Linstad skal takkes for at hun frivillig har lest korrektur på oppgaven. Til slutt vil jeg takke mine foreldre, gode venner og medstudenter for god støtte under utdanningsperioden.

Oslo, Mai 2015

Petter Aspebakken Linstad

## 1.0 Innledning

### 1.1 Bakgrunn for studien

Det fysiske, økonomiske og det sosiale miljøet har endret seg mye fra midten av det forrige århundret og frem til i dag. Dette har endret folks levevaner når det gjelder stillesittende tid og fysisk aktivitet (FA) (Owen, Healy, Matthews, & Dunstan, 2010). Tilgjengeligheten til nytt teknologisk utstyr øker stadig og det fysiske arbeidet og energiomsetningen har blitt påvirket på mange områder (Hallal et al., 2012). Nå har man mulighet til å ta buss, tog og bil overalt, samtidig som mange har en stillesittende arbeidsdag. I tillegg blir man på fritiden fristet til tid foran TV og PC, noe som har ført til mer stillesittende fritid (Hallal et al., 2012). Det er rapportert en solid økning i antall overvektige og fete personer de siste 20–30 årene, som sannsynligvis kan knyttes til redusert energiomsetning relatert til FA (Kolle & Ekelund, 2012). Ifølge World Health Organization (WHO) har den globale prevalensen av mennesker med fedme mer enn doblet seg fra 1980, og kan nå kalles en fedmeepidemi (WHO, 2015). Det er observert en økning i antall overvektige barn og unge i Norge (Anderssen, Kolle, Steene-Johannessen, Ommundsen, & Andersen, 2008) og i USA er det rapportert at antall overvektige barn og unge er tredoblet fra 1970–2005, hvor 16 % ble kategorisert som overvektige (Spiegel & Alving, 2005).

Barn og unge blir anbefalt å være fysisk aktive i minimum 60 minutter hver dag i moderat eller høy intensitet. Aktivitetene bør være allsidige for å sikre en optimal utvikling av fysiologiske trekk og kvaliteter som kondisjon, muskelstyrke, fleksibilitet, fart, bevegelse, reaksjonstid og koordinasjon. Anbefalingene legger også vekt på at tre av øktene i uken bør foregå med høy intensitet og unngå for mye stillesittende tid (Helsedirektoratet, 2014). I en kartleggingsstudie utført av Kolle og medarbeidere (2012), ble aktivitetsnivået til barn og ungdom i 6-, 9- og 15 årsalderen kartlagt. Undersøkelsen viste at ved 6 års alders innfridde 95,7 % av guttene og 87 % av jentene anbefalingene om 60 minutter moderat aktivitet hver dag. Ved 9 års alder innfridde 86,2 % av guttene og 69,8 % av jentene, mens hos 15-åringene var det kun 58,1 % av guttene og 43,2 % av jentene som innfridde anbefalingene. 6-åringene har et aktivitetsnivå som er 20,8 % og 69,6 % høyere enn aktivitetsnivået til 9- og 15-åringene. Utvalget ved 9 års alder var 40,4 % mer aktive sammenlignet med 15-åringene. Dette kan tyde på at det

er et stort frafall i organisert idrett og FA generelt gjennom hele oppveksten, men spesielt mellom 9–15 års alder. Kjønniksen og medarbeidere (2009) rapporterte en signifikant nedgang i deltakelse av organisert idrett fra 13–16 års alder. Forfatterne av Helsedirektoratets kartleggingsstudie (Anderssen et al., 2008) mente at noe av nedgangen i FA skyldtes økt stillesittende tid blant 15-åringene. Disse funnene blir støttet av Corder og medarbeidere (2015) og Dumith, Gigante, Domingues og Kohl (2011), som fant at FA ble redusert med 7–10,3 % gjennom puberteten og erstattet med en økning på 10,2 % i stillesittende tid.

Kombinasjonen økt overvekt og mindre aktivitet har blitt, og kan i fremtiden bli et stort helseproblem for samfunnet (Kyrolainen, Santtila, Nindl, & Vasankari, 2010). I tillegg til overvekt har inaktive større risiko for utvikling av livsstilssykdommer, som diabetes type 2, hypertensjon, hjerte- og karsykdommer, ulike krefttyper og osteoporose (Hallal, Victora, Azevedo, & Wells, 2006). Ettersom det er så mange som ikke innfrir anbefalingene for FA ved 15 års alder, er det skremmende at enkelte mener dagens anbefalinger ikke er tilstrekkelige for å redusere risiko for ulike kardiovaskulære sykdommer (Andersen et al., 2006; Corder et al., 2015). Regelmessig FA blant barn og unge er imidlertid nødvendig for utvikling av kardiorespiratorisk form (KRF ( $VO_{2peak}$ )), muskelstyrke, fleksibilitet, motorikk og smidighet. FA bedrer også beinmineraltettheten, bindevevet og energiomsetningen, samtidig som det bedrer selvfølelsen og gir mindre sjanse for psykiske helseplager (Åstrand, Rodahl, Dahl, & Strømme, 2003). Det er antatt at gode opplevelser og vaner med FA i barndommen fører til en aktiv livsstil gjennom ungdomstiden og videre inn i det voksne liv. Noe som kan ha langtidseffekt på en bedre helse i befolkningen (Boreham & Riddoch, 2001; Kjønniksen et al., 2009; Malina, Bar-Or, & Bouchard, 2004).

KRF er en god indikator på kardiovaskulær helse (Arday et al., 2011) og lav KRF hos voksne har vist seg å være en av de sterkeste prediktorene til sykkelighet og dødelighet (Kodama et al., 2009; Wei, Kampert, Barlow, & Nichaman, 1999). FA og trening kan bedre den kardiorespiratoriske formen (Caspersen, Powell, & Christenson, 1985), den metabolske helsen (Andersen et al., 2006), forebygge livsstilssykdommer (Hallal et al., 2006), bedre den kardiovaskulære helsen og øke beinmassen (Ruiz et al., 2009). Hos barn og unge har en god KRF vist seg å ha forebyggende effekt på risikofaktorer som total og sentral fedme, kardiovaskulære sykdommer, kreft og psykisk helse (Dumith et al., 2010; Ortega, Ruiz, Castillo, & Sjöström, 2007; Ruiz et al., 2009). Eisenmann,

Katzmarzyk, Perusse, Tremblay, Després og Bouchard (2005) viste at ungdommer med god KRF og normal kroppsmasseindeks (KMI ( $\text{Kg/m}^2$ )) ble assosiert med god kardiovaskulær helse, mens de med lav KRF og høy KMI hadde en dårlig risikoprofil for kardiovaskulære sykdommer. (Eisenmann et al., 2005). En god KRF og kroppssammensetning i tidlig alder er vist i longitudinelle studier å ha en god effekt på kardiovaskulær helse og samtidig redusere risikofaktorene for kardiovaskulær sykdom senere i livet (Ruiz et al., 2009).

Det har tidligere blitt gjort flest tverrsnittstudier, men også noen longitudinelle studier på hvordan kroppssammensetning og KRF utvikler seg gjennom puberteten. Det etterlyses imidlertid flere longitudinelle studier, for å bedre forstå hva som påvirker endringer i kroppssammensetning og KRF gjennom puberteten (Baquet, van Praagh, & Berthoin, 2003; Eisenmann, Laurson, & Welk, 2011; Geithner et al., 2004). Det er blant annet blitt stilt spørsmålstegn rundt trenbarheten av barn og unge (Armstrong, Barker, & McManus, 2015; Baquet et al., 2003; McNarry & Jones, 2014), og det er hevdet at trenbarheten er dårlig eller ikke til stede før en kritisk tidsfase rundt pubertetens oppstart (Katch, 1983). Så vidt meg bekjent er det ikke gjort noen norske studier som har målt både kroppssammensetning og KRF på samme gruppe gjennom puberteten. På bakgrunn av det som er beskrevet ovenfor, har jeg valgt følgende problemstillinger.

## **1.2 Problemstillinger**

**Primær:** Har KRF ( $\text{VO}_{2\text{peak}}$ ) og kroppssammensetning endret seg gjennom puberteten hos gutter og jenter som trener  $\geq 3$  timer per uke?

H0: KRF ( $\text{VO}_{2\text{peak}}$ ) og kroppssammensetning har ikke endret seg gjennom puberteten hos gutter og jenter som trener  $\geq 3$  timer per uke.

H1: KRF ( $\text{VO}_{2\text{peak}}$ ) og kroppssammensetning har endret seg gjennom puberteten hos gutter og jenter som trener  $\geq 3$  timer per uke.

**Sekundær:** Er det forskjell i utvikling av KRF ( $\text{VO}_{2\text{peak}}$ ) og kroppssammensetning mellom gutter og jenter som trener  $\geq 3$  timer per uke?

H0: Det er ingen forskjell i KRF ( $\text{VO}_{2\text{peak}}$ ) og kroppssammensetning mellom gutter og jenter som trener  $\geq 3$  timer pr uke.

H1: Det er en forskjell i KRF ( $\text{VO}_{2\text{peak}}$ ) og kroppssammensetning mellom gutter og jenter som trener  $\geq 3$  timer per uke.

**Tertiær:** Hvordan påvirkes KRF ( $VO_{2peak}$ ) og kroppssammensetningen av trening hos gutter og jenter i puberteten?

H0: Den kardiorespiratoriske formen ( $VO_{2peak}$ ) blir ikke påvirket av trening gjennom puberteten.

H1: Den kardiorespiratoriske formen ( $VO_{2peak}$ ) blir påvirket av trening gjennom puberteten.

## 2.0 Teori

### 2.1 Vekst og utvikling

#### 2.1.1 Veien til en voksen kropp

Barn og unge er i kontinuerlig utvikling, og alle går gjennom de samme utviklingsperiodene. Samtidig er det store forskjeller for tidspunktet disse periodene inntreffer og varigheten på dem (Gjerset, Kaasa, & Karlsen, 2007). Når et menneske går fra barn til voksen, er vekst, modning og utvikling sentrale prosesser. Vekst og modning er ofte brukt synonymt og henger nøye sammen (Malina et al., 2004). Når barn vokser, vil de også modnes, men begge refererer til ulike spesifikke biologiske prosesser og genetisk regulering (Armstrong & Welsman, 1997; Malina et al., 2004). Vekst er den dominerende biologiske aktiviteten de første 20 årene og blir uttrykt som en økning i kroppsstørrelse som helhet eller vekst av ulike deler av kroppen. Barna blir høyere og tyngre, øker sin muskel- og fettmasse (FM) samtidig som de indre organene øker i størrelse (Malina et al., 2004). Modning er imidlertid vanskeligere å definere, men blir ofte beskrevet som prosessen mot en moden tilstand. Modning skjer i alle vev, organer og organsystemer, som påvirker enzymer, kjemiske sammensetninger og funksjoner i kroppen vår (Malina et al., 2004). Utvikling blir ofte brukt i sammenheng med vekst og modning, men er et bredere begrep (Armstrong & Welsman, 1997). Utvikling blir delt i to ulike kontekster. Den ene omhandler biologiske prosesser som skjer i kroppen. Den andre går på individets atferd og relateres til individets kompetanse som utvikles gjennom interaksjon av forskjellige domener i personens kulturelle miljø (Malina et al., 2004). Vekst, modning og utvikling er gjennom oppveksten i interaksjon med hverandre, men kan inntreffe på ulike tidspunkt (Armstrong & Welsman, 1997).

Sett bort ifra fosterets vekst i magen, er puberteten tiden hvor de største kjønnsforskjellene inntreffer (Tanner, 1989). Puberteten starter ved at hjernen stimulerer økt produksjon av kjønnshormoner (Widmaier, Raff, Strang, & Vander, 2011), samtidig som de sekundære kjønns karakterene modnes (Sand, Sjaastad, Haug, & Toverud, 2014). Det er altså perioden hvor de reproduserende organene modnes og hvor reproduksjon blir mulig (Widmaier et al., 2011). Den representerer overgangen fra barndommen til voksen alder. I denne perioden øker lengdevæksten kraftig, og ved pubertetens avslutning er den fullført (Sand et al., 2014). I denne perioden skjer også de

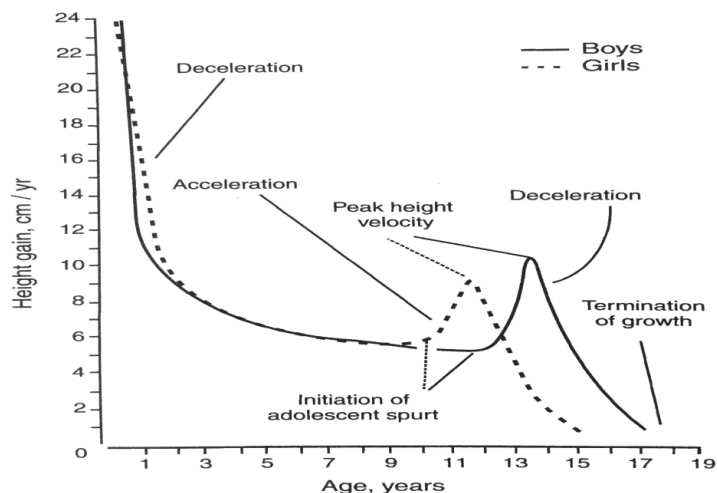
største forskjellene i vev og kroppsform mellom kjønnene (Tanner, 1989). For gutter starter ofte puberteten mellom 12–16 års alder, mens den hos jenter som regel starter mellom 10–12 års alder (Widmaier et al., 2011).

### **2.1.2 Kroppshøyden**

Som nevnt ovenfor er kroppens vekst i størrelse den tydeligste indikatoren man ser når mennesker utvikles fra barn til voksne (Armstrong & Welsman, 1997).

Veksthastigheten like etter fødsel er svært høy og ligger rundt 21–22 cm per år. Deretter går den mye ned slik at den ved 3–4 års alder er nede i cirka 5 cm per år. Videre holder den seg forholdsvis stabil inntil vekstspurten i puberteten tar til (Meen, 2000). (figur 2). Det er bare små forskjeller mellom kjønnene i veksthastighet opp til cirka 4 års alder. Fra denne alderen og opp til noe før puberteten starter er det ikke mulig å påvise noen forskjell mellom kjønnene (Meen, 2000). Vekstspurten starter som puberteten tidligere hos jenter sammenlignet med gutter, og på et tidspunkt er jentene midlertidig høyere enn guttene (Tanner, 1989).

Peak height velocity (PHV) refererer til den maksimale lengdeveksten i pubertetens vekstspurt, og alder ved PHV kan si noe om en persons modenhet (Malina, Rogol, Cumming, Coelho e Silva, & Figueiredo, 2015). Jentene har vanligvis nådd sin PHV mellom 11,4 og 12,2 års alder, mens guttene når sin PHV mellom 13,4 og 14,4 års alder (Armstrong & Welsman, 1997). Guttene har derfor to år ekstra å vokse på før vekstspurten inntreffer. Dette sammen med at vekstspurten er noe kraftigere hos gutter, gjør at jentene i gjennomsnitt er 13 cm lavere enn guttene ved PHV. 8–10 cm av disse skyldes hovedsakelig de to årene med vekst før vekstspurten inntreffer hos guttene (Tanner, 1989). Individuelt kan imidlertid alder ved PHV variere stort. Hos jentene inntreffer PHV i de alder fleste tilfeller mellom 11,0 og 15,0 års alder, mens den hos gutter inntreffer mellom 11,5 og 17,3 års alder (Malina et al., 2004; Malina & Koziel, 2014a, 2014b). Den økte lengdeveksten i puberteten skyldes den økte produksjonen av kjønnshormoner. Samtidig er det også kjønnshormonene som til slutt stopper lengdeveksten. Dette skjer ved at den økende produksjonen av kjønnshormoner påvirker rørrknoklenes vekstsoner, slik at de forbeines i løpet av puberteten. Når vekstsonene er forbeinet, er også lengdeveksten for alltid avsluttet (Sand et al., 2014). Hos gutter stopper lengdeveksten ved gjennomsnittlig 17,5 års alder, mens den hos jentene stopper ved 15,5 års alder (Tanner, 1989).

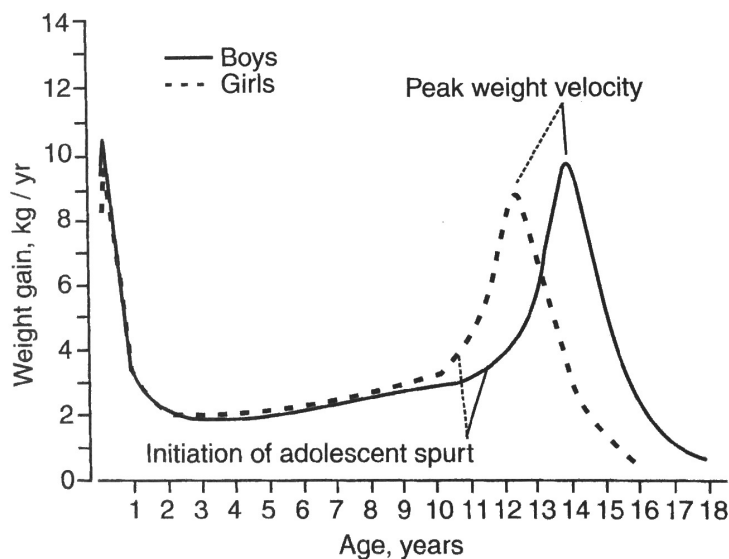


**Figur 2.1:** Viser en typisk hastighetskurve for kroppshøyde (cm/år) hos gutter og jenter. Hentet fra R. M. Malina et al. (2004).

### 2.1.3 Kroppsmasse

Samtidig med den store lengdeveksten, vil det naturligvis også skje en omfattende endring i kroppsvekt (figur 2.2). Jentene ligger hele tiden noe foran guttene ved utvikling av kroppsmassen gjennom barndommen. Ved 10 års alder begynner imidlertid jentene å øke sin kroppsmasse markant mer sammenlignet med guttene. Guttene får denne markante økningen ved 13–14 års alder (Tanner, Whitehouse, & Takaishi, 1966). Den maksimale økningen i vekt (peak weight velocity (PWV)) inntreffer ofte cirka 6 måneder etter PHV (Åstrand et al., 2003). PWV forekommer normalt hos jenter ved 12,5 års alder, mens den hos gutter inntreffer ved 14,5 års alder (Wilmore, Costill, & Kenney, 2008). 50 % av den voksne kroppsvekten blir ofte oppnådd under puberteten, noe som tilsvarer en gjennomsnittlig økning på 9 kg per år hos gutter og 8,3 kg per år hos jentene (Tanner, 1989). Endringene av kroppssammensetningen som skjer ved at vann, muskler, fett og bein forandres i forhold til hverandre, er et kjennetegn på puberteten. Det er hvordan disse utvikles og endres som hovedsakelig utgjør de typiske forskjellene i kroppsform mellom kjønnene (Rogol, Clark, & Roemmich, 2000).





**Figur 2.2:** Viser en typisk hastighetskurve for kroppsvekt (kg/år) hos gutter og jenter. Figuren er hentet fra R. M. Malina et al. (2004).

### **Kroppsmasseindeks (KMI)**

Kroppsmasseindeks (KMI) er en enkel og den mest brukte metoden for å kartlegge om barn og ungdom er overvektige eller fete (Kelley, Kelley, & Pate, 2014). KMI blir kalkulert ved å ta vekt (kg) delt på høyde (m) i andre (vekt (kg)/høyde (m)<sup>2</sup>) (Wells & Fewtrell, 2006), og blir ofte brukt i store epidemiologiske studier for å kartlegge hvem som er overvektige, fete eller undervektig. Undervektig er her definert med en KMI under 18,5 kg/m<sup>2</sup>, normalvektig mellom 18,5–24,9, overvektige fra 25–29,9 og fete en KMI på 30 eller mer (WHO, 2000). Denne metoden blir ofte brukt for å beskrive større populasjoner, fordi det er en enkel og mindre kostbar metode. Det er en god metode å bruke for å beskrive populasjoner, men det vil ikke si at det er en presis og reliabel metode å bruke på individnivå (Ackland et al., 2012; Pate, Oria, & Pillsbury, 2012). Det kan være stor forskjell i kroppssammensetning mellom ulike individer ved samme KMI, ettersom metoden ikke sier noe om hvor stor andel FM og fettfri masse (FFM) en person har (Heyward & Wagner, 2004). Personer med samme KMI kan blant annet variere stort i livvidde (Pate et al., 2012). KMI benyttes ofte som et kriterium for å kartlegge populasjoners helsestatus og en nylig publisert amerikansk studie fant dette misvisende. I denne studien ble over 30 % av de overvektige (KMI: 25–29,9) og 17 %

av de kategorisert i fedme klasse 1 (KMI: 30–34,9) rapportert å ha en god kardiometabolsk helse (Tomiyama, Hunger, Nguyen-Cuu, & Wells, 2016).

### ***Livvidde (Waist circumference (WC))***

Livvidde (WC) er en annen metode å bruke for å kartlegge folks helse. Den sentrale fedmen er sett på som en stor risiko for den metabolske helsen og WC er en vanlig metode å bruke for å måle kroppens sentrale fedme (Katzmarzyk et al., 2012). WC gir ingen god måling på fettprosent og FM hos ungdommer sammenlignet med målinger på kroppssammensetning, men den kan gi god informasjon av kroppslige dimensjoner som kan være en risiko for helsen (Pate et al., 2012). Denne metoden er som måling av KMI enkel og billig å gjennomføre (Katzmarzyk et al., 2012).

## **2.2 Kroppssammensetning**

Forståelse av menneskets kroppssammensetning er fundamentalt for forståelsen av menneskets helse, sykdom og funksjon (Going, Lee, Blew, Laddu, & Hetherington-Rauth, 2014; Wells & Fewtrell, 2006). Det å opprettholde en sunn kroppsvekt og en sunn andel kroppsfett er en nøkkelfaktor for god helse og øker sjansen for et lengre liv (Heyward & Wagner, 2004).

Kroppssammensetning blir definert som ”en helserelatert komponent av den fysiske formen som relateres til den relative mengden muskler, fett, bein og andre vitale deler av kroppen” (Caspersen et al., 1985, p. 129). Disse komponentene er byggesteinene som bidrar til kroppens masse, form og funksjon (Going et al., 2014), og viktige komponenter for prestasjonen i idrettssammenheng. Menneskets kropp er imidlertid en kompleks organisme hvor vev og organer endrer seg i takt med kroppens utvikling, modning og aldring (Van Loan, 1996).

### **2.2.1 Muskelmasse, fettmasse (FM) og fettfri masse (FFM)**

Pubertetsforandringen hos jenter skyldes hovedsakelig at eggstokkene øker produksjonen av kvinnelige kjønnshormoner (østrogen og progesteron), mens guttenes endringer hovedsakelig skyldes testiklens økte testosteronproduksjon (Sand et al., 2014). Disse kjønnshormonene definerer i stor grad kjønnskarakteristikkene som oppstår hos ungdommer, noe som blant annet inkluderer økt fettakkumulering hos jenter og økt muskelmasse hos gutter (T. W. Rowland, 2005). Guttenes økning i kroppsmasse gjennom puberteten skjer hovedsakelig ved vektøkning av skjelettet og muskelmassen.

Det skjer også en økning i guttenes FM, men den er mindre markant. Derfor går fettprosenten vanligvis ned fra 16 % til rundt 12–14 % i løpet av puberteten (Armstrong & McManus, 2011; Stratton & Oliver, 2014). Jentene har relativt lik FM som guttene i barnealder. I ungdomstiden skjer det imidlertid en markant endring i FM hos jentene, noe som gjør at jentene øker sin FM til rundt 26–31 % av kroppsvekten (McManus & Armstrong, 2011).

Muskelmassen og styrken en person har i kroppen er sterke prediktorer for bedre beinmasse, beinmasse tetthet og beinstyrken, mens lav muskelmasse og styrke er risikofaktorer for svekket utvikling av beinmassen (Going et al., 2014). Muskelmassen hos gutter øker fra cirka 15 kg ved 11 års alder til 35 kg ved 17 års alder. Jentene har omtrent den samme muskelmassen som gutter ved 11 års alder. Men ved 17 års alder har jentene cirka 22 kg muskelmasse. Noe som tilsvarer 13 kg mindre enn guttene (Malina et al., 2004). For guttene øker muskelmassen fra 25 % av kroppens totale vekt ved fødsel til 40–45 %, eller enda mer i voksen alder. Hos jentene er det en økning til rundt 30–35 % av den totale kroppsvekten hos unge voksne (Wilmore et al., 2008). Det er også mye snakk om den fettfrie massen (FFM), som refererer til alle kroppens vev som ikke inneholder fett (Wilmore et al., 2008). FFM representerer derfor vann, muskler, bein, bindevev og indre organer (Heyward & Wagner, 2004). Utviklingen av FFM følger samme vekstmønster som høyde og vekt, og kjønnsforskjellene kommer derfor tydelig frem rundt ungdommenes vekstspurt (Malina, 2007). Vanligvis når jentene sin voksne FFM ved 15–16 års alder, hvor veksten flater ut. Guttene når vanligvis dette ved 19–20 års alder. Ved 11 års alder har kjønnene en relativt lik FFM på rundt 30 kg. Ved 20 års alder har imidlertid guttene en FFM på rundt 65 kg, mens jentenes verdi ligger like i overkant av 40 kg (Malina et al., 2004). I slutten av ungdommenes vekstspurt har gutter en fettfri kroppsmasse som er 25–30 % høyere enn jentenes (Stratton & Oliver, 2014).

Baxter-Jones, Eisenmann, Mirwald, Faulkner og Bailey (2008) fulgte 222 ungdommer (113 jenter og 109 gutter) i alderen 8–15 år longitudinelt i opptil 6 sammenhengende år. Jentene økte her sin FM progressivt med alderen, hvor de hadde en økning fra 7,3 kg ved 9 års alder til 20,9 kg ved 15 års alder. FFM økte ved samme aldersspenn fra 21,6 kg til 40,4 kg. Hos guttene var det en mye mindre markant økning i FM fra 7,2 kg ved 10 års alder til 13,3 kg ved 17 års alder. FFM økte imidlertid progressivt med alderen og

hadde en økning fra 25,9 kg til 59,1 kg. Studien sammenlignet også kjønnene ved samme biologiske alder (alder ved PHV). De hadde data på fire år før, akkurat ved og fire år etter PHV. Det var ingen signifikant forskjell i FM (kg) mellom jenter og gutter frem til ett år etter PHV. Fra ett år etter til fire år etter PHV hadde jentene signifikant ( $p < 0,05$ ) høyere FM (kg) sammenlignet med guttene. Når det gjaldt FFM, lå guttene ved alle sammenlignbare biologiske aldre signifikant ( $p < 0,05$ ) høyere sammenlignet med jentene (Baxter-Jones et al., 2008).

### **2.2.2 Måling av kroppssammensetning**

Det har skjedd stor utvikling og forbedring når det gjelder måling av kroppssammensetningen, noe som har ført til at man nå kan analysere store deler av kroppens komponenter (Malina et al., 2004). Utviklingen har vært stor og det er mange metoder å velge mellom, men det er ingen som kan regnes som en gullstandard eller en helt presis målemetode for kroppssammensetningen (Ackland et al., 2012; Pate et al., 2012). Overordnet er det vanlig å dele metoder for måling av kroppssammensetning inn i laboratoriummetoder og feltmetoder. Laboratoriummetodene er vanligvis dyrere i drift, lite fleksible og bruker lang tid på målingene. Til gjengjeld blir de ofte sett på som veldig nøyaktige, og er derfor ofte brukt som referansemetode. Feltmetodene er ofte billigere i drift, bruker kortere tid og er lettere å ta med seg ut i felten. De er imidlertid vanligvis noe mindre nøyaktige sammenlignet med laboratoriummetodene (Heyward & Wagner, 2004). Valg av metode for måling av kroppssammensetning avhenger av formålet med studien og tilgjengeligheten til teknologien (Ackland et al., 2012). Nedenfor vil jeg ta for meg noen av de mest kjente metodene for måling av kroppssammensetning.

#### ***Kalipermåling***

Kalipermåling måler underhudsfettet ved fire forskjellige kroppspunkter, triceps, mage, hofta og lår (Heyward, 2010). Utenom høyde og vekt er kalipermåling den mest brukte metoden for måling av antropometriske variabler (Hume & Marfell-Jones, 2008) og er hos barn og voksne et godt etablert måleinstrument av fettprosent, FM og FFM (Lohman & Going, 2006). Metoden krever imidlertid profesjonelle og trente testledere for å få et nøyaktig resultat, ettersom det er rapportert at en målefeil på kun 1 cm gir betydelige forskjeller i resultatene (Hume & Marfell-Jones, 2008; Marfell-Jones & Hume, 2010).

### **Dual energy X-ray absorptiometry (DEXA)**

Dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) brukes til å måle sammensetning av beinmineraltettheten og bløtvevssammensetningen i kroppen. Det gir et mål på hele kroppen eller spesifikke regioner av kroppen, i form av andelen beinmineral, fettfri bløtvev og fett (Malina, 2007). DEXA sender røntgenstråler gjennom kroppen og ettersom FM, FFM og beinmasse har en forskjellig tetthet, kan den skille disse ved å måle hvor mye strålingene svekkes (Heyward & Wagner, 2004). Denne metoden blir ofte brukt som referansemetode når man undersøker nøyaktigheten til andre målemetoder (Ackland et al., 2012; Heyward, 2010). Fordelen med DEXA er at den er nøyaktig og krever lite av forsøkspersonen (FP), men den krever imidlertid profesjonelle og erfarne testledere, samtidig som den er dyr i drift (Ackland et al., 2012; Anderson, Erceg, & Schroeder, 2012; Heyward, 2010).

### **Bioelektrisk impedans analyse (BIA)**

Bioelektrisk impedans analyse (BIA) er en vanlig metode å bruke for måling av kroppssammensetningen. Den er enkel å bruke, måler kroppssammensetningen på en rask måte og er billigere i drift sammenlignet med DEXA. Den er også fleksibel å ta med seg, slik at den er godt egnet til studier ute i felten (Anderson et al., 2012; Haverkort et al., 2014; Tompuri et al., 2015). BIA baseres på at den fettfrie massen har et høyere innhold av elektrolytter og vann sammenlignet med fett. Forskjellen i elektrolyttinnhold gjør at muskelmasse, FFM, FM og totalt kroppsvann kan bli estimert ved hjelp av elektriske signaler som sendes fra to elektroder, plassert ved foten og håndleddet (R. M. Malina, 2007; Wells & Fewtrell, 2006).

InBody 720 er et eksempel på en BIA. Dette er et multifrekvensapparat som via 8 kroppspunkter sender svakstrøm med 6 forskjellige frekvenser (1, 5, 50, 250, 500 og 1000 kHz) gjennom kroppen (Anderson et al., 2012). Dette blir gjennomført ved at FP plasserer føttene på to elektroder og holder to elektroder i hendene (Crawford, Robinson, Hunt, Piller, & Esterman, 2009). Anderson og medarbeidere (2012) undersøkte både validiteten opp mot DEXA og test-retest reliabiliteten til InBody 720 hos voksne. Både validiteten og test-retest reliabiliteten for estimeringen av fettfri masse og FM var god hos begge kjønn, og forfatterne av studien konkluderte med at InBody 720 var et veldig godt alternativ til DEXA hos voksne (Anderson et al., 2012). Lim og medarbeidere (2009) undersøkte validiteten til InBody 720 opp mot DEXA hos

friske barn og unge i alderen 6–18 år. Studien rapporterte svært høy korrelasjonskoeffisient ( $r^2 > 0,9$ ) for både FFM og FM, men noe mindre ( $r^2 > 0,8$ ) i fettprosent mellom InBody 720 og DEXA. Uansett om det er en liten forskjell i fettprosent, konkluderte forfatterne med at InBody 720 er et godt alternativ til DEXA for måling av FFM, FM og fettprosent (Lim et al., 2009). I den foreliggende studien er InBody 720 benyttet som måleinstrument for kroppssammensetningen.

### **2.3 Kronologisk vs. biologisk vekst**

Fysiske karakteristikk og muskelstyrke er velkjente faktorer som påvirker idrettslige prestasjoner, spesielt hos barn og unge hvor kronologisk alder avgjør hvem man konkurrerer mot (Armstrong et al., 2015). Det skjer mye med kroppen i puberteten. Det er en dynamisk periode med raske endringer i kroppsstørrelse, kroppsform og sammensetning. Disse raske forandringer blir ofte sett gjennom kroppslige forskjeller mellom kjønnene (Rogol et al., 2000). Samtidig er det store forskjeller i utviklingen mellom individer av samme kjønn. Puberteten kan starte på svært forskjellig tidspunkt, selv om to individer er like gamle (Tanner, 1989). Vekstspurten, PHV, og de sekundære kjønnskaraktistika kan inntreffe på svært forskjellig tidspunkt hvis man sammenligner ulike utviklingssteg med alder hos individer (Cole, Pan, & Butler, 2014; Tanner et al., 1966). Den kronologiske alderen blir ofte brukt som utgangspunkt for sammenligning i modenhet mellom individer. Men de biologiske prosessene som inntreffer i menneskets kropp følger imidlertid ikke kalenderen og en persons fødselsdato. Noen 14 år gamle gutter kan allerede ha ferdigutviklet sine sekundære kjønnskaraktistika, mens andre har noen år igjen før de i hele tatt begynner denne utviklingen. Tilsvarende variasjon finnes også hos jenter (Malina et al, 2004). Variasjon mellom individers biologiske utvikling er en faktor som påvirker både vekst, prestasjon og KRF, og således beskriver forskjeller i fysiske prestasjoner i barne- og ungdomsårene (Malina & Koziel, 2014a; Rowland, 2005). Praktisk er det ganske enkelt å sammenligne individer i forhold til alder, men det er ikke en god referanse når man undersøker biologiske data (Åstrand et al., 2003).

#### **2.3.1 Estimering av biologisk alder**

Den biologiske modningen skjer i alle kroppslige organer, vev og systemer og målinger av hvordan disse utvikles kan si noe om kroppens utvikling mot moden tilstand (Malina et al., 2015). Det er som nevnt store forskjeller i somatisk og biologisk vekst mellom barn og unge ved samme kronologiske alder, og disse forskjellene er spesielt fremhevet

hos ungdommer i tiden rundt vekstspurten (Mirwald, Baxter-Jones, Bailey, & Beunen, 2002). På bakgrunn av dette kan barn og unges individuelle modning ha stor innvirkning på fysiologiske parametere og i så måte være en konfunderende faktor for resultatet. Derfor kan det være veldig nyttig å ha måter å kontrollere modnings hastigheten på (Baxter-Jones, Eisenmann, & Sherar, 2005; Engebretsen et al., 2010). Kronologisk alder er forutsigbart og enkelt å måle, mens når det kommer til biologisk alder kan dette være mer problematisk, lite forutsigbart og vanskeligere å måle. Spesielt på ungdom i vekstspurt hvor både timing, tempo og størrelsen på modningen er svært forskjellig (Stratton & Oliver, 2014).

Det finnes imidlertid flere måter å kartlegge den biologiske alderen på. Skjelettalderen blir regnet som gullstandarden for måling av biologisk alder (Lloyd, Oliver, Faigenbaum, Myer, & De Ste Croix, 2014). Denne metoden måler utviklingen av skjelettet på venstre hånd og håndledd ved hjelp av røntgenbilder og kan ut ifra referanseverdier fastslå den biologiske alderen (Malina, 2011). Problemet med denne metoden er at den er kostbar og utsetter barn og unge for noe stråling ved røntgenbilder. I tillegg må det være radiografer som utfører målingene og kvalifisert medisinsk personell som analyserer resultatene (Lloyd et al., 2014; Malina, 2011; Malina et al., 2015). Med moderne teknologi har imidlertid strålingen fra røntgenbildene blitt mindre (Malina et al., 2015). Studering av sekundære kjønns karakteristikk er også metoder som brukes for å fastslå modenhet og pubertetsstatus hos ungdom. Dette inkluderer blant annet utvikling av kjønns hår og hår under armhulen hos begge kjønn, brystutvikling og første menstruasjon hos jenter og kjønnsorgan (skrotum og testikkelvolum), stemmeutvikling og ansiktshår hos gutter (Malina et al., 2015). Den mest brukte og kjente metoden innen kartlegging av sekundære kjønns karakteristikk er Tanner's femtrinnskala i utvikling av kjønns hår, bryster og kjønnsorganer. Trinn 1 representerer her den prepubertale tiden før utviklingen av sekundære kjønns karakteristikk trer i kraft, mens trinn 2–4 representerer puberteten. Trinn 2 er her oppstartfasen av puberteten, trinn 3 og 4 midtdelen av puberteten, mens trinn 5 representerer karakteristikkens ferdige utvikling og personens voksne tilstand (Malina et al., 2004).

For kartlegging av modnings hastighet gjennom puberteten hos jenter, er alder ved første menstruasjon den hyppigst brukte metoden. Dette kan kartlegges prospektivt hvor jenta

eller moren til jenta blir intervjuet om når første menstruasjon oppstår. Vanligst er her å følge opp jentene med et intervall på 3 eller 6 måneder. Det er også mulig å kartlegge alder ved første menstruasjon retrospektivt, hvor jenta selv så nøyaktig som mulig oppgir alderen for første menstruasjon (Malina et al., 2004). Alder ved PHV er den vanligste somatiske metoden å benytte ved måling av biologisk alder. Dette blir kartlagt ved målinger av barn og ungdoms høyde (cm), noe som blir målt årlig eller hvert andre år gjennom ungdomstiden (Malina et al., 2015). Denne metoden krever at man følger FP longitudinelt og at man starter målingene sent i barnealder og følger dem gjennom puberteten (Malina & Koziel, 2014a; Mirwald et al., 2002).

Ovenfor har det blitt fokusert på kroppens vekst fra barn til voksen, hvordan kroppssammensetningen måles, variasjoner i biologisk alder og hvordan den biologiske alderen kan måles. Som nevnt er det store forskjeller på barn i puberteten, både gjennom forskjeller mellom og innad i kjønnene. Når man skal måle og sammenligne en fysiologisk parameter i denne aldersgruppen, kan det derfor være vanskelig å vite om det er trening og FA som påvirker prestasjonen, eller om det er biologisk vekst og modning som er hovedårsaken til endringen (Baxter-Jones et al., 2005; Krahenbuhl, Skinner, & Kohrt, 1985). Treningens påvirkning på fysiologiske parametere har fått grundig oppmerksomhet i forskningen. Men dette har hovedsakelig omfattet forskning på voksne mennesker, og kunnskapen rundt barn og unge er begrenset (McNarry & Jones, 2014). Barn og unge kan ikke direkte gjenspeile voksne mennesker og deres påvirkning av trening. De vokser og modnes i eget tempo, og den fysiologiske responsen på trening varierer mens de utvikles fra barn til voksne mennesker (Armstrong & Welsman, 1997). Hvordan den KRF ( $VO_{2peak}$ ) utvikles gjennom puberteten, kjønnsforskjeller og treningens påvirkning på dette, er noe som vil bli belyst videre.

## **2.3 Kardiorespiratorisk form (KRF)**

### **2.3.1 Definisjon**

Fysisk form er et helhetlig mål på alle funksjoner og strukturer som er involvert i utførelsen av fysisk aktivitet og/eller trening. Noe som inkluderer funksjonene til muskler, hjerte, lunger, sirkulasjonssystemet, stoffskifte, det endokrine system og nervesystemet (Arday et al., 2011). Fysisk form dekker komponentene muskulær



styrke, motorikk og KRF (Malina et al., 2004). I denne oppgaven vil det dreie seg om den siste av de tre komponentene, nemlig KRF.

Oksygenopptaket blir under et arbeid akkumulert (summert) hvert sekund. Dette O<sub>2</sub>-opptaket blir kalt det akkumulerte O<sub>2</sub>-opptaket. Når en person arbeider maksimalt, altså holder høyest mulig intensitet i løpet av en gitt periode, vil det akkumulerte O<sub>2</sub>-opptaket representere den maksimale mengden VO<sub>2</sub> utøveren kan ta opp. Dette kalles KRF (Hallén, 2002). Det vil si sirkulasjons- og respirasjonssystemets evne til å levere oksygen til de arbeidende områdene og evnen til å utnytte dette for å generere muskelaktivitet under trening og fysisk aktivitet (Armstrong, Tomkinson, & Ekelund, 2011). KRF blir også ofte brukt synonymt med aerob kapasitet og aerob kondisjon.

### **2.3.3 Det maksimale oksygenopptaket (VO<sub>2maks</sub>)**

Det maksimale oksygenopptaket (VO<sub>2maks</sub>) blir regnet som det beste enkeltmålet for KRF (Armstrong & Welsman, 1994; Åstrand et al., 2003) og er et mål på en persons maksimale evne til å ta opp og forbruke oksygen per tidsenhet (Bassett & Howley, 2000). Dette fenomenet ble først beskrevet av Hill og Lupton (1923). De fant ut at når belastningen økes, økes også VO<sub>2</sub> i takt med belastningen inntil et visst punkt. Ved dette punktet øker ikke VO<sub>2</sub> ytterligere, selv om belastningen økes og kalles VO<sub>2maks</sub> (Hallén, 2013). VO<sub>2maks</sub> representerer det maksimale nivået hvor adenosintrifosfat (ATP) kan gjendannes aerobt (Poole & Jones, 2005), og uttrykker den høyeste energiomsetningen en kan ha over en lengre periode (Hallén, 2013). Energien som blir brukt utover denne belastningen kommer fra anaerob energiomsetning, noe som raskt fører til opphopning av laktat, trøtthet og avbrytelse av aktiviteten (Mitchell, Sproule, & Chapman, 1958; Widmaier et al., 2011). VO<sub>2maks</sub> måles absolutt i liter VO<sub>2</sub> per minutt (l·min<sup>-1</sup>), mens den kardiorespiratoriske formen vanligvis benevnes i VO<sub>2</sub> opptatt per kg kroppsvekt per minutt (ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>). Disse to benevningene er de mest vanlige når man oppgir VO<sub>2maks</sub> (Gjerset et al., 2007). Noen oppgir også VO<sub>2maks</sub> relatert til den fettfrie massen (VO<sub>2maks</sub> (ml·kg FFM<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>), ettersom fettmassen kan være en konfunderende faktor (Danis, Kyriazis, & Klissouras, 2003; Dencker et al., 2007; Krahenbuhl et al., 1985). Det har blitt stilt spørsmålstegn rundt benevningen av VO<sub>2maks</sub> (ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>), ettersom kroppsvekten kan være en konfunderende faktor. Derfor har det blitt brukt eksponenter av kroppsvekten som for eksempel 0,67 og 0,75, ettersom det blir hevdet at dette kan gi et bedre samsvar med løpsprestasjon (Pettersen, Fredriksen, & Ingjer, 2001). I den

foreliggende oppgave vil imidlertid  $VO_{2max}$  oppgitt som absolutt ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ), relatert til kroppsvekt ( $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) og fettfri masse ( $\text{ml} \cdot \text{kg FFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) bli presentert.

Når man skal måle  $VO_{2max}$ , er den mest nøyaktige metoden en belastningstest på tredemølle eller ergometersyssel (Kyrolainen et al., 2010). Valg av ergometer kan imidlertid ha betydning for resultatet. Ved testing på ergometersyssel er det vanlig å se at  $VO_{2max}$  ligger på 89–93 % sammenlignet med en test utført på tredemølle (Howley, Bassett, & Welch, 1995). Ved bruk av ergometersyssel og tilpasset protokoll for ungdommer er det sett en 8–10 % reduksjon i  $VO_{2max}$  sammenlignet med bruk av tredemølle (Armstrong & Welsman, 1994). En  $VO_{2max}$ -test blir både benyttet for kartlegging av kardiovaskulær helse og gjennom å analysere virkningen av et treningsprogram (Armstrong & Welsman, 1994). For å fastslå at en person har nådd sin  $VO_{2maks}$  brukes ulike kriterier. Hovedkriteriet er en avflatning på  $VO_2$  ved fortsatt økende belastning (Armstrong, Welsman, & Winsley, 1996; Taylor, Buskirk, & Henschel, 1955). Det er imidlertid mange som fullfører en maksimal  $VO_{2maks}$ -test uten at man oppnår en avflatning på  $VO_2$  (Howley et al., 1995).

#### **2.3.4 Peak oksygenopptak ( $VO_{2peak}$ )**

Når man ikke oppnår en avflatning av  $VO_2$  på en  $VO_{2maks}$ -test, har man ulike hjelpekriterier for å se om verdien kan brukes som en gyldig test. Dette er blant annet at høyeste oppnådde hjerterefrekvens ( $HF_{peak}$ ) skal være  $\pm 10$  slag av  $220 - \text{alder}$  (Åstrand et al., 2003). Respiratorisk utvekslingsratio (RER) er forholdet mellom produsert karbondioksid og opptatt oksygen ( $VCO_2/VO_2$ ), og skal være  $\geq 1,05$  (Fredriksen, Ingjer, Nystad, & Thaulow, 1998; Malina et al., 2004). Dette er det mest brukte hjelpekriteriet for å fastslå om  $VO_{2peak}$  kan karakteriseres som valid (Howley et al., 1995). Det siste kriteriet er at laktatkonsentrasjonen i blodet ( $[La^-]$ ) fra 1–3 minutter etter test skal være på  $> 6-7$  mmol/l (Armstrong & Welsman, 1994). Dersom hovedkriteriet ikke nås, men man innfrir hjelpekriteriene, har man oppnådd peak oksygenopptak ( $VO_{2peak}$ ) (Day, Rossiter, Coats, Skasick, & Whipp, 2003). Ettersom en avflatning av  $VO_2$  ofte ikke oppstår,  $HF_{peak}$  varierer mellom individer og at RER og  $[La^-]$  er avhengig av testprotokoll benyttet hos barn og unge, er det viktig at testleder har en god kommunikasjon med FP gjennom testen. En subjektiv vurdering om FP har nådd  $VO_{2peak}$  kan på grunnlag av dette gjøres av testleder (Fredriksen et al., 1998).

$VO_{2peak}$  er altså det høyeste oksygenopptaket man oppnår på en utmattelsestest uten at det er en avflatning på  $VO_2$ . Dette blir regnet som det beste målet på KRF for barn og unge (Armstrong, 2013; Armstrong & Welsman, 2001). Grunnen til dette er at man har sett at mange barn og unge ikke oppnår en avflatning av  $VO_2$  (Rowland, 1993). I studien til Rowland var det hele 67 % av FP som ikke innfridde hovedkriteriet for  $VO_{2maks}$  (Rowland, 1993). De samme funnene ble gjort av Armstrong og medarbeidere (1996). Her fant de at 39 % av jentene og 35 % av guttene i 9 års alder fikk en avflatning av  $VO_2$ . Dette sammenfaller også godt med funnene fra en annen studie, som viste at cirka 30 % av FP innfridde hovedkriteriet til  $VO_{2maks}$  (Barker, Williams, Jones, & Armstrong, 2011). Det er imidlertid vist at de barn og unge som oppnår  $VO_{2peak}$ , har et like høyt  $VO_2$  som de som oppnår  $VO_{2maks}$  (Frontera & Rivera-Brown, 1998) For å fastslå at man har nådd sin  $VO_{2peak}$  er det spesielt viktig å følge med på  $HF_{peak}$  og RER, og gjøre en subjektiv vurdering om kriteriene er nådd. Dette ettersom laktatmåling på barn og unge kan være problematisk (Armstrong et al., 1996).

### 2.3.5 Hvilke fysiologiske faktorer er med på å bestemme $VO_{2peak}$ ?

Luften inneholder 20,9 %  $O_2$ , og fra luften i atmosfæren skal  $O_2$  transporteres til cellene våre for å brukes i forbrenningen av næringsstoffene (Hallén, 2013). Denne transporten går via luftveiene, lungene, blodet, hjertet og blodåresystemet (Calbet & Saltin, 2006; Hallén, 2013).  $O_2$ -transporten i kroppen vår blir påvirket av ulike faktorer, og disse kan deles opp i sentrale og perifere faktorer. De sentrale faktorene omhandler lungenes diffusjonskapasitet, hjertets maksimale minuttvolum og blodets oksygenbærende kapasitet. Den perifere faktoren består av skjelettmuskulaturens egenskaper i forhold til utnyttning av oksygenet som er til rådighet (Bassett & Howley, 2000).

Det maksimale oksygenopptaket kan forklares ved hjelp av Ficks ligning:

$$VO_{2maks} = \text{Minuttvolum}_{maks} \cdot AV\text{-}O_2\text{-differanse}_{maks} \text{ (Heinicke et al., 2001; Rowland, 2005).}$$

Minuttvolumet er mengden blod hjertet pumper hvert minutt og er produktet av hjertets slagvolum (SV) og HF. SV er den mengden blod som pumpes ut ved hvert hjerteslag. Et friskt hjerte kan i stor grad variere sitt minuttvolum i takt med organismens behov og ved fysisk anstrengelse kan det øke til det 5–6-dobbelte av hva det gjør i hvile (Sand et

al., 2014). Arteriovenøs oksygendifferanse (AV-O<sub>2</sub>-differanse) representerer differansen av oksygeninnholdet i arterie- og veneblodet (Dahl, 2005). Det gir således et svar på hvor mye oksygen som blir tatt opp i kroppens celler (Rowland, 2005). Hos friske personer er det generelt akseptert at det er minuttvolumet som kan være en begrensende faktor for VO<sub>2peak</sub>, mens lungefunksjonen ikke er en begrensende faktor (Hassel et al., 2015).

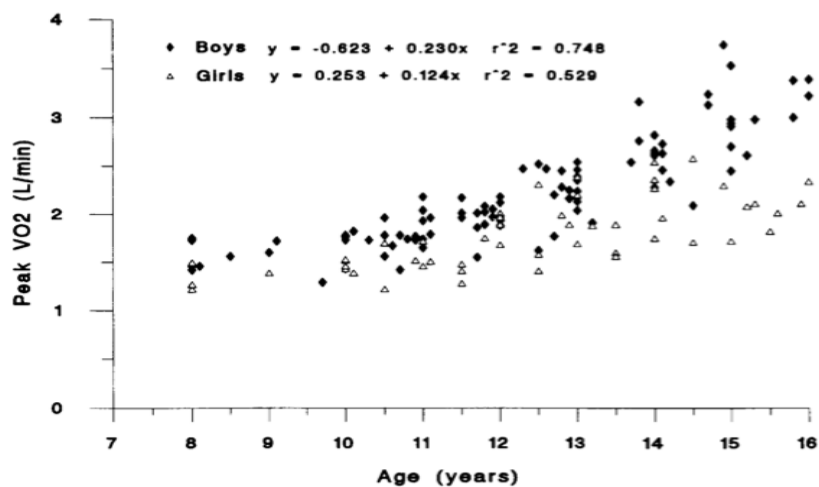
I alderen 6–16 år økes lungenes totale kapasitet fra 1937 ml til 5685 ml og vekten på hjertet økes fra 95 gram til 258 gram. Disse to faktorene øker derfor automatisk den maksimale ventilatoriske kapasiteten (l·min<sup>-1</sup>) og hjertets slagvolum gjennom barne- og ungdomsårene. Utviklingen av den KRF gjennom oppveksten involverer derfor i stor grad veksten av hjertet, lungene og sirkulasjonssystemet (Rowland, 2005). Hos friske personer er det rapportert at transporten av oksygen til de arbeidende musklene kan være den største begrensende faktor for VO<sub>2peak</sub> (Calbet & Saltin, 2006; Wagner, 2006). O<sub>2</sub>-transporten er igjen bestemt av hvordan det kardiorespiratoriske systemet (lungene, hjertet og blodet) transporterer og fordeler tilstrekkelige mengder O<sub>2</sub> til de arbeidende musklene, mens mitokondrienes oksidative kapasitet er sett å være en mindre viktig faktor for VO<sub>2peak</sub> (Calbet & Saltin, 2006). Hemoglobinet (Hb) er det som binder til seg og lett avgir O<sub>2</sub>, og er ansvarlig for blodets O<sub>2</sub>-transport (Sand et al., 2014). Hb-massen påvirker derfor transporten av O<sub>2</sub> og er en nøkkelfaktor for VO<sub>2peak</sub> (Eastwood, Bourdon, Withers, & Gore, 2009; Gore, Hahn, Burge, & Telford, 1997; Schmidt & Prommer, 2008).

## **2.4 Utviklingen av kardiorespiratorisk form (VO<sub>2peak</sub>) gjennom puberteten**

### **2.4.1 Utvikling av VO<sub>2peak</sub> (l·min<sup>-1</sup>) i forhold til alder og kjønn**

Før puberteten hos jenter og gutter er det vist liten forskjell (10 %) i maksimal aerob kapasitet, mens etter puberteten er maksimal aerob kapasitet cirka 25–35 % lavere hos jenter sammenlignet med gutter (Åstrand et al., 2003). Krahenbuhl og medarbeidere (1985) rapporterte i sin review at utrente jenter og gutter har en forholdsvis lik VO<sub>2peak</sub> (l·min<sup>-1</sup>) frem til 12 års alder. Ved 14 års alder har guttene cirka 25 % høyere VO<sub>2peak</sub> sammenlignet med jentene og ved 16 års alder har denne forskjellen økt til 50 % (Krahenbuhl et al., 1985). For gutter og jenter er det vist at VO<sub>2peak</sub> (l·min<sup>-1</sup>) øker lineært med kronologisk alder, men verdiene for jentene er noe lavere sammenlignet med

guttene (figur 4) (Armstrong, 2013; Armstrong & Welsman, 1994; Meen, 2000). Økningen er større hos guttene sammenlignet med jentene og dette ser man spesielt fra 10 års alder (Armstrong & Welsman, 1994). Gjennom puberteten er det funnet en økning av  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ) på cirka 80 % for jentene og 150 % for guttene (Armstrong & Barker, 2011). Det maksimale oksygenopptaket hos gutter øker gradvis med alderen og når sin topp ved cirka 18–20 års alder (Åstrand et al., 2003). Hos jentene er det imidlertid vist en økning frem til 13–14 års alder, hvor det oppstår et platå i det maksimale oksygenopptaket. Deretter er det vist en liten nedgang eller stabile verdier hos jentene (Beunen & Malina, 2011). Fra 25 års alder vil  $VO_{2maks}$  gradvis synke med cirka 1 % for hvert år og ved 65 års alder vil vanligvis  $VO_2$  ligge på cirka 70 % av det man hadde når man var 25 år (Meen, 2000; Åstrand et al., 2003). Edvardsen (2015) fant blant annet at gjennomsnittlig  $VO_{2max}$  hos 20–29 år gamle kvinner og menn, henholdsvis var  $40,3 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  og  $48,6 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . Etter fylte 30 år falt  $VO_{2max}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) hos både kvinner og menn med 8 % per tiår. Denne studien ble gjort på en representativ norsk populasjon.



**Figur 2.3:** Viser hvordan  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ) utvikles gjennom barne- og ungdomsårene for gutter og jenter. Figuren er hentet fra Armstrong og Welsman (1994).

Geithner og medarbeidere (2004) fulgte 105 tvillingpar (210 personer) longitudinelt fra 10–18 år, hvor  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ), PHV og PWV ble kartlagt. De fant at både gutter og

jenter økte sin  $VO_{2peak}$  progressivt med alder, men at jentene fra 13-årsalder hadde en lavere økning sammenlignet med guttene. Jentenes økning fra 13-årsalder er imidlertid i kontrast til studien til Armstrong og Welsman (1994) og Krahenbuhl og medarbeidere (1985), hvor det ble sett en avflatning eller en nedgang av  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) ved 13–14-årsalder. Geithner og medarbeidere (2004) fant også at den høyeste økningen i  $VO_{2peak}$  i løpet av ett år skjedde hos jentene ved gjennomsnittlige 12,3 år, mens den hos guttene oppstod cirka to år senere, ved 14,1 år. Økningen i løpet av denne ettårsperioden var signifikant høyere hos guttene ( $1,01 l \cdot min^{-1}$ ) sammenlignet med jentene ( $0,58 l \cdot min^{-1}$ ). Den største økningen i  $VO_{2peak}$  var også svært sammenfallende med PHV, men inntraff noe tidligere enn PWV for begge kjønn (Geithner et al., 2004).

Armstrong og medarbeidere (2001) testet  $VO_{2peak}$  på 132 engelske ungdommer. Disse ble testet fra de var 11 år og de neste målingene ble gjennomført når FP var 12, 13 og 17 år. Resultatene fra denne studien viste at guttene økte sin  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) med 99 % fra 11–17 års alder. Dette tilsvarte en økning fra  $1,78$ – $3,55 l \cdot min^{-1}$ . Jentene hadde en lavere økning enn guttene, noe som tilsvarte 50 %. De økte sin  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) fra  $1,59 l \cdot min^{-1}$  ved 11 års alder til  $2,39 l \cdot min^{-1}$  ved 17 års alder. I denne studien mente de at forskjellen i økt muskelmasse var hovedårsak til den forskjellige økningen i  $VO_{2peak}$  mellom kjønnene. Guttene hadde en muskelmasse på 54 % ved 17 års alder, mens jentene hadde sin høyeste muskelmasse på 45 % ved 13 års alder. Deretter sank den hos jentene, noe de mente skyldtes en økning i FM (Armstrong et al., 2001). I en studie av Beunen, Rogers, Woynarowska og Malina (1997) kartla de  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) på 47 og 31 aktive polske gutter og jenter longitudinelt fra 11–14 års alder. Ser man på verdiene fra de er 11–13 år, så har de en høyere verdi for alle alderstrinn sammenlignet med studien til Armstrong og medarbeidere (2001). I studien til Beunen og medarbeidere (1997) økte  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) for guttene fra  $2,35$ ,  $2,51$  og  $2,69 l \cdot min^{-1}$  og for jentene fra  $2,11$ ,  $2,26$  og  $2,23 l \cdot min^{-1}$  for henholdsvis 11, 12 og 13 års alder. I studien til Armstrong og medarbeidere (2001) økes  $VO_{2peak}$  ved samme alderstrinn fra  $1,78$ ,  $2,09$  og  $2,37 l \cdot min^{-1}$  hos guttene og  $1,59$ ,  $1,93$  og  $2,14 l \cdot min^{-1}$  hos jentene. Det kan derfor tyde på at de mer aktive ungdommene har en høyere utgangsverdi på  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) ved 11 års alder, men at økningen fra denne alderen og opp til 14 års alder er forholdsvis lik i begge studiene. Den mer aktive gruppen ligger derfor noe over ved alle alderstrinn, noe som støttes av Beunen og medarbeidere (2002), i en studie som kun er gjort på gutter. Ser man på gruppen som helhet i denne studien, er utviklingen av absolutt  $VO_{2peak}$

relativt sett lik utviklingen hos guttene fra 11–17 års alder i studien til Armstrong og medarbeidere (2001).

#### 2.4.2 Utvikling av $VO_{2peak}$ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ i forhold til alder og kjønn?

I de fleste aktiviteter skal man flytte kroppen fra en plass til en annen. For å sammenligne  $VO_{2peak}$  mellom personer med forskjellig kroppsstørrelse kan det derfor være nyttig å uttrykke  $VO_{2peak}$  relatert til kroppsstørrelsen ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) (Armstrong & Welsman, 1994). Absolutt  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) er vist å korrelere godt med kroppsvekt, og når kroppsvekt blir kontrollert for vises et annet bilde i utviklingen av  $VO_{2peak}$ . Når det høyeste oppnådde oksygenopptaket oppgis i  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ), er det rapportert en stabil verdi fra 8–18 års alder hos guttene. Hos jentene vil den imidlertid gradvis synke gjennom samme aldersspenn (figur 5) (Armstrong, 2013; Armstrong & Welsman, 1994). Krahenbuhl og medarbeidere (1985) har rapportert at guttene fra 6–16 år har en stabil  $VO_{2peak}$  på cirka  $53 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ . Hos jentene er det sett en gjennomsnittlig  $VO_{2peak}$  på  $52 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  ved 6 års alder, men at den ved 16 års alder har sunket til cirka  $40 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ . Forskjellen mellom gutter og jenter øker fra 1,5 % ved 6 års alder til 33 % ved 16 års alder (Krahenbuhl et al., 1985).



**Figur 2.4:** Viser hvordan utviklingen av  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) fra man er barn og gjennom puberteten for både jenter og gutter. Figuren er hentet fra Armstrong og Welsman (1994).

I en norsk studie publisert i 2010 av Kolle, Steene-Johannessen, Andersen og Anderssen ble  $VO_{2peak}$  kartlagt hos rundt 2300 barn og unge i alderen 9 og 15 år. Studien viste at de 9-årige jentene hadde en gjennomsnittlig  $VO_{2peak}$  på  $42,9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , mens jentene ved 15 års alder hadde en  $VO_{2peak}$  på  $41,1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . Hos guttene hadde 9-åringene en  $VO_{2peak}$  på  $48,2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , mens 15-åringene hadde en høyere gjennomsnittsverdi på  $51,9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . Studien viste allerede i 9 års alder en signifikant forskjell i  $VO_{2peak}$  ved sammenligning mellom jenter og gutter. Kjønnsforskjellene var imidlertid enda større da ungdommene var 15 år (Kolle, Steene-Johannessen, Andersen, & Anderssen, 2010). Fredriksen, Ingjer, Nystad og Thaulow (1999) støtter disse funnene. De friske guttene i deres studie hadde en signifikant høyere  $VO_{2peak}$   $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  allerede ved 8–9 års alder sammenlignet med de friske jentene. Guttene hadde en gjennomsnittlig  $VO_{2peak}$  på  $57,6 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , mens jentene hadde en  $VO_{2peak}$  på  $47,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . Forfatterne av studien mener derfor at det kan være andre faktorer enn forskjell i pubertetsutviklingen som spiller en rolle for utviklingen av  $VO_{2peak}$  (Fredriksen et al., 1999).

Forskjellene mellom kjønnene for både  $VO_{2peak}$  ( $\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$ ) og  $VO_{2peak}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ), kan ikke skyldes hjertefrekvensen. Dette ettersom det er vist at maksimal hjertefrekvens er uavhengig av kjønn (Armstrong & Barker, 2011). Det ser imidlertid ut til at guttene har et høyere SV og derfor MV sammenlignet med jentene. Arteriovenøs oksygendifferanse er også vist å være større hos guttene (Armstrong & Barker, 2011). I tillegg kan guttenes større andel muskelmasse ha en innvirkning på kjønnsforskjellene (Armstrong & Welsman, 2000; Armstrong & Welsman, 2002). Dette er foreslått som den viktigste årsaken til kjønnsforskjellen i  $VO_{2peak}$ . Økningen i muskelmasse påvirker ikke bare bedret oksygenutnyttelse, men også økt venøs tilbakestrømming til hjertet (Armstrong et al., 2015). Hemoglobinkonsentrasjonen i blodet er også med på å påvirke  $VO_{2peak}$ . Det er ikke sett noen forskjell mellom jenter og gutter før puberteten. Gjennom puberteten økes nivået av testosteron hos guttene, noe som stimulerer til økt produksjon av røde blodlegemer. Dette medfører økt konsentrasjon av hemoglobin i blodet, og guttene har derfor 10 % høyere verdier i slutten av puberteten sammenlignet med jenter (Armstrong et al., 2011). Dette kan således utgjøre noe av forskjellen i  $VO_{2peak}$  mellom gutter og jenter. Schmidt og Prommer (2008) indikerer at en økning i total hemoglobinmasse på 1 g/kg kroppsvekt assosieres med en økning i  $VO_{2peak}$  på  $4,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ .



Det er imidlertid stilt spørsmålstegn rundt trenbarheten av  $VO_{2peak}$  i puberteten. Når det gjelder suksess i idretten blant barn og unge, er dette ofte påvirket av fysiologiske parametere relatert til alder, vekst, modning og kjønn, som igjen er påvirket av individets biologiske klokke (Armstrong et al., 2015). På bakgrunn av dette er det derfor stilt spørsmål rundt trenbarheten av KRF for barn i puberteten og om forbedringen gjennom puberteten kan relateres til vekst og modning (McNarry & Jones, 2014)

#### **2.4.3 Hvordan påvirkes $VO_{2peak}$ av trening i puberteten?**

Treningens påvirkning på KRF har blitt grundig studert hos voksne, og mange forskere har anbefalt samme treningsprogram for barn og unge. Det er imidlertid ikke enighet om hvordan treningen påvirker barn og unges kardiorespiratoriske form (Baquet et al., 2003; McNarry & Jones, 2014; Naughton, Farpour-Lambert, Carlson, Bradney, & Van Praagh, 2000). Den kritiske fasen i fysisk modenhet der trening har sin største innflytelse på  $VO_{2peak}$ , er usikker (LeMura, von Dullivard, Carlonas, & Andreacci, 1999). Katch (1983) foreslo noe han kalte ”triggerhypotesen”, hvor han mente at barns trenbarhet av muskulær og kardiovaskulær funksjon er dårlig eller ikke til stede før en kritisk tidsfase (kalles ”trigger-point”). Denne fasen inntreffer ved puberteten hos de fleste, men kan inntreffe noe før hos andre. Grunnen til dette mente han blant annet skyldtes mangel på hormonell kontroll før den kritiske fasen inntreffer (Katch, 1983).

Hos utrente voksne er det vist en forbedring av  $VO_{2max}$  på mellom 15–25 % etter en periode med trening (Rowland, 2002). Hos barn og unge er det rapportert en lavere treningsindusert påvirkning av  $VO_{2peak}$ , hvor en økning på 5–6 % er vanlig. Når man kun har undersøkt studier som viser en signifikant økning i  $VO_{2peak}$ , er økningen på 8–10 % (Baquet et al., 2003; LeMura et al., 1999; Obert et al., 2003). LeMura og medarbeidere (1999) fant blant annet at de eldste barna (11–13 år) hadde en signifikant høyere forbedring av  $VO_{2peak}$  sammenlignet med de yngre barna (8–10 år). Noe som støtter Katch (1983) sin hypotese om at barns trenbarhet før puberteten er liten eller ikke til stede.

I en studie utført av Danis og medarbeidere (2003) ble treningseffekten på  $VO_{2peak}$  undersøkt gjennom inkludering av eneggede tvillinger i alderen 11–14 år. I studien deltok 9 tvillingpar og alle parene var gutter. Den ene tvillingen ble trukket i intervensjonsgruppen, hvor man trente utholdenhet i 6 måneder, mens den andre tvillingen fungerte som kontroll. Studien viste at intervensjonsgruppen hadde en

signifikant økning i den absolutte  $VO_{2peak}$  både etter 1,5 og 3 måneder, uten at kontrollgruppen hadde en signifikant økning. Etter 6 måneder hadde imidlertid både intervensjons- og kontrollgruppen en signifikant økning i absolutt  $VO_{2peak}$ , og det var ingen forskjell mellom gruppene. Den gjennomsnittlige økningen av absolutt  $VO_{2peak}$  etter 6 måneder var på 14,9 % hos intervensjonsgruppen og 10,5 % hos kontrollgruppen. Det ble også rapportert  $VO_{2peak}$  relatert til både kroppsvekt og FFM. Intervensjonsgruppen hadde en signifikant økning etter 6 måneder på 10,6 % og 9,0 %, for henholdsvis  $VO_{2peak} \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  og  $VO_{2peak} \text{ ml} \cdot \text{kg FFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . Hos kontrollgruppen var det ingen signifikant endring. Denne forskjellen mente forfatterne først og fremst skyldtes intervensjonsgruppens endring i kroppssammensetning, hvor de hadde en noe lavere økning i kroppsmasse og en signifikant nedgang i relativt kroppsfett (%). I denne studien så de også på treningseffekten hos de 3 tvillingparene som ble kategorisert som prepubertale og de 6 tvillingparene som ble kategorisert som pubertale. Hos de prepubertale tvillingparene i intervensjonsgruppen så man en økning på 19,3 % i absolutt  $VO_{2peak}$ , mens økningen i kontrollgruppen kun var 5,2 %. Hos de pubertale tvillingparene så de en lik økning på 12,7 % og 13,1 % i absolutt  $VO_{2peak}$ , for henholdsvis intervensjons- og kontrollgruppen. Det kan derfor se ut som at det er en god treningseffekt på absolutt  $VO_{2peak}$  før puberteten inntreffer, men at denne effekten uteblir når guttene kommer i puberteten. (Danis et al., 2003). Dette er imidlertid i motsetning til Katch (1983) sin "triggerhypotese" og Krahenbuhl og medarbeidere (1985), som fant at forskjellen var størst i ungdomsårene sammenlignet med barn i yngre aldre. Trente barn og unge i alle aldre hadde imidlertid høyere  $VO_{2peak}$  sammenlignet med mindre aktive barn og unge. Studien til Danis et al. (2003) viste også at det var en høy korrelasjon ( $r=0,93$ ) mellom økning i kroppshøyde og økning i  $VO_{2peak}$  for de pubertale tvillingene. Forfatterne mener derfor at økningen i absolutt  $VO_{2peak}$  ikke er større enn at dette kan tilskrives effekten av veksten og at dette viser at treningseffekten i puberteten ikke er tilstede. Treningen gir imidlertid effekt på kroppssammensetning, noe som påvirker  $VO_{2peak}$  relatert til kroppsvekt og fettfri kroppsmasse i positiv retning (Danis et al., 2003).

Eastwood, Bourdan, Withers og Gore (2009) sammenlignet 12 syklistere med 11 utrente kontroller, i alderen 11–15 år. De 12 syklistene gjennomførte et 12 måneder langt treningsprogram. Treningen ble loggført både av kontrollgruppen og av treningsgruppen, som gjennomførte henholdsvis 2,2 og 5,9 timer i gjennomsnitt per

uke. Hos treningsgruppen så man etter 12 måneder en signifikant økning i absolutt  $VO_{2peak}$ , men ikke hos kontrollgruppen. Når man så på relativ  $VO_{2peak}$  i forhold til kroppsmasse, hadde treningsgruppen en signifikant økning fra 57,8–64,2 ml · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>. Dette tilsvarte en økning på 11,3 %. Kontrollgruppen hadde en nedgang i relativ  $VO_{2peak}$  fra 44,4–43,3 ml · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>, noe som tilsvarte en reduksjon på 3,3 %. Dette er sammenfallende med funnene fra Obert og medarbeidere (2003) på 10–11 år gamle barn, hvor effekt av trening på  $VO_{2peak}$  relatert til kroppsmasse ble undersøkt. Intervensjonsgruppen utførte et 13 ukers treningsprogram med tre treninger av 1–1,5 timer per uke. Intensiteten på treningene var > 80 % av  $HF_{maks}$ . Guttene i intervensjonsgruppen økte sin  $VO_{2peak}$  signifikant fra 44,1–50,9 ml · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>, mens kontrollgruppen hadde en nedgang fra 51,5–50,3 ml · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>. Hos jentene økte  $VO_{2peak}$  signifikant fra 40,9–44,2 ml · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup> for intervensjonsgruppen, mens man hos kontrollgruppen kun hadde en veldig liten økning fra 42,4–42,6 ml · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>. Samlet hadde intervensjonsgruppen for både guttene og jentene en økning på 10 % i  $VO_{2peak}$  (Obert et al., 2003).

McNarry, Welsman og Jones (2011) undersøkte forskjellen i  $VO_{2peak}$  mellom trente og utrente jenter som var prepubertale, pubertale og postpubertale. De trente jentene var svømmere og trente 14, 18 og 22 timer per uke, for henholdsvis de prepubertale (11–12 år), pubertale (14 år) og postpubertale (16–17 år) jentene. Resultatene fra testen på ergometersykkel viste at både de trente pubertale og postpubertale hadde en signifikant høyere  $VO_{2peak}$  sammenlignet med de utrente. I den pubertale gruppen hadde de trente jentene en gjennomsnittlig  $VO_{2peak}$  på 2,2 l · min<sup>-1</sup> og 38,0 ml · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>, mens de utrente hadde 1,8 l · min<sup>-1</sup> og 34 ml · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>. For de postpubertale hadde de trente jentene en  $VO_{2peak}$  på 2,5 l · min<sup>-1</sup> og 43 ml · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>, mens de utrente hadde en  $VO_{2peak}$  på 2,2 l · min<sup>-1</sup> og 35 ml · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>. For de prepubertale ble det ikke funnet noen forskjell mellom de trente og utrente jentene (McNarry et al., 2011).

Grunnen til høyere  $VO_{2peak}$  hos trente ungdommer sammenlignet med utrente, er man forholdsvis sikker på skyldes et bedre SV og gjennom det et bedre MV. Dette ettersom  $HF_{maks}$  og arteriovenøs oksygendifferanse ikke ser ut til å være trenbart (McNarry et al., 2011; Obert et al., 2003; Rowland et al., 2009). Ovenfor er det også nevnt at hemoglobinmassen i kroppen er en viktig faktor for å bedre  $VO_{2peak}$ . Schmidt og Prommer (2008) fant i sin metaanalyse at den gruppen med best ytelse hadde 30 % høyere total hemoglobinmasse sammenlignet med den gruppen med lavest ytelse. I

denne artikkelen hadde de delt inn i fire ytelseskategorier ut ifra  $VO_{2peak}$  og det ble sett en økning i total hemoglobinmasse for hver ytelseskategori opp til og med den gruppen med best ytelse (Schmidt & Prommer., 2008). Deres studie er imidlertid gjort på voksne mennesker, og det er mer usikkert hvordan den totale hemoglobinmassen utvikles av trening gjennom pubertetsalderen. Eastwood og medarbeidere (2009) fant blant annet ingen signifikant forbedring i relativ hemoglobinmasse (g/kg) gjennom 12 måneders treningsintervensjon hos 11–15 år gamle ungdommer. Ved oppstart av studien var den relative hemoglobinmassen signifikant høyere hos intervensjonsgruppen sammenlignet med kontrollgruppen. Den totale hemoglobinmassen økte imidlertid hos både intervensjons- og kontrollgruppen, noe forfatterne mente kunne tilskrives den fysiske veksten gjennom puberteten.  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) økte hos intervensjonsgruppen med 11 %, mens den relative hemoglobinmassen forble uendret. Forfatterne mener derfor økningen i  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ), må tilskrives andre fysiologiske faktorer enn hemoglobinmassen (Eastwood et al., 2009). Dette støttes også av Ulrich, Bärtsch, and Friedmann-Bette (2011), som heller ikke fant noen økning i relativ hemoglobinmasse etter 18 måneder intervensjonsperiode med utholdenhetstrening hos ungdommer sent i puberteten (15–17 år). Den totale hemoglobinmassen økte imidlertid signifikant hos intervensjonsgruppen. Det ble også sett at den utholdenhetstrengte gruppen lå signifikant over kontrollgruppen i relativ hemoglobinmasse ved alle målinger (baseline, 6, 12 og 18 måneder etter) (Ulrich et al., 2011).

Det er usikkert hva slags treningsfrekvens, varighet på treningen og intensitet som må til for at barn og unge skal forbedre sin  $VO_{2peak}$  (Armstrong & Barker, 2011). En studie av Stodedefalke, Armstrong, Kirby og Welsman (2000) fant blant annet at et 20 ukers treningsprogram med tre treninger av 20 min per uke og med en intensitet på 75–85 % av  $HF_{maks}$ , ikke ga noen effekt på  $VO_{2peak}$  hos 13–14 år gamle jenter. Grunnen trodde forfatterne kunne skyldes at treningen ikke hadde en tilstrekkelig frekvens, lengde og intensitet. I studien til Nes, Osthus, Welde, Aspenes, og Wisloff (2013) fant de at det var en signifikant positiv assosiasjon mellom fysisk aktivitetsnivå og  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg^{-0,67} \cdot min^{-1}$ ) i aldersgruppene 13–14 år, 15–16 år og 17–18 år for begge kjønn. Studien så også på hvordan intensiteten påvirket  $VO_{2peak}$  og det ble kun sett en signifikant forskjell i  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg^{-0,67} \cdot min^{-1}$ ) ved å gå fra moderat til veldig hard intensitet for jenter i aldersgruppen 13–14 år og 17–18 år. Det ble ikke sett noen signifikant forskjell i alle aldersgrupper for gutter og for jenter i aldersgruppen 15–16 år (Nes et al., 2013). I en

review av Baquet og medarbeidere (2003) ble det funnet at en økning i  $VO_{2peak}$  hos barn og unge var uavhengig av frekvens, varighet og treningsprogrammets lengde. De konkluderte imidlertid med at intensiteten var nøkkelfaktoren og at denne burde være på minimum 80 % av  $HF_{maks}$  for at en signifikant effekt av treningen hos barn og unge kan oppnås. Dette støttes også av Armstrong og Barker (2011), som hevder at barn og unge bør ha en intensitet på 85–90 % av  $HF_{maks}$  for å se en treningsindusert økning i  $VO_{2peak}$ . Intensiteten ser de på som en nøkkelfaktor. For å optimalisere økningen i  $VO_{2peak}$  har de også funnet ut at en kombinasjon av intervall og kontinuerlig aerob trening som omhandler store muskelgrupper har den beste effekten. Denne treningen bør utføres 3–4 ganger per uke, med en varighet på 40–60 minutter og en intervensjonslengde på minimum 12 uker (Armstrong & Barker., 2011).

### **3.0 Metode**

I dette kapitlet vil jeg beskrive studiens og datainnsamlingens forløp, og hvilke målemetoder som ble benyttet. I tillegg vil valg av statistiske analyser bli beskrevet.

#### **3.1 Studiedesign**

Den foreliggende oppgaven er en del av et mer omfattende prosjekt. Hensikten med den foreliggende oppgaven var å undersøke utvikling av KRF og kroppssammensetning gjennom 5–6 år i puberteten. Studien har et prospektivt eksperimentelt design med testing av jenter og gutter i alderen 11–17 år (én gang per år).

Hovedmålet med den foreliggende studien var å undersøke hvordan kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ ) og kroppssammensetning endrer seg gjennom puberteten og om KRF har en sammenheng med kroppssammensetning. Utviklingen av  $VO_{2peak}$  og kroppssammensetning følges på samme gruppe gjennom 5 år for jentene og 6 år for guttene. Testing av  $VO_{2peak}$  og kroppssammensetning ble utført til tilnærmet samme tid (januar–mars) hvert år. Måling av kroppssammensetning ble utført med kroppsanalyse av InBody 720 og  $VO_{2peak}$  ble målt med en belastningstest til utmattelse på tredemølle. Testprosedyrene blir beskrevet mer spesifikt nedenfor.

Kontrollgruppe er ikke inkludert og resultater fra den foreliggende studien vil bli sammenlignet med resultater fra tverrsnittstudier i ulike aldersgrupper og andre oppfølgingsstudier.

#### **3.2 Rekrutteringen og beskrivelse av utvalget**

Tjueto gutter i alderen 12 år og 30 jenter i alderen 11 år fra to ulike idrettsklubber ble spurt om å delta i den foreliggende studien. Guttene og jentene er rekruttert fra henholdsvis én fotballklubb og én håndballklubb i Bærum. Guttene er født i 1997/1998, mens jentene er født i år 1999/2000. I den foreliggende studien er guttene fulgt frem til de var 17 år, mens jentene er fulgt frem til de var 15 år. Hovedstudien vil fortsette til guttene er henholdsvis 20 år og jentene 18 år.

For at FP skulle inkluderes i den foreliggende studien måtte de trene minimum tre organiserte treningsøkter per uke. FP skulle være friske på testdagen og ikke ha noen skade som kunne påvirke testresultatet. FP måtte i tillegg ha deltatt og fullført alle år med testing. På grunnlag av dette er derfor 7 jenter og 5 gutter ekskludert fra studien.

Totalt er 40 FP (23 jenter og 17 gutter) inkludert i den foreliggende studien. Alder, antropometriske data (høyde, kroppsvekt) og kroppsmasse index (KMI) er presentert for jenter og gutter i tabell 3.1. En mer utfyllende tabell blir presentert i resultatdelen.

**Tabell 3.1:** Antropometriske data for jentene (10,8–15,1 år) og guttene (12,2–17,2 år).

Jenter (n=23)						
<b>Alder (år)</b>	<b>10,8 (0,4)</b>	<b>11,9 (0,5)</b>	<b>12,8 (0,4)</b>	<b>13,9 (0,4)</b>	<b>15,1 (0,5)</b>	
<b>Kroppshøyde (cm)</b>	149,1 (5,4)	157,0 (5,9)	163,2 (6,0)	166,1 (5,4)	169,2 (5,2)	
<b>Kroppsvekt (kg)</b>	39,9 (5,5)	45,9 (5,8)	51,1 (6,8)	56,2 (7,0)	60,8 (6,5)	
<b>KMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	17,9 (1,8)	18,6 (1,9)	19,1 (1,9)	20,3 (2,2)	21,2 (2,0)	
Gutter (n=17)						
<b>Alder (år)</b>	<b>12,2 (0,3)</b>	<b>13,1 (0,2)</b>	<b>14,1 (0,3)</b>	<b>15,1 (0,3)</b>	<b>16,2 (0,4)</b>	<b>17,2 (0,4)</b>
<b>Kroppshøyde (cm)</b>	157,4 (8,4)	163,7 (8,8)	171,6 (8,2)	177,1 (7,6)	180,4 (6,7)	182,6 (6,4)
<b>Kroppsvekt (kg)</b>	44,3 (6,8)	49,8 (7,9)	56,7 (8,5)	63,5 (9,5)	69,0 (10,1)	73,6 (9,7)
<b>KMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	17,8 (1,8)	18,5 (1,9)	19,2 (2,0)	20,2 (2,2)	21,1 (2,4)	22,0 (2,5)

Alle verdier er gjennomsnittverdier med standardavvik (SD). KMI= kroppsmasseindeks (kroppsvekt (kg)/kroppshøyde (m)<sup>2</sup>).

n=antall forsøkspersoner.

### 3.3 Deltakernes treningsstatus

Deltakerne er, som nevnt, del av et fotballag og et håndballag i Bærum. Guttene har derfor gjennom alle år hatt to organiserte fotballøker i uken. Jentene har trent tre til fire håndballøker i uken. I tillegg til dette har både jentene og guttene én styrt kondisjonsøkt i uken. Denne økten består hovedsakelig av høyintensiv intervalltrening. Det er ikke brukt noen form for objektiv måling av intensitet på treningen. Noen av FP deltar også i annen idrett eller aktivitet. Dette gjør at antall treningstimer varierer blant deltakerne. Forsøkspersonene (FP) svarte på ett spørreskjema (vedlegg 5) hvert år, hvor det blant annet ble spurt om antall treningstimer per uke.

### 3.4 Testprosedyre og målinger

Testene er gjennomført på cirka 10 testkvelder hvert år i januar–mars ved fysiologisk laboratorium, Seksjon for idrettsmedisinske fag ved Norges idrettshøgskole og foregikk hovedsakelig på kveldstid mellom kl. 16.00 og 21.00. 3–6 studenter har sammen med prosjektleder vært ansvarlige for testingen hvert år. I forkant av testdagene ble det gjennomført 2–3 øvelseskvelder hvor hele testprosedyren ble gjennomgått. Dette for å bli godt kjent med testprosedyrene og utstyret som ble brukt. Undertegnede har deltatt som testleder i fire år og skrevet bacheloroppgave med problemstilling fra studien.

Den fullstendige testprosedyren inneholdt kartlegging av lungefunksjon og ventilatorisk kapasitet målt ved maksimal voluntær ventilasjon (MVV). Disse testene var standardisert i henhold til gjeldende retningslinjer fra European Respiratory Society (ERS, 1997). Lungefunksjon er ikke inkludert i foreliggende studie og vil således ikke bli nærmere beskrevet.

#### **3.4.1 Kronologisk og biologisk alder**

Kronologisk alder ble beregnet og notert til antall år og dager fra fødselsdato til testdato. Jentene ble hvert år spurt om de hadde fått menstruasjon. Hvis de hadde fått dette det foregående året, måtte de så nøyaktig som mulig prøve å anslå tidspunktet. Dette ble gjort ved et validert spørreskjema (vedlegg 4) for å kartlegge biologisk alder.

#### **3.4.2 Antropometriske målinger**

Antropometriske målinger ble foretatt av alle deltakerne med lette klær og ingen sko eller sokker. Høyde ble målt i en strak oppreist stilling med et digitalt stadiometer (SECA 217, Germany) og nærmeste 0,1 cm ble notert. Vekt ble målt med Inbody 720 (Body Composition Analyzer, Biospace Co. Ltd., Seoul, Korea) og nærmeste 0,1 kg ble notert. KMI ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) ble regnet ut ved å dele vekten på høyden i andre ( $\text{m}^2$ ).

#### **3.4.3 Kroppssammensetning**

Kroppssammensetning ble målt ved hjelp av en bioimpedansvekt, Inbody 720 (Body Composition Analyzer, Biospace Co. Ltd., Seoul, Korea). FP gjennomføre målingene uten sko og sokker, samt lette treningsklær og etter standardisert prosedyre som inkluderte minimum to timers fasting og ingen drikke. Hender og føtter var i kontakt med elektroder som sender svakstrøm fra 8 forskjellige kroppspunkter med 6 forskjellige frekvenser (1, 5, 50, 250, 500 og 1000 kHz). Testen er vist på figur 3.1. FP stilte føttene på de markerte feltene på apparatet. Hælen skulle settes ned på den bakerste runde elektroden, mens fremre delen av foten skulle dekke den resterende del av elektroden. Apparatet målte først vekten til FP. ID, høyde og kjønn ble lagt inn. Deretter tok FP tak i håndelektroden. Tomlene ble holdt på elektroden som var på oversiden, mens de resterende fire fingrene ble holdt på undersiden av måleinstrumentet. FP stod oppreist i en nøytral stilling og hendene ble holdt litt ut fra kroppen. Målingene tok cirka 2 minutter. Målevariablene som ble skrevet ut og notert var vekt (kg), KMI ( $\text{kg}\cdot\text{m}^2$ ), FMM (kg), fettprosent (%), muskelmasse (kg) og FM (kg).

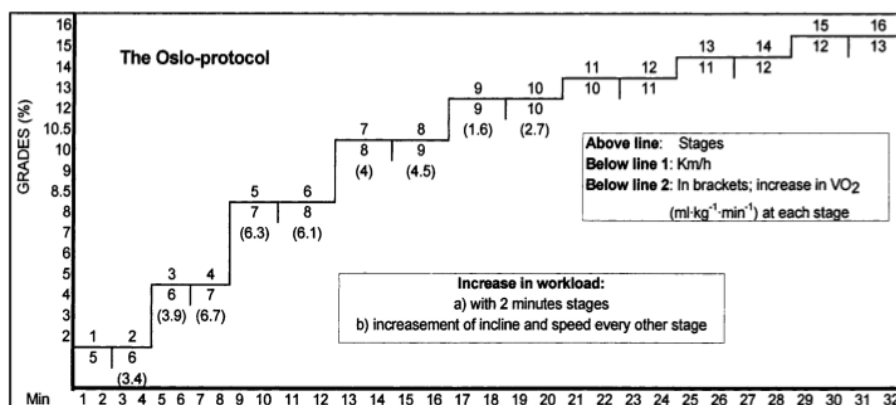




**Figur 3.1:** Figuren viser hvordan kroppssammensetningen ble målt ved hjelp av apparatet InBody 720.

### 3.4.5 Peak oksygenopptak

$VO_{2peak}$  ble gjennomført ved løp på tredemølle (Woodway Elg 70, Weil am Rhein, Germany). Testprotokollen som ble benyttet var Osloprotokollen (figur 3.1). Her økes belastningen (helningsvinkel og hastighet annenhver gang) hvert 2. minutt til utmattelse (Fredriksen et al., 1998). Testen inkluderer oppvarming og har en varighet på cirka 15–30 minutter.



**Figur 3.2:** Viser hvordan Osloprotokollen øker i belastning fra start til utmattelse.

Hentet fra Fredriksen, Ingjer, Nystad og Thaulow (1999).

FP pustet gjennom en treveis ventil (Hans Rudolph Instr., USA) og oksygenopptaket ble målt direkte ved hjelp av et automatisk ergospirometriutstyr med miksekammer (Oxycon Pro, Jaeger-Toennis, Hochberg, Germany). Før kalibrering ble romtemperatur og luftfuktighet målt. Volumet ble før hver testdag og for hver tredje FP kalibrert manuelt ved hjelp av en tre liters pumpe (Calibration Syringe, series 5530, Hans Rudolph Inc., MO, USA). O<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub> kalibreres både mot romluft og mot gass med kjente konsentrasjoner (cirka 95 % N og 5 % CO<sub>2</sub>). Ekspirasjonsluften fra FP ledes gjennom analysatoren via et miksekammer med påmontert volumtransducer for måling av ventilasjon (VE). I miksekammeret blandes luften, og en liten mengde av ekspirasjonsluften (25ml) føres gjennom analysatoren for måling av O<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub>. Før testen startet ble det gjennomgått og øvd inn sikkerhetstiltak for hvordan FP på en sikker måte skulle hoppe av beltet på tredemøllen ved utmattelse. Myke matter ble passert bak tredemøllen i tilfelle fall. Ekstra testpersonell var til stede for å hjelpe FP ved utmattelse og avsluttet test. FP godkjente i forkant av testen at det var greit med et fingerstikk for å måle laktatkonsentrasjon ([La<sup>-</sup>]) i blodet.

For måling av hjertefrekvens (HF) ble det benyttet hjertefrekvensmåler med trådløs overføring (Polar WearLink, Polar Electro Oy, Kempele, Finland). Denne ble tilpasset den enkelte ved hjelp av et elastisk bånd og hvor måleren ble plassert rett under brystet. Hjertefrekvensmåleren sender signal til mottaker (Polar S610, Polar Electro Oy, Kempele, Finland), hvor HF ble lest av. Hjertefrekvensmåleren ble påsatt FP før testen startet. HF ble registrert ved utmattelse og notert som høyeste oppnådde hjertefrekvens (HF<sub>peak</sub>). Før testen ble munnstykket sjekket. FP fikk prøve munnstykket og testleder fikk sjekket at det kom målinger. Forsøkspersonen løp med munnstykket koblet til ergospirometeret og neseeklype de siste 8–10 minuttene av testen slik at ekspirasjonsluften ble analysert og absolutt oksygenopptak (l·min<sup>-1</sup>) målt. Registrering av gassutveksling og volum ble utført hver 30. sekund. Den høyeste målingen ble definert som VO<sub>2peak</sub>. Utmattelse ble definert som nådd når FP ikke lenger var villig til å fortsette testen til tross for verbale oppmuntringer fra testleder. Subjektiv vurdering av om FP hadde nådd utmattelse ble gjort av testleder. Objektive kriterier for å vise at FP holdt på til utmattelse var en avflatning av VO<sub>2</sub> ved fortsatt økende belastning, respiratorisk utvekslingsratio (RER) på >1,05 (Fredriksen et al., 1998), laktatkonsentrasjon i blodet ([La<sup>-</sup><sub>bl</sub>]) fra 1–3 min etter test på > 6–7 mmol/l. (Armstrong

& Welsman, 1994) og høyeste oppnådde hjertefrekvens ( $HF_{peak}$ ) på  $\pm 10$  slag av 220 – alder (Åstrand et al., 2003). Måling av laktat ble gjennomført cirka 1 minutt etter testen. For analysering av laktatkonsentrasjonen i blodet ble måleinstrumentet 1500 Sport, YSI Incorporated (USA) benyttet.



**Figur 3.3:** Viser testsituasjon ved måling av kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ ).

$VO_{2peak}$  målt absolutt ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ) og relativt til kroppsvekt ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ), hjertefrekvens (HF), VE, RER og pustefrekvens (PF) ble målt og notert hvert minutt de siste 8 minuttene av testen. De respektive maksimalverdiene ved utmattelse ble benyttet i analysene.

### **3.5 Statistikk**

Resultatene er lagt inn og analysert i Statistical Package for Social Sciences (SPSS, version 21.0; Chicago, IL, USA). Microsoft Excel 2011 (v. 14.5.4) er brukt til å lage figurer og Microsoft Word 2011 (v.14.5.4) til å lage tabeller. Alle data er sjekket for normalfordeling, ved å analysere skewness og kurtosis. Antropometriske data er presentert med gjennomsnitt og standard avvik (SD) i metoddelen. Resultater er oppgitt som gjennomsnitt og 95 % konfidensintervall (95 % KI). Paret t-test ble benyttet for å undersøke endring fra år til år for jenter og gutter og t-test for uavhengige grupper ble benyttet for å undersøke forskjellen mellom jenter og gutter. ANOVA for repeterte målinger (mixed model) ble også utført, for å se om det var noen forskjell mellom denne metoden og paret t-test. Resultatene fra paret t-test ble benyttet i den foreliggende studien. Multipel regresjonsanalyse ble benyttet for å undersøke faktorer som kunne

forklare utviklingen av KRF ( $VO_{2peak}$ ). En p-verdi  $\leq 0,05$  ble regnet som statistisk signifikant.

### **3.6 Multippel regresjonsanalyse**

En multippel regresjonsanalyse forklares gjennom følgende likning:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n + E, \text{ der}$$

y = avhengige variabelen

x = uavhengige variablene

$b_0$  = Konstantleddet. Verdien til y dersom alle x-ene er lik null.

b = Stigningskoeffisienten. Hvilken påvirkning en enhetlig endring i en uavhengig variabel har på den avhengige variabelen.

E = residualleddet. Endringer ved den avhengige variabelen som ikke lar seg forklare av de uavhengige variablene (O'Donoghue, 2012).

Dette er en metode der man undersøker hvilken effekt flere uavhengige variabler, kalt x, har på den avhengige variabelen, kalt y. Stigningstallet til de uavhengige variablene, b, angir hvor stor en enhet endring av x påvirker y. Signifikansnivået, kalt p, forklarer om metoden som helhet har blitt signifikant påvirket og om de uavhengige variablene påvirker signifikant den avhengige variabelen. Forklaringsgraden, kalt  $R^2$ , forteller hvor mye de uavhengige variablene forklarer av den lineære utviklingen til den avhengige variabelen (O'Donoghue, 2012).

### **3.7 Etikk**

Studien følger alle retningslinjer for involvering av barn i et forskningsprosjekt.

Forskningsetiske retningslinjer for samfunnsvitenskap, humaniora, juss og teologi (NESH 2006) tar for seg etiske vurderinger knyttet til barns deltagelse i

forskningsprosjekter (se spesielt kap. B, pkt.7 og 12). Disse punktene omhandler krav om å unngå skader og belastninger og barns krav på beskyttelse (Kalleberg, 2006).

Helsinkideklarasjonen (2013) nevner ikke barn spesielt, men barn kommer inn under populasjoner som er ekstra sårbare. De kan blant annet ikke gi samtykke selv og skal ikke utsettes for større risiko eller ubehag enn det de utsettes for i sitt daglige virke. De skal heller ikke delta i prosjekter hvis det ikke er direkte til nytte for barnet. Skriftlig informert samtykke basert på frivillig deltagelse fra både foreldre og barnet selv ble derfor innhentet før hver testperiode (vedlegg 2 og 3). Prosjektbeskrivelsen med testprotokoller (vedlegg 1) ble lagt frem for Regionale komiteer for medisinsk og

helsefaglig forskningsetikk (REK sør-øst D) og prosjektet ble innmeldt til Norsk samfunnsvitenskapelige datatjeneste (NSD).

Testene barna har gjennomført i den foreliggende studien omfattet ingen invasive målinger (bortsett fra et fingerstikk) og ingen tester som medførte risiko eller ubehag utover det de gjør til daglig.  $VO_{2peak}$ -testen krever løp til utmattelse på tredemølle og kan føles ubehagelig for noen de siste minuttene av testen. Det var liten risiko for at de kunne falle og skade seg, men de fikk god tilvenning til tredemøllen før teststart og sikkerhetstiltak med opplæring og myke matter bak tredemøllen var på plass. I tillegg var disse barna og ungdommene vant til å trene med høy intensitet og ta seg maksimalt ut. Derfor anså vi risikoen for å føle ubehag eller skade som minimal. De visste etter hvert også hva de gikk til, siden de har blitt testet én gang per år i henholdsvis 5 år (jenter) og 6 år (gutter). All informasjon som kan knyttes til FP blir holdt konfidensielt og ingen informasjon knyttet til studien vil bli oppgitt til en tredjepart.

## 4.0 Resultater

I denne delen presenteres resultatene fra den foreliggende studien. Jentene har en noe lavere gjennomsnittsalder enn guttene ved de sammenlignbare testtidspunktene. Årene som blir sammenlignet er ved 12 års alder (jenter: 11,9 år; gutter: 12,2 år), 13 år (jenter: 12,8 år; gutter: 13,1 år), 14 år (jenter: 13,9 år; gutter: 14,1 år) og 15 år (jenter: 15,1 år; gutter: 15,1 år). De vil bli presentert uten desimaler i resultatteksten og i figurene, og med desimaler i tabellene.

### 4.1 Antropometriske data

Tabell 4.1 viser utvalgets antropometriske data, antall treningstimer per uke og alder for første menstruasjon for jentene. Jentenes høyde økte med 20,1 cm (13,5 %) fra 11 til 15 års alder. Den største lengdeveksten i løpet av ett år oppstod fra 11 til 12 år, hvor den gjennomsnittlige økningen var på 7,9 cm. Kroppsvekten (kg) har en relativt lik utvikling, den økte med 20,9 kg (52,4 %) fra 11 til 15 år. Jentenes høyde økte med 14,1 cm fra jentene var 11 til 13 år, mens den kun økte med 6,0 cm fra 13 til 15 års alder. Kroppsvekten økte jevnt, med henholdsvis 11,2 kg og 9,7 kg, for henholdsvis 11 til 13 år og 13 til 15 år. Guttene høyde og vekt økte med henholdsvis 25,2 cm (16,0 %) og 29,3 kg (66,1 %) fra 12 til 17 års alder. Den største økningen i kroppshøyde og vekt i løpet av ett år skjedde fra 13 til 14 år, med en økning på henholdsvis 7,9 cm og 6,9 kg.

Jentene hadde en gradvis økning i antall treningstimer per uke fra 11 til 15 år. Ved 15 års alder trente de i gjennomsnitt 6,6 timer mer enn ved 11 års alder. For guttene var det imidlertid ingen forskjeller fra år til år i antall treningstimer per uke. Ved 17 års alder er imidlertid spredningen i antall treningstimer størst vist ved forskjellen mellom konfidensintervallene (3,1 timer). Første menstruasjon for jentene varierte fra 11,9 år til 15,6 år. (tabell 4.1)

**Tabell 4.1:** Antropometriske data og treningstimer per uke for jenter og gutter på de ulike alderstrinnene, samt gjennomsnittlig menstruasjonsstart (år) for jentene.

Jenter (n=23)						
Alder (år)	10,8 (0,4)	11,9 (0,5)	12,8 (0,4)	13,9 (0,4)	15,1 (0,5)	
Kroppshøyde (cm)	149,1 (146,8–151,4)	157,0 (154,4–159,6)**	163,2 (160,6–165,8)**	166,1 (163,8–168,5)**	169,2 (166,9–171,5)**	
Kroppsvekt (kg)	39,9 (37,5–42,3)	45,9 (43,2–48,7)**	51,1 (48,2–54,0)**	55,2 (53,2–59,2)**	60,8 (58,0–63,6)**	
KMI (kg/m <sup>2</sup> )	17,9 (17,1–18,7)	18,6 (17,8–19,4)**	19,1 (18,3–20,0)**	20,3 (19,4–21,3)**	21,2 (20,4–22,1)*	
Organisert trening (t/uke)	3,9 (3,5–4,3)	5,0 (4,5–5,5)**	6,9 (6,4–7,4)**	8,5 (7,2–9,8)*	10,5 (7,9–13,1)*	
Menstruasjonsstart (år)	13,2 (12,8–13,5)					
Gutter (n=17)						
Alder (år)	12,2 (0,3)	13,1 (0,2)	14,1 (0,3)	15,1 (0,3)	16,2 (0,4)	17,2 (0,4)
Kroppshøyde (cm)	157,4 (153,0–161,7)	163,7 (159,2–168,2)**	171,6 (167,4–175,8)**	177,1 (173,2–181,0)**	180,4 (176,9–183,9)**	182,6 (179,3–185,9)*
Kroppsvekt (kg)	44,3 (40,8–47,8)	49,8 (45,7–53,8)**	56,7 (52,3–61,1)**	63,5 (58,7–68,4)**	69,0 (58,7–68,4)**	73,6 (68,6–78,6)**
KMI (kg/m <sup>2</sup> )	17,8 (16,9–18,7)	18,5 (17,5–19,5)*	19,2 (18,2–20,2)*	20,2 (19,1–21,3)**	21,1 (19,9–22,4)*	22,0 (20,8–23,3)*
Organisert trening (t/uke)	5,1 (4,3–5,8)	5,5 (5,1–5,9)*	5,7 (5,1–6,3)*	5,8 (5,1–6,4)	6,1 (5,0–7,1)	5,8 (4,3–7,4)

Verdiene er presentert som gjennomsnittverdier og 95 % konfidensintervall (95 % KI). Alder er presentert som gjennomsnittverdier og standardavvik (SD). KMI=kroppsmasseindeks (vekt (kg)/høyde (m)<sup>2</sup>). n=antall forsøkspersoner. \* = p<0,05 sammenlignet med året før. \*\* = p<0,001 sammenlignet med året før

## 4.2 Kroppssammensetning

Tabell 4.2 og 4.3 viser en deskriptiv oversikt over gjennomsnittsverdier for muskelmasse, FM, fettfri masse og fettprosent ved de ulike alderstrinnene. Utviklingen for gutter og jenter og forskjellen i utvikling mellom gutter og jenter blir nærmere beskrevet i figur 4.1–4.3.

**Tabell 4.2:** Kroppssammensetning for jenter i alderen 10,8–15,1 år.

Jenter (n=23)					
Alder (år)	10,8 (0,4)	11,9 (0,5)	12,8 (0,4)	13,9 (0,4)	15,1 (0,5)
<b>Muskelmasse (kg)</b>	16,9 (16,0–17,7)	20,3** (19,2–21,4)	23,2** (22,0–24,4)	25,0** (23,9–26,2)	26,6** (25,5–27,6)
<b>Fettmasse (kg)</b>	6,0 (4,8–7,1)	7,5** (6,0–8,9)	8,5** (6,9–10,1)	10,8** (8,9–12,7)	12,9* (10,9–14,9)
<b>Fettfri masse (kg)</b>	33,9 (32,4–35,5)	38,5** (36,6–40,4)	42,6** (40,5–44,6)	45,4** (43,4–47,4)	47,9** (46,0–49,9)
<b>Fettprosent (%)</b>	14,5 (12,5–16,6)	15,8* (13,3–18,3)	16,2* (13,8–18,7)	18,8* (16,0–21,5)	20,9* (18,3–23,4)

Verdiene er presentert som gjennomsnittverdier og 95 % konfidensintervall (95 % KI). Alder er presentert som gjennomsnittsverdier og standardavvik (SD). n=antall forsøkspersoner. \* = p<0,05 sammenlignet med året før. \*\* = p<0,001 sammenlignet med året før.

**Tabell 4.3:** Kroppssammensetning for gutter i alderen 12,2–17,2 år.

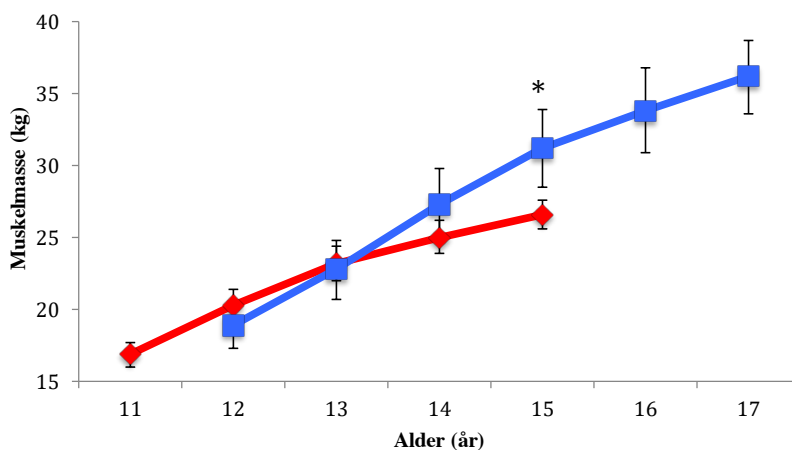
Gutter (n=17)						
Alder (år)	12,2 (0,3)	13,1 (0,2)	14,1 (0,3)	15,1 (0,3)	16,2 (0,4)	17,2 (0,4)
<b>Muskelmasse (kg)</b>	18,9 (17,3–20,4)	22,8** (20,8–24,8)	27,3** (24,7–29,8)	31,2** (28,5–33,9)	33,8** (30,9–36,8)	36,2** (33,6–38,7)
<b>Fettmasse (kg)</b>	4,6 (3,5–5,7)	5,6* (4,1–7,1)	6,4 (4,5–8,3)	6,9 (5,6–8,1)	8,0** (6,6–9,5)	9,7* (7,8–11,6)
<b>Fettfri masse (kg)</b>	39,7 (36,5–42,8)	44,1** (40,3–48,0)	50,3** (46,2–54,3)	56,7** (52,0–61,3)	61,0** (56,2–65,8)	63,9* (59,7–68,1)
<b>Fettprosent (%)</b>	10,4 (8,2–12,6)	11,3* (8,5–14,1)	11,2 (8,1–14,3)	10,8 (8,9–12,8)	11,6* (9,7–13,6)	13,0* (10,8–15,2)

Verdiene er presentert som gjennomsnittverdier og 95 % konfidensintervall (95 % KI). Alder er presentert som gjennomsnittsverdier og standardavvik (SD). n=antall forsøkspersoner. \* = p<0,05 sammenlignet med året før. \*\* = p<0,001 sammenlignet med året før.



#### 4.2.1 Utviklingen av muskelmasse

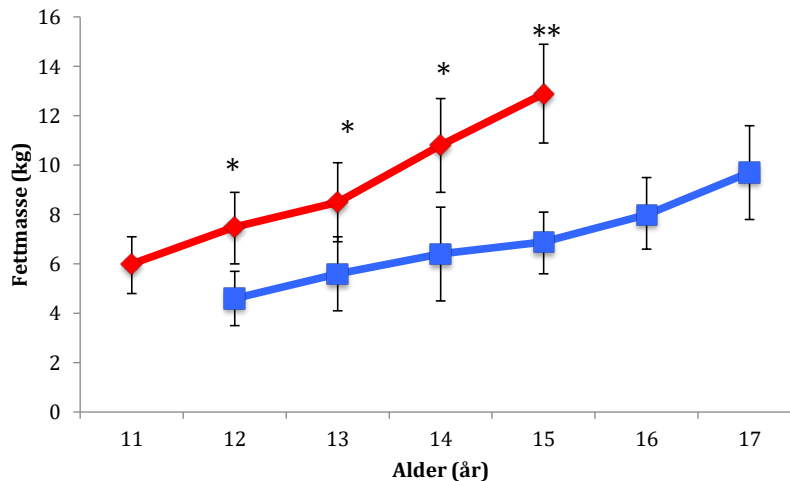
Figur 4.1 viser at jentene (rød) hadde en økning i muskelmasse på 9,7 kg (57,4 %) fra 11 til 15 års alder. Den største økningen i muskelmasse var 3,4 kg fra 11 til 12 år. Økningen ble mindre markant fra år til år, og var lavest (1,6 kg) fra 14 til 15 år. Guttene (blå) hadde en noe kraftigere økning i muskelmasse. Fra 12 til 17 år økte de muskelmassen med 17,3 kg (91,5 %). Ved 12 års alder hadde jentene en høyere gjennomsnittsverdi (+1,4 kg) sammenlignet med guttene. Det var ingen signifikant forskjell i muskelmasse mellom jenter og gutter frem til 15 års alder. Ved 15 års alder hadde guttene en signifikant ( $p < 0,05$ ) høyere gjennomsnittsverdi (+4,6 kg) sammenlignet med jentene. (figur 4.1)



**Figur 4.1:** Utviklingen av muskelmasse (kg) i kg for jenter ( $n=23$ , rødt) i alderen 11 til 15 år og gutter ( $n=17$ , blått) i alderen 12 til 17 år. Resultatene er presentert med gjennomsnitt og 95% konfidensintervall (KI). \* =  $p < 0,05$  mellom gutter og jenter ved samme alder.

#### 4.2.2 Utviklingen av fettmasse (FM)

Jentene (rød) hadde en økning i FM (kg) på 6,9 kg (115 %) fra 11 til 15 års alder. Økningen var størst fra 13 til 15 år sammenlignet med 11 til 13 år, hvor det var en økning på henholdsvis 4,4 kg og 2,5 kg. Guttene (blå) hadde en økning på 5,1 kg (110,9 %) fra 12 til 17 år. Jentene hadde signifikant høyere FM enn guttene for alle sammenlignbare år (12 år ( $p < 0,05$ ), 13 år ( $p < 0,05$ ), 14 år ( $p < 0,05$ ), 15 år ( $p < 0,001$ )). (figur 4.2).

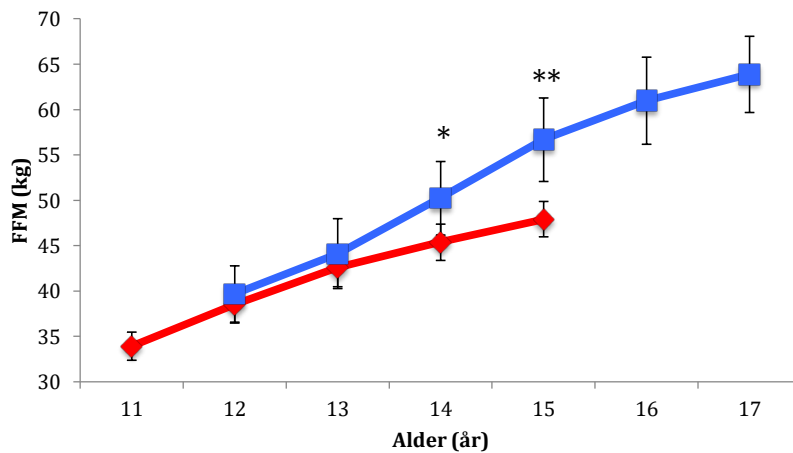


**Figur 4.2:** Utviklingen av fettmasse (kg) i kg for jenter (n=23, rødt) i alderen 11 til 15 år og gutter (n=17, blått) i alderen 12 til 17 år. Resultatene er presentert med gjennomsnitt og 95% konfidensintervall (KI) \* =  $p < 0,05$  mellom gutter og jenter ved samme alder. \*\* =  $p < 0,001$  mellom gutter og jenter ved samme alder.

#### 4.2.3 Utviklingen av fettfri masse (FFM)

Den fettfrie massen (FFM) økte med 14,0 kg (41,3 %) for jentene fra 11 til 15 år.

Utviklingen i FFM var svært lik utviklingen i muskelmasse, hvor den største økningen (4,6 kg) skjedde fra 11 til 12 års alder, for deretter å flate noe ut fra år til år. Guttene hadde en mer markant økning på 24,2 kg (61 %) fra 12 til 17 års alder, med den største årlige økningen (6,4 kg) fra 14 til 15 år. Både ved 12 og 13 års alder var det liten forskjell ( $p > 0,05$ ) mellom jentene og guttene. Ved 14 års alder hadde det imidlertid skjedd en markant økning hos guttene (+6,2 kg) mens jentenes FFM hadde flatet noe ut (+2,8 kg). Forskjellen mellom jentene og guttene var ved denne alderen signifikant forskjellig ( $p < 0,05$ ). Den samme utviklingen observeres frem til 15 års alder, hvor forskjellen i FFM blir større ( $p < 0,001$ ) mellom jentene og guttene (figur 4.3).



**Figur 4.3:** Utviklingen av fettfri masse (FFM) i kg for jenter (n=23, rødt) i alderen 11 til 15 år og gutter (n=17, blått) i alderen 12 til 17 år. Resultatene er presentert med gjennomsnitt og 95% konfidensintervall (KI). \* =  $p < 0,05$  mellom gutter og jenter ved samme alder. \*\* =  $p < 0,001$  mellom gutter og jenter ved samme alder.

#### 4.3 Kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ )

Tabell 4.4 viser en oversikt over utviklingen av  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ),  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) og  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg \text{ FFM}^{-1} \cdot min^{-1}$ ) for jenter og gutter, og forskjellen i utviklingen mellom jenter og gutter vil bli nærmere beskrevet i figur 4.4–4.6.

Tabell 4.4 viser at jentene økte den høyeste oppnådde ventilasjonen ( $VE_{peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ )) progressivt med alderen. Økningen fra 11 til 15 år var  $36,0 l \cdot min^{-1}$  (47,1 %), hvor den største økningen ( $15,2 l \cdot min^{-1}$ ) var fra 11 til 12 år. Guttene hadde en progressiv økning i  $VE_{peak}$  med alderen. Fra 12 til 17 års alder hadde guttene en økning på  $65,1 l \cdot min^{-1}$  (70,3 %). Det er ingen forskjell i  $VE_{peak}$  mellom jenter og gutter ved 12 års alder og 13 års alder. Ved 14 års alder er det imidlertid en signifikant forskjell ( $p < 0,05$ ) på  $17,2 l \cdot min^{-1}$  mellom jenter og gutter. Denne forskjellen økes ytterligere ved 15 års alder. Ved denne alderen er det en signifikant forskjell ( $p < 0,001$ ) på  $27,4 l \cdot min^{-1}$  mellom jentene og guttene (tabell 4.4).

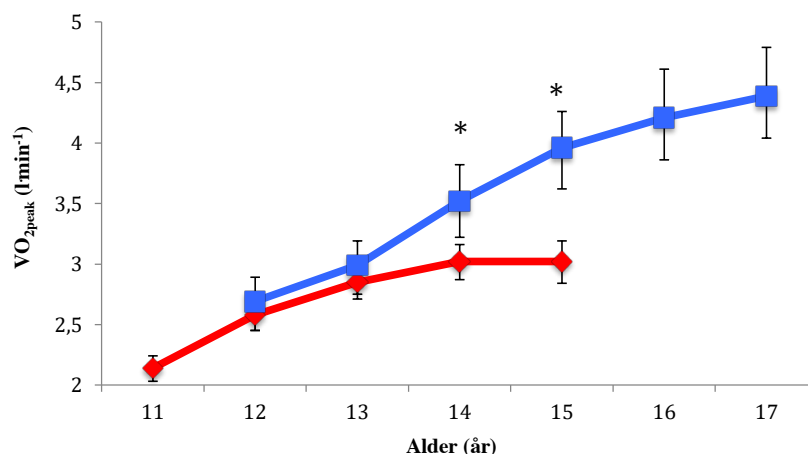
**Tabell 4.4:** Resultater fra testingen av kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ ) for jenter i alderen 10,8–15,1 år og gutter i alderen 12,2–17,2 år.

Jenter (n=23)						
Alder (år)	10,8 (0,4)	11,9 (0,5)	12,8 (0,4)	13,9 (0,4)	15,1 (0,5)	
$VO_{2peak}$ ( $l \cdot min^{-1}$ )	2,14 (2,03–2,24)	2,58 (2,45–2,72)**	2,85 (2,71–2,99)**	3,02 (2,87–3,16)**	3,02 (2,84–3,19)	
$VO_{2peak}$ ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )	54,2 (51,2–57,1)	56,7 (54,0–59,4)*	56,2 (53,8–58,7)	53,9 (51,0–56,8)*	49,9 (47,3–52,6)**	
$VO_{2peak}$ ( $ml \cdot kg \text{ FFM}^{-1} \cdot min^{-1}$ )	63,2 (60,7–65,7)	67,3 (64,8–69,8)*	67,1 (65,3–68,8)	66,5 (64,3–68,8)	62,9 (60,1–65,7)*	
$VE_{peak}$ ( $l \cdot min^{-1}$ )	76,4 (71,2–81,7)	91,6 (86,3–96,8)**	102,4 (97,9–106,9)**	107,7 (103,5–112,0)*	112,4 (106,0–118,9)*	
$HF_{peak}$ ( $slag \cdot min^{-1}$ )	200,4 (196,9–203,9)	200,5 (196,9–204,1)	199,5 (195,9–203,1)*	197,2 (193,7–200,7)**	196,7 (192,9–200,6)	
RER	1,07 (1,05–1,08)	1,09 (1,07–1,10)*	1,11 (1,09–1,12)*	1,10 (1,08–1,12)	1,14 (1,13–1,16)**	
[La] ( $mmol \cdot l^{-1}$ )	–#	6,8 (6,4–7,3)	7,3(6,7–7,9)*	6,9 (6,4–7,3)	7,4 (6,7–8,0)	
Gutter (n=17)						
Alder (år)	12,2 (0,3)	13,1 (0,2)	14,1 (0,3)	15,1 (0,3)	16,2 (0,4)	17,2 (0,4)
$VO_{2peak}$ ( $l \cdot min^{-1}$ )	2,69 (2,45–2,92)	2,99 (2,75–3,23)**	3,52 (3,22–3,81)**	3,96 (3,62–4,30)**	4,21 (3,86–4,57)*	4,39 (4,04–4,74)*
$VO_{2peak}$ ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )	60,8 (57,6–64,0)	60,7 (57,2–64,1)	62,1 (59,5–64,7)	62,8 (59,6–66,0)	61,1 (58,4–63,9)*	59,6 (57,1–62,2)
$VO_{2peak}$ ( $ml \cdot kg \text{ FFM}^{-1} \cdot min^{-1}$ )	67,8 (64,9–70,7)	68,2 (65,2–71,1)	70,2 (67,1–73,2)	70,1 (66,8–73,4)	69,1 (66,0–72,3)	68,7 (65,3–72,1)
$VE_{peak}$ ( $l \cdot min^{-1}$ )	92,6 (83,0–102,2)	108,2 (98,0–118,5)**	124,9 (113,6–136,3)**	139,8 (128,1–151,6)**	149,8 (137,7–161,9)*	157,7 (145,5–169,9)*
$HF_{peak}$ ( $slag \cdot min^{-1}$ )	202,3 (199,7–204,9)	201,1* (198,5–203,6)	200,5 (198,1–202,8)	200,0 (197,6–202,4)	199,2 (196,7–201,6)	198,4 (195,8–201,0)
RER	1,10 (1,08–1,11)	1,11 (1,09–1,12)	1,14 (1,11–1,16)*	1,14 (1,12–1,15)	1,12 (1,11–1,13)*	1,13 (1,11–1,14)
[La] ( $mmol \cdot l^{-1}$ )	6,6 (6,1–7,0)	6,8 (6,3–7,3)*	7,0 (6,6–7,5)	7,3 (6,9–7,7)	7,6 (7,1–8,1)	8,1 (7,7–8,5)*

Verdiene er presentert som gjennomsnittverdier og 95 % konfidensintervall (95 % KI). Alder er presentert som gjennomsnittverdier og standardavvik (SD).  $VO_{2peak}$ =høyeste oppnådde oksygenopptak,  $VE_{peak}$ = høyeste oppnådde ventilasjon,  $HF_{peak}$ = høyeste oppnådde hjertefrekvens, RER= respiratorisk utvekslingsratio, [La] = laktatkonsentrasjon. \* = p<0,05 sammenlignet med året før. \*\* = p<0,001 sammenlignet med året før.

#### 4.3.1 Utvikling av $VO_{2peak}$ ( $l \cdot min^{-1}$ )

Jentene økte sin  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) med 0,88 l (41,1 %) fra 11 til 15 år. Halvparten (0,44 l) av den totale økningen skjedde fra 10,8 til 11,9 års alder. Den resterende økningen (0,44 l) skjedde frem til 14 år. Fra 14 til 15 år er det ingen endring i absolutt  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ). Guttene har en mer markant økning fra 12 til 17 år, hvor de økte sin  $VO_{2peak}$  med 1,7 l (63,2 %). Det er ingen signifikant forskjell mellom jentene og guttene ved 12 og 13 år. Ved 14 års alder har guttens  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) økt markant mer enn jentenes, noe som gjør at guttene har en signifikant ( $p < 0,05$ ) høyere  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ). Forskjellen blir tydeligere ved 15 års alder ( $p < 0,001$ ), hvor jentene har hatt en stagnasjon i utviklingen, mens guttens  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) fortsetter å øke (figur 4.4).

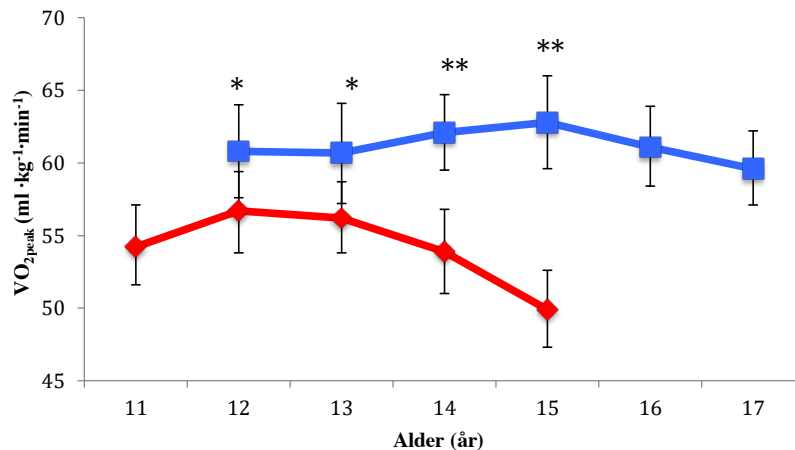


**Figur 4.4:** Utviklingen av peak oksygenopptak ( $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ )) for jenter ( $n=23$ , rødt) i alderen 11 til 15 år og gutter ( $n=17$ , blått) i alderen 12 til 17 år. Resultatene er presentert med gjennomsnitt og 95% konfidensintervall (KI). \* =  $p < 0,05$  mellom gutter og jenter ved samme alder. \*\* =  $p < 0,001$  mellom gutter og jenter ved samme alder.

#### 4.3.2 Utvikling av $VO_{2peak}$ ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )

Jentene hadde en signifikant nedgang ( $p < 0,05$ ) i  $VO_{2peak}$  på  $4,3 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  (-7,9 %) fra 11 til 15 år. De har imidlertid en signifikant økning ( $p < 0,05$ ) fra 11 til 12 år, hvor  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) var på sitt høyeste ( $56,7 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ). Denne verdien holder seg stabil frem til 13 års alder, men fra 13 til 14 år ( $p < 0,05$ ) og 14 til 15 år ( $p < 0,001$ ) var det et signifikant fall i  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ). Guttene har en stabil  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ).

$\text{min}^{-1}$ ) og ingen signifikant endring fra 12 til 17 år. Guttene har ved alle sammenlignbare aldre en signifikant høyere ( $p < 0,05$ )  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) enn jentene. Denne forskjellen økes også ved 14 års alder ( $p < 0,001$ ) og er ved sitt største ved 15 års alder ( $p < 0,001$ ) (figur 4.5).



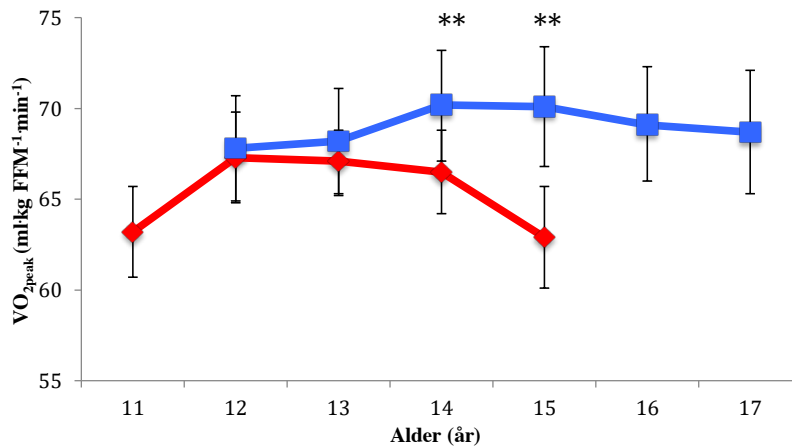
**Figur 4.5:** Utviklingen av peak oksygenopptak ( $\text{VO}_{2\text{peak}}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )) for jenter ( $n=23$ , rødt) i alderen 11 til 15 år og gutter ( $n=17$ , blått) i alderen 12 til 17 år. Resultatene er presentert med gjennomsnitt og 95% konfidensintervall (KI). \* =  $p < 0,05$  mellom gutter og jenter ved samme alder. \*\* =  $p < 0,001$  mellom gutter og jenter ved samme alder.

#### 4.3.3 Utvikling av $\text{VO}_{2\text{peak}}$ ( $\text{ml} \cdot \text{kg FFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )

Jentene hadde ingen endring i  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg FFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) fra 11 til 15 år. De har imidlertid hatt en signifikant økning ( $p < 0,05$ ) i  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  på  $4,1 \text{ ml} \cdot \text{kg FFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  fra 11 til 12 års alder. Fra 12 til 14 års alder skjer det ingen endring, før de får en signifikant nedgang ( $p < 0,05$ ) på  $3,6 \text{ ml} \cdot \text{kg FFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  fra 14 til 15 år. For guttene holder  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg FFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) seg stabilt fra 12 til 17 år. De har heller ingen signifikante endringer fra år til år (figur 4.6).

Både ved 12 og 13 års alder er det ingen signifikant forskjell mellom jenter og gutter, men ved 14 års alder har guttene en signifikant høyere  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg FFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) sammenlignet med jentene. Forskjellen øker til 15 år, hvor guttene hadde en

gjennomsnittlig  $VO_{2peak}$  på  $7,2 \text{ ml} \cdot \text{kg FFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  høyere enn jentene ( $p < 0,05$ ) (figur 4.6).



**Figur 4.6:** Utviklingen av peak oksygenopptak ( $VO_{2peak}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg FFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )) for jenter ( $n=23$ , rødt) i alderen 11 til 15 år og gutter ( $n=17$ , blått) i alderen 12 til 17 år. Resultatene er presentert med gjennomsnitt og 95% konfidensintervall (KI). \* =  $p < 0,05$  mellom gutter og jenter ved samme alder. \*\* =  $p < 0,001$  mellom gutter og jenter ved samme alder.

#### 4.3.4 Bestemmende faktorer for $VO_{2peak}$

FFM og treningstimer per uke hadde en positiv signifikant effekt, FM en negativ signifikant effekt, mens muskelmassen hadde ingen effekt på  $VO_{2peak}$  ( $\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$ ) hos jenter og gutter. FFM er den av de signifikante uavhengige variablene som hadde størst effekt på absolutt  $VO_{2peak}$ . Forklaringsgraden ( $R^2$ ) viser at de uavhengige variablene kan forklare 87,3 % av endringen i  $VO_{2peak}$  ( $\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$ ). For  $VO_{2peak}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) hadde FM en signifikant negativ effekt, treningstimer per uke en signifikant positiv effekt, mens FFM og muskelmasse ikke hadde noen effekt. FM hadde en klart større negativ effekt på  $VO_{2peak}$   $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  sammenlignet med den positive effekten treningstimer per uke hadde.  $R^2$  viste at de uavhengige variablene forklarte 46,7 % av endringen i  $VO_{2peak}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) (tabell 4.5).

**Tabell 4.5:** Variabler som kan forklare utviklingen i kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ ) oppgitt som  $l \cdot \text{min}^{-1}$  og  $ml \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  for henholdsvis jenter og gutter ( $n=217$ ) i alderen 11–15 år og 12–17 år, utført med multipl regressjonsanalyse.

Jenter og gutter (n=217)						
Variabler:	Konstant:	Muskelmasse (kg):	FM (kg):	FFM (kg):	Treningstimer (t/uke):	Forklaringsgrad (adjusted R <sup>2</sup> )
$VO_{2peak}$ ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ )	-0,112 (0,112)	0,009 (0,015)	-0,011* (0,005)	0,065** (0,009)	0,016* (0,007)	0,873
$VO_{2peak}$ ( $ml \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )	56,731** (2,021)	0,115 (0,273)	-1,203** (0,091)	0,116 (0,167)	0,335* (0,119)	0,467

Tallene i midten av tabellen viser stigningstallet med standardavviket (SD) til de uavhengige variablene. Tallene til venstre i midtdelen av tabellen viser konstantleddet ( $b_0$ ). Tallene ytterst til høyre i tabellen viser forklaringsgraden ( $R^2$ ).  $VO_{2peak}$  = høyeste oppnådde oksygenopptak, n=antall observasjoner i analysen (jenter: 5 år\*23 personer; gutter: 6 år\*17 personer). \*  $p < 0,05$  for forklaringsvariablen. \*\* =  $p < 0,001$  for forklaringsvariablen

Muskelmasse og treningstimer per uke hadde en signifikant positiv effekt, mens FM, FFM og menstruasjonsstart ikke hadde noen effekt på  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ) hos jenter. Muskelmassen hadde en større effekt på  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ), sammenlignet med treningstimer per uke. De uavhengige variablene forklarte 80 % av endingene i  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ) hos jentene. FM og FFM hadde en signifikant negativ effekt, muskelmasse og treningstimer per uke en signifikant positiv effekt, mens menstruasjonsstart ikke hadde noen effekt på  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ). Muskelmasse hadde en klart større positiv effekt, sammenlignet med treningstimer per uke, mens FM og FFM hadde en jevn negativ effekt på  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ). De uavhengige variablene forklarte 60,3 % av endringene. (tabell 4.6).

**Tabell 4.6:** Variabler som kan forklare utviklingen i kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ ) oppgitt som  $l \cdot \text{min}^{-1}$  og  $ml \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  for jenter ( $n=115$ ) i alderen 11–15 år, utført med multipl regressjonsanalyse.

Jenter (n=115):							
Variabler:	Konstant:	Muskelmasse (kg):	FM (kg):	FFM (kg):	Menstruasjons- start (år):	Treningstimer (t/uke):	Forklaringsgrad (adjusted R <sup>2</sup> )
$VO_{2peak}$ ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ )	0,615* (0,178)	0,84* (0,26)	- 0,010 (0,005)	0,003 (0,016)	0,038 (0,041)	0,024** (0,007)	0,800
$VO_{2peak}$ ( $ml \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )	67,686** (3,625)	1,752* (0,524)	-1,149** (0,106)	-1,092* (0,332)	0,716 (0,830)	0,423* (0,132)	0,603

Tallene i midten av tabellen viser stigningstallet med standardavviket (SD) til de uavhengige variablene. Tallene til venstre i midtdelen av tabellen viser konstantleddet ( $b_0$ ). Tallene ytterst til høyre i tabellen viser forklaringsgraden ( $R^2$ ).  $VO_{2peak}$  = høyeste oppnådde oksygenopptak, n=antall observasjoner i analysen (jenter: 5 år\*23 personer; gutter: 6 år\*17 personer). \*  $p < 0,05$  for forklaringsvariablen. \*\* =  $p < 0,001$  for forklaringsvariablen



Hos guttene hadde fettmasse, FFM og treningstimer en signifikant positiv effekt, mens muskelmasse hadde ingen effekt på absolutt  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ). De uavhengige variablene forklarte 88,3 % av endringene i  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ), hvor FFM og treningstimer per uke hadde en større effekt på  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ), sammenlignet med FM. FM hadde en signifikant negativ effekt på  $VO_{2peak}$  relatert til kroppsvekt, mens treningstimer per uke hadde en signifikant positiv effekt på  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ). Muskelmasse og FFM hadde ingen effekt på  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ). Treningstimer per uke hadde større effekt på  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ), sammenlignet med FM. De uavhengige variablene forklarte hos guttene kun 23,3 % av endringene i  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) (tabell 4.7).

**Tabell 4.7:** Variabler som kan forklare utviklingen i kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ ) oppgitt som  $l \cdot \text{min}^{-1}$  og  $ml \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  for gutter ( $n=102$ ) i alderen 12–17 år, utført med multippel regresjonsanalyse.

Gutter ( $n=102$ )						
Variabler:	Konstant:	Muskelmasse (kg):	FM (kg):	FFM (kg):	Treningstimer (t/uke):	Forklaringsgrad (adjusted $R^2$ )
$VO_{2peak}$ ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ )	-0,368 (0,189)	-0,014 (0,018)	0,032* (0,010)	0,071** (0,011)	0,073** (0,017)	0,883
$VO_{2peak}$ ( $ml \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )	54,873** (3,251)	-0,246 (0,303)	-0,558* (0,168)	0,190 (0,192)	1,263** (0,290)	0,233

Tallene i midten av tabellen viser stigningstallet med standardavviket (SD) til de uavhengige variablene. Tallene til venstre i midtdelen av tabellen viser konstantleddet ( $b_0$ ). Tallene ytterst til høyre i tabellen viser forklaringsgraden ( $R^2$ ).  $VO_{2peak}$  = høyeste oppnådde oksygenopptak.,  $n$ =antall observasjoner i analysen (jenter: 5 år\*23 personer; gutter: 6 år\*17 personer). \*  $p < 0,05$  for forklaringsvariabelen. \*\* =  $p < 0,001$  for forklaringsvariabelen

## 5.0 Diskusjon

I denne delen vil resultatene fra den foreliggende studien bli diskutert opp mot relevant litteratur. Alderen ved de ulike testtidspunktene presenteres uten desimaler i teksten, men med desimaler i tabellene på samme måte som i resultatkapittelet (4.0).

### 5.1 Hovedfunn

Hovedfunnene i denne oppgaven var at absolutt  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) økte signifikant for både jenter og gutter, fra henholdsvis 11 til 15 år og 12 til 17 år. Jentene hadde en signifikant nedgang i  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ), mens guttenes  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) ikke endret seg gjennom puberteten. Det var ingen signifikant endring i  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg \cdot FFM^{-1} \cdot min^{-1}$ ) for jentene fra 11 til 15 år eller for guttene fra 12 til 17 år. Både jentene og guttene hadde en signifikant økning i muskelmasse (kg), FM (kg) og FFM (kg), fra henholdsvis 11 til 15 år og 12 til 17 år.

Ved 12 og 13 års alder var det ingen forskjell mellom jenter og gutter i absolutt  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ), men ved 14 og 15 års alder hadde guttene signifikant høyere opptak enn jentene. Den samme tendensen gjaldt også for  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg \cdot FFM^{-1} \cdot min^{-1}$ ), hvor guttene hadde signifikant høyere opptak enn jentene ved 14 og 15 års alder. Guttene hadde signifikant høyere opptak enn jentene i  $VO_{2peak}$  relatert til kroppsvekten ved alle sammenlignbare aldre. Det var ingen forskjell mellom jenter og gutter i muskelmasse (kg) frem til og med 14 års alder. Ved 15 års alder hadde guttene en signifikant høyere muskelmasse enn jentene. Jentene hadde ved alle sammenlignbare aldre signifikant høyere FM (kg) enn guttene. Det var ingen forskjell i FFM (kg) mellom jenter og gutter ved 12 og 13 års alder. Ved 14 og 15 års alder hadde guttene signifikant høyere FFM sammenlignet med jentene.

Treningstimer per uke hadde en signifikant positiv effekt på absolutt  $VO_{2peak}$  hos både jenter og gutter. Den absolutte endringen i  $VO_{2peak}$  ved økende antall treningstimer per uke var imidlertid liten. Større effekt av antallet treningstimer per uke ble sett på  $VO_{2peak}$  relatert til kroppsvekten. Dette ble spesielt sett hos guttene, som økte sin  $VO_{2peak}$  med  $1,3 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  per time økning med trening i uken.

## **5.2 Utviklingen av antropometriske variabler**

Jentenes høyde økte signifikant med 13,5 % fra 11–15 år og de hadde en signifikant økning ( $p < 0,001$ ) for hvert år. Vekten økte ved samme alder med 52,4 %. Guttene høyde og vekt økte med henholdsvis 16,0 og 66,1 % ved tidsintervallet 12,2 til 17,2 års alder (tabell 4.1)

I en kanadisk studie av Baxter-Jones og medarbeidere (2008) ble ungdommer fulgt longitudinelt. I deres studie hadde jentene en økning i høyde fra 146,3 cm ved 11 års alder til 165,9 cm ved 15 års alder, noe som tilsvarte en økning på 13,4 %. Vekten økte ved samme aldersspenn fra 38,5 til 62,0 kg (61,0 %). Høydeveksten i cm og i prosent er så å si identisk, mens vektøkningen er noe lavere hos jentene i den foreliggende studien. Dette kan imidlertid skyldes at jentene i studien til Baxter-Jones og medarbeidere (2008) er fulgt i tre måneder lenger. Guttene i deres studie økte høyden fra 156,0 cm ved 12 års alder til 178,9 cm ved 17 års alder (14,7 %) og vekten økte fra 46,4 til 73,4 kg (58,2 %) ved samme aldersspenn. Guttene hadde noe lavere høydevekst og vektøkning sammenlignet med guttene i den foreliggende studien, men i studien til Baxter-Jones og medarbeidere (2008) blir imidlertid guttene fulgt fire måneder kortere. Vekten ved 17 års alder var så å si identisk og høyden noe lavere i studien til Baxter-Jones og medarbeidere (2008) sammenlignet med guttene ved 17 års alder i den foreliggende studien.

Fredriksen og medarbeidere (1999) fant i sin tverrsnittstudie av norske ungdommer at jentene ved 11 års alder hadde en høyde på 145 cm og en vekt på 37,3 kg. Ved 14 års alder hadde de økt til 166 cm og 54,6 kg. Jentene i den foreliggende studien var noe høyere og veide noe mer ved 11 års alder, men ved 14 års alder hadde jentene i den foreliggende studien nesten helt lik høyde og vekt som jentene ved 14 års alder i studien til Fredriksen og medarbeidere (1999). Guttene ved 12 års alder i deres studie hadde en høyde på 158 cm og vekt på 46,5 kg, mens guttene ved 16 års alder hadde en høyde og vekt på henholdsvis 180 cm og 65,8 kg. Den foreliggende studiens gutter hadde ved 12 års alder omtrent den samme høyden (157,4 cm) og vekten (44,3 kg). Ved 16 års alder hadde guttene i den foreliggende studien lik høyde (180,4 cm), men en noe høyere vekt (69,0 kg) sammenlignet med guttene ved 16 års alder i studien til Fredriksen og medarbeidere (1999). I en norsk kartleggingsstudie av Kolle og medarbeidere (2010) hadde jentene ved 15 års alder en høyde på 165,9 cm og vekt på 58,3 kg, mens guttene

ved samme alder hadde en høyde på 175,8 cm og 64,6 kg. Jentene i den foreliggende studien var ved 15 års alder noe høyere (169,2 cm) og veide (60,8 kg) litt mer sammenlignet med jentene i studien fra Kolle og medarbeidere (2010). Guttene i den foreliggende studien er noe høyere (177,1 cm), og veier (63,5 kg) noe mindre enn guttene i studien fra Kolle og medarbeidere (2010).

Både jentene og guttene i den foreliggende studien ser ut til å følge en relativt lik utvikling av antropometriske mål sammenlignet med både utenlandske og norske ungdommer på samme alder.

### ***5.3 Utvikling av kardiorespiratorisk form og kroppssammensetning i puberteten***

I denne delen av diskusjonen vil den primære problemstillingen for studien bli belyst, hvordan den kardiorespiratoriske formen ( $VO_{2peak}$ ) og kroppssammensetningen utvikler seg i puberteten. Resultatene fra den foreliggende studien diskuteres mot studier som har undersøkt ungdommer ved samme alder.

#### **5.3.1 Kroppssammensetning**

##### ***Utvikling av fettfri masse (FFM) og muskelmasse for jenter***

Jenter når vanligvis sin voksne FFM (cirka 40 kg) ved 15–16 års alder (Malina, 2007; Malina et al., 2004). Jentene i den foreliggende studien økte FFM fra 33,9 kg ved 11 års alder til 47,9 kg ved 15 års alder, (41,3 %). De har således en FFM som er over forventet hos jenter ved 15–16 år. Campbell og medarbeidere (2001) rapporterte at jentene ved 13 års alder hadde en FFM på 33,9 kg, tilsvarende det jentene i den foreliggende studien hadde allerede ved 11 års alder (tabell 4.2), mens de ved 13 års alder hadde FFM på 42,6 kg. I studien fra Guo og medarbeidere (1998) økte jentene sin FFM fra cirka 30 kg ved 11 års alder til cirka 40 kg ved 15 års alder, tilsvarende en økning i FFM fra 11 til 15 års alder som er cirka 4 kg mindre sammenlignet med jentene i den foreliggende studien (tabell 4.2). Både Guo og medarbeidere (1998) og Campbell og medarbeidere (2001) benyttet undervannsveiing som målemetode for kroppssammensetning.

Hos kanadiske jenter ble det ved DEXA-måling rapportert en økning i FFM fra 26,8 kg ved 11 års alder til 40,4 kg ved 15 års alder (50,0 %) (Baxter-Jones et al., 2008). Jentene i den foreliggende studien har ved 11 års alder en FFM som er 7,1 kg (26,5 %) høyere

enn jentene på samme alder i studien til Baxter-Jones og medarbeidere (2008). Ved 15 års alder er denne forskjellen (7,5 kg) så å si uendret, men den prosentvise forskjellen er nå mindre (18,6 %). Det ser derfor ut til at jentene i den foreliggende studien hadde opparbeidet seg en høyere FFM frem til 11 års alder, men at utviklingen frem til 15 års alder var lik som de kanadiske jentene (Baxter-Jones et al., 2008). Jentene i den foreliggende studien har større FFM ved 11 og 13 års alder (tabell 4.2) sammenlignet med et selektert utvalg franske jenter i alderen 10 og 13 år, hvor de hadde en FFM målt med BIA på henholdsvis 23,2 og 34,5 kg (Bitar, Vernet, Coudert, & Vermorel, 2000). Jentene i den foreliggende studien har en økning i FFM på 8,7 kg fra 11 til 13 år, noe som kan sammenlignes med de franske jenters økning (11,3 kg) gjennom 2,5 år (10,3 til 12,8 års alder). Resultatene fra Baxter-Jones og medarbeidere (2008) og Bitar og medarbeidere (2000) er motstridende til hva som er observert hos amerikanske jenter (Chumlea et al., 2002). De amerikanske jentene ved 12–13,9 år hadde lik FFM som jentene ved 12 års alder i den foreliggende studien. Ved 14–15,9 års alder hadde jentene fra deres studie imidlertid en FFM som var 5,4 og 7,9 kg lavere (Chumlea et al., 2002) sammenlignet med jentene ved henholdsvis 14 og 15 års alder i den foreliggende studien (tabell 4.2). Disse funnene støttes av studien til Lim og medarbeidere (2009) hvor jentene ved 11 års alder hadde samme FFM som jentene i den foreliggende studien. Ved 15 års alder hadde jentene i den foreliggende studien en FFM som var cirka 10 kg mer sammenlignet med deres jenter (Lim et al., 2009). Begge de sistnevnte studiene benyttet BIA som målemetode (Chumlea et al., 2002; Lim et al., 2009).

Muskelmassen følger samme vekstmønster som FFM i den foreliggende studien, bare i noe mindre skala (figur 4.1 og 4.3). Ved 11 års alder har jenter vanligvis en muskelmasse på 15 kg, mens ved 17 års alder har jentene en muskelmasse på 22 kg (Malina et al., 2004). Jentene i foreliggende studie har en noe høyere muskelmasse (16,9 kg) ved 11 års alder. Ved 15 års alder har muskelmassen økt med 9,7 kg til 26,6 kg (tabell 4.2). De har således en muskelmasse ved 15 års alder som er høyere sammenlignet med vanlige jenter ved 17 år. Kim og medarbeidere (2006) rapporterte at jenter ved 15 års alder hadde en muskelmasse på 18,2 kg (med DEXA måling). Det kan derfor tyde på at jentene i den foreliggende studien har hatt større vekst i muskelmasse gjennom puberteten sammenlignet med jevnaldrende jenter og derfor en større muskelmasse ved 15 års alder. Jentenes vekst i FFM i puberteten er mindre klar, ettersom noen studier rapporterer en lik vekst (Baxter-Jones et al., 2008; Bitar et al.,

2000) og andre en mindre vekst (Campbell et al., 2001; Chumlea et al., 2002; Guo et al., 1998; Lim et al., 2009) i FFM sammenlignet med jentene i den foreliggende studien.

### ***Utvikling av fettfri masse (FFM) og muskelmasse for gutter***

Gutter øker sin FFM fra rundt 30 kg ved 11 års alder til 65 kg ved 20 års alder (Guo et al., 1998; Malina et al., 2004). Guttene i den foreliggende studien hadde allerede ved 17 års alder en FFM som er omtrent lik en gjennomsnittlig gutt på 20 år (tabell 4.3). I studien til Baxter-Jones og medarbeidere (2008) hadde guttene en økning i FFM fra 34,2 kg ved 12 års alder til 59,1 kg ved 17 års alder (72,8 %). De har en høyere prosentvis økning i FFM, men den absolutte økningen på 24,9 kg er helt lik som guttene i den foreliggende studien (24,2 kg). Guttene i den foreliggende studien ligger over i alle aldersgrupper, og har ved 17 års alder en FFM som er 4,8 kg (8,1 %) høyere enn de kanadiske guttene (Baxter-Jones et al., 2008) (tabell 4.3). Guo og medarbeidere (1998) rapporterte at gutter på 12 år hadde FFM på cirka 33 kg, og cirka 57 kg ved 17 års alder, tilsvarende en økning på 24 kg i FFM. Dette er i samsvar med guttene i den foreliggende studien og guttene i studien til Baxter-Jones og medarbeidere (2008). Guttene i den foreliggende studien ligger imidlertid noe over guttene i studien til Guo og medarbeidere (1998) ved alle aldre. Campbell og medarbeidere (2001) rapporterte at gutter på 13 år hadde FFM på 41,7 kg, 2,4 kg mindre enn hva guttene i den foreliggende studien hadde ved samme alder. Ved 25 års alder har guttene i deres studie økt FFM til 60,2 kg (Campbell et al., 2001), noe som er under det guttene i den foreliggende studien har ved 17 års alder (tabell 4.3).

Hos gutter øker vanligvis muskelmassen fra cirka 15 kg ved 11 års alder til 35 kg ved 17 års alder (Malina et al., 2004). Til sammenligning hadde guttene i den foreliggende studien en muskelmasse på 18,9 kg ved 12 års alder, og økte til 36,2 kg ved 17 års alder. Det kan derfor se ut som utviklingen av muskelmasse er lik hos guttene i den foreliggende studien sammenlignet med gutter på samme alder. Kim og medarbeidere (2006) rapporterte at gutter på 15 år hadde en muskelmasse på 27,4 kg. Til sammenligning hadde guttene i den foreliggende studien en muskelmasse på 31,2 kg ved samme alder. Det kan derfor tenkes at guttene i foreliggende studie har en noe høyere muskelmasse sammenlignet med andre gutter på samme alder. Studien til Kim og medarbeidere (2006) brukte imidlertid DEXA som målemetode og således er det vanskelig å sammenligne resultatene.

Det ser ikke ut til at det er noen betydelige forskjeller i utviklingen av FFM og muskelmasse gjennom pubertetsalder (12–17 år) mellom guttene i den foreliggende studien og andre gutter på samme alder. Det ser imidlertid ut til at guttene i den foreliggende studien har en høyere absolutt FFM ved 12 års alder, noe som opprettholdes på samme nivå frem til 17 års alder. Dette støttes også gjennom den longitudinelle studien til Bitar og medarbeidere (2000) hvor guttene på 13 år hadde en FFM som var 8,4 kg lavere sammenlignet med de 13 år gamle guttene i den foreliggende studien (tabell 4.3). I den amerikanske kartleggingsstudien til Chumlea og medarbeidere ser det imidlertid ut til at guttene ved 12–13,9 års alder har en FFM som er litt høyere enn guttene i den foreliggende studien. Guttene i den foreliggende studien har imidlertid en større økning i FFM gjennom puberteten og har en FFM som er 8,5 kg større sammenlignet med de amerikanske guttene ved 16–17,9 års alder.

#### ***Utvikling av fettmasse (FM) for jenter***

Jenters FM øker gjennom ungdomstiden (Malina et al., 2004). Fra 11 til 19 år er det rapportert en økning i FM fra 9,2 til 16,3 kg (77,6 %) hos jenter (Guo et al., 1998). Til sammenligning hadde jentene fra 11 til 15 år i den foreliggende studien mer enn fordoblet sin FM, fra henholdsvis 6,0 til 12,9 kg (115,0 %). Det er en forholdsvis jevn økning fra år til år, men den største økningen (2,3 kg) skjedde fra 13 til 14 år. Guo og medarbeidere (1998) rapporterte en FM på cirka 13,5 kg hos jenter ved 15 års alder, en økning på 4,4 kg. Dette er en absolutt endring som er lavere enn endringen (6,9 kg) hos jentene i den foreliggende studien. I en longitudinell studie av Campbell og medarbeidere (2001) ble utvikling av kroppssammensetningen fra barne- og ungdomsåar til voksen alder undersøkt. Ved baseline (1980) var utvalget i alderen 8–18 år med en gjennomsnittsalder på 13,4 år. Jentene hadde en gjennomsnittlig FM på 8,2 kg og ved oppfølging i 1992 var gjennomsnittsalderen på 25,4 år og FM på 14,2 kg (Campbell et al., 2001). I den foreliggende studien hadde jentene ved 13,9 års alder en FM på 10,8 kg. De ovennevnte studiene (Campbell et al., 2001; Guo et al., 1998) har undersøkt ungdommer på 1980- og 90-tallet, og ettersom den globale forekomsten av fedme har mer enn doblet seg siden 1980 (WHO, 2015), kan det være problematisk å sammenligne med jentene i den foreliggende studien.

I en nyere longitudinell studie av Baxter-Jones og medarbeidere (2008) økte jentene FM fra 11,1 kg ved 11 års alder til 20,9 kg ved 15 års alder. De har en mindre prosentvis

endring (88,3 %), men større absolutt økning (9,8 kg) enn jentene i den foreliggende studien. De hadde en FM som var 5,1 kg lavere ved 11 års alder og forskjellen økte til 8,0 kg ved 15 års alder sammenlignet med jentene i studien til Baxter-Jones og medarbeidere (2008). Det kan derfor se ut til at jentene i den foreliggende studien har en lavere FM sammenlignet med kanadiske jenter på samme alder. Den absolutte endringen i FM er også mindre fra 11 til 15 års alder. I den amerikanske kartleggingsstudien til Chumlea og medarbeidere (2002) ble det funnet høyere FM, henholdsvis 12,9 kg ved 12–13,9 års alder og 15,3 kg ved 14–15,9 års alder. Jentene i den foreliggende studien hadde til sammenligning en FM på henholdsvis 7,5 og 8,5 kg ved 12 og 13 års alder, og 10,8 og 12,9 ved 14 og 15 års alder. Hos en selektert skoleklasse av franske ungdommer hadde jentene ved 10 års alder en FM på 6,9 kg og 9,3 kg ved 13 års alder (Bitar et al., 2000). Dette er en forholdsvis lik utvikling som jentene i den foreliggende studien (tabell 4.2).

#### ***Utvikling av fettmasse (FM) for gutter***

Gutter når et platå i FM rundt vekstspurtten (Malina et al., 2004). Ved 12 års alder hadde guttene i den foreliggende studien en FM på 4,6 kg, noe som økte til 9,7 kg (110,9 %) ved 17 års alder, med den største årlige økningen (1,7 kg) fra 16 til 17 år. Guo og medarbeidere (1998) rapporterte en økning fra 6,3 til 9,7 kg ved henholdsvis 11 til 19 år. Ved 17 års alder hadde guttene i deres studie en FM på cirka 9 kg. Dette er omtrent likt som guttene i den foreliggende studien ved samme alder (tabell 4.3). Campbell og medarbeidere (2001) rapporterte at gutter på 13 år hadde en FM på 6,7 kg, og ved 25 års alder hadde økt til 12,5 kg (Campbell et al., 2001). Som nevnt ovenfor er målingene av ungdommene i deres studie gjort i 1980, noe som gjør en sammenligning vanskelig. Bitar og medarbeidere (2000) rapporterte en FM på 7,5 kg hos 10 år gamle gutter, mens de ved 13 års alder hadde en FM på 8,1 kg. Guttene i den foreliggende studien hadde til sammenligning en FM på 5,6 kg ved 13 år. Dette er en lavere FM sammenlignet med guttene i studien til Bitar og medarbeidere (2000) og Campbell og medarbeidere (2001).

Hos kanadiske gutter ble det rapportert økt FM fra 10,4 kg ved 12 års alder til 13,3 kg ved 17 år. (Baxter-Jones et al., 2008). Sammenlignet med guttene i den foreliggende studien hadde guttene i Baxter-Jones og medarbeidere (2008) mindre absolutt (2,9 kg) og prosentvis (27,9 %) økning i FM fra 12 til 17 års alder. De kanadiske guttene hadde imidlertid høyere FM ved alle sammenlignbare aldre (tabell 4.3). Forskjellen er størst



(6,8 kg) ved 12 års alder, mens den er halvert (3,6 kg) ved 17 års alder sammenlignet med guttene i den foreliggende studien. Samme tendens ble rapportert i den amerikanske kartleggingsstudien til Chumlea og medarbeidere (2002), hvor gutter på 12–13,9 år hadde FM på 11,2 kg, mens gutter på 16–17,9 år hadde FM på 15,9 kg. Dette tilsvarer en absolutt og prosentvis endring på henholdsvis 4,7 kg og 42 %.

### **5.3.2 Kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ )**

I denne delen vil utviklingen av  $VO_{2peak}$  bli diskutert. Tabell 5.1 og 5.2 viser en oversikt over resultater fra den foreliggende studien og andre studier som har målt  $VO_{2peak}$  for jenter og gutter gjennom barne- og ungdomsalder. Tabellene vil danne grunnlaget for diskusjonen for utviklingen av  $VO_{2peak}$ .

#### ***Utviklingen av $VO_{2peak}$ ( $l \cdot min^{-1}$ ) for jenter***

Jentene økte absolutt  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) med 44,1 %, fra 2,14  $l \cdot min^{-1}$  til 3,02  $l \cdot min^{-1}$  fra 11 til 15 års alder. De hadde en signifikant økning frem til 14 år, men fra 14 til 15 års alder var  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) uendret.

I tabell 5.1 kan man se fra review-artikkelen til Armstrong og Welsman (1994) at jentene økte  $VO_{2peak}$  fra 1,62 til 2,11  $l \cdot min^{-1}$  fra 11 til 15 års alder, tilsvarende en økning på 30,2 %. Jentene i den foreliggende oppgaven hadde høyere utgangsverdi ved 11 år, og den absolutte og prosentvise økningen fra 11 til 15 år var større sammenlignet med jentene i studien til Armstrong og Welsman (1994) (tabell 5.1). I deres studie økte jentene imidlertid i absolutt  $VO_{2peak}$  fra både 14 til 15 og videre til 16 år. I den longitudinelle studien til Armstrong, Welsman, Nevill og Kirby (1999) og Armstrong og Welsman (2001) hadde de engelske jentene relativt lik  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) ved 11 års alder som i studien til Armstrong og Welsman (1994). Økningen frem til 13 år var imidlertid markant større, noe som tilsvarte en absolutt og prosentvis økning av  $VO_{2peak}$  som er sammenfallende med utviklingen jentene i Armstrong og Welsman (1994) hadde fra 11 til 15 år. I Armstrong og Welsman (2001) hadde  $VO_{2peak}$  økt fra 2,14  $l \cdot min^{-1}$  ved 13 års alder, til 2,39  $l \cdot min^{-1}$  ved 17 års alder. Jentene i den foreliggende studien hadde høyere  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) enn de ovennevnte studiene ved alle sammenlignbare aldre. Dette støttes av den longitudinelle studien til Fawkner og Armstrong (2004) hvor jentene ved 11 og 13 år hadde en  $VO_{2peak}$  som var henholdsvis 0,67 (45,6 %) og 0,93  $l \cdot min^{-1}$  (48,4 %) lavere sammenlignet med jentene i den foreliggende studien. Jentene i den foreliggende studien hadde også en større økning fra 11 til 13 år sammenlignet med

jentene i Fawcner og Armstrong (2004). I deres studie har det imidlertid blitt brukt ergometersykkel ved testing av  $VO_{2peak}$ , noe som sannsynligvis fører til 8–10 % lavere  $VO_{2peak}$  (Armstrong & Welsman, 1994) (tabell 5.1).

Det er ingen norske longitudinelle studier som har undersøkt  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) hos ungdommer i denne aldersgruppen, men det finnes noen tverrsnittstudier. Fredriksen og medarbeidere (1999) viste  $VO_{2peak}$  på  $1,73 l \cdot min^{-1}$  hos jenter på 10 år og  $VO_{2peak}$  på  $2,51 l \cdot min^{-1}$  hos jenter på 16 år, tilsvarende en økning på 45,1 %. Jentene i deres studie hadde en lavere  $VO_{2peak}$  sammenlignet med jentene i den foreliggende studien ved alle sammenlignbare aldre. De økte  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) med 53,2 % fra 11–14 år (Fredriksen et al., 1999), noe som er en større prosentvis forskjell enn ved de sammenlignbare aldre i den foreliggende studien. Jentene ved 14 års alder i Fredriksen og medarbeidere hadde imidlertid en høyere absolutt  $VO_{2peak}$  sammenlignet med jentene ved 16 år. Deres studie var en tverrsnittstudie, og det var derfor forskjellig utvalg ved de ulike alderstrinnene (tabell 5.1). I den norske kartleggingsstudien til Kolle og medarbeidere (2010) hadde jentene ved 9 og 15 år  $VO_{2peak}$  på henholdsvis  $1,4$  og  $2,4 l \cdot min^{-1}$ . Jentene i den foreliggende studien hadde  $VO_{2peak}$  som var  $0,62 l \cdot min^{-1}$  (25,8 %) høyere ved 15 års alder enn jentene i deres studie (tabell 5.1). Kolle og medarbeidere (2010) har brukt ergometersykkel ved testing av  $VO_{2peak}$ , noe som nevnt tidligere sannsynligvis har ført til lavere  $VO_{2peak}$  verdier.

#### **Utvikling av $VO_{2peak}$ ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ og $ml \cdot kg \text{ FFM}^{-1} \cdot min^{-1}$ ) for jenter**

Jentene i den foreliggende studien hadde en signifikant nedgang på 7,9 % i  $VO_{2peak}$  fra 11 til 15 års alder. Jentene hadde imidlertid en signifikant økning fra 11 til 12 år, hvor de ved 12 års alder hadde sin høyeste relative  $VO_{2peak}$  (tabell 5.1).

Pate og medarbeidere (2006) rapporterte i sin nasjonale kartleggingsstudie en nedgang i  $VO_{2peak}$  fra  $39,7 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  ved 12–13 års alder til  $37,5 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  ved 18–19 års alder hos amerikanske jenter. Disse funnene støttes av en nyere amerikansk kartleggingsstudie, hvor jentene hadde en nedgang fra 12 til 18 år på henholdsvis  $39,0$  til  $37,4 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ , og en nedgang fra  $39,0$  til  $38,0 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  fra 12 til 15 år (Eisenmann et al., 2011). I den foreliggende studien hadde jentene ved sammenlignbar alder en større nedgang, på  $6,8 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  fra 12 til 15 års alder (tabell 5.1). I Eisenmann og medarbeidere (2011) rapporterte de persentiler for  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$

<sup>1)</sup> på de ulike alderstrinnene i ungdomsårene. Jentene i den foreliggende studien ligger over 95 persentilen ved 12, 13 og 14 år, mens de ved 15 års alder ligger noe over 90 persentilen sammenlignet med de amerikanske jentene på samme alder (Eisenmann et al., 2011). Både i studien til Pate og medarbeidere (2006) og Eisenmann og medarbeidere (2011) ble det benyttet submaksimale tester for å anslå  $VO_{2peak}$ , noe som kan ha ført til mindre nøyaktige resultater (tabell 5.1).

I den norske tverrsnittstudien til Fredriksen og medarbeidere (1999) har jentene ved 11 års alder en lik relativ  $VO_{2peak}$  sammenlignet med jentene ved 16 år. Jentene i deres studie ligger for de fleste sammenlignbare aldre rett i underkant av 90 persentilen for jentene i studien til Eisenmann og medarbeidere (2011). Jentene ved 14 års alder i studien til Fredriksen og medarbeidere (1999) ligger over 90 persentilen sammenlignet med jentene ved 14 års alder i studien til Eisenmann og medarbeidere (2011). Jentene i den foreliggende studien ligger stort sett godt over de norske jentene ved sammenlignbar alder (Fredriksen et al., 1999; Pettersen et al., 2001). Jentenes signifikante nedgang ( $p < 0,001$ ) i  $VO_{2peak}$  fra 14 til 15 år i den foreliggende studien, gjør forskjellen mindre ved 15 års alder sammenlignet med jentene i Fredriksen og medarbeidere (1999). Kolle og medarbeidere (2010) rapporterte en signifikant reduksjon i  $VO_{2peak}$ , fra  $42,9 - 41,1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  fra 9–15 år. (tabell 5.1). De norske jentene i deres kartleggingsstudie ligger mellom 50 og 75 persentilen sammenlignet med jentene fra den amerikanske kartleggingsstudien (Eisenmann et al., 2011). Sannsynligvis hadde jentene i Kolle og medarbeidere sin studie (2010) en høyere relativ  $VO_{2peak}$  (8–10 %), siden de ble testet på ergometersykel. Det ser imidlertid ut til at norske jenter har høyere  $VO_{2peak}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) sammenlignet med jenter fra andre land og at jentene i den foreliggende studien har høyere  $VO_{2peak}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) sammenlignet med andre norske jenter på samme alder. Dette støttes av studien til Krahenbuhl et al. (1985) som rapporterte at jenter ved 15 års alder hadde en  $VO_{2peak}$  som var  $8,2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  lavere enn jentene ved samme alder i den foreliggende studien.

Jentene i den foreliggende studien hadde ingen endring i  $VO_{2peak}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg FFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) fra 11 til 15 år (tabell 4.4). Det er få studier som har målt  $VO_{2peak}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg FFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) for jenter og det er ikke funnet noen longitudinelle studier å sammenligne med. Dencker og medarbeidere (2007) rapporterte imidlertid  $VO_{2peak}$  på  $50,5 \text{ ml} \cdot \text{kg FFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  hos jenter

på 10 år. Dette er  $12,7 \text{ ml} \cdot \text{kg FFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  lavere enn jentene ved 11 års alder i den foreliggende studien. Jentene i Dencker og medarbeidere (2007) ble testet på ergometersykkel og ville sannsynligvis hatt noe høyere  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg FFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ). Jentene i den foreliggende studien ser likevel ut til å ha høyere  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  relatert til FFM sammenlignet med jentene i deres studie.

**Tabell 5.1:** Oversikt over studier, inkludert foreliggende oppgave, som har målt kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ ) oppgitt som  $l \cdot \text{min}^{-1}$  og  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  i normalpopulasjon for jenter i barne- og ungdomsalder.

Utvikling av KRF ( $VO_{2peak}$ ) for jenter					
Referanse/Idrett:	Studiedesign/Utvalg:	Utvalgets treningsstatus:	Alder:	$VO_{2peak} l \cdot \text{min}^{-1}$	$VO_{2peak} \text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$
Foreliggende studie, 2016 Håndballspillere	Prospektiv kohortestudie (longitudinelt) n=22 Testergometer: tredemølle	Treningstimer per uke:	10,8 (0,4)	2,14 (2,03–2,24)#	54,2 (51,2–57,1)#
		10,8 år: 3,9 t; 11,9 år: 5,0 t; 12,8 år: 6,9 t; 13,9 år: 8,5 t; 15,1 år: 10,5 t.	11,9 (0,5) 12,8 (0,4) 13,9 (0,4) 15,1 (0,5)	2,58 (2,45–2,72)# 2,85 (2,71–2,99)# 3,02 (2,87–3,16)# 3,02 (2,84–3,19)#	56,7 (54,0–59,4)# 56,2 (53,8–58,7)# 53,9 (51,0–56,8)# 49,9 (47,3–52,6)#
Armstrong, Williams, Balding, Gentle, and Kirby (1991) Skolelever (England)	Tverrsnittstudie 11,8 år: n=36; 12,9 år: n=28; 14,1 år: n=22; 15,2 år: n=27. Testergometer: tredemølle	Elever fra selekterte skoler i Sør-vest England	11,8 (0,3) 12,9 (0,3)	1,75 (0,37) 1,89 (0,30)	43,0 (5,0) 42,0 (7,0)
		Ikke oppgitt treningsstatus.	14,1 (0,2) 15,2 (0,3)	1,96 (0,34) 2,08 (0,36)	37,0 (6,0) 39,0 (5)
Armstrong and Welsman (1994) Tilfeldig utvalg	Review-artikkel n= 1234 Testergometer: tredemølle	Ikke oppgitt noe treningsstatus.	11 12 13	1,62 1,71 1,87	- - -
		Gjennomsnittverdier fra litteraturen.	14 15 16	1,99 2,11 2,24	- - -
		Tilfeldig utvalg av ungdommer. Ikke oppgitt treningsstatus.	11,2 (0,4)	1,63 (0,28)	-
			12,2 (0,4)	1,89 (0,29)	-
			13,1 (0,04)	2,10 (0,30)	-
Armstrong et al. (1999) (England) Randomisert utvalg	Longitudinelt design 11,2 år: n=115; 12,2 år: n=88; 13,1 år: n=81 Testergometer: tredemølle				
Fredriksen et al. (1999) (Norge) Tilfeldig utvalg elever fra norsk helseundersøkelse.	Tverrsnittstudie 10,6 år: n=24; 12,4 år: n=23; 14,4 år: n=16; 16,0 år: n=13 Testergometer: tredemølle	Tilfeldig utvalg av friske ungdommer.	10,6 (0,5) 12,4 (0,5) 14,4 (0,5) 16,0 (0,0)	1,73 2,20 2,65 2,51	46,7 48,6 48,9 46,5
		Ikke oppgitt treningsstatus.			
		Tilfeldig utvalg av ungdommer. Ikke oppgitt treningsstatus.	11,2 (0,4)	1,59 (0,26)	-
			12,2 (0,3)	1,93 (0,24)	-
Armstrong and Welsman (2001) (England) Randomisert utvalg	Longitudinelt design 11,2 år: n=49; 12,2 år: n=42 13,2 år: n=47; 17,0 år: n=26 Testergometer: tredemølle				

<b>Fawkner and Armstrong (2004) (England)</b> <b>Selektert utvalg.</b>	Longitudinelt design n=9	Bedrev ikke idrett eller regelmessig trening ved studiens oppstart.	10,9 (0,2)	1,47 (0,21)	38,9 (6,3)
	Testergometer: ergometersykkel		12,9 (0,3)	1,92 (0,19)	38,8 (4,8)
<b>R. R. Pate et al. (2006) (USA)</b> <b>Tilfeldig utvalg</b>	Tverrsnittstudie	Tilfeldig utvalg av friske ungdommer. Ikke oppgitt treningsstatus.	12-13	-	39,7 (0,5)
	12-13 år: n=465; 14-15 år: n=434;		14-15	-	38,3 (0,4)
	16-17 år: n=379; 18-19 år: n=323.		16-17	-	38,9 (0,6)
	Testergometer: tredemølle. Submaksimal test.		18-19	-	37,5 (0,6)
<b>Kolle et al (2010) (Norge)</b> <b>Tilfeldig utvalg</b>	Tverrsnittstudie	Tilfeldig utvalg av friske barn og unge i den norske skolen.	9	1,4 (0,2)	42,9 (6,7)
	9 år: n=525; 15 år: n=359		15	2,4 (0,4)	41,1 (6,0)
<b>Joey C. Eisenmann et al. (2011) (USA)</b> <b>Tilfeldig utvalg</b>	Testergometer: tredemølle. Submaksimal test.	Tilfeldig utvalg av friske ungdommer. Ikke oppgitt treningsstatus	12	-	39,0
			13	-	38,6
			14	-	38,3
			15	-	38,0
			16	-	37,8
			17	-	37,7
			18	-	37,4

Verdier er oppgitt som gjennomsnittsverdier og standardavvik (SD). # = Studien har oppgitt gjennomsnittverdier og 95 % konfidensintervall (95 % KI).  $VO_{2peak}$  = høyeste oppnådde oksygenopptak. n=antall.

### ***Utvikling av $VO_{2peak}$ ( $l\ min^{-1}$ ) for gutter***

Guttene i den foreliggende studien økte  $VO_{2peak}$  med 63,2 % fra 12 til 17 års alder. De hadde en signifikant økning fra år til år, men økningen er mindre markant fra 15 til 16 og fra 16 til 17 år (tabell 5.2).

Armstrong og Welsman (1994) rapporterte en økning i  $VO_{2peak}$  på  $0,92\ l\ min^{-1}$  (43,0 %) fra 12 til 16 år hos guttene. Samme utvikling ble rapportert i studien til Beunen og medarbeidere (2002), hvor guttene økte  $VO_{2peak}$  med  $0,9\ l\ min^{-1}$  (42,3 %) fra 12 til 16 års alder (tabell 5.2). I den foreliggende studien økte guttene sin  $VO_{2peak}$  med  $1,52\ l\ min^{-1}$  og 56,5 % gjennom samme aldersspenn. De har også en større absolutt  $VO_{2peak}$  ved alle sammenlignbare aldre. Guttene har ved 12 års alder en  $VO_{2peak}$  som er cirka  $0,55\ l\ min^{-1}$  høyere enn guttene ved samme alder i studien til Armstrong og Welsman (1994) og Beunen og medarbeidere (2002). Ved 17 års alder har denne forskjellen økt til cirka  $1,30\ l\ min^{-1}$ . I Armstrong og Welsman (2001) sin longitudinelle studie av engelske gutter er forskjellen i  $VO_{2peak}$  enda større ( $0,69\ l\ min^{-1}$ ) ved 12 års alder sammenlignet med guttene i den foreliggende studien. Ved 17 års alder er forskjellen på  $0,84\ l\ min^{-1}$ , noe som er markant mindre sammenlignet med de ovennevnte studiene. De hadde i deres studie økning på 69,9 % fra 12 til 17 år (Armstrong & Welsman, 2001) noe som relativt likt den prosentvise økningen hos guttene i den foreliggende studien (63,2 %).

Fredriksen og medarbeidere (1999) rapporterte i sin tverrsnittstudie at norske gutter hadde  $VO_{2peak}$  på  $2,58\ l\ min^{-1}$  ved 12 års alder og  $3,84\ l\ min^{-1}$  ved 16 års alder. Den absolutte og prosentvise forskjellen mellom guttene ved 12 og 16 år var på henholdsvis  $1,26\ l\ min^{-1}$  og 48,8 % (Fredriksen et al., 1999). Guttene i den foreliggende studien har litt høyere absolutt  $VO_{2peak}$  ( $0,11\ l\ min^{-1}$ ) ved 12 års alder, mens forskjellen er noe større ( $0,37\ l\ min^{-1}$ ) ved 16 års alder (Fredriksen og medarbeidere, (1999). Kolle og medarbeidere rapporterte at guttene på 9 år hadde  $VO_{2peak}$  på henholdsvis  $1,6\ l\ min^{-1}$  mens guttene på 15 år hadde  $3,3\ l\ min^{-1}$ . Ved 15 års alder hadde deres gutter en  $VO_{2peak}$  som var  $0,66\ l\ min^{-1}$  (20 %) lavere enn guttene i den foreliggende studien. Bruk av ergometersykkel kan som nevnt ovenfor utgjøre noe av denne forskjellen.

De norske jentene og guttene fra studiene nevnt ovenfor (Fredriksen et al., 1999; Kolle et al., 2010; Pettersen et al., 2001) har en høyere absolutt  $VO_{2peak}$  ved alle alderstrinn

sammenlignet med studiene fra andre land (Armstrong & Welsman, 1994, 2001; Armstrong et al., 1999; Beunen et al., 2002). Både guttene og jentene i den foreliggende studien har høyere absolutt  $VO_{2peak}$  sammenlignet med de norske studiene nevnt ovenfor. De ligger således over gjennomsnittet sammenlignet med jevnaldrende i samme land, men har enda høyere  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) sammenlignet med ungdommer fra andre land.

### ***Utvikling av $VO_{2peak}$ ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ og $ml \cdot kg \text{ FFM}^{-1} \cdot min^{-1}$ ) for gutter***

Guttene i den foreliggende studien hadde en stabil relativ  $VO_{2peak}$  fra 12 til 17 års alder. Det var kun en signifikant forskjell i relativ  $VO_{2peak}$  fra 15 til 16 år, hvor guttene hadde en nedgang ( $p < 0,05$ ) (tabell 5.2).

I kartleggingsstudien til Pate og medarbeidere (2006) rapporterte de  $VO_{2peak}$  hos gutter ved 12–13, 16–17 og 18–19 års alder på henholdsvis 44,6, 46,9 og 47,6  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ . Den samme trenden ble observert i en nyere kartleggingsstudie av Eisenmann og medarbeidere (2011), hvor guttene på 12 år hadde en  $VO_{2peak}$  på 42,3  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ , mens guttene på 17 år hadde en  $VO_{2peak}$  på 46,4  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  (tabell 5.2). Deres gutter hadde en stabil relativ  $VO_{2peak}$  ved 16, 17 og 18 år. Fra 12 til 17 år hadde guttene i den foreliggende studien som nevnt ovenfor en stabil  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ), mens guttene i de amerikanske kartleggingsstudiene hadde en liten økning i samme aldersspenn. Guttene i den foreliggende studien hadde imidlertid en høyere  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) ved alle sammenlignbare aldre. Ved både 12, 13 og 14 års alder ligger guttene i den foreliggende studien rett i overkant av 95 persentilen og ved 15, 16 og 17 års alder over 90 persentilen sammenlignet med de amerikanske guttene på samme alder (Joey C. Eisenmann et al., 2011). I den longitudinelle studien til Fawkner og Armstrong (2004) ble det rapportert en stabil relativ  $VO_{2peak}$  fra 11 til 13 år hos gutter. Guttene i den foreliggende studien har ved 13 års alder en  $VO_{2peak}$  som er 11,3  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  (22,9 %) høyere sammenlignet med guttene på samme alder i Fawkner og Armstrong (2004) sin studie (tabell 5.2).

Fredriksen og medarbeidere (1999) rapporterte i en norsk tverrsnittundersøkelse at gutter på 12 år hadde  $VO_{2peak}$  på 55,6  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ , mens guttene på 16 år hadde 58,5  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ . Ved 14 års alder hadde guttene  $VO_{2peak}$  på 60,5  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ , noe som kan tyde på at det skjer en økning frem til 14 år, men at den etter 14 års alder begynner



å synke (tabell 5.2). Guttene i den foreliggende studien har ved 12, 14 og 16 års alder en  $VO_{2peak}$  som er henholdsvis 5,2 (9,4 %), 1,9 (2,1 %) og 2,6 (4,4 %)  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  høyere enn guttene i studien til Fredriksen og medarbeidere (1999). Kolle og medarbeidere (2010) målte signifikant høyere  $VO_{2peak}$  hos 15 år gamle gutter enn 9 år gamle gutter på henholdsvis 51,9  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  og 48,2  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ , (tabell 5.2). Ved 15 års alder hadde guttene i den foreliggende studien en  $VO_{2peak}$  som var 10,9  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  (21,0 %) høyere enn guttene på 15 år i studien til Kolle og medarbeidere (2010). Den prosentvise forskjellen i absolutt og relativ  $VO_{2peak}$  er svært lik (cirka 20 %) mellom den foreliggende studien og studien til Kolle og medarbeidere (2010). Noe av forskjellen kan imidlertid skyldes testing på ergometersykel i studien til Kolle og medarbeidere (2010).

$VO_{2peak}$  relatert til FFM hadde i likhet med  $VO_{2peak}$  relatert til kroppsvekten ingen signifikant endring fra 12 til 17 år hos guttene i den foreliggende studien (tabell 4.4). De 11–14 år gamle guttene i kontrollgruppen til Danis og medarbeidere (2003) hadde en  $VO_{2peak}$  på 64,9  $ml \cdot kg \cdot FFM^{-1} \cdot min^{-1}$ . Dette er en litt lavere  $VO_{2peak}$  relatert til FFM enn guttene i den foreliggende studien hadde ved henholdsvis 12, 13 og 14 års alder (tabell 4.4). Forskjellen er imidlertid liten, og man kan således ikke trekke en konklusjon om at guttene i den foreliggende studien har en høyere  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg \cdot FFM^{-1} \cdot min^{-1}$ ) sammenlignet med andre gutter på samme alder.

Norske gutter ser ut til å ha en høyere  $VO_{2peak}$  relatert til kroppsvekt sammenlignet med gutter fra andre land. I tillegg har guttene i den foreliggende studien en noe høyere relativ  $VO_{2peak}$  sammenlignet med andre norske gutter. Det ser imidlertid ikke ut til at det er noen forskjell i utviklingen av  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) fra 12 til 17 år mellom gutter i den foreliggende studien sammenlignet med andre norske gutter og gutter fra andre land.

**Tabell 5.2:** Oversikt over studier, inkludert foreliggende oppgave, som har målt kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ ) oppgitt som  $l \cdot \text{min}^{-1}$  og  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  i normalpopulasjon for gutter i barne- og ungdomsalder.

Utvikling av KRF ( $VO_{2peak}$ ) for gutter					
Referanse/idrett:	Studiedesign:	Utvalgets treningsstatus:	Alder:	$VO_{2peak}$ $l \cdot \text{min}^{-1}$	$VO_{2peak}$ $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
<b>Foreliggende studie, 2016 (Norge)</b> Fotballspillere	Prospektiv kohortestudie (longitudinelt) n=22 Testergometer: tredemølle	Treningstimer per uke:	12,2 (0,3)	2,69 (2,45–2,92)#	60,8 (57,6–64,0)#
		12,2 år: 5,1 t; 13,1 år: 5,5 t;	13,1 (0,2)	2,99 (2,75–3,23)#	60,7 (57,2–64,1)#
		14,1 år: 5,7 t; 15,1 år: 5,8 t;	14,1 (0,3)	3,52 (3,22–3,81)#	62,1 (59,5–64,7)#
		16,2 år: 6,1 t; 17,2 år: 5,8 t.	15,1 (0,3)	3,96 (3,62–4,30)#	62,8 (59,6–66,0)#
			16,2 (0,4)	4,21 (3,86–4,57)#	61,1 (58,4–63,9)#
			17,2 (0,4)	4,39 (4,04–4,74)#	59,6 (57,1–62,2)#
<b>Armstrong et al. (1991)</b> Skolelever (England)	Tverrsnittstudie 11,7 år: n=36; 13,0 år: n=28; 14,1 år: n=22; 15,3 år: n=27. Testergometer: tredemølle	Elever fra selekterte skoler i	11,7 (0,3)	1,86 (0,37)	48,0 (7,0)
		Sør-vest England	13,0 (0,3)	2,13 (0,42)	48,0 (7,0)
		Ikke oppgitt treningsstatus.	14,1 (0,3)	2,46 (0,45)	49,0 (5,0)
			15,3 (0,3)	2,98 (0,48)	50,0 (6,0)
<b>Armstrong and Welsman (1994)</b> Tilfeldig utvalg	Review-artikkel n= 3703 Testergometer: tredemølle	Ikke oppgitt noe	11	1,91	-
		treningsstatus.	12	2,14	-
		Gjennomsnittverdier fra	13	2,37	-
		litteraturen.	14	2,60	-
			15	2,83	-
			16	3,06	-
<b>Armstrong et al. (1999) (England)</b> Randomisert utvalg	Longitudinelt design 11,2 år: n=119; 12,1 år: n=94; 13,1 år: n=93 Testergometer: tredemølle	Tilfeldig utvalg av	11,0 (0,4)	1,81 (0,26)	-
		ungdommer. Ikke oppgitt	12,0 (0,4)	2,11 (0,34)	-
		treningsstatus.	13,0 (0,04)	2,39 (0,44)	-
<b>Fredriksen et al. (1999)</b> (Norge) Tilfeldig utvalg elever fra norsk helseundersøkelse.	Tverrsnittstudie 10,4 år: n=26; 12,5 år: n=31; 14,4 år: n=24; 16,2 år: n=13 Testergometer: tredemølle	Tilfeldig utvalg av friske	10,4 (0,5)	2,00	56,7
		ungdommer.	12,5 (0,5)	2,58	55,6
		Ikke oppgitt treningsstatus.	14,4 (0,5)	3,48	60,8
			16,2 (0,4)	3,84	58,5
<b>Armstrong and Welsman (2001)</b> (England) Randomisert utvalg	Longitudinelt design 11,1 år: n=71; 12,1 år: n=60 13,1 år: n=56; 17,0 år: n=37 Testergometer: tredemølle	Tilfeldig utvalg av	11,1 (0,4)	1,78 (0,24)	-
		ungdommer. Ikke oppgitt	12,1 (0,4)	2,09 (0,31)	-
		treningsstatus.	13,1 (0,04)	2,37 (0,45)	-
			17,0 (0,4)	3,55 (0,55)	-

<b>G. Beunen et al. (2002) (Canada)</b> <b>Randomisert utvalg. Friske ungdommer</b>	Longitudinell studie n=73 Testergometer: tredemølle	Tilfeldig utvalg ut ifra sosioøkonomisk bakgrunn.	11,0	1,93 (0,28)	-
		Ikke oppgitt antall	12,0	2,13 (0,30)	-
		treningstimer pr uke.	13,0	2,33 (0,45)	-
		Blanding av aktive og inaktive ungdommer.	14,0	2,69 (0,60)	-
			15,0	2,90 (0,58)	-
			16,0	3,03 (0,57)	-
<b>Fawkner and Armstrong (2004) (England)</b> <b>Selektert utvalg.</b>	Longitudinelt design n=13 Testergometer: ergometersykkel	Bedrev ikke idrett eller regelmessig trening ved studiens oppstart.	10,9 (0,3)	1,70 (0,27)	49,0 (5,7)
			12,9 (0,3)	2,12 (0,32)	49,4 (8,0)
<b>R. R. Pate et al. (2006) (USA)</b> <b>Tilfeldig utvalg</b>	Tverrsnittstudie 12-13 år: n=393; 14-15 år: n=424; 16-17 år: n=486; 18-19 år: n=383. Testergometer: tredemølle. Submaksimal test.	Tilfeldig utvalg av friske ungdommer. Ikke oppgitt treningsstatus.	12-13	-	44,6 (0,7)
			14-15	-	47,1 (0,6)
			16-17	-	46,9 (0,6)
			18-19	-	47,6 (0,6)
<b>E. Kolle et al. (2010) (Norge)</b> <b>Tilfeldig utvalg</b>	Tverrsnittstudie 9 år: n=602; 15 år: n=338 Testergometer: ergometersykkel	Tilfeldig utvalg av friske barn og unge i den norske skolen.	9	1,6 (0,2)	48,2 (7,1)
			15	3,3 (0,5)	51,9 (8,0)
<b>Joey C. Eisenmann et al. (2011) (USA)</b> <b>Tilfeldig utvalg.</b>	Tverrsnittstudie Totalt n=1478 Testergometer: tredemølle. Submaksimal test.		12	-	42,3
			13	-	43,4
		Tilfeldig utvalg av friske ungdommer. Ikke oppgitt treningsstatus	14	-	44,5
			15	-	45,7
			16	-	46,3
			17	-	46,4
			18	-	46,5

Verdier er oppgitt som gjennomsnittsverdier og standardavvik (SD). # = Studien har oppgitt gjennomsnittverdier og 95 % konfidensintervall (95 % KI).  $VO_{2peak}$  = høyeste oppnådde oksygenopptak. n = antall.

## **5.4 Kjønnsforskjeller**

I denne delen vil kjønnsforskjeller i utviklingen av kroppssammensetningen og KRF ( $VO_{2peak}$ ) bli diskutert. Når jeg sammenligner jentene og guttene ved samme alder, vil jeg referere til nærmeste hele år.

### **5.4.1 Kroppssammensetning**

#### ***Kjønnsforskjeller i fettfri masse (FFM) og muskelmasse***

Jenter og gutter følger vanligvis den samme økningen (cirka 10 kg) i FFM fra 8 til 14 års alder, men etter dette har gutter vanligvis en mye større økning (25 kg) sammenlignet med jentene (9 kg) frem til 20 års alder (Guo et al., 1998). I den foreliggende studien var det ingen forskjell mellom jentenes og guttenes FFM ved 12 og 13 års alder, men ved 14 års alder var det en forskjell på 4,9 kg, noe som økte til 8,8 kg ved 15 års alder. Det ser derfor ut til at forskjellen inntreffer tidligere (mellom 13 og 14 år) for deltakerne i den foreliggende studien sammenlignet med utvalget i studien til Guo og medarbeidere (1998). Vanligvis når jenter sin voksne FFM ved 15 til 16 års alder, hvor veksten deretter flater ut (Malina et al., 2004). I den respektive oppgaven kan det se ut som jentene har begynt på denne avflatningen ved 14 års alder, ettersom de har sin laveste vekst (2,5 kg) i FFM fra 14 til 15 års alder. Guttene har til gjengjeld sin største økning gjennom det samme året. Ved slutten av ungdommens vekstspurt har gutter vanligvis en FFM som er 25–30 % høyere enn jentenes (Stratton & Oliver, 2014). Hos Baxter-Jones og medarbeidere (2008) er det ingen stor forskjell i FFM mellom kjønnene før ved 14 års alder, hvor guttene har en FFM som er 10 kg (25,3 %) høyere enn jentenes. Forskjellen øker til cirka 15 kg ved 15 år. Den prosentvise forskjellen er på 36,4 %, noe som er litt høyere sammenlignet med Stratton og Oliver (2014) sine antydninger om forskjell i FFM mellom jenter og gutter ved slutten av ungdommens vekstspurt. Hos amerikanske ungdommer har guttene en FFM på 7,9 kg (20,7 %) høyere enn jentene ved 12–13,9 års alder, mens forskjellen har økt til 12,1 kg (30,2 %) ved 14–15,9 års alder. Til sammenligning med studiene nevnt ovenfor er det i den foreliggende studien en forskjell på 18,4 % mellom jenter og gutter ved 15 års alder. Dette kan tyde på at det både er en mindre absolutt og prosentvis forskjell i FFM mellom kjønnene i denne studien sammenlignet med andre ungdommer på samme alder.

Baxter-Jones og medarbeidere (2008) sammenlignet kjønnene ved samme biologiske alder. Guttene var hele veien eldre (kronologisk alder) ved samme biologiske alder som jentene. Fra studiens oppstart (jentene 9 år og guttene 10 år) hadde guttene en signifikant høyere FFM. Guttene hadde ved 17,1 års alder en FFM masse på 59,1 kg, mens jentene hadde en FFM på 40,4 kg ved 15,6 års alder. Dette er en absolutt og prosentvis forskjell på henholdsvis 18,7 kg og 46,3 %. I den foreliggende studien er det ikke målt biologisk alder, kun første menstruasjon hos jentene er registrert. Til sammenligning har guttene ved 17 års alder en FFM på 63,9 kg, mens jentene ved 15 års alder har en FFM på 47,9 kg. Dette er en absolutt og prosentvis forskjell på henholdsvis 16 kg og 33,4 %, en litt mindre forskjell sammenlignet med resultatene i Baxter-Jones og medarbeidere (2008) sin studie.

Kjønnsforskjellene i muskelmasse følger nesten den samme utviklingen som FFM i den foreliggende oppgaven. Det er imidlertid ingen signifikant forskjell mellom jentene og guttene før ved 15 års alder, hvor guttene har 3,6 kg mer muskelmasse enn jentene. (figur 4.2). En større kjønnsforskjell er imidlertid rapportert i studien til Kim og medarbeidere (2006) hvor guttene har en muskelmasse som er 9,2 kg større enn jentene ved 15 år.

### ***Kjønnsforskjeller i fettmasse (FM)***

FM øker de 2–3 første leveårene og opprettholdes frem til 5–6-årsalderen, hvor det er liten eller ingen forskjell mellom jenter og gutter. Deretter har jentene en større økning i FM sammenlignet med guttene og jentene fortsetter denne økningen gjennom puberteten. For guttene ser det ut til at FM når et platå eller kun har en liten økning ved tiden rundt vekstspurt (13 til 15 års alder) (Malina et al., 2004). I den foreliggende studien har jentene en økning i FM fra henholdsvis 7,5–12,9 kg fra 12 til 15 års alder, mens guttene har en økning fra 4,6 til 6,9 kg i samme tidsintervall. Forskjellen mellom kjønnene ved 12 års alder er på 2,9 kg, mens den ved 15 års alder har doblet seg til 6 kg. Ved 15 års alder tilsvarer dette en forskjell på 87 %. I studien til Baxter-Jones og medarbeidere (2008) har guttene fra 12 til 15 år en stabil FM, og er ved sistnevnte alder 10,7 kg. Jentene økte fra 14,1 til 20,9 kg i samme tidsintervall. Den absolutte forskjellen (10,2 kg) i FM mellom kjønnene er ved 15 års alder større i deres studie enn i den foreliggende studien. Den prosentvise forskjellen er ved 15 års alder på 95,3 %, noe som er sammenfallende med den foreliggende studien. Det er en litt større forskjell i FM ved 15 års alder i den foreliggende studien og studien til Baxter-Jones og

medarbeidere (2008) sammenlignet med studien til Guo og medarbeidere (1998), hvor forskjellen ved 15 års alder var cirka 55 %. En mindre forskjell er imidlertid observert i en kartleggingsstudie av amerikanske ungdommer (Chumlea et al., 2002) sammenlignet med den foreliggende studien og studiene nevnt ovenfor. Ved 12–13,9 års alder hadde jentene en FM som var 1,7 kg (15,2 %) høyere sammenlignet med guttene. Forskjellen ved 14–15,9 års alder hadde steget til 2,4 kg, noe som tilsvarte en prosentvis forskjell på 18,6 % (Chumlea et al., 2002).

#### **5.4.2 Kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ )**

I denne delen diskuteres kjønnsforskjellene i utviklingen av kardiorespiratorisk form i puberteten. I diskusjonen vil jeg som i kapittel 5.2.2 benytte tabell 5.1 og 5.2, som viser resultater fra den foreliggende studien og andre studier som har målt  $VO_{2peak}$ , for henholdsvis jenter og gutter gjennom barne- og ungdomsalder.

##### ***Kjønnsforskjeller i $VO_{2peak}$ ( $l \cdot min^{-1}$ )***

Uttrente jenter og gutter har forholdsvis lik  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) frem til 12 års alder. Ved 14 års alder har vanligvis guttene cirka 25 % høyere  $VO_{2peak}$  sammenlignet med jentene og ved 16 års alder har forskjellen økt til 50 % (Krahenbuhl et al., 1985).  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) øker lineært med kronologisk alder for begge kjønn, men verdiene for jentene er noe lavere sammenlignet med guttene (Armstrong, 2013; Armstrong & Welsman, 1994; Meen, 2000). Det er imidlertid rapportert mindre forskjell både i absolutt og relativ  $VO_{2peak}$  mellom trente jenter og gutter sammenlignet med normalpopulasjon av jenter og gutter (Krahenbuhl et al., 1985). I den foreliggende studien var det ingen forskjell i  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) mellom jentene og guttene ved 12 og 13 års alder (figur 4.4). Dette støttes av Eisenmann, Pivarnik og Malina (2001) som hos langdistanseløpere så liten forskjell mellom jenter og gutter før ved 14 års alder. Ved 14 års alder hadde guttene i den foreliggende studien en  $VO_{2peak}$  som var  $0,50 l \cdot min^{-1}$  høyere enn jentene, henholdsvis 3,52 og  $3,02 l \cdot min^{-1}$ . Fra 14 til 15 års alder hadde jentene en stagnasjon i utviklingen av absolutt  $VO_{2peak}$ , noe som førte til at forskjellen økte til  $0,94 l \cdot min^{-1}$  ved 15 års alder (figur 4.4). Dette utgjør en kjønnsforskjell på 16,6 % ved 14 års alder og 31,1 % ved 15 års alder. Armstrong og medarbeidere (1991) viser at det er omtrent den samme forskjellen i absolutt  $VO_{2peak}$  mellom jentene og guttene ved 14 ( $0,50 l \cdot min^{-1}$ ) og 15 ( $0,90 l \cdot min^{-1}$ ) års alder, men i deres studie hadde både jentene og guttene ved denne alderen cirka  $1 l \cdot min^{-1}$  lavere  $VO_{2peak}$  sammenlignet med utvalget i den foreliggende studien. Den prosentvise forskjellen mellom jentene og guttene i deres studie var derfor

noe høyere ved 14 (25,5 %) og 15 (43,3 %) års alder (Armstrong et al., 1991). Funnene fra den foreliggende studien og studien til Armstrong og medarbeidere (1991) samsvarer godt med den norske kartleggingsstudien til Kolle og medarbeidere (2010), hvor den absolutte forskjellen i  $VO_{2peak}$  ved 15 års alder var  $0,90 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Den prosentvise forskjellen var 37,5 %, noe som ligger midt mellom den foreliggende studien og studien til Armstrong og medarbeidere (1991). Forskjellen mellom jentene fra deres studie og den foreliggende studien er på  $0,62 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  ved 15 års alder, mens den for guttene var  $0,63 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  (Kolle et al., 2010).

Ved å se på kjønnsforskjellene i  $VO_{2peak}$  ( $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ ) fra studiene i tabell 5.1 og 5.2, er det ved 11–12 års alder en forskjell på  $0,10$  til  $0,43 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  mellom jentene og guttene. Den prosentvise forskjellen varierer i de samme studiene fra 5,6 til 25,1 % (Armstrong & Welsman, 1994, 2001; Armstrong et al., 1991; Fawkner & Armstrong, 2004; Fredriksen et al., 1999). Ved 15 års alder har den absolutte forskjellen i  $VO_{2peak}$  mellom jenter og gutter økt, og er mellom  $0,72$  til  $0,90 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ , og den prosentvise forskjellen er mellom 31,3 til 43,3 % (Armstrong & Welsman, 1994; Armstrong et al., 1991; Fredriksen et al., 1999; E. Kolle et al., 2010). I den foreliggende studien er det ingen signifikant forskjell mellom jenter og gutter ved 12 års alder, men den gjennomsnittlige forskjellen er på  $0,11 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Dette er i det nedre sjiktet sammenlignet med studiene i tabell 5.1 og 5.2. Den prosentvise forskjellen ved denne alderen er på 4,3 %, noe som er under det minste observert i studiene nevnt ovenfor. Forskjellen ved 15 års alder i den foreliggende studien er som nevnt over på  $0,94 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  i absolutt  $VO_{2peak}$ , mens den prosentvise forskjellen er på 31,1 %. Forskjellen i absolutt  $VO_{2peak}$  er litt større ved 15 års alder i den foreliggende studien sammenlignet med studiene fra tabell 5.1 og 5.2. Ettersom både jentene og guttene i den foreliggende studien har en høyere  $VO_{2peak}$  ( $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ ) ved 15 års alder, så er den prosentvise forskjellen litt lavere sammenlignet med de andre studiene.

#### ***Kjønnsforskjeller i $VO_{2peak}$ ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ og $\text{ml}\cdot\text{kg FFM}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )***

Fra 8 til 18 års alder er det rapportert stabile verdier av  $VO_{2peak}$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) hos gutter, mens hos jentene vil den gradvis synke gjennom samme aldersspenn (Armstrong, 2013; Armstrong & Welsman, 1994). Forskjellen mellom gutter og jenter øker vanligvis fra 1,5 % ved 6 års alder til 33 % ved 16 års alder (Krahenbuhl et al., 1985). I den foreliggende studien hadde guttene  $4,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  høyere  $VO_{2peak}$  enn

jentene ved 12 års alder. Forskjellen økte gradvis for hvert år og var ved 15 års alder 12,9 ml · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup> (figur 4.5). Den prosentvise forskjellen var ved 12 og 15 års alder henholdsvis 7,2 og 25,9 %. Studiene i tabell 5.1 og 5.2 viser en forskjell på 3,3 til 7,3 ml · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup> mellom jenter og gutter ved 12 års alder. Den prosentvise forskjellen varierer fra 8,5 til 14,4 % (Armstrong et al., 1991; Eisenmann et al., 2011; Fredriksen et al., 1999; Pate et al., 2006). Fawcner og Armstrong (2004) observerte imidlertid større forskjell ved 11 og 13 års alder på henholdsvis 10,0 og 10,6 ml · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup> (27,3 % og 25,9 %). Ved 15 års alder varierer forskjellen mellom jenter og gutter fra 7,7 til 13,5 ml · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>, mens den prosentvise forskjellen varierer fra 20,3 til 28,2 % (Armstrong et al., 1991; Eisenmann et al., 2011; Fredriksen et al., 1999; Kollé et al., 2010; Pate et al., 2006). Sammenlignet med disse studiene ser det ut til at forskjellen mellom jenter og gutter i den foreliggende studien ligger innenfor det som er normalt for relativ VO<sub>2peak</sub> (ml · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>) ved 12 og 15 års alder. Den prosentvise forskjellen er noe mindre ved 12 års alder, men innenfor det andre studier har vist ved 15 års alder. I Eisenmann, og medarbeidere (2001) ble det hos langdistanseløpere sett en kjønnsforskjell i VO<sub>2peak</sub> på 5–7 ml · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup> fra 11 til 16 år. Krahenbuhl og medarbeidere (1985) fant at kjønnsforskjellene mellom trente ungdommer er mindre sammenlignet med ungdommer fra normalpopulasjonen.

VO<sub>2peak</sub> relatert til FFM viser en mindre forskjell mellom jenter og gutter sammenlignet med VO<sub>2peak</sub> relatert til kroppsvekt. Forskjellen mellom jenter og gutter i VO<sub>2peak</sub> (ml · kg FFM<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>) er først signifikant ved 14 års alder og er størst (7,2 ml · kg FFM<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>) ved 15 års alder (figur 4.6). I Dencker og medarbeidere (2007) er det hos 10 år gamle jenter og gutter rapportert en mindre forskjell mellom jenter og gutters VO<sub>2peak</sub> (ml · kg FFM<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>) sammenlignet med VO<sub>2peak</sub> (ml · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>). Forskjellen i VO<sub>2peak</sub> (ml · kg FFM<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>) er imidlertid signifikant forskjellig mellom kjønnene ved 10 års alder, dette er ikke i overensstemmelse med funnene hos 12 år gamle jenter og gutter i den foreliggende studien.

Ved 12 års alder er det mindre forskjell mellom jenter og gutter i den foreliggende studien (4,1 ml · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup> (7,2 %)) sammenlignet med andre norske 12-åringere hvor det er rapportert en forskjell på 7,0 ml · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup> (14,4 %) (Fredriksen et al., 1999). Sammenlignet med den foreliggende studien er det ved 15 års alder en relativt lik forskjell i VO<sub>2peak</sub> (ml · kg<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>) og prosent mellom jenter og gutter i de norske



studiene fra tabell 5.1 og 5.2 (Fredriksen et al., 1999; Kollé et al., 2010). Både jentene og guttene i den foreliggende studien hadde litt høyere  $VO_2$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) ved alle aldre sammenlignet med de norske studiene, mens forskjellen er større sammenlignet med ungdommer fra andre land. Jentene i foreliggende studie trente signifikant mer enn guttene ved 13 og 14 års alder, og ved 15 års alder hadde jentene nesten dobbelt så mange treningstimer per uke sammenlignet med guttene (tabell 4.1). Dette kan sannsynligvis ha påvirket til en lavere forskjell mellom jentene og guttene i foreliggende studie sammenlignet med hva det kunne ha vært. Vinet og medarbeidere (2003) mener først og fremst forskjellen mellom jenter og gutter skyldes forskjellig utvikling i kroppssammensetning. I deres studie ble hjertets funksjonelle kapasitet også undersøkt, men dette ble ikke vist å ha noen betydning for kjønnsforskjellen i  $VO_{2peak}$ .

### ***5.5 Effekt av trening på utvikling av kardiorespiratorisk form og kroppssammensetning i puberteten***

I denne delen vil effekt av trening og fysisk aktivitet på utvikling av  $VO_{2peak}$  og kroppssammensetning i puberteten bli diskutert.

#### **5.5.1 Kroppssammensetning**

Fysisk aktivitet er vist å ha en positiv effekt på utviklingen av kroppssammensetningen (Baxter-Jones et al., 2008). Vanligvis har idrettsutøvere en lavere fettmasse og fettprosent sammenlignet med normalpopulasjonen. Forskjellen er rapportert å være større mellom trente jenter og jenter som ikke trener sammenlignet med trente gutter og gutter som ikke trener (Malina, 2007). Det er få longitudinelle studier som har undersøkt på effekten av trening og FA på kroppssammensetningen hos ungdommer i pubertetsalder. Derfor vil også tverrsnittstudier bli benyttet i denne delen av diskusjonen. Studier av normalpopulasjon som er belyst i kapittel 5.3.1 og 5.4.2 vil også bli nevnt i denne delen, for å undersøke eventuelle forskjeller mellom ungdommer som trener og som ikke trener regelmessig.

#### ***Effekt av trening på utvikling av kroppssammensetning hos jenter***

Ved 11 års alder hadde jentene i den foreliggende studien en høyere FFM sammenlignet med jenter på samme alder i studien til Baxter-Jones og medarbeidere (2008) og Bitar og medarbeidere (2000). Den samme forskjellen ser man også ved 15 års alder. Ut ifra studiene nevnt ovenfor kan det se ut som om jentene i den foreliggende studien har hatt en effekt av trening på FFM i prepubertal alder, men at utviklingen av FFM i pubertal

alder ikke er forskjellig. Dette er som nevnt i kapittel 5.3.1 ikke i overensstemmelse med studiene til Chumlea og medarbeidere (2002) og Lim og medarbeidere (2009), hvor jentene hadde lik FFM ved 11 års alder sammenlignet med jentene i den foreliggende studien. I deres studier er imidlertid veksten i FFM fra 11 til 15 år mindre sammenlignet med jentene i den foreliggende studien, noe som tyder på en treningseffekt på FFM hos jentene i den foreliggende studien. Muskelmassen hos jentene ved 11 års alder i den foreliggende studien er relativt lik, som andre jenter på samme alder. Jentene i den foreliggende studien har imidlertid en større vekst i muskelmasse gjennom puberteten sammenlignet med andre jenter (Kim et al., 2006; Malina et al., 2004), noe som kan tyde på en treningseffekt. Det er imidlertid vanskelig å konkludere med at det er en treningseffekt spesielt i FFM, ettersom noen studier rapporterer en lik økning i FFM og andre en mindre økning i FFM gjennom puberteten.

Jentene i den foreliggende studien har en lavere FM ved 11–12 års alder sammenlignet med jenter på samme alder i studien til Baxter-Jones og medarbeidere (2008) og Chumlea og medarbeidere (2002). Jentene i Baxter-Jones og medarbeidere (2008) økte i tillegg 3 kg mer i FM fra 11 til 15 år sammenlignet med jentene i den foreliggende studien, noe som har ført til en forskjell i FM på 8 kg ved 15 år. Jentene i Chumlea og medarbeidere (2002) har imidlertid ikke hatt noen større vekst i FM fra 12–13,9 til 14–15,9 års alder sammenlignet med jentene i den foreliggende studien. De har allikevel ved alle aldre en høyere FM sammenlignet med jentene i den foreliggende studien. Bitar og medarbeidere rapporterer samme utvikling i FM fra 11 til 13 år som jentene i den foreliggende studien. Ut ifra studiene nevnt ovenfor er det vanskelig å kunne konkludere med at jentene i den foreliggende studien har hatt en treningseffekt på FM gjennom puberteten. Det ser imidlertid ut som jentene har en lavere FM ved 11 år, som holder seg gjennom puberteten. Dette kan tyde på at effekten av trening kan ha hatt en betydning på FM i prepubertal alder.

#### ***Effekt av trening på utvikling av kroppssammensetning hos gutter***

Guo og medarbeidere (1998) rapporterte en økning i FFM på 24 kg hos gutter fra 12 til 17 år. Den samme absolutte utviklingen er sett hos Baxter-Jones og medarbeidere (2008). Dette er sammenfallende med utviklingen i FFM som guttene i den foreliggende studien har ved samme alder (tabell 4.3). De to ovennevnte studiene har imidlertid en noe lavere FFM ved 12 års alder, noe som i Guo og medarbeidere (1998) sin studie

holder seg på samme nivå gjennom puberteten. I Baxter-Jones og medarbeidere (2008) sin studie er guttene også noe lavere ved de fleste sammenlignbare aldre, men lik ved 14 og 15 år sammenlignet med guttene i den foreliggende studien. Dette støttes av Bitar og medarbeidere (2000), hvor guttene hadde en lavere FFM ved 13 års alder sammenlignet med guttene i den foreliggende studien. Dette er imidlertid motstridende med resultatene i studien til Chumlea og medarbeidere (2002), som observerte en høyere FFM ved 12–13 års alder, men en mindre økning i FFM frem til 15–16 års alder. Guttene i den foreliggende studien har spesielt tidlig i pubertetsalder lavere FM sammenlignet med andre gutter på samme alder (Baxter-Jones et al., 2008; Bitar et al., 2000; Campbell et al., 2001; Chumlea et al., 2002). Det ser imidlertid ikke ut til at det er store forskjeller i den absolutte utviklingen av FM gjennom puberteten (Chumlea et al., 2002), hvor det også er rapportert en lavere absolutt økning i fettmasse (Baxter-Jones et al., 2008) sammenlignet med guttene i den foreliggende studien. Ettersom FM var lavere hos guttene i den foreliggende studien sammenlignet med andre gutter på 11 år, kan det tyde på at treningseffekten har påvirket FM i prepubertal alder, men ikke i pubertal alder. I Danis og medarbeidere (2003) sin tvillingstudie av 11–14 år gamle gutter fant de imidlertid en signifikant nedgang i fettprosent hos tvillingene i treningsgruppa etter seks måneders trening. Det var ingen signifikant endring i kontrollgruppen. Begge gruppene hadde en signifikant endring i FFM etter seks måneder, men forskjellen mellom gruppene var ved både baseline og seks måneder etter ikke signifikant. (Danis et al., 2003). Deres studie tyder derfor på at det kan være en effekt av trening på FM i puberteten, men ikke FFM. Studien rapporterte imidlertid at endringen i FM ved prepubertal og pubertal alder skyldes 70–75 % gener og at trening hadde en effekt på 15–20 % (Danis et al., 2003).

### **5.5.2 Effekt av trening på utvikling av kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ )**

I denne delen vil effekt av trening på utvikling av kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ ) i puberteten bli diskutert. Tabell 5.3 og 5.4 viser resultater fra den foreliggende studien og andre studier som har inkludert henholdsvis jenter og gutter som deltar i organisert trening eller fysisk aktivitet. Studiene fra tabellene vil danne grunnlaget for diskusjonen, men annen relevant litteratur vil også bli nevnt. Dette for å se om det er noen forskjell mellom barn og unge som ikke trener sammenlignet med de som trener regelmessig. Det er stilt spørsmålsteget rundt trenbarheten av  $VO_{2peak}$  hos barn og unge, og om økningen i  $VO_{2peak}$  kun skyldes normal vekst og modning (Armstrong et al., 2015;

Baquet et al., 2003; LeMura et al., 1999; McNarry & Jones, 2014; Naughton et al., 2000).

### **Effekt av trening på utvikling av $VO_{2peak}$ hos jenter**

Sammenligning av studiene i tabell 5.1 og 5.3 gir en indikasjon på om jenter som trener regelmessig (tabell 5.3) har høyere absolutt og relativ  $VO_{2peak}$  sammenlignet med jenter i normalpopulasjonen (tabell 5.1). Jentene som trente regelmessig hadde ved 11 års alder gjennomsnittlig  $VO_{2peak}$  på  $1,78 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  og  $49,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , mens jentene fra normalpopulasjonen hadde en  $VO_{2peak}$  på  $1,61 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  og  $42,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Ved 13 års alder hadde jentene i tabell 5.3  $VO_{2peak}$  på  $2,19 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  og  $51,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , mens jentene i tabell 5.1 hadde  $VO_{2peak}$  på  $2,00 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  og  $39,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Forskjellen i absolutt  $VO_{2peak}$  har ikke endret seg fra 11 til 13 år mellom jentene som trener og jentene i normalpopulasjonen, men forskjellen i relativ  $VO_{2peak}$  har økt med  $4,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  ved samme aldersspenn. Ved 15 års alder hadde de trente jentene  $VO_{2peak}$  på  $2,80 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  og  $51,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , mens jentene i normalpopulasjonen hadde  $VO_{2peak}$  på  $2,20 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  og  $39,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Forskjellen i relativ  $VO_{2peak}$  ble opprettholdt fra 13 til 15 år, hvor  $VO_{2peak}$  hos de trente jentene var  $12 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  høyere enn hos jentene i normalpopulasjonen. Forskjellen i absolutt  $VO_{2peak}$  økte imidlertid fra 13 ( $0,17 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ) til 15 års alder ( $0,60 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ), hvor de trente jentene hadde en økning i  $VO_{2peak}$  som var  $0,41 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  høyere sammenlignet med jenter i normalpopulasjonen. Kun én studie har brukt tredemølle som testergometer av treningsstudiene (Eisenmann et al., 2001). Ellers har de andre studiene av trente ungdommer (tabell 5.3) brukt ergometersykkel som testergometer, mens det kun er én studie av normalpopulasjonen som har brukt ergometersykkel (tabell 5.1). Det kan derfor tenkes at jentene som trente regelmessig hadde høyere  $VO_{2peak}$ , ettersom testing på tredemølle gir et 8–10 % høyere  $VO_{2peak}$  resultat (Armstrong & Welsman, 1994). Jentene i den foreliggende studien er ikke inkludert i gjennomsnittsverdiene nevnt ovenfor.

I den foreliggende studien hadde jentene en  $VO_{2peak}$  som var  $0,36 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  (20 %) og  $0,53 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  (33 %) høyere, enn henholdsvis de trente jentene (tabell 5.3) og jentene i normalpopulasjonen (tabell 5.1) ved 11 års alder. Ved 15 års alder var forskjellen redusert til  $0,22 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  (8 %) mellom de trente jentene og jentene i den foreliggende studien, mens forskjellen i  $VO_{2peak}$  mellom jentene i normalpopulasjonen og jentene i den foreliggende studien var økt til  $0,82 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  (37 %). De trente jentene (tabell 5.3)

hadde en økning i absolutt  $VO_{2peak}$  på  $1,02 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  mens jentene i normalpopulasjonen (tabell 5.1) hadde en økning på  $0,59 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  fra 11 til 15 års alder. I den foreliggende studien hadde jentene i den samme tidsperioden en økning på  $0,88 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ , noe som gjør at de har hatt en større absolutt økning enn jentene i normalpopulasjonen, men en noe lavere økning enn jentene som trente regelmessig. Resultatene tyder således på at trening for jenter i puberteten kan ha effekt på absolutt  $VO_{2peak}$ . Ved 11 års alder hadde spesielt jentene i den foreliggende studien, men også de trente jentene (tabell 5.3) en høyere absolutt  $VO_{2peak}$  sammenlignet med jentene i normalpopulasjonen (tabell 5.1). Dette kan tyde på at  $VO_{2peak}$  også er trenbart for jenter før puberteten inntreffer. Dette avkrefter i så fall «trigger-hypotesen» til Katch (1983) og resultatene til LeMura og medarbeidere (1999), som hevder at  $VO_{2peak}$  ikke er trenbart før puberteten inntreffer. Det støtter imidlertid studien til Danis og medarbeidere (2003) som viste at trente prepubertale ungdommer økte sin  $VO_{2peak}$  signifikant mer enn kontrollgruppen. I deres studie fant de ingen forskjell i økning av  $VO_{2peak}$  mellom den pubertale treningsgruppen og kontrollgruppen.

Jentene i den foreliggende studien hadde ved 11 års alder en relativ  $VO_{2peak}$  som var henholdsvis  $4,4$  og  $11,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  høyere sammenlignet med de trente jentene (tabell 5.3) og jentene i normalpopulasjonen (tabell 5.1). Ved 15 års alder hadde imidlertid de trente jentene en relativ  $VO_{2peak}$  som var  $1,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  høyere enn jentene i den foreliggende studien. Forskjellen mellom jentene i den foreliggende studien og jentene i normalpopulasjonen ble opprettholdt fra 11 til 15 år, og var ved 15 år  $10,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Dett kan tyde på at treningseffekten av relativ  $VO_{2peak}$  er liten hos jentene i den foreliggende studien. Ettersom forskjellen i  $VO_{2peak}$  er  $11,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  ved 11 års alder, tyder dette på at treningseffekten er større i prepubertal alder. Jentene som var svømmere og tennisspillere i Baxter-Jones, Goldstein og Helms (1993) hadde imidlertid stabil relativ  $VO_{2peak}$  fra 11 til 15 år (tabell 5.3), noe som tyder på at det er mulig å opprettholde  $VO_{2peak}$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) gjennom puberteten ved regelmessig trening. Dette støttes av McNarry og medarbeidere (2011) som hos kvinnelige svømmere fant lik  $VO_{2peak}$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) hos jentene ved 11 og 16 år. Jentene i den foreliggende studien hadde ved 11 år høyere relativ  $VO_{2peak}$ , spesielt sammenlignet med jentene i McNarry og medarbeidere (2011) sin studie, noe som muligens gjør det vanskeligere å opprettholde samme  $VO_{2peak}$  gjennom puberteten. Forskjellig vektøkning kan i tillegg ha betydning på utvikling av  $VO_{2peak}$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Jentene i den

foreliggende studien hadde en gjennomsnittlig vekt ved 15 års alder som henholdsvis var 4,8 og 2,7 kg høyere sammenlignet med svømmerne og tennisspillerne ved samme alder i studien til Baxter-Jones og medarbeidere (1993). Sammenlignet med de 16 år gamle svømmerne i McNarry og medarbeidere (2011) hadde jentene i den foreliggende studien ved 15 års alder en vekt som var 1,4 kg høyere. Dette kan være avgjørende for hvorfor jentene i den foreliggende studien hadde en signifikant nedgang i  $VO_{2peak}$  relatert til kroppsvekt, mens jentene i Baxter-Jones og medarbeidere (1993) og McNarry og medarbeidere (2011) hadde en stabil  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) gjennom puberteten.

**Tabell 5.3:** Oversikt over studier, inkludert foreliggende oppgave, som har målt KRF ( $VO_{2peak}$ ) oppgitt som  $l \cdot \text{min}^{-1}$  og  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  for jenter i barne- og ungdomsalder som har bedrevet idrett eller fysisk aktivitet.

Utvikling av KRF ( $VO_{2peak}$ ) for jenter som trener					
Referanse/idrett:	Studiedesign/Utvalg:	Utvalgets treningsstatus:	Alder:	$VO_{2peak} l \cdot \text{min}^{-1}$	$VO_{2peak} \text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$
<b>Foreliggende studie, 2016</b> <b>Håndballspillere</b>	Prospektiv kohortestudie (longitudinelt) n=22	Treningstimer per uke:	10,8 (0,4)	2,14 (2,03–2,24)#	54,2 (51,2–57,1)#
		10,8 år: 3,9 t; 11,9 år: 5,0 t;	11,9 (0,5)	2,58 (2,45–2,72)#	56,7 (54,0–59,4)#
	Testergometer: tredemølle	12,8 år: 6,9 t; 13,9 år: 8,5 t;	12,8 (0,4)	2,85 (2,71–2,99)#	56,2 (53,8–58,7)#
		15,1 år: 10,5 t.	13,9 (0,4)	3,02 (2,87–3,16)#	53,9 (51,0–56,8)#
			15,1 (0,5)	3,02 (2,84–3,19)#	49,9 (47,3–52,6)#
<b>A. Baxter-Jones et al. (1993) (England)</b> <b>Gymnastikk</b>	Blandet longitudinelt design (5-alderskohorter, fulgt 3 år) 10,6 år: n=29; 12,7 år: n= 35; 16,0 år: n=53	Treningstimer per uke:	10,6 (1,2)	1,46 (0,24)	48,4 (8,0)
		10,6 år: 13,7 t; 12,7 år: 12,8 t;	12,7 (1,5)	1,81 (0,23)	48,2 (4,3)
	Testergometer: ergometersykkle	16,0 år: 13,4 t	16,0 (1,5)	2,33 (0,30)	44,7 (5,1)
<b>A. Baxter-Jones et al. (1993) (England)</b> <b>Svømmere</b>	Blandet longitudinelt design (5-alderskohorter, fulgt 3 år) 11,3 år: n=7; 12,8 år: n= 25; 15,1 år: n=72	Treningstimer per uke:	11,3 (0,6)	1,45 (0,17)	52,2 (3,9)
		11,3 år: 12,5 t; 12,8 år: 10,2 t	12,8 (1,6)	2,16 (0,44)	51,7 (8,0)
	Testergometer: ergometersykkle	15,1 år: 10,5 t	15,1 (3,9)	2,86 (0,45)	51,1 (6,3)
<b>A. Baxter-Jones et al. (1993) (England)</b> <b>Tennispillere</b>	Blandet longitudinelt design (5-alderskohorter, fulgt 3 år) 10,7 år: n=18; 12,0 år: n= 41; 15,5 år: n=101	Treningstimer per uke:	10,7 (0,8)	1,58 (0,27)	47,4 (5,8)
		10,7 år: 5,5 t; 12,0 år: 7,6 t;	12,0 (1,0)	1,97 (0,33)	48,6 (5,3)
	Testergometer: ergometersykkle	15,5 år: 9,2 t	15,5 (1,9)	2,72 (0,37)	47,1 (5,3)
<b>G. P. Beunen et al. (1997) (Polen)</b> <b>Friidrett og roing</b>	Blandet longitudinelt design n=31 Testergometer: ergometersykkle	Idrettsspesifikke treningstimer	11,4 (0,4)	2,11 (0,21)	-
		per uke:	12,4 (0,4)	2,26 (0,27)	-
		Økte fra 8 t til 12 t fra første til siste år i studiens løp.	13,5 (0,4)	2,23 (0,22)	-
			14,4 (0,4)	2,39 (0,24)	-
<b>Thomis, Rogers, Beunen, Woynarowska, and Malina (2000) (Polen)</b> <b>Friidrett og roing</b>	Blandet longitudinelt design 11,5 år: n=18; 12,2 år: n=26; 12,8 år: n=32; 13,4 år: n=35; 13,8 år: n=22 Testergometer: ergometersykkle	Idrettsspesifikke treningstimer	11,5 (0,5)	2,10 (0,19)	-
		per uke:	12,2 (0,7)	2,14 (0,24)	-
		Økte fra 8 t til 12 t fra første til siste år i studiens løp.	12,8 (0,8)	2,24 (0,22)	-
			13,4 (0,9)	2,31 (0,24)	-
			13,8 (0,8)	2,33 (0,26)	-

<b>J. Eisenmann et al. (2001) (USA)</b> <b>Langdistanseløpere</b>	Blandet longitudinelt design 11 år: n=11; 12 år: n=15; 13 år: n=17; 14 år: n=14; 15 år: n=11; Testergometer: tredemølle.	Treningsvolum: 35,2 km løping i uka.	11	1,95 (0,36)	57,9 (5,2)
			12	2,28 (0,28)	57,1 (5,3)
			13	2,44 (0,22)	54,8 (6,3)
			14	2,69 (0,28)	56,9 (8,4)
			15	2,84 (0,27)	56,2 (7,0)
<b>M. A. McNarry et al. (2011) (USA)</b> <b>Svømmere</b>	Tverrsnittstudie, 11,2 år: n=8; 14,2 år: n=9; 16,6 år: n=8. Testergometer: ergometersykkel. Testprotokoll: Wingate-testen	Idrettsesifikke treningstimer per uke: 11,2 år=14 t; 14,2 år=18 t; 16,6 år=22 t.	11,2 (1,0)	1,80 (0,30)	43,0 (6,0)
			14,2 (0,8)	2,20 (0,30)	38,0 (7,0)
			16,6 (0,6)	2,50 (0,20)	43,0 (4,0)

Verdier er oppgitt som gjennomsnittsverdier og standardavvik (SD). # = Studien har oppgitt gjennomsnittverdier og 95 % konfidensintervall (95 % KI).  $VO_{2peak}$  = høyeste oppnådde oksygenopptak. n=antall.



### **Effekt av trening på utvikling av $VO_{2peak}$ hos gutter**

Ved sammenligning mellom tabell 5.4 (trente gutter) og tabell 5.2 (normalpopulasjon), kan man se på forskjeller i utviklingen av  $VO_{2peak}$  gjennom puberteten hos gutter som trener regelmessig sammenlignet med gutter som ikke trener regelmessig.

Gjennomsnittsverdien for alle studier gjort på gutter som trente regelmessig viste at de hadde en økning fra  $2,28 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  til  $4,00 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  fra 12 til 16 år. Ved 16 års alder er studien til Ingjer (1992) inkludert i gjennomsnittsverdiene, hvor de veldig godt trente langrennsguttene har en mye høyere absolutt og relativ  $VO_{2peak}$  sammenlignet med de andre treningsstudiene. Uten denne studien er gjennomsnittsverdien i absolutt  $VO_{2peak}$  på  $3,82 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  ved 16 års alder, og dette vil bli benyttet ved sammenligning nedenfor. Guttene i normalpopulasjonen (tabell 5.2) hadde en økning i  $VO_{2peak}$  fra 2,15 til  $3,31 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  fra 12 til 16 år. Guttene i den foreliggende studien hadde fra henholdsvis 12 til 16 år en økning i  $VO_{2peak}$  fra 2,69 til  $4,21 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Guttene i normalpopulasjonen økte  $1,16 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ , de trente guttene økte  $1,54 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  og guttene i den foreliggende studien økte  $1,52 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  fra 12 til 16 år. De trente guttene og guttene i den foreliggende studien hadde derfor en større økning i absolutt  $VO_{2peak}$  i denne tidsperioden sammenlignet med guttene i normalpopulasjonen, noe som tyder på at en treningseffekt er til stede gjennom puberteten. Langrennsløperne i Ingjer (1992) sin studie, hadde en større økning ( $1,49 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ) i  $VO_{2peak}$  fra 13 til 17 år sammenlignet med  $0,87 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  hos guttene i den foreliggende studien (tabell 5.4). Dette tyder også på at spesifikk utholdenhetstrening flere ganger i uken gir en større effekt på absolutt  $VO_{2peak}$  sammenlignet med guttenes fotballtreninger i den foreliggende studien.

Guttene som trente regelmessig (tabell 5.4) hadde en  $VO_{2peak}$  på henholdsvis  $57,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  og  $60,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  ved 12 og 16 år. I disse gjennomsnittsverdiene er ikke Ingjer (1992) sin studie inkludert. Guttene i normalpopulasjonen (tabell 5.2) hadde en økning i  $VO_{2peak}$  fra  $47,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  til  $50,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  fra 12 til 16 år. De trente guttene og guttene i normalpopulasjonen har derfor en lik økning i  $VO_{2peak}$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) fra 12 til 16 år. Guttene i den foreliggende studien har imidlertid ingen økning i  $VO_{2peak}$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) fra 12 til 16 år, men både de trente guttene og guttene i den foreliggende studien har en høyere relativ  $VO_{2peak}$  ved alle aldre sammenlignet med guttene i normalpopulasjonen. Det tyder på at forskjellen i relativ  $VO_{2peak}$  er opparbeidet allerede i prepubertal alder, og at den opprettholdes gjennom puberteten. Ingjer (1992) rapporterte imidlertid en økning fra henholdsvis  $76,3$  til  $82,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  fra 14 til 17

år hos langrennsløpere. Er intensiteten, varigheten og frekvensen på treningen høy nok, kan det derfor virke som at det er en treningsindusert påvirkning på relativ  $VO_{2peak}$ . Studier trekker imidlertid fram intensiteten som den viktigste faktoren for at en slik påvirkning skal kunne skje hos barn og unge (Armstrong & Barker, 2011; Baquet et al., 2003; Nes et al., 2013). I den foreliggende studien er det ikke målt intensitet på den spesifikke utholdenhetstreningen, så det er vanskelig å kunne si noe om hvordan dette påvirker  $VO_{2peak}$ . Guttene i den foreliggende studien har imidlertid i tillegg to treninger per uke med fotball, som er en idrett som bedrives med stort preg av høyintensiv intervalltrening (Krustrup et al., 2015; Povoas et al., 2015).

Det var som nevnt ovenfor ingen signifikant endring i  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg \text{ FFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) hos guttene i alderen 12 til 17 år i den foreliggende studien. I Danis og medarbeidere (2003) sin tvillingstudie av gutter rapporterte de en signifikant økning i  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg \text{ FFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) hos treningsgruppen etter seks måneder. Hos kontrollgruppen ble det ikke rapportert noen endring. Denne studien konkluderte derfor med at det var en treningseffekt på  $VO_{2peak}$  relatert til FFM. Denne treningseffekten ble ikke sett i den foreliggende studien. I Danis og medarbeidere (2003) hadde ikke utvalget bedrevet systematisk trening tidligere og hadde en lavere  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg \text{ FFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) ved oppstart av studien sammenlignet med guttene i den foreliggende studien. Dette kan være årsaken til at deres gutter hadde en treningseffekt. Det er viktig å påpeke at guttene i deres studie trente tre systematiske utholdenhetsøkter i uken med en varighet på 1–1,5 timer (Danis et al., 2003) sammenlignet med guttenes styrte utholdenhetsøkt én gang per uke i den foreliggende studien. Dette kan tyde på at når treningen er hyppig nok og intensiteten høy nok, er det vist en treningseffekt på  $VO_{2peak}$  relatert til FFM.

Både jentene og guttene i den foreliggende studien har en større økning i absolutt  $VO_{2peak}$  i puberteten sammenlignet med jevnaldrende jenter og gutter i normalpopulasjonen. Det ser ut at det allerede i prepubertal alder for begge kjønn er opparbeidet en forskjell i  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ). Utviklingen av  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) gjennom puberteten ser ikke ut til å være forskjellig fra gutter og jenter i den foreliggende studien sammenlignet med utviklingen hos normalpopulasjonen. Jentene og guttene har i den foreliggende studien imidlertid en klart høyere relativ  $VO_{2peak}$  ved henholdsvis 11 og 12 års alder sammenlignet med jenter og gutter fra normalpopulasjonen ved samme alder. Det tyder derfor på at det i prepubertal alder har

vært en treningseffekt på KRF ( $VO_{2peak}$ ). Gener kan imidlertid være en medvirkende årsak til den høyere KRF hos utvalget i den foreliggende studien. Danis og medarbeidere (2003) hevder at gener står for 45 % av endringene i  $VO_{2peak}$  relatert til kroppsvekt. Utvalget i foreliggende studie er bosatt i et område med høy sosioøkonomisk status, og man vet at foreldres utdanning og inntekt slår tydelig ut på aktivitetsnivået. De klassifisert i høyeste sosiale klasse, er vist å være dobbelt så aktive sammenlignet med de i den laveste klassen (Breivik & Rafoss, 2012). Dette kan være en medvirkende årsak til at barna i den foreliggende studien har opparbeidet seg en høyere KRF i prepubertal alder sammenlignet med andre barn.

**Tabell 5.4:** Oversikt over studier, inkludert foreliggende oppgave, som har målt KRF ( $VO_{2peak}$ ) oppgitt som  $l \cdot \text{min}^{-1}$  og  $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  for gutter i barne- og ungdomsalder som har bedrevet idrett eller fysisk aktivitet.

Utvikling av KRF ( $VO_{2peak}$ ) for gutter					
Referanse/idrett:	Studiedesign:	Utvalgets treningsstatus:	Alder:	$VO_{2peak}$ $l \cdot \text{min}^{-1}$	$VO_{2peak}$ $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$
<b>Foreliggende studie, 2016 (Norge)</b> <b>Fotballspillere</b>	Prospektiv kohortestudie (longitudinelt) n=22 Testergometer: tredemølle	Treningstimer per uke: 12,2 år: 5,1 t; 13,1 år: 5,5 t; 14,1 år: 5,7 t; 15,1 år: 5,8 t; 16,2 år: 6,1 t; 17,2 år: 5,8 t.	12,2 (0,3)	2,69 (2,45–2,92)#	60,8 (57,6–64,0)#
			13,1 (0,2)	2,99 (2,75–3,23)#	60,7 (57,2–64,1)#
			14,1 (0,3)	3,52 (3,22–3,81)#	62,1 (59,5–64,7)#
			15,1 (0,3)	3,96 (3,62–4,30)#	62,8 (59,6–66,0)#
			16,2 (0,4)	4,21 (3,86–4,57)#	61,1 (58,4–63,9)#
17,2 (0,4)	4,39 (4,04–4,74)#	59,6 (57,1–62,2)#			
<b>Ingjer (1992) (Norge)</b> <b>Langrennsløpere</b>	Longitudinelt studie 14,3 år: n=5; 15,5 år: n=5; 16,6 år: n=6; 17,5 år: n=7; 18,5 år: n=7. Testergometer: tredemølle	Ved start av studie trente de mellom 10–15 t/uke. I junioralder trente de mellom 20–25 t/uke.	14,3	3,83 (0,51)	76,3 (2,7)
			15,5	4,55 (0,62)	80,1 (2,6)
			16,6	5,07 (0,55)	81,6 (3,1)
			17,5	5,32 (0,47)	82,3 (3,6)
18,5	5,60 (0,33)	82,5 (4,1)			
<b>A. Baxter-Jones et al. (1993) (England)</b> <b>Fotballspillere</b>	Blandet longitudinelt design (5-alderskohorter, fulgt 3 år) 13,1 år: n=13; 13,7 år: n=27; 15,9 år: n=77 Testergometer: ergometersykkel	Treningstimer per uke: 13,1 år: 3,5 t; 13,7 år: 3,7 t 15,9 år: 7,5 t	13,1 (0,7)	2,30 (0,29)	55,7 (3,7)
			13,7 (0,9)	2,44 (0,31)	55,7 (4,0)
			15,9 (1,4)	3,85 (0,60)	61,5 (4,9)
<b>A. Baxter-Jones et al. (1993) (England)</b> <b>Gymnastikk-utøvere</b>	Blandet longitudinelt design (5-alderskohorter, fulgt 3 år) 11,4 år: n=12; 14,0 år: n=11; 16,1 år: n=25 Testergometer: ergometersykkel	Treningstimer per uke: 11,4 år: 14,8 t; 14,0 år: 15,8 t 16,1 år: 13,9 t	11,4 (1,2)	1,71 (0,35)	54,5 (4,4)
			14,0 (0,9)	2,35 (0,32)	56,0 (3,3)
			16,1 (1,3)	3,20 (0,55)	54,7 (5,3)
<b>A. Baxter-Jones et al. (1993) (England)</b> <b>Svømmere</b>	Blandet longitudinelt design (5-alderskohorter, fulgt 3 år) 11,7 år: n=18; 12,8 år: n=17; 16,1 år: n=59 Testergometer: ergometersykkel	Treningstimer per uke: 11,7 år: 8,5 t; 12,8 år: 9,3 t; 16,1 år: 10,8 t	11,7 (0,8)	2,16 (0,35)	57,7 (7,5)
			12,8 (0,7)	2,57 (0,42)	58,1 (5,4)
			16,1 (1,7)	4,16 (0,70)	62,7 (6,8)
<b>A. Baxter-Jones et al. (1993) (England)</b> <b>Tennisspillere</b>	Blandet longitudinelt design (5-alderskohorter, fulgt 3 år) 11,6 år: n=41; 13,0 år: n=39; 16,2 år: n=69 Testergometer: ergometersykkel	Treningstimer per uke: 11,6 år: 7,8 t; 13,0 år: 11,1 t; 16,2 år: 12,3 t	11,6 (1,3)	1,98 (0,35)	54,1 (5,2)
			13,0 (1,2)	2,47 (0,38)	57,6 (5,6)
			16,2 (1,7)	3,86 (0,72)	59,5 (6,1)

<b>G. P. Beunen et al. (1997) (Polen)</b> <b>Friidrett, Wrestling eller basketball</b>	Blandet longitudinelt design n=31 Testergometer: ergometersykkel	Idrettsspesifikke treningstimer per uke: Økte fra 8 t til 12 t fra første til siste år i studiens løp.	11,4 (0,3)	2,35 (0,30)	-
			12,4 (0,4)	2,51 (0,37)	-
			13,4 (0,4)	2,69 (0,41)	-
			14,4 (0,3)	3,00 (0,53)	-
<b>J. Eisenmann et al. (2001) (USA)</b> <b>Langdistanseløpere</b>	Blandet longitudinelt design 12 år: n=14; 13 år: n=16; 14 år: n=20; 15 år: n=16; 16 år: n=14; 17 år: n=20 Testergometer: tredemølle.	Treningsspesifikke treningstimer per uke: Treningsvolum: 47,7 km løping i uka.	12	2,47 (0,44)	63,3 (6,3)
			13	2,63 (0,49)	60,8 (7,2)
			14	3,07 (0,66)	63,5 (5,2)
			15	3,64 (0,61)	62,7 (6,3)
			16	3,88 (0,44)	64,8 (5,0)
<b>Hansen og Klausen (2004) (Danmark)</b> <b>Elite-spillere fotball</b>	Longitudinell studie n=21	Ikke oppgitt antall treningstimer per uke.	17	4,25 (0,37)	67,5 (5,6)
			12,3 (0,6)	2,46 (3,2)	58,2 (6,7)
			13,2 (0,5)	3,15 (5,7)	64,0 (9,3)
			14,9 (0,5)	3,77 (5,4)	62,6 (6,5)
<b>Hansen og Klausen (2004) (Danmark)</b> <b>Ikke elite-spillere fotball</b>	Longitudinell studie n=28 Testergometer: tredemølle	Ikke oppgitt antall treningstimer per uke.	15,8 (0,6)	3,99 (4,6)	60,1 (5,9)
			11,7 (0,8)	2,10 (3,9)	55,3 (6,7)
			12,7 (0,8)	2,33 (3,1)	56,2 (6,8)
			14,3 (0,8)	2,90 (6,5)	55,9 (6,6)
<b>M. A. McNarry, Mackintosh, and Stoedfalke (2014)# (England) Svømmere</b>	Longitudinell studie n=19 (11 jenter og 8 gutter) Testergometer: ergometersykkel	Treningstimer i uka: 10,4 år: 6 t; 11,3 år: 8 t; 12,4 år: 12 t.	15,3 (0,8)	2,99 (5,9)	52,7 (7,2)
			10,4 (1,1)	1,75 (0,34)	48,8 (7,6)
			11,3 (1,2)	2,01 (0,31)	51,2 (8,1)
			12,4 (1,1)	2,07 (0,30)	53,5 (9,2)

Verdier er oppgitt som gjennomsnittsverdier og standardavvik (SD). # = Studien har oppgitt gjennomsnittverdier og 95 % konfidensintervall (95 % KI).  $VO_{2peak}$  = høyeste oppnådde oksygenopptak. n = antall.

# = resultatene fra studien er rapportert for jenter og gutter samlet.

### **5.6 Faktorer som påvirker kardiorespiratorisk form**

FM, FFM og antall treningstimer per uke hadde en signifikant effekt på  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) hos jentene og guttene i den foreliggende studien. Av disse var det FFM som hadde den største betydningen for absolutt  $VO_{2peak}$ , hvor en økning på 1 kg i FFM ga en økning på  $0,07 l \cdot min^{-1}$  i absolutt  $VO_{2peak}$ . Dette kan imidlertid ikke sies å være en stor endring i absolutt  $VO_{2peak}$ . Når  $VO_{2peak}$  ble relatert til kroppsvekt, hadde FFM ingen effekt på  $VO_{2peak}$ , mens økning i FM hadde en negativ effekt. En økning i én kg FM ga en reduksjon i  $VO_{2peak}$  på  $1,2 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ . (tabell 4.5). Jentene hadde ved alle sammenlignbare aldre en signifikant høyere FM enn guttene. Økningen i FM på  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) gir derfor størst utslag hos jentene. Jentene har en høyere gjennomsnittlig økning i FM enn guttene fra 12 til 15 år, noe som kan tyde på at FM bidrar vesentlig til den økende forskjellen i  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) fra 12 til 15 år mellom kjønnene (figur 4.6). Antall treningstimer per uke kunne forklare økning i  $VO_{2peak}$  relatert til kroppsvekt, men i mindre grad enn FM (tabell 4.5). I tabell 4.1 ser man at jentene i den foreliggende studien trener mer enn guttene både ved 13, 14 og spesielt 15 års alder, noe som kan ha bidratt til at forskjellen i relativ  $VO_{2peak}$  er mindre mellom jentene og guttene i den foreliggende studien sammenlignet med hva den kunne ha vært hvis de trente like mye. En økning på én treningstime per uke økte  $VO_{2peak}$  med  $0,3 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  (tabell 4.5). Ved 15 år trente jentene i gjennomsnitt cirka 5 timer mer enn guttene (tabell 4.1), noe som gjør at forskjellen mellom jentenes og guttenes  $VO_{2peak}$  i den foreliggende studien muligens kunne vært økt med  $1,5 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  ved lik treningsmengde.

For jentene hadde muskelmasse og treningstimer per uke en positiv effekt på absolutt  $VO_{2peak}$  og forklarte 80 % av økningen. Muskelmassen forklarte den største absolutte endringen i  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ), hvor en økning i én kg muskelmasse ga en økning i  $VO_{2peak}$  på  $0,84 l \cdot min^{-1}$ . Treningstimer per uke hadde kun en liten innvirkning på  $VO_{2peak}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ), hvor en økning på én treningstime per uke, ga en økning på  $0,02 l \cdot min^{-1}$  (tabell 4.6). Når  $VO_{2peak}$  ble relatert til kroppsvekt hadde muskelmasse og treningstimer per uke fortsatt en positiv effekt, mens FM og FFM ga en negativ effekt på  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ). Muskelmasse kunne imidlertid forklare den største økningen i  $VO_{2peak}$ , hvor en økning på én kg muskelmasse ga en økning i  $VO_{2peak}$  på  $1,8 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ . En økning på én kg FM og én kg FFM ga imidlertid en nedgang i  $VO_{2peak}$  på  $1,1$

$\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . Treningstimer per uke påvirket  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  mindre, hvor en økning på én treningstime i uken økte  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  med  $0,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  (tabell 4.6).

Både FM, FFM og treningstimer per uke hadde en positiv effekt på absolutt  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  hos guttene. Treningstimer per uke hadde størst innvirkning på  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ , hvor en økning på én time per uke ga en økning på  $0,07 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ . Ingen av disse variablene hadde imidlertid noen vesentlig betydning på den absolutte endringen i  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  ( $\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$ ). Når  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  ble relatert til kroppsvekt, var det kun FM og treningstimer per uke som kunne forklare endringene. En økning på én treningstime i uken ga en økning på  $1,3 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . FM hadde imidlertid en negativ effekt på  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ , hvor en økning på én kg FM ga en reduksjon i  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  på  $0,6 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  (tabell 4.7).

Fellesnevneren for funnene i regresjonsanalysen hos både jentene og guttene i den foreliggende studien, var at når  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  ble relatert til kroppsvekt, hadde FM en negativ effekt. Disse funnene støttes av Dencker og medarbeidere (2007), hvor det hos 10 år gamle jenter og gutter ble rapportert at FM hadde en negativ effekt på  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ). FM hadde imidlertid ingen effekt på absolutt  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  i deres studie (Dencker et al., 2007). I den foreliggende studien hadde FM som nevnt ovenfor en signifikant negativ effekt på  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ), men den absolutte endringen i  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  ( $\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$ ) ved endring i FM var svært liten (tabell 4.5).

Treningstimer per uke kan i den foreliggende studien forklare mer av økningen i  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) sammenlignet med  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  ( $\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$ ) (tabell 4.5–4.7). Dencker og medarbeidere (2007) rapporterte betydningen av intensiv FA, som signifikant men av liten betydning på  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ), i motsetning til jentene og guttene i den foreliggende studien. Danis og medarbeidere (2003) rapporterte ingen effekt av trening på absolutt  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ , men en klar effekt av  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  relatert til kroppsmassen i sin studie av tvillinger i alderen 11–14 år. Dette støtter funnene i den foreliggende studien. Danis og medarbeidere (2003) mente forskjellen i  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) mellom trenings- og kontrollgruppen først og fremst skyldtes endring i kroppssammensetning, hvor treningsgruppen hadde lavere økning i kroppsvekt og relativ FM. Dette stemmer med den foreliggende studien, hvor treningstimer per uke hadde en positiv effekt, mens FM hadde en negativ effekt på  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) (tabell 4.5–4.7). Muskelmasse er rapportert å være en av de viktigste faktorene for at gutter oppnår en høyere  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  i

pubertetsalder (Armstrong et al., 2015). I den foreliggende studien var det imidlertid kun hos jentene muskelmasse hadde en signifikant positiv effekt på  $VO_{2peak}$ , hvor en økning på én kg muskelmasse ga en økning på hhv.  $0,84 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  og  $1,8 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  i absolutt og relativ  $VO_{2peak}$ .

Det er viktig å påpeke at det i den foreliggende studien er analysert på utvalgte forklaringsvariabler for  $VO_{2peak}$ . Det er således vanskelig å vite om det er kroppens naturlige vekst og utvikling som har påvirket endringene i  $VO_{2peak}$  i puberteten, eller om endringene skyldes trening. Det ble imidlertid ikke funnet noen effekt av biologisk alder på  $VO_{2peak}$  hos jenter målt ved menstruasjonsstart. Dette støttes også av Nes og medarbeidere (2013) som rapporterte at biologisk alder ikke hadde noen påvirkning på utviklingen av  $VO_{2peak}$  hos jenter. Deres studie rapporterte imidlertid en signifikant effekt av biologisk alder på utvikling av  $VO_{2peak}$  hos gutter (Nes et al., 2013). Hemoglobinkonsentrasjonen øker mer hos gutter enn hos jenter, og kan være en forklarende variabel på forskjellen i  $VO_{2peak}$  mellom gutter og jenter (Armstrong et al., 2011; Schmidt & Prommer, 2008). Hemoglobin ble ikke målt i den foreliggende studien og er således ikke kontrollert for.

## **5.7 Metodiske vurderinger**

### **5.7.1 Utvalget**

I den foreliggende oppgaven fullførte 23 av 30 jenter og 17 av 22 gutter som var rekruttert, alle år med testing av KRF ( $VO_{2peak}$ ) og kroppssammensetning. Frafallet var forholdsvis lite ut ifra at disse er fulgt prospektivt over 5 år for jenter og 6 år for gutter, og at de som ble inkludert måtte ha gjennomført alle år med godkjente tester. Det er så vidt meg bekjent ingen norske studier som har fulgt ungdommers utvikling av KRF ( $VO_{2peak}$ ) og kroppssammensetning longitudinelt over så lang tid i puberteten. Dette har gjort sammenligning mellom utvalget i denne oppgaven og andre norske ungdommer på samme alder vanskelig. Det finnes imidlertid noen norske tverrsnittstudier og flere utenlandske longitudinelle studier og tverrsnittstudier i denne aldersgruppen, som derfor har blitt brukt til sammenligning av resultater. En svakhet med den foreliggende oppgaven er mangel på kontrollgruppe, noe som kunne gitt et godt sammenligningsgrunnlag mellom ungdommer som trener regelmessig og ungdommer som ikke trener regelmessig i puberteten.



### 5.7.2 Testprosedyre

Direkte måling av KRF ( $VO_{2peak}$ ) som ble benyttet, er regnet som gullstandarden for testing av  $VO_{2peak}$  (Kolle et al., 2010; Ortega et al., 2007). Målefeil kan imidlertid ikke utelukkes, men for å minimere sjansen for målefeil ble måleinstrumentene kalibrert før hver tredje FP på testdagene og munnstykket ble tilpasset den enkelte FP. Tredemølle ble benyttet som testergometer, på grunn av at håndball- og fotballspilleres idrettsspesifikke bevegelsesmønster er løping. Dette gir større sjanse for oppnåelse av  $VO_{2peak}$  og er i tillegg rapportert å gi en høyere  $VO_{2peak}$  sammenlignet med bruk av ergometersykkel (Armstrong & Welsman, 1994; Howley et al., 1995). Osloprotokollen ble valgt som testprotokoll fordi den tidligere er benyttet med god erfaring for testing av barn og ungdom, og den er rapportert å gi større sannsynlighet for oppnåelse av  $VO_{2peak}$  hos barn og ungdommer (Fredriksen et al., 1998). For at  $VO_{2peak}$  skal oppnås er det imidlertid viktig å ha FP som er motiverte og villige til å presse seg selv (McArdle, Katch, & Katch, 2010). Både jentene og guttene i den foreliggende studien er gjennom treningen de til daglig utfører vant til å presse seg selv. De har i den foreliggende oppgaven blitt testet i flere år, noe som gjorde at de etter hvert ble godt kjente med testprosedyrene og visste hva de gikk til. Det at de hadde resultater fra foregående år, skapte motivasjon til forbedring hos FP, noe som muligens har ført til større sannsynlighet for oppnåelse av  $VO_{2peak}$ . De fikk imidlertid ikke opplyst resultatene fra foregående år før etter avsluttet test.

Bioimpedansvekt (InBody 720) ble benyttet for å måle kroppssammensetningen. Det er ingen metode som kan regnes som gullstandard og en helt presis målemetode for kroppssammensetningen (Ackland et al., 2012; Pate et al., 2012), men DEXA blir ofte brukt som referansemetode ved undersøkelse av nøyaktigheten til andre målemetoder (Ackland et al., 2012; Heyward, 2010). InBody 720 er vist å ha god validitet og test-retest reliabilitet opp mot DEXA hos voksne (Anderson et al., 2012). InBody 720 har også blitt rapportert å ha god validitet opp mot DEXA hos barn og unge (Lim et al., 2009). På bakgrunn av dette kan det antas at resultatene av kroppssammensetningen hos ungdommene i den foreliggende studien er valide og reliable med forbehold om at de standardiserte betingelsene i forkant ble overholdt. Metoden er enkel i bruk og krever lite av FP.

En styrke med den foreliggende studien er at biologisk alder målt ved menstruasjonsstart hos jentene er benyttet. En svakhet er imidlertid at biologisk alder ikke er målt hos guttene, noe som gjør det vanskelig å vite om eventuelle endringer i kroppssammensetning og KRF skyldes trening eller naturlig vekst og modning (Armstrong et al., 2015; McNarry & Jones, 2014). Intensiteten på de spesifikke utholdenhetsøktene ble ikke målt i den foreliggende studien, noe som derfor gjorde at dette ikke kunne bli brukt som grunnlag for eventuelle endringer i kroppssammensetning eller KRF ( $VO_{2peak}$ ).

## 6.0 Konklusjon

### 6.1 Primær problemstilling

Både FFM, muskelmasse og FM økte fra 11–15 år for jentene og fra 12–17 år hos guttene. Absolutt  $VO_{2peak}$  økte fra 11–15 år for jentene og fra 12–17 år for guttene, men jentene hadde imidlertid en stagnasjon i utviklingen fra 14 til 15 år. Jentene hadde en nedgang i  $VO_{2peak}$  relatert til kroppsvekt fra 11–15 år og en stabil  $VO_{2peak}$  relatert til FFM. Guttene hadde en stabil  $VO_{2peak}$  relatert til både kroppsvekt og FFM fra 12–17 år.  $H_0$  forkastes og  $H_1$  beholdes

### 6.2 Sekundær problemstilling

Guttene hadde en større vekst i FFM og muskelmasse fra 12 til 15 år, hvor det ved 15 års alder var en signifikant forskjell mellom jentene og guttene. FM var ved alle aldre høyere hos jentene sammenlignet med guttene, og jentene hadde også en større økning i FM fra 12 til 15 år. Guttene hadde en høyere økning absolutt  $VO_{2peak}$  fra 12–15 år sammenlignet med jentene.  $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) var ved alle aldre høyere hos guttene sammenlignet med jentene, og forskjellen er størst ved 15 år. Når  $VO_{2peak}$  blir relatert til FFM, er det noe lavere forskjell mellom kjønnene, og forskjellen er først signifikant ved 14 år.

$H_0$  forkastes og  $H_1$  beholdes

### 6.3 Tertiær problemstilling

Det kan ikke konkluderes med at jentene og guttene i den foreliggende studien hadde noen treningsindusert påvirkning på FM og FFM gjennom puberteten. Økningen i muskelmasse ser imidlertid ut til å kunne være noe høyere hos jentene i den foreliggende studien sammenlignet med andre jenter på samme alder. Antall treningstimer per uke hadde signifikant effekt både på absolutt  $VO_{2peak}$  og  $VO_{2peak}$  relatert til kroppsvekt. Den største absolutte effekten av treningstimer per uke ble imidlertid funnet på  $VO_{2peak}$  relatert til kroppsvekt, spesielt hos guttene.

Kroppssammensetning:  $H_0$  beholdes og  $H_1$  forkastes

Kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ ):  $H_0$  forkastes og  $H_1$  beholdes

## 7.0 Referanser

- Ackland, T., Lohman, T., Sundgot-Borgen, J., Maughan, R., Meyer, N., Stewart, A., & Müller, W. (2012). Current Status of Body Composition Assessment in Sport. *Sports Medicine*, 42(3), 227-249.
- Andersen, L. B., Harro, M., Sardinha, L. B., Froberg, K., Ekelund, U., Brage, S., & Anderssen, S. A. (2006). Physical activity and clustered cardiovascular risk in children: a cross-sectional study (The European Youth Heart Study). *The Lancet*, 368(9532), 299-304.
- Anderson, L. J., Erceg, D. N., & Schroeder, E. T. (2012). Utility of multifrequency bioelectrical impedance compared with dual-energy x-ray absorptiometry for assessment of total and regional body composition varies between men and women. *Nutrition Research*, 32(7), 479-485.
- Anderssen, S. A., Kolle, E., Steene-Johannessen, J., Ommundsen, Y., & Andersen, L. B. (2008). *Fysisk aktivitet blant barn og unge i Norge: En kartlegging av aktivitetsnivå og fysisk form hos 9- og 15-åringer*. Oslo: Helsedirektoratet
- Arday, D. N., Fernandez-Rodriguez, J. M., Ruiz, J. R., Chillon, P., Espana-Romero, V., Castillo, M. J., & Ortega, F. B. (2011). Improving Physical Fitness in Adolescents Through a School-Based Intervention: the EDUFIT Study. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*, 64(6), 484-491.
- Armstrong, N. (2013). Aerobic fitness and physical activity in children. *Pediatr Exerc Sci*, 25(4), 548-560.
- Armstrong, N., & Barker, A. R. (2011). Endurance Training and Elite Young Athletes. In N. Armstrong & A. M. McManus (Eds.), *The elite young athlete* (vol. 56, pp. 59-83). Basel: Karger.
- Armstrong, N., Barker, A. R., & McManus, A. M. (2015). Muscle metabolism changes with age and maturation: How do they relate to youth sport performance?(Report). 49(13), 860-864
- Armstrong, N., & McManus, A. M. (2011). Physiology of elite young male athletes. In N. Armstrong & A. M. McManus (Eds.), *The elite young athlete* (vol. 56, pp. 1-22). Basel: Karger.

- Armstrong, N., Tomkinson, G., & Ekelund, U. (2011). Aerobic fitness and its relationship to sport, exercise training and habitual physical activity during youth. *Br J Sports Med*, *45*(11), 849-858.
- Armstrong, N., & Welsman, J. (1997). *Young people and physical activity*. Oxford: Oxford University Press.
- Armstrong, N., & Welsman, J. (2000). Aerobic fitness. In N. Armstrong & W. Van Mechelen (Eds.), *Paediatric exercise science and medicine* (pp. 173-182). Oxford: Oxford University Press.
- Armstrong, N., Welsman, J., & Winsley, R. (1996). Is Peak VO<sub>2</sub> a Maximal Index of Children's Aerobic Fitness? *International Journal Of Sports Medicine*, *17*(5), 356-359.
- Armstrong, N., & Welsman, J. R. (1994). Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. *Exerc Sport Sci Rev*, *22*, 435-476.
- Armstrong, N., & Welsman, J. R. (2001). Peak oxygen uptake in relation to growth and maturation in 11- to 17-year-old humans. *Eur J Appl Physiol*, *85*(6), 546-551.
- Armstrong, N., & Welsman, J. R. (2002). Cardiovascular responses to submaximal treadmill running in 11 to 13 year olds. *Acta Paediatrica*, *91*(2), 125-131.
- Armstrong, N., Welsman, J. R., Nevill, A. M., & Kirby, B. J. (1999). Modeling growth and maturation changes in peak oxygen uptake in 11-13 yr olds. *Journal of applied physiology*, *87*(6), 2230-2236
- Armstrong, N., Williams, J., Balding, J., Gentle, P., & Kirby, B. (1991). The peak oxygen uptake of British children with reference to age, sex and sexual maturity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, *62*(5), 369-375.
- Baquet, G., van Praagh, E., & Berthoin, S. (2003). Endurance training and aerobic fitness in young people. *Sports Med*, *33*(15), 1127-1143.
- Barker, A. R., Williams, C. A., Jones, A. M., & Armstrong, N. (2011). Establishing maximal oxygen uptake in young people during a ramp cycle test to exhaustion. *Br J Sports Med*, *45*(6), 498-503.
- 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., Eisenmann, J., & Sherar, L. (2005). Controlling for maturation in pediatric exercise science. *Pediatr. Exerc. Sci.*, *17*(1), 18-30.

- Baxter-Jones, A., Goldstein, H., & Helms, P. (1993). The development of aerobic power in young athletes. *Journal of applied physiology*, 75(3), 1160.
- Baxter-Jones, A. D. G., Eisenmann, J. C., Mirwald, R. L., Faulkner, R. A., & Bailey, D. A. (2008). The influence of physical activity on lean mass accrual during adolescence: a longitudinal analysis. *Journal of applied physiology*, 105(2), 734-741.
- Beunen, G., Baxter-Jones, A. D., Mirwald, R. L., Thomis, M., Lefevre, J., Malina, R. M., & Bailey, D. A. (2002). Intraindividual allometric development of aerobic power in 8- to 16-year-old boys. *Med Sci Sports Exerc*, 34(3), 503-510.
- Beunen, G., & Malina, R. M. (2011). Growth and Biologic Maturation: Relevance to Athletic Performance. In N. Armstrong & A. M. McManus (Eds.), *The elite young athlete* (vol. 56, pp. 3-17). Basel: Karger.
- Beunen, G. P., Rogers, D. M., Woynarowska, B., & Malina, R. M. (1997). Longitudinal study of ontogenetic allometry of oxygen uptake in boys and girls grouped by maturity status. *Ann Hum Biol*, 24(1), 33-43.
- Bitar, A., Vernet, J., Coudert, J., & Vermorel, M. (2000). Longitudinal changes in body composition, physical capacities and energy expenditure in boys and girls during the onset of puberty. *European Journal of Nutrition*, 39(4), 157-163.
- Boreham, C., & Riddoch, C. (2001). The physical activity, fitness and health of children. *Journal of Sports Sciences*, 19(12), 915-929.
- Breivik, G., & Rafoss, K. (2012). *Fysisk aktivitet: omfang, tilrettelegging og sosial ulikhet: en oppdatering og revisjon*. Oslo: Norges idrettshøgskole.
- Calbet, J. A. L., & Saltin, B. (2006). Point: In health and in a normoxic environment, VO2 max is limited primarily by cardiac output and locomotor muscle blood flow. *J Appl Physiol*, 100(2), 744-748.
- Campbell, P. T., Katzmarzyk, P. T., Malina, R. M., Rao, D. C., Pérusse, L., & Bouchard, C. (2001). Stability of Adiposity Phenotypes from Childhood and Adolescence into Young Adulthood with Contribution of Parental Measures. *Obesity Research*, 9(7), 394-400.
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep*, 100(2), 126-131.

- Chumlea, W. C., Guo, S. S., Kuczmarski, R. J., Flegal, K. M., Johnson, C. L., Heymsfield, S. B., . . . Hubbard, V. S. (2002). Body composition estimates from NHANES III bioelectrical impedance data. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 26(12), 1596-1609.
- Cole, T. J., Pan, H., & Butler, G. E. (2014). A mixed effects model to estimate timing and intensity of pubertal growth from height and secondary sexual characteristics. *Ann Hum Biol*, 41(1), 76-83.
- Corder, K., Sharp, S. J., Atkin, A. J., Griffin, S. J., Jones, A. P., Ekelund, U., & van Sluijs, E. M. (2015). Change in objectively measured physical activity during the transition to adolescence. *Br J Sports Med*, 49(11), 730-736.
- Crawford, G. B., Robinson, J. A., Hunt, R. W., Piller, N. B., & Esterman, A. (2009). Estimating survival in patients with cancer receiving palliative care: is analysis of body composition using bioimpedance helpful? *J Palliat Med*, 12(11), 1009-1014.
- Dahl, H. A. (2005). *Klar - ferdig - gå! : grunnbok i aktivitetsfysiologi*. Oslo: Cappelen akademisk forl.
- Danis, A., Kyriazis, Y., & Klissouras, V. (2003). The effect of training in male prepubertal and pubertal monozygotic twins. *Eur J Appl Physiol*, 89(3-4), 309-318.
- Day, J. R., Rossiter, H. B., Coats, E. M., Skasick, A., & Whipp, B. J. (2003). The maximally attainable VO<sub>2</sub> during exercise in humans: the peak vs. maximum issue. *J Appl Physiol (1985)*, 95(5), 1901-1907.
- 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.
- Dumith, S. C., Gigante, D. P., Domingues, M. R., & Kohl, H. W., 3rd. (2011). Physical activity change during adolescence: a systematic review and a pooled analysis. *Int J Epidemiol*, 40(3), 685-698.
- Dumith, S. C., Ramires, V. V., Souza, M. A., Moraes, D. S., Petry, F. G., Oliveira, E. S., . . . Hallal, P. C. (2010). Overweight/obesity and physical fitness among children and adolescents. *Journal of physical activity & health*, 7(5), 641.
- Eastwood, A., Bourdon, P., Withers, R., & Gore, C. (2009). Longitudinal changes in haemoglobin mass and VO<sub>2</sub>max in adolescents. *Eur J Appl Physiol*, 105(5), 715-721.

- Edvardsen, E. (2015). *Cardiopulmonary exercise testing in health and disease : cardiorespiratory fitness in adults in Norway and in lung cancer patients undergoing surgery*. Oslo: Norwegian School of Sport Sciences.
- Eisenmann, J., Pivarnik, J., & Malina, R. M. (2001). Scaling peak Vo(2) to body mass in young male and female distance runners. *J. Appl. Physiol.*, *90*(6), 2172-2180.
- Eisenmann, J. C., Katzmarzyk, P. T., Perusse, L., Tremblay, A., Despres, J. P., & Bouchard, C. (2005). Aerobic fitness, body mass index, and CVD risk factors among adolescents: the Quebec family study.(Paper). *International Journal of Obesity*, *29*(9), 1077-85.
- Eisenmann, J. C., Laurson, K. R., & Welk, G. J. (2011). Aerobic fitness percentiles for U.S. adolescents. *American journal of preventive medicine*, *41*(4 Suppl 2), 106-10.
- Engebretsen, L., Steffen, K., Bahr, R., Broderick, C., Dvorak, J., Janarv, P.-M., . . . Steen, H. (2010). The International Olympic Committee Consensus Statement on age determination in high-level young athletes. *Br J Sports Med*, *44*(7), 476-84.
- ERS. (1997). Clinical exercise testing with reference to lung diseases: indications, standardization and interpretation strategies. ERS Task Force on Standardization of Clinical Exercise Testing. European Respiratory Society. *Eur Respir J*, *10*(11), 2662-2689.
- Fawkner, S. G., & Armstrong, N. (2004). Longitudinal changes in the kinetic response to heavy-intensity exercise in children. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, *97*(2), 460-466.
- Fredriksen, P. M., Ingjer, F., Nystad, W., & Thaulow, E. (1998). Aerobic endurance testing of children and adolescents--a comparison of two treadmill-protocols. *Scand J Med Sci Sports*, *8*(4), 203-207.
- Fredriksen, P. M., Ingjer, F., Nystad, W., & Thaulow, E. (1999). A comparison of VO2(peak) between patients with congenital heart disease and healthy subjects, all aged 8-17 years. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, *80*(5), 409-416.
- Frontera, W. R., & Rivera-Brown, A. M. (1998). Achievement of Plateau and Reliability of VO2max in Trained Adolescents Tested With Different Ergometers. *Pediatric exercise science : the official journal of the North American Society of Pediatric Exercise Medicine*, *10*(2), 164-175.



- 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.
- Gjerset, A. r., Kaasa, S., & Karlsen, H. (2007). *Idrettens treningslære* (Vol. 8). Oslo: Universitetsforlaget.
- Going, S., Lee, V., Blew, R., Laddu, D., & Hetherington-Rauth, M. (2014). Top 10 Research Questions Related to Body Composition. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 85(1), 38-48.
- Gore, C. J., Hahn, A. G., Burge, C. M., & Telford, R. D. (1997). VO<sub>2</sub>max and haemoglobin mass of trained athletes during high intensity training. *International Journal Of Sports Medicine*, 18(6), 477-482.
- Guo, S. S., Chumlea, W. C., Roche, A. F., & Siervogel, R. M. (1998). Age- and maturity-related changes in body composition during adolescence into adulthood: the Fels longitudinal study. *Applied radiation and isotopes : including data, instrumentation and methods for use in agriculture, industry and medicine*, 49(5-6), 581-585.
- Hallal, P. C., Andersen, L. B., Bull, F. C., Guthold, R., Haskell, W., & Ekelund, U. (2012). Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. *The Lancet*, 380(9838), 247-257.
- Hallal, P. C., Victora, C. G., Azevedo, M. R., & Wells, J. C. (2006). Adolescent physical activity and health: a systematic review. *Sports Med*, 36(12), 1019-1030.
- Hallén, J. (2002). *Hva bestemmer prestasjonen i utholdenhetsaktiviteter?* Oslo: Norges idrettshøgskole.
- Hallén, J. (2013). Det maksimale oksygenopptakets betydning i utholdenhetsidretter. In E. Enoksen, L. I. Tjelta, E. Tønnessen, & J. Hallén (Eds.), *Utholdenhetstrening: forskning og beste praksis* (pp. 15-26). Oslo: Cappelen Damm akademisk.
- Hansen, L., & Klausen, K. (2004). Development of aerobic power in pubescent male soccer players related to hematocrit, hemoglobin and maturation. A longitudinal study. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 44(3), 219.
- Hassel, E., Stensvold, D., Halvorsen, T., Wisløff, U., Langhammer, A., & Steinshamn, S. (2015). Association between pulmonary function and peak oxygen uptake in elderly: the Generation 100 study. *Respiratory research*, 16, 156.

- Haverkort, E. B., Reijven, P. L. M., Binnekade, J. M., Schueren, M. A. E. D. V. D., Earthman, C. P., Gouma, D. J., & Haan, R. J. D. (2014). Bioelectrical impedance analysis to estimate body composition in surgical and oncological patients: a systematic review. *European Journal of Clinical Nutrition*, 69, 3-13.
- 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. *International Journal Of Sports Medicine*, 22(7), 504-512.
- Helsedirektoratet. (2014). *Anbefalinger om kosthold, ernæring og fysisk aktivitet*. Oslo: Helsedirektoratet.
- Helsinki-deklarasjonen. (2013). WMA Declaration of Helsinki - Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. Hentet 15. desember 2015 fra: <http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html>
- Heyward, V. H. (2010). *Advanced fitness assessment and exercise prescription* (6th ed. ed.). Champaign, Ill: Human Kinetics.
- Heyward, V. H., & Wagner, D. R. (2004). *Applied body composition assessment* (2nd ed. ed.). Champaign, Ill: Human Kinetics.
- Hill, A. V., & Lupton, H. (1923). Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *Quart J Med*, 16, 135-171.
- Howley, E. T., Bassett, D. R., Jr., & Welch, H. G. (1995). Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc*, 27(9), 1292-1301.
- Hume, P., & Marfell-Jones, M. (2008). The importance of accurate site location for skinfold measurement. *J Sports Sci*, 26(12), 1333-1340.
- Ingjer, F. (1992). Development of maximal oxygen uptake in young elite male cross-country skiers: a longitudinal study. *J Sports Sci*, 10(1), 49-63.
- Kalleberg, R. (2006). *Forskningsetiske retningslinjer for samfunnsvitenskap, humaniora, juss og teologi Retningslinjer – NESH*. Oslo: Forskningsetiske komiteer.
- Katch, V. L. (1983). Physical conditioning of children. *Journal of Adolescent Health Care*, 3(4), 241-246.
- Katzmarzyk, P., Shen, W., Baxter-Jones, A., Bell, J. D., Butte, N., Demerath, E., . . . Wells, J. (2012). Adiposity in children and adolescents: correlates and clinical consequences of fat stored in specific body depots. *Pediatr. Obes.*, 7, E42-E61.

- Kelley, G., Kelley, K. S., & Pate, R. (2014). Effects of exercise on BMI z-score in overweight and obese children and adolescents: a systematic review with meta-analysis. *BMC Pediatr.*, (Vol 14, p.225.)
- Kim, J., Shen, W., Gallagher, D., Jones, A., Jr., Wang, Z., Wang, J., . . . Heymsfield, S. B. (2006). Total-body skeletal muscle mass: estimation by dual-energy X-ray absorptiometry in children and adolescents. *Am J Clin Nutr*, *84*(5), 1014-1020.
- Kjønniksen, L., Fjørtoft, I., & Wold, B. (2009). Attitude to physical education and participation in organized youth sports during adolescence related to physical activity in young adulthood: A 10-year longitudinal study. *European Physical Education Review*, *15*(2), 139-154.
- Kodama, S., Saito, K., Tanaka, S., Maki, M., Yachi, Y., Asumi, M., . . . Sone, H. (2009). Cardiorespiratory Fitness as a Quantitative Predictor of All-Cause Mortality and Cardiovascular Events in Healthy Men and Women A Meta-analysis *JAMA-J. Am. Med. Assoc.* (Vol. 301, pp. 2024-2035).
- Kolle, E., & Ekelund, U. (2012). Is sitting time a strong predictor of weight gain? *Curr Obes Rep*, *2*(1), 77-85.
- Kolle, E., Steene-Johannessen, J., Andersen, L. B., & Anderssen, S. A. (2010). Objectively assessed physical activity and aerobic fitness in a population-based sample of Norwegian 9- and 15-year-olds. *Scand J Med Sci Sports*, *20*(1), e41-47.
- Kolle, E., Stokke, J. S., Hansen, B. H., & Anderssen, S. (2012). *Fysisk aktivitet blant 6-, 9- og 15-åringer i Norge : resultater fra en kartlegging i 2011*. Oslo: Helsedirektoratet.
- 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.
- Krustrup, P., Bradley, P. S., Christensen, J. F., Castagna, C., Jackman, S., Connolly, L., . . . Bangsbo, J. (2015). The Yo-Yo IE2 test: physiological response for untrained men versus trained soccer players. *Med Sci Sports Exerc*, *47*(1), 100-108.
- Kyrolainen, H., Santtila, M., Nindl, B. C., & Vasankari, T. (2010). Physical fitness profiles of young men: associations between physical fitness, obesity and health. *Sports Med*, *40*(11), 907-920.

- LeMura, L. M., von Dullivard, S. P., Carlonas, R., & Andreacci, J. (1999). Can exercise training improve maximal aerobic power (VO<sub>2</sub>max) in children: a meta-analytic review. *J Exerc Physiol*, 2(3), 1-22.
- Lim, J. S., Hwang, J. S., Lee, J. A., Kim, D. H., Park, K. D., Jeong, J. S., & Cheon, G. J. (2009). Cross-calibration of multi-frequency bioelectrical impedance analysis with eight-point tactile electrodes and dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of body composition in healthy children aged 6-18 years. *Pediatr Int*, 51(2), 263-268.
- Lloyd, S. R., Oliver, L. J., Faigenbaum, D. A., Myer, D. G., & De Ste Croix, A. M. B. (2014). Chronological Age vs. Biological Maturation: Implications for Exercise Programming in Youth. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(5), 1454-1464.
- Lohman, T. G., & Going, S. B. (2006). Body composition assessment for development of an international growth standard for preadolescent and adolescent children. *Food Nutr Bull*, 27(4 Suppl Growth Standard), S314-325.
- Malina, R. (2011). Skeletal Age and Age Verification in Youth Sport. *Sports Medicine*, 41(11), 925-947.
- Malina, R. M. (2007). Body Composition in Athletes: Assessment and Estimated Fatness. *Clinics in Sports Medicine*, 26(1), 37-68.
- Malina, R. M., Bar-Or, O., & Bouchard, C. (2004). *Growth, maturation, and physical activity* (2nd ed. ed.). Champaign, Ill: Human Kinetics.
- Malina, R. M., & Kozieł, S. M. (2014a). Validation of maturity offset in a longitudinal sample of Polish boys. *Journal of Sports Sciences*, 32(5), 424-437.
- Malina, R. M., & Kozieł, S. M. (2014b). Validation of maturity offset in a longitudinal sample of Polish girls. *Journal of Sports Sciences*, 32(14), 1374-1382.
- Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho e Silva, M. J., & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. *Br J Sports Med*, 49(13), 852-859.
- Marfell-Jones, M. J., & Hume, P. (2010). Measurement precision: it does matter where you take the skinfolds. *Br J Sports Med*, 44, i32.
- McArdle, W. D., Katch, V. L., & Katch, F. I. (2010). *Exercise physiology : nutrition, energy, and human performance* (7th ed. ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

- McManus, A. M., & Armstrong, N. (2011). The physiology of elite young female athletes. In N. Armstrong & A. M. McManus (Eds.), *The Elite young athlete* (vol. 56, pp. 23-46). Basel: Medicine and sport science. Karger.
- McNarry, M., & Jones, A. (2014). The influence of training status on the aerobic and anaerobic responses to exercise in children: a review. *Eur J Sport Sci, 14 Suppl 1*, S57-68.
- McNarry, M. A., Mackintosh, K. A., & Stoedefalke, K. (2014). Longitudinal investigation of training status and cardiopulmonary responses in pre- and early-pubertal children. *Eur J Appl Physiol, 114*(8), 1573-1580.
- McNarry, M. A., Welsman, Jr., & Jones, A. (2011). Influence of training and maturity status on the cardiopulmonary responses to ramp incremental cycle and upper body exercise in girls. *J. Appl. Physiol., 110*(2), 375-381.
- Meen, H. D. (2000). Fysisk aktivitet hos barn og unge i relasjon til vekst og utvikling. *Tidsskrift for Den norske legeforsking, 120*, 2908-2914.
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D. G., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. (Statistical Data Included). *Med Sci Sports Exerc, 34*(4), 689-94.
- Mitchell, J. H., Sproule, B. J., & Chapman, C. B. (1958). The physiological meaning of the maximal oxygen intake test. *J Clin Invest, 37*(4), 538-547.
- Naughton, G., Farpour-Lambert, N. J., Carlson, J., Bradney, M., & Van Praagh, E. (2000). Physiological issues surrounding the performance of adolescent athletes. *Sports Med, 30*(5), 309-325.
- Nes, B. M., Osthus, I. B., Welde, B., Aspenes, S. T., & Wisloff, U. (2013). Peak oxygen uptake and physical activity in 13- to 18-year-olds: the Young-HUNT study. *Med Sci Sports Exerc, 45*(2), 304-313.
- O'Donoghue, P. (2012). *Statistics for Sport and Exercise Studies: An Introduction*: United Kingdom: Routledge Ltd.
- Obert, P., Mandigouts, S., Nottin, S., Vinet, A., N'Guyen, L. D., & Lecoq, A. M. (2003). Cardiovascular responses to endurance training in children: effect of gender. *Eur J Clin Invest, 33*(3), 199-208.
- Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., & Sjörström, M. (2007). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International Journal of Obesity, 32*(1), 1-11.

- Owen, N., Healy, G. N., Matthews, C. E., & Dunstan, D. W. (2010). Too much sitting: the population health science of sedentary behavior. *Exerc Sport Sci Rev*, 38(3), 105-113.
- Pate, R., Oria, M., & Pillsbury, L. (2012). *Fitness Measures and Health Outcomes in Youth*. Washington (DC): The National Academic Press.
- Pate, R. R., Wang, C.-Y., Dowda, M., Farrell, S. W., & O'Neill, J. R. (2006). Cardiorespiratory fitness levels among US youth 12 to 19 years of age: findings from the 1999-2002 National Health and Nutrition Examination Survey. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 160(10), 1005-12.
- Pettersen, S. A., Fredriksen, P. M., & Ingjer, E. (2001). The correlation between peak oxygen uptake (VO<sub>2</sub>peak) and running performance in children and adolescents: aspects of different units. *Scand J Med Sci Sports*, 11(4), 223-228.
- Poole, D. C., & Jones, A. M. (2005). *Oxygen uptake kinetics in sport, exercise and medicine*. New York: Routledge.
- Povoas, S. C., Castagna, C., Soares, J. M., Silva, P. M., Lopes, M. V., & Krusturup, P. (2015). Reliability and validity of Yo-Yo tests in 9- to 16-year-old football players and matched non-sports active schoolboys. *Eur J Sport Sci*, 30, 1-9.
- Rogol, A. D., Clark, P. A., & Roemmich, J. N. (2000). Growth and pubertal development in children and adolescents: effects of diet and physical activity. *Am J Clin Nutr*, 72(2 Suppl), 521S-528S.
- Rowland, T. (2002). On being a metabolic nonspecialist. *Pediatr. Exerc. Sci.*, 14(4), 315-320.
- Rowland, T., Garrard, M., Marwood, S., Guerra, M. E., Roche, D., & Unnithan, V. (2009). Myocardial Performance during Progressive Exercise in Athletic Adolescent Males. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 41(9), 1721-1728.
- Rowland, T. W. (1993). Does peak VO<sub>2</sub> reflect VO<sub>2</sub>max in children?: evidence from supramaximal testing. *Medicine and science in sports and exercise : official journal of the American College of Sports Medicine*, 25(6), 689-693.
- Rowland, T. W. (2005). *Children's exercise physiology* (2nd. ed. ed.). Champaign, Ill: Human Kinetics.
- Ruiz, J. R., Castro-Pinero, J., Artero, E. G., Ortega, F. B., Sjostrom, M., Suni, J., & Castillo, M. J. (2009). Predictive validity of health-related fitness in youth: a systematic review. *Br J Sports Med*, 43(12), 909-923.

- Sand, O., Sjaastad, Ø. V., Haug, E., & Toverud, K. C. (2014). *Menneskets fysiologi* (2. utg. ed.). Oslo: Gyldendal akademisk.
- Schmidt, W., & Prommer, N. (2008). Effects of various training modalities on blood volume (Vol. 18, pp. 57-69). Oxford, UK.
- Spiegel, A. M., & Alving, B. M. (2005). Executive summary of the Strategic Plan for National Institutes of Health Obesity Research. *Am J Clin Nutr*, 82(1 Suppl), 211S-214S.
- Stoedefalke, K., Armstrong, N., Kirby, B. J., & Welsman, J. R. (2000). Effect of training on peak oxygen uptake and blood lipids in 13 to 14-year-old girls. *Acta Paediatrica*, 89(11), 1290-1294.
- Stratton, G., & Oliver, J. L. (2014). The impact of growth and maturation on physical performance. In R. S. Lloyd & J. L. Oliver (Eds.), *Strength and conditioning for young athletes: Science and application* (1 ed., pp. 3-18). London: Routledge.
- Tanner, J. M. (1989). *Foetus into man: physical growth from conception to maturity* (2nd ed. ed.). Ware: Castlemead Publications.
- Tanner, J. M., Whitehouse, R. H., & Takaishi, M. (1966). Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity: British children, 1965. I. *Archives of disease in childhood*, 41(219), 454.
- 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.
- Thomis, M., Rogers, D. M., Beunen, G. P., Woynarowska, B., & Malina, R. M. (2000). Allometric relationship between body size and peak VO<sub>2</sub> relative to age at menarche. *Ann Hum Biol*, 27(6), 623-33.
- Tomiyaama, A. J., Hunger, J. M., Nguyen-Cuu, J., & Wells, C. (2016). Misclassification of cardiometabolic health when using body mass index categories in NHANES 2005-2012. *Int J Obes*, 40(5), 883-886.
- Tompuri, T. T., Lakka, T. A., Hakulinen, M., Lindi, V., Laaksonen, D. E., Kilpelainen, T. O., . . . Laitinen, T. (2015). Assessment of body composition by dual-energy X-ray absorptiometry, bioimpedance analysis and anthropometrics in children: the Physical Activity and Nutrition in Children study. *Clin Physiol Funct Imaging*, 35(1), 21-33.

- Ulrich, G., Bärtsch, 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
- Van Loan, M. D. (1996). Total body composition: Birth to old age. In A. F. Roche, S. Heymsfield, & T. G. Lohman (Eds.), *Human body composition* (pp. 205-216). Champaign, Ill: Human Kinetics.
- Vinet, A., Mandigout, S., Nottin, S., Nguyen, L., Lecoq, A. M., Courteix, D., & Obert, P. (2003). Influence of body composition, hemoglobin concentration, and cardiac size and function of gender differences in maximal oxygen uptake in prepubertal children. *Chest*, *124*(4), 1494-1499.
- Wagner, P. D. (2006). Counterpoint: in health and in normoxic environment VO<sub>2</sub>max is limited primarily by cardiac output and locomotor muscle blood flow. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md. : 1985), *100*(2), 745-747.
- Wei, M., Kampert, J., Barlow, C., & Nichaman, M. (1999). Relationship between low cardiorespiratory fitness and mortality in normal-weight, overweight, and obese men. *JAMA*, *282*(16), 1547-1553.
- Wells, J. C. K., & Fewtrell, M. S. (2006). Measuring body composition. *Archives of disease in childhood*, *91*(7), 612-617.
- WHO. (2000). *Obesity : preventing and managing the global epidemic ; report of a WHO consultation*. Geneva: WHO
- WHO. (2015). Obesity and overweight. Hentet 10.oktober 2015 fra: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>
- Widmaier, E. P., Raff, H., Strang, K. T., & Vander, A. J. (2011). *Vander's Human physiology: the mechanisms of body function* (12th ed., international ed. ed.). New York: McGraw-Hill.
- Wilmore, J. H., Costill, D. L., & Kenney, W. L. (2008). *Physiology of sport and exercise* (4th ed. ed.). Champaign, Ill: Human Kinetics.
- Åstrand, P. O., Rodahl, K., Dahl, H. A., & Strømme, S. B. (2003). *Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise* (4 ed.). United States: Human Kinetics.



## 8.0 Tabelloversikt

<b>Tabell 3.1:</b> Antropometriske data for jentene (10,8–15,1 år) og guttene (12,2–17,2 år) .....	39
<b>Tabell 4.1:</b> Antropometriske data og treningstimer per uke for jenter og gutter på de ulike alderstrinnene, samt gjennomsnittlig menstruasjonsstart (år) for jentene .....	47
<b>Tabell 4.2:</b> Kroppssammensetning for jenter i alderen 10,8–15,1 år .....	48
<b>Tabell 4.3:</b> Kroppssammensetning for gutter i alderen 12,2–17,2 år .....	48
<b>Tabell 4.4:</b> Resultater fra testingen av kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ ) for jenter i alderen 10,8–15,1 år og gutter i alderen 12,2–17,2 år .....	52
<b>Tabell 4.5:</b> Variabler som kan forklare utviklingen i kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ ) oppgitt som $l \cdot \text{min}^{-1}$ og $ml \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ for henholdsvis jenter og gutter ( $n=217$ ) i alderen 11–15 år og 12–17 år, utført med multippel regresjonsanalyse .....	56
<b>Tabell 4.6:</b> Variabler som kan forklare utviklingen i kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ ) oppgitt som $l \cdot \text{min}^{-1}$ og $ml \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ for jenter ( $n=115$ ) i alderen 11–15 år, utført med multippel regresjonsanalyse .....	56
<b>Tabell 4.7:</b> Variabler som kan forklare utviklingen i kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ ) oppgitt som $l \cdot \text{min}^{-1}$ og $ml \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ for gutter ( $n=102$ ) i alderen 12–17 år, utført med multippel regresjonsanalyse .....	57
<b>Tabell 5.1:</b> Oversikt over studier, inkludert foreliggende oppgave, som har målt kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ ) oppgitt som $l \cdot \text{min}^{-1}$ og $ml \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ i normalpopulasjon for jenter i barne- og ungdomsalder ..	69
<b>Tabell 5.2:</b> Oversikt over studier, inkludert foreliggende oppgave, som har målt kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ ) oppgitt som $l \cdot \text{min}^{-1}$ og $ml \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ i normalpopulasjon for gutter i barne- og ungdomsalder ..	74
<b>Tabell 5.3:</b> Oversikt over studier, inkludert foreliggende oppgave, som har målt KRF ( $VO_{2peak}$ ) oppgitt som $l \cdot \text{min}^{-1}$ og $ml \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ for jenter i barne- og ungdomsalder som har bedrevet idrett eller fysisk aktivitet. ....	87
<b>Tabell 5.4:</b> Oversikt over studier, inkludert foreliggende oppgave, som har målt KRF ( $VO_{2peak}$ ) oppgitt som $l \cdot \text{min}^{-1}$ og $ml \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ for gutter i barne- og ungdomsalder som har bedrevet idrett eller fysisk aktivitet .....	92

## 9.0 Figuroverskrift

<b>Figur 2.1:</b> Viser en typisk hastighetskurve for kroppshøyde (cm/år) hos gutter og jenter. Hentet fra R. M. Malina et al. (2004).....	16
<b>Figur 2.2:</b> Viser en typisk hastighetskurve for kroppsvekt (kg/år) hos gutter og jenter. Figuren er hentet fra R. M. Malina et al. (2004).....	17
<b>Figur 2.3:</b> Viser hvordan $VO_{2peak}$ ( $l \cdot min^{-1}$ ) utvikles gjennom barne- og ungdomsårene for gutter og jenter. Figuren er hentet fra Armstrong og Welsman (1994).....	29
<b>Figur 2.4:</b> Viser hvordan utviklingen av $VO_{2peak}$ ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) fra man er barn og gjennom puberteten for både jenter og gutter. Figuren er hentet fra Armstrong og Welsman (1994).....	31
<b>Figur 3.1:</b> Figuren viser hvordan kroppssammensetningen ble målt ved hjelp av apparatet InBody 720 .....	41
<b>Figur 3.2:</b> Viser hvordan Osloprotokollen øker i belastning fra start til utmattelse. Hentet fra Fredriksen, Ingjer, Nystad og Thaulow (1999).....	41
<b>Figur 3.3:</b> Viser testsituasjon ved måling av kardiorespiratorisk form ( $VO_{2peak}$ ) .....	43
<b>Figur 4.1:</b> Utviklingen av muskelmasse (kg) i kg for jenter (n=23, rødt) i alderen 11 til 15 år og gutter (n=17, blått) i alderen 12 til 17 år. Resultatene er presentert med gjennomsnitt og 95% konfidensintervall (KI). * = $p < 0,05$ mellom gutter og jenter ved samme alder.....	49
<b>Figur 4.2:</b> Utviklingen av fettmasse (kg) i kg for jenter (n=23, rødt) i alderen 11 til 15 år og gutter (n=17, blått) i alderen 12 til 17 år. Resultatene er presentert med gjennomsnitt og 95% konfidensintervall (KI) * = $p < 0,05$ mellom gutter og jenter ved samme alder. ** = $p < 0,001$ mellom gutter og jenter ved samme alder .....	50
<b>Figur 4.3:</b> Utviklingen av fettfri masse (FFM) i kg for jenter (n=23, rødt) i alderen 11 til 15 år og gutter (n=17, blått) i alderen 12 til 17 år. Resultatene er presentert med gjennomsnitt og 95% konfidensintervall (KI). * = $p < 0,05$ mellom gutter og jenter ved sammen alder. ** = $p < 0,001$ mellom gutter og jenter ved samme alder.....	51
<b>Figur 4.4:</b> Utviklingen av peak oksygenopptak ( $VO_{2peak}$ ( $l \cdot min^{-1}$ )), for jenter (n=23, rødt) i alderen 11 til 15 år og gutter (n=17, blått) i alderen 12 til 17 år. Resultatene er presentert med gjennomsnitt og 95% konfidensintervall (KI). * = $p < 0,05$ mellom gutter og jenter ved samme alder. ** = $p < 0,001$ mellom gutter og jenter ved samme alder ..	53
<b>Figur 4.5:</b> Utviklingen av peak oksygenopptak ( $VO_{2peak}$ ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ))) for jenter (n=23, rødt) i alderen 11 til 15 år og gutter (n=17, blått) i alderen 12 til 17 år. Resultatene er presentert med gjennomsnitt og 95% konfidensintervall (KI). * = $p < 0,05$ mellom gutter og jenter ved sammen alder. ** = $p < 0,001$ mellom gutter og jenter ved samme alder .....	54

**Figur 4.6:** Utviklingen av peak oksygenopptak ( $VO_{2peak}$  ( $ml \cdot kg \text{ FFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )) for jenter ( $n=23$ , rødt) i alderen 11 til 15 år og gutter ( $n=17$ , blått) i alderen 12 til 17 år. Resultatene er presentert med gjennomsnitt og 95% konfidensintervall (KI). \* =  $p < 0,05$  mellom gutter og jenter ved samme alder. \*\* =  $p < 0,001$  mellom gutter og jenter ved samme alder ..... 55

## 10.0 Vedlegg

### Vedlegg 1:

#### Prosjektbeskrivelse

### Endring i fysisk form, lungefunksjon og kroppssammensetning gjennom puberteten hos gutter og jenter som trener regelmessig?

#### Innledning

I de senere år har det vært hevdet at barn og unge er mindre fysisk aktive enn tidligere (Dyrstad, Aandstad og Hallén, 2005), og at man har fått en økning i antall overvektige barn og unge (Helsedirektoratet, 2008b). Samfunnet stiller stadig mindre krav til fysisk aktivitet (Berg og Mjaavatn, 2008), og dette resulterer i en stillesittende hverdag, hvor barn og unge bruker mer og mer tid foran pc og tv. Samtidig blir flere kjørt til og fra skolen, i stedet for å gå (Helsedirektoratet, 2008b). Kombinasjonen av økt overvekt og mindre fysisk aktivitet har blitt, og kan i fremtiden bli et stort helseproblem for samfunnet (Kyröläinen et al, 2010). I tillegg til overvekt har inaktive større sjanse for utvikling av livsstilssykdommer, som diabetes type 2, hypertensjon, hjerte- og karsykdommer, ulike krefttyper og osteoporose (Hallal et al, 2006).

Idrett er likevel en stor del av mange barn og unges hverdag, men det er lite kunnskap om hvordan maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ ), lungefunksjon og kroppssammensetning endres hos ungdommer som trener systematisk i puberteten. I et folkehelseperspektiv er det således viktig å få økt kunnskap om hvordan systematisk trening virker inn på disse fysiske og fysiologiske komponentene. Det er usikkert om utholdenhetstrening har effekt på  $VO_{2maks}$  hos barn og unge dels på grunn av en til nå ikke kvantifisert genetisk komponent av  $VO_{2maks}$  (Armstrong og Welsman, 2002) og dels pga. manglende longitudinelle studier på barn og ungdom som trener systematisk.

#### Kroppssammensetning

*”Kroppssammensetning er en helserelatert komponent av vår fysiske form som relateres til den relative mengden muskler, fett, bein og andre vitale deler av kroppen”*

(Caspersen et al., 1985).

Kroppssammensetning er viktig i forhold til egen helseprofil. Andel fettprosent kan indikere om man har en negativ eller positiv helseprofil. Det er verken bra å ha en for lav eller for høy fettprosent. For lav fettprosent er ikke gunstig siden kroppen trenger fett til livsnødvendige cellefunksjoner. For høy fettprosent kan føre til utvikling av livsstilssykdommer i voksen alder (Duncan, 2010).

Det er usikkert hvordan trening påvirker utvikling av muskelmasse og fettmasse hos barn og ungdom. Muskelvolum relativt til kroppsmasse er mindre hos barn enn hos voksne. Muskelmasse og muskelstyrke øker lineært med alder hos begge kjønn frem til puberteten, og det er liten forskjell mellom gutter og jenter. Under puberteten øker imidlertid muskelmassen betydelig hos gutter pga økt produksjon av testosteron og androgener (Malina et al., 2004). Fettmassen øker betydelig hos jenter i puberteten hovedsakelig pga. økt østrogenproduksjon (Tanner, 1989).

Det finnes ulike metoder for å undersøke om man er over- eller undervektig. Den mest kjente er antakelig body mass index (BMI), eller det norske uttrykket kroppsmasseindex (KMI). Dette er en likning som bruker høyde og vekt for å estimere under og overvekt. Likningen for KMI er:  $\text{vekt/høyde}^2$ . Hvor vekt oppgis i kilo og høyde oppgis i meter (Rössner, 2008). KMI er imidlertid en metode med mange svakheter og feilkilder, og andelen fett og muskelmasse vil ikke komme frem. Ved å bruke KMI kan gutter med stor muskelmasse feilaktig få betegnelsen overvektig. KMI egner seg best ved testing av store grupper og for å kartlegge overvekt i populasjonen (Stratton og Williams, 2007). Inndelingene i KMI er: <18,5: undervekt, 18,5–24,99: normalvekt, 25–29,99: overvekt og >30 er fedme (WHO, 2013). For å få et nøyaktig mål på kroppssammensetning benyttes DEXA røntgenapparat eller et bioimpedans instrument, f.eks InBody, som blir benyttet i den foreliggende studien.

## **Lungefunksjon**

Lungeveksten er tilnærmet proporsjonal med høydeveksten. Lungeveksten blir ikke påvirket av kroppsmassen slik hjertet blir (Malina, Bouchard og Bar-or, 2004). Siden respirasjonsvolumer og kapasiteter hos ungdom er et resultat av deres høyde vil det være mer relevant å sammenligne ungdommers høyde enn deres kronologiske alder (Quanjer et al., 1995). Selv om lungefunksjonen øker i proporsjon med økningen av høyde under veksten, er ikke dette forholdet konstant gjennom hele barndommen og ungdomsårene. Under den raske vekstøkningen i ungdomsårene har

lungefunksjonen en tendens til å henge etter økningen i høyde (DeGroot et al., 1988). Dette fører til at korrelasjonen mellom høyde og lungefunksjon er lavere hos ungdommer enn voksne. Hos jenter vil den største økningen i lungefunksjon inntreffe cirka to år tidligere enn hos guttene, men man finner en raskere økning i vekst hos guttene (Hibbert et al., 1995). Lungekapasiteten til kvinner er cirka 10% lavere enn mens med tilsvarende alder og høyde (Åstrand et al., 2003). Åstrand og medarbeidere (2003) hevder at trening i ungdomsårene kan øke vitalkapasiteten (VC) og den totale lungekapasiteten (TLC). Flere studier har imidlertid stilt seg kritisk til dette (Weber et al., 1976; Kock, 1980). En longitudinell studie av tyske og norske barn konkluderer med at vekst i lungefunksjon ikke har sammenheng med fysisk aktivitetsnivå (Andersen et al., 1984).

### **Fysisk form ( $VO_{2maks}$ )**

Før puberteten hos jenter og gutter er det vist liten forskjell i maksimal aerob kapasitet, mens etter puberteten er maksimal aerob kapasitet cirka 25–35 % lavere hos jenter sammenlignet med gutter. Ved 13-årsalder er flesteparten av jentene allerede utviklet til unge damer, mens guttene fortsatt er barn (Åstrand et al 2003). Det at guttene øker sin aerobe kapasitet så mye i forhold til jentene, kan muligens forklares med at de er mer aktive, kroppssammensetningen er ulik og at de utvikler en større konsentrasjon av hemoglobin i blodet (Armstrong og Welsman, i Armstrong og Mechelen, 2000).

Det er hevdet at opp mot 70 % av maksimal aerob kapasitet er genetisk bestemt. Det maksimale oksygenopptaket hos gutter når sin topp ved cirka 18–20 år, og etterfølges av en gradvis nedgang. Når man er 65 år vil vanligvis  $VO_2$  ligge på cirka 25 % av det man hadde når man var 25 år (Åstrand et al, 2003).

#### **2.4.1 Utviklingen av $VO_{2maks}$ uttrykt som $l \cdot \text{min}^{-1}$**

Det er stor variasjon i modenhet og utvikling blant gutter. Tidlig utviklede gutter har i gjennomsnitt en høyere  $VO_{2maks}$  sammenlignet med sent utviklede gutter (Beunen og Malina, i Hebestreit og Bar-Or, 2008 kap. 1) Barns fysiske yteevne vil være avhengig av individets størrelse og kroppens modenhet, og det er derfor blitt spekulert i om parametere som aerob kapasitet og muskelstyrke bør relateres til biologisk, fremfor kronologisk alder (Meen, 2000).

Fra barndomsårene er det sett en jevn økning av  $VO_{2maks}$ , med en sterkere økning fra pubertetsalder (Meen, 2000). Grunnen til denne økningen skyldes hovedsakelig endringer i størrelse av lunger, hjertet og muskelmasse (Rowland, 1996), samtidig som konsentrasjonen av hemoglobin i blodet øker (Armstrong og Welsman, 1994). Mellom 5 og 16 års alder er det vist at guttenes muskelmasse øker fra 42 % til 54 % av kroppsmassen (Solbakken, 2005). Økt muskelmasse krever større mengde oksygen som igjen resulterer i en økt venøs tilbakestrømming til hjertet ved hjelp av muskelvenepumpen. Dette vil således føre til en økning av slagvolumet (Rowland og Lisowski, 2001).

I 2001 publiserte Armstrong og Welsman en longitudinell studie, der de så på utviklingen av  $VO_{2maks}$  ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ) fra 11–17 år hos gutter.  $VO_{2maks}$  økte i gjennomsnitt med 99 % fra henholdsvis  $1,78 - 3,55 l \cdot \text{min}^{-1}$ . FP ble testet når de var 11, 12, 13 og 17 år gamle. Når man ser på resultatet fra 13–17 år, var økningen i  $VO_{2maks}$  50 % ( $2,37 - 3,55 l \cdot \text{min}^{-1}$ ). I 1994 publiserte Armstrong og Welsman en reviewartikkel, hvor de inkluderte over 10.000  $VO_{2maks}$  målinger fra FP i alderen 8–16 år. Resultatene viste en økning i  $VO_{2maks}$ , med hele 151 % ( $1,22 - 3,06 l \cdot \text{min}^{-1}$ ). Disse studiene gir et bilde på utvikling av  $VO_{2maks}$  i puberteten.

#### **2.4.2 Utvikling av $VO_{2maks}$ uttrykt som $ml \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$**

De første leveår vokser barn raskt, for så å ha en litt mindre stigning i veksten rundt 10 årsalderen. Deretter kommer en vekstspurt-periode (peak height velocity), hvor gutter gjennomsnittlig øker høyden med 10 cm i løpet av ett år (Åstrand et al, 2003). Denne vekstspurten inntreffer ved 10–11 årsalderen, og når sin topp i 14 årsalderen (Malina og Beunen, i Herbstreit og Bar-Or, 2008). Vekten vil naturligvis følge samme mønster, med en stor økning i muskelmasse hos gutter og fettmasse hos jenter (Armstrong og Welsman, 2005). Når  $VO_{2maks}$  skal relateres til kroppsmassen blir resultat noe annerledes enn ved  $VO_{2maks}$  oppgitt som  $l \cdot \text{min}^{-1}$  (Rowland, 1996; Armstrong og Welsman 1994).  $VO_{2maks}$  ( $ml \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) er vist å være svært stabil fra 6 til 16 års alder, med en gjennomsnittlig  $VO_{maks}$  på cirka  $50 - 53 ml \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  (Rowland, 1996).

Det at man oppgir  $VO_{2maks}$  relatert til kroppsvekten, kan være en stor fordel for de som er små og lette. Samtidig er det vist at når man sammenlikner barn med samme størrelse og kroppssammensetning, kan det være svært forskjellig hva slags  $VO_{2maks}$  man oppnår.

Forskjellene her kan relateres til treningstilstand og aerob form (Rowland, 1996). Det har vært en god del forskning med varierende resultater rundt trenbarheten av  $VO_{2maks}$  hos barn. Det er imidlertid rapportert at hvis treningen er tilstrekkelig hyppig, intensiteten høy nok og varigheten på øktene lang nok, vil dette bidra til å øke  $VO_{2maks}$  (Meen, 2000). Ingjer (1991) fulgte en gruppe langrensløpere fra de var 14 til 20 år. Resultatene viste at de økte  $VO_{2maks}$  fra 76,3 til 82,8  $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$  i løpet av disse årene. Den største økningen var fra 14 til 15 år, hvor de gjennomsnittlig økte fra 76,3 til 80.1  $ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$ .

### **Mål med prosjektet**

Hensikten med prosjektet er å undersøke utvikling av antropometriske mål, maksimalt oksygenopptak, lungefunksjon og kroppssammensetning hos jenter og gutter i alderen 10–18 år som trener systematisk 4–8 økter pr uke samt undersøke sammenhengen mellom disse variablene.

### **Design og utvalg**

Studien er en prospektiv oppfølgingsstudie med undersøkelse/testing av 25 jenter og 25 gutter i alderen 11–18 år, rekruttert fra 2 ulike idrettsklubber, henholdsvis Stabæk IF håndball og Høvik IF fotball. Testingen er gjennomført/gjennomføres en gang per år til samme tid (januar/februar).

Kontrollgruppe er ikke inkludert og resultater fra den foreliggende studien vil bli sammenlignet med resultater fra tverrsnittstudier i ulike aldersgrupper og andre oppfølgingsstudier. Det er så vidt oss bekjent ingen publiserte studier som har undersøkt lungefunksjon, kroppssammensetning og maksimalt oksygenopptak hos barn og ungdom gjennom hele puberteten.

### **Målemetoder**

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

Kronologisk alder vil bli beregnet til antall år og dager fra fødselsdato til testdato. Biologisk alder vil bli vurdert ut fra vekstkurven og identifisering av vekstspurt og klassifisering etter en forenklet tredelt versjon av Tanners fem pubertetsstadier (Tanner, 1973), prepubertal, pubertal og postpubertal (Petersen, Crockett, Richardsog Boxer, 1988); ingen utvikling av sekundære kjønnskarakteristikk, begynnende utvikling og fullt utviklet.



### **Kroppssammensetning**

Kroppssammensetning måles etter standardisert metode ved hjelp av en bioimpedansvekt (InBody 720). Kroppsvekt (kg), kroppsmasseindex (KMI) ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), muskelmasse (kg), fettmasse (kg) og fettprosent (%) noteres og vil bli benyttet i analysene.

### **Maksimalt oksygenopptak**

Måling av  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  foregår ved løp på tredemølle (Woodway ) med økende belastning (helningsvinkel og hastighet økes annenhver gang) hvert 2. minutt til utmattelse (Fredriksen, 1998). Forsøkspersonen løper med munnstykke koblet til et ergospirometer (OxyconPro, Jaeger, Wurzburg, Germany) og neseklype de siste 8 minuttene av testen slik at ekspirasjonsluften blir analysert og absolutt oksygenopptak ( $\text{l}/\text{min}$ ) måles. Den høyeste målte verdien benyttes som  $\text{VO}_{2\text{maks}}$ .

$\text{VO}_{2\text{maks}}$  målt absolutt ( $\text{l}/\text{min}$ ) og relativt til kroppsvekt ( $\text{ml}/\text{kg}/\text{min}$ ), hjertefrekvens (HF), minuttventilasjon (VE), respiratorisk utvekslingsratio (RER) og pustefrekvens (PF) måles og noteres hvert minutt de siste 8 minuttene av testen og de respektive maksimalverdiene ved utmattelse vil bli benyttet i analysene.

### **Lungefunksjonsmåling**

Lungefunksjon, maksimal ekspiratorisk flow volum kurve, måles ved hjelp av et spirometer (Masterscreen, Jaeger, Wurzburg, Germany). FP puster rolig ut og inn i et munnstykke med neseklype på nesens et par ganger før han/hun foretar en maksimal inhalasjon og deretter puster fort, hardt og lenge ut. Forsert ekspiratorisk volum første sekund av utpusten ( $\text{FEV}_1$ ), forsert vitalkapasitet (FVC) og forsert ekspiratorisk volum ved 50 % av vitalkapasiteten ( $\text{FEF}_{50}$ ) vil bli notert og benyttet i analysene. Testen er standardisert i henhold til guidelines fra European Respiratory Society (ERS)(ERS, 1997).

### **Maksimal voluntær ventilasjon (MVV)**

MVV er et mål på ventilatorisk kapasitet og måles stående ved hjelp av et spirometer. FP puster fort og dypt i 10 sekunder. Målingen multipliseres med 6 og ventilatorisk

minuttvolum (L/min) estimeres. Testen er standardisert i henhold til guidelines fra ERS (ERS, 1997).

## **Trening**

Trening, mengde og intensitet, registreres i treningsdagbøker eller på et eget skjema i utvalgte representative uker.

## **Statistikk**

Resultatene vil bli lagt inn og analysert i Statistical Package for Social Sciences (SPSS, version 21.0; Chicago, IL, USA). Resultatene vil bli oppgitt som gjennomsnitt og 95 % konfidensintervall (95 % CI). Demografiske data vil bli presentert med gjennomsnitt og standard avvik (SD). ANOVA for repeterte målinger (mixed model) vil bli benyttet for å undersøke endringer fra år til år. En p-verdi  $\leq 0.05$  blir regnet som statistisk signifikant.

## **Etikk**

Studien følger alle retningslinjer for involvering av barn i et forskningsprosjekt. Forskningsetiske retningslinjer for samfunnsvitenskap, humaniora, juss og teologi, (NESH 2006)([www.etikkom.no](http://www.etikkom.no)) tar for seg etiske vurderinger knyttet til barns deltagelse i forskningsprosjekter (se spesielt kap.B, pkt.7 og12. Helsinkideklarasjonen, ([www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.htm](http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.htm)) nevner ikke barn spesielt, men barn kommer inn under populasjoner som er ekstra sårbare. De kan blant annet ikke gi samtykke selv og skal ikke utsettes for større risiko eller ubehag enn det de utsettes for i sitt daglige virke. De skal heller ikke delta i prosjekter hvis det ikke er direkte til nytte for barnet.

Skriftlig informert samtykke basert på frivillig deltagelse fra både foreldre og barnet selv fra det er 10 år er innhentet.

Testene barna skal gjennomføre i den foreliggende studien omfatter ingen invasive målinger og ingen tester som medfører risiko eller ubehag utover det de gjør til daglig. VO<sub>2max</sub>-testen krever løp til utmattelse på tredemølle og kan føles ubehagelig for noen de siste minuttene av testen. Det er en liten risiko for at de kan falle og skade seg, men de får god tilvenning til tredemøllen før teststart og sikkerhetstiltak med sikkerhetssele og myke matter bak tredemøllen vil være på plass. I tillegg er disse barna/ungdommene

vant til å trene med høy intensitet og ta seg maksimalt ut slik at vi anser risikoen for å føle ubehag/skade for minimal. Guttene har allerede gjennomført disse testene 6 ganger og jentene 5 ganger slik at alle er godt kjent med testprosedyrene og vet hva testene innebærer.

Prosjektbeskrivelsen med testprotokoller legges ved skjemaet for framleggingsvurdering til Regional etisk komite for medisinsk forskningsetikk (REK Sør-Øst D) og prosjektet vil bli innmeldt til norsk samfunnsvitenskapelige datatjeneste (NSD).

## Referanser

- Andersen K. L., Rutenfranz, J., Seilger, V., Ilmarinen, J., Berndt, I., Kylian, H. og Ruppel, M. (1984). *The growth of lunge volumes affected by physical performance in boys and girls during childhood and adolescence*. Eur J Appl physiol 52: 380–384
- Arday, D N., Fernández, J M., Ruiz, J R., Chillón, P., España-Romero, V., Castillo, M J og Ortega, F B. (2011). *Improving Physical Fitness in Adolescents Through a School-Based Intervention: the EDUFIT Study*. Department of Exercise Science, University of South Carolina, US. 64:484–491
- Armstrong, N og Mechelen W v. (2000). *Paediatric exercise science and medicine*. (1th.ed.). Oxford: University Press.
- Armstrong, N og Welsman, J R. (2001). *Peak oxygen uptake in relation to growth and maturation in 11- to 17-year-old humans*. Children's Health and Exercise Research Centre. University of Exeter, UK. 85: 546–551
- Armstrong, N og Welsman, J (1994). *Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents*. Exerc Sport Sci Rev. 22: 435–76.
- Armstrong, N og Welsman, J. (2005). *Essay: Physiology of the child athlete*. Medicine and Sport. 366: 44–45.
- Berg U. og Mjavatn P.E. 13. *Barn og unge*. I: R. Bahr (Red.). Aktivitetshåndboken: fysisk aktivitet i forebygging og behandling. Oslo: Helsedirektoratet. 2008: 45–61.
- Caspersen, C J., Powell, K E., Christenson, G M. (1985). *Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research*. Public Health Rep Mar; 100; 2:126–131

- De Groodt, E. G., van Pelt, W., Borsboom, G. J., Quanjer, P. H., van Zomeren, B. C. (1988). *Growth of lung and thorax dimensions during the pubertal growth spurt*. European respiratory journal 1:102–108.
- Duncan, G. (2010). *The "fit but fat" concept revisited: population-based estimates using NHANES*. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical activity , 7 (47), ss. 1–5.
- Dyrstad, S M., Aandstad, A og Hallén, J. (2005). *Aerobic fitness in young Norwegian men: a comparison between 1980 and 2002*. Scand J Med Sci Sports. 15: 298–303
- European Respiratory Society. *Clinical exercise testing with reference to lung diseases: indications, standardization and interpretation strategies*. ERS Task Force on Standardization of Clinical Exercise Testing. Eur Respir J 1997;10:2662–2689.
- Fredriksen, P M., Ingjer, F., Nystad, W og Thaulow, E. (1998). *Aerobic endurance testing of children and adolescents- a comparison of two treadmillprotocols*. Scand J Med Sci Sports 8: 203–207.
- Hallal, P C., Victora, C G., Azevedo, M R og Wells, J C K. (2006). *Adolescent Physical Activity and Health. A Systematic Review*. Sports Med 36: 1019–1030.
- Helsdirektoratet. (2008b). *Fysisk aktivitet blant barn og unge i Norge. En kartlegging av aktivitetsnivå og fysisk form hos 9- og 15-åringer*. Oslo: Helsdirektoratet
- Herbstreit, H og Bar-Or, O. (2008). *The Young Athlete*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd. (s. 443–452).
- Hibbert, M., Lanningan, A., Raven, J., Landau, L. og Phelan, P. (1995). *Gender differences in lung growth*. Pediatric pulmonology 19:129–134
- Ingjer, F. (1991). *Development of maximal oxygen uptake in young elite male cross-country skiers: A longitudinal study*. Journal of Sports Sciences 10: 49–63
- Kock, G. (1980). *Aerobic power, lung dimensions, ventilatory capacity and muscle blood flow in 12–16 year old boys with high physical activity*. Int ser on sport science, Vol 10
- Kolle, E (2009). *Physical activity patterns, aerobic fitness and body composition in Norwegian children and adolescents: The Physical Activity among Norwegian Children Study*. Oslo: Norwegian School of Sport Sciences.
- Kyröläinen, H., Santtila, M., Nindl, B C og Vasankari, T. (2010). *Physical Fitness Profiles of Young Men. Associations Between Physical Fitness, Obesity and Health*. Sports Med 40: 907–920.

- Malina R M., Eisenmann, J C., Cumming, S P., Ribeiro, B og Aroso, J. (2003). *Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13–15 years*. Eur J Appl Physiol. 91: 555–562
- Malina, R. M., Bouchard, C. og Bar-or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*. Usa: Human kinetics
- Meen, H D. (2000). *Fysisk aktivitet hos barn og unge i relasjon til vekst og utvikling*. Tidsskr Nor Lægeforening. 120:2908–14
- Petersen, C., Crockett, L., Richards, M. og Boxer, A. (1988). *A self- report measure of pubertal status: reliability, validity, and initial norms*. Journal of Youth and Adolescence, 17 (2), 117–133
- Rowland, T W. (1996). *Developmental Exercise Physiology*. (1th.ed). USA: Human Kinetics.
- Rowland, T W og Lisowski, R. (2001). *Hemodynamic responses to increasing cycle cadence in 11-years old boys: Role of the skeletal muscle pump*. International Journal of Sports Medicine. 22: 405–409.
- Stratton og Williams, 2007. *Sport and exercise physiology testing Guidelines: the british association of sport and exercise sciences guide, volume II: exercise and clinical testing*) Winter EM, Jones AM, Davison RCR, Bromley PD og Mercer TH (red). Children and fitness testing. New York, NY: Routledge.
- Tanner, J.M.(1973). *Growth at adolescence* (2nd ed.). Oxford: Blackwell scientific publications.
- Weber, G., Kartodihardjo, W. og Klissouras, V. (1976). *Growth and physical training with reference to heredity*. J Appl Physiol 40: 211–215
- WHO. (2013). *Obesity and overweight*. Hentet 09 03, 2013 fra <http://www.who.int/meidacentre/factsheets/fs311/en/>
- Åstand, P-O., Rodahl, K., Dahl, H A og Strømme, S B. (2003). *Textbook of work physiology; physiological bases of exercise*. (4th.ed.). (s.541–548). Champaign IL: Human Kinetics.

## **Vedlegg 2**

### **Forespørsel om å delta i en forskningsstudie:**

#### **Lungefunksjon, kroppssammensetning og fysisk form i ungdomsalder**

Denne forespørselen om å delta i forskningsprosjektet ”Lungefunksjon, kroppssammensetning og fysisk form i ungdomsalder ” går til alle håndballjenter i Stabæk i alderen 12- 14 år og fotballgutter i Høvik IF i alderen 15–16 år og til alle tidligere håndball og fotballspillere som har deltatt tidligere år. Undersøkelsene vil bli utført ved respirasjonsfysiologisk laboratorium, Norges idrettshøgskole (NIH) og tar cirka 1 – 1 ½ time per person. Prosjektansvarlig er Trine Stensrud, 1.amanuensis, Norges idrettshøgskole. BA – studenter i Fysisk Aktivitet og Helse vil utføre de praktiske undersøkelsene. Hvis du bestemmer deg for og ikke å delta i prosjektet, får dette selvfølgelig ingen følger for deg ved senere undersøkelser og/eller medisinsk behandling ved NIH. Det samme gjelder naturligvis dersom du først sier ja, men så velger å trekke deg ut etter at prosjektet har startet opp. Du har full rett til når som helst å si at du ikke ønsker eller har anledning til å være med i prosjektet videre.

#### **Prosjektets innhold**

Studien er en oppfølging av lungefunksjon, kroppssammensetning og fysisk form gjennom pubertetsalder hos ungdommer som er idrettsaktive innen ballspill og består av en undersøkelsesdag med måling av ekspirert nitrogenoksid, lungefunksjon, kroppssammensetning og fysisk form (kondisjon). En fysisk prestasjonstest (Biip-test, 3000m) vil bli foretatt på en annen dag i regi av idrettsklubben. I tillegg vil alle deltagere få utdelt et akselerometer som monteres rundt livet og som deltagerne skal gå med i 7 dager. Dette gir et objektivt mål på fysisk aktivitet.

Ekshalert nitrogenoksyd (FeNO) fra utpust er en markør på grad av betennelse i nedre luftveger, og kan si noe om betennelsestilstanden i luftveiene på måletidspunktet. Dette er en måling hvor du først fyller lungene med nitrogenfri luft fra et lite instrument, deretter skal du puste ut med en jevn luftstrøm i 10 sekunder. Resultatet foreligger umiddelbart.

Lungefunksjonsmålingene sier noe om størrelsen på lungene samt om lungene er begrensende for kondisjonen. Kroppssammensetning måles ved bioimpedans og foregår ved at du står helt i ro på en avansert vekt i cirka 2 minutter. Måling av kondisjon

(fysisk form) utføres ved løp på tredemølle. Belastningen økes gradvis inntil du ikke orker mer. Testen tar cirka 12- 20 minutter avhengig av hvor lenge du orker.

I tillegg vil du bli bedt om å svare på et kort spørreskjema med spørsmål ang. astma og allergi og andre kroniske sykdommer, hvor mye du trener og hvordan du opplever hverdagen med skole og trening.

### **Hvorfor gjør vi denne studien?**

Fysisk Aktivitet og trening virker forebyggende mot utvikling av en rekke livsstilssykdommer inkludert diabetes type 2, ulike hjerte-kar lidelser, noen kreftformer og muskel-skjelett plager. Fysisk form er i tillegg en selvstendig og sterk risikofaktor for tidlig død. Det er gjennomført kartleggingsundersøkelser i Norge hvor man har sett at vekten øker og kondisjonen er dårligere blant norske 9 og 15 åringer sammenlignet med tidligere år. Man vet også at jenter reduserer sin kondisjon fra 12-års alder pga. økt vekt (økt fettvev) som igjen har naturlig årsak i pubertetsutvikling med økte østrogenkonsentrasjoner. Hos gutter øker kondisjonen inntil 15–16 års alder. Dette skyldes også pubertetsutvikling med økt muskelmasse og økte konsentrasjoner av testosteron (mannlig kjønnshormon) og veksthormon. Med denne oppfølgingsstudien ønsker vi å undersøke om jenter og gutter som trener i puberteten har en kroppssammensetning og fysisk form som skiller seg fra ungdommer som ikke trener.

### **Hva er målet med prosjektet?**

Hovedhensikten med studien er å undersøke hvordan lungefunksjon, kroppssammensetning og fysisk form endrer seg gjennom puberteten hos gutter og jenter som trener eller er fysisk aktive. Ved å få et objektive mål på både fysisk form og fysisk aktivitet er det mulig på sikt å si noe om hvor mye/lite trening som er nødvendig for å opprettholde en tilfredsstillende fysisk form.

### **Hvilke fordeler kan en ha ved å være med i prosjektet?**

Det utbetales intet honorar for å være med i undersøkelsen. Deltagelse i undersøkelsen medfører en grundig helseundersøkelse inkludert lungefunksjonsmåling, ømfintlighet i luftvegene, måling av kroppssammensetning og fysisk form. Alle vil få tilbakemelding om sine individuelle resultater i etterkant.

### **Personvern og frivillig deltakelse**

All informasjon som innsamles i løpet av prosjektet er konfidensielle opplysninger som lagres forskriftmessig. Ditt navn oppbevares ikke sammen med resultatene. Hver forsøksperson får et forsøksnummer, og koblingen mellom navn og forsøksnummer blir oppbevart innlåst i et arkivskap. Bortsett fra test personell, får ingen andre innsyn i resultatene vedrørende den enkelte forsøksperson. Personopplysningene og dataene vil bli oppbevart til utgangen av 2025 og deretter slettet.

Du kan på et hvilket som helst tidspunkt trekke deg ut av undersøkelsen uten å oppgi grunn. Dette vil ikke få noen konsekvenser for din videre behandling, eller forholdet til respirasjonsfysiologisk laboratorium ved Norges idrettshøgskole. Du har også rett til innsyn i data registrert om deg og dersom du trekker deg fra studien, kan du kreve å få slettet innsamlede prøver og opplysninger, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner.

### **Sikkerhet**

Det stilles strenge krav til din sikkerhet. Alle målingene er enkle å utføre og innebærer ingen helserisiko. Noen synes det er ubehagelig å løpe med munnstykke og neseklype samt «ta seg helt ut» under kondisjonstesten, men det er kun de siste 2–3 minuttene man yter maks og erfaringsmessig er dette fort glemt i etterkant.

### **Videre behandling av forsøksresultatene**

Dine resultater fra undersøkelsene formidles direkte til deg. I tillegg samles resultatene (uten personlige pasientdata) og utgis i en eller flere forskningsrapporter og blir dermed brakt ut til leger og forskere for å heve kunnskapsnivået på feltet.

### **Har du spørsmål?**

Da kan du kontakte førsteamanuensis Trine Stensrud ved Norges idrettshøgskole, Stabæk IF og Høvik IF. Tlf. 23 26 23 46/ 41223979



### **Vedlegg 3**

## **Samtykke til deltakelse i studien**

### **Til forsøkspersonen og foresatte**

Jeg har lest informasjonsskrivet om forespørsel om å delta i en forskningsstudie:

”Lungefunksjon, kroppssammensetning og fysisk form i ungdomsalder”, og gir min tilslutning til deltagelse i undersøkelsen. Jeg gir min tillatelse til at tidligere innsamlede data og resultater fra den forstående undersøkelsen utelukkende kan benyttes i forbindelse med forskning og er kjent med at jeg når som helst kan trekke meg fra prosjektet uten å måtte oppgi grunn for det.

Jeg samtykker i å delta i følgende:

*(stryk de punktene du eventuelt ikke vil være med på)*

- Spørreskjema
- Måling av ekshalert nitrogenoksid
- Måling av lungefunksjon
- Måling av kroppssammensetning
- Måling av fysisk form (VO2max)

Forsøkspersonens  
navn: \_\_\_\_\_

Jeg/vi nåes på telefon (dagtid): \_\_\_\_\_


Dato: \_\_\_\_\_ Underskrift: \_\_\_\_\_

### **For foresatte dersom forsøkspersonen er under 18 år:**

Dato: \_\_\_\_\_ Underskrift foresatte: \_\_\_\_\_

**Samtykket returneres til Norges idrettshøgskole i den ferdig adresserte konvolutt. Porto er betalt.**

## Vedlegg 4

  
48077

**JENTE - PUBERTETSUTVIKLING**

1. Hvor høy tror du at du er?    hele cm

2. Hvor mye tror du at du veier?    hele kg

3. Har du begynt å få hår nedentil (rundt kjønnsorganet)?

- Har ikke startet å vokse
- Har så vidt startet å vokse
- Har absolutt startet å vokse
- Tror at veksten er avsluttet

4. Har du begynt å få "uren hud" (kviser etc.)?

- Huden har ikke begynt å forandre seg ennå
- Huden har så vidt startet å forandre seg
- Huden har absolutt startet å forandre seg
- Tror at hudendringen er avsluttet

5. Har du merket at brystene dine har begynt å endre seg?

- Har ikke begynt å vokse ennå
- Har så vidt startet å vokse
- Har absolutt startet å vokse
- Tror at veksten er avsluttet

6. Har du fått menstruasjon (mensen)?

- Ja
- Nei

7. Hvis ja, hvor gammel var du da du fikk din første menstruasjon?

år

Side 1

## Vedlegg 5

### Spørreskjema

ID Nummer:

Fødselsdato: \_\_\_\_\_

Gutt  Jente

Hvilken idrett (er) deltar du i? \_\_\_\_\_

Når begynte du med den idretten/de idrettene du konkurrerer i?  
\_\_\_\_\_

Hvor mange timer trener du vanligvis per uke? \_\_\_\_\_ timer

Hvor mange timer konkurrerer du per uke i konkurransesesongen? \_\_\_\_\_ timer

Hvor lang tid bruker du på reiseveien til og fra skolen? \_\_\_\_\_

Hvordan kommer du deg til og fra skolen? \_\_\_\_\_

Hvis du blir kjørt, cirka hvor mange dager per uke? Til: \_\_\_\_\_ Fra: \_\_\_\_\_

Hvor mange timer er du hjemme i løpet av et døgn i ukedagene (når du ikke sover)?  
\_\_\_\_\_ timer

Hvem lager lunsj til deg? Kjøper i kantina  Lager selv  Mor  Far

Hvor lang tid bruker du på lekser (etter skolen) hver dag? \_\_\_\_\_

Hvor mange timer sover du i gjennomsnitt per døgn? \_\_\_\_\_

**Så noen spørsmål om pusten din:**

1. Har du hatt episoder av tung pust, pipende pust eller kort pust de siste 12 månedene  Nei  Ja Hvis nei,

gå direkte til spørsmål 2, hvis ja svar på 1.1 og 1.2:

1.1 Har det vært vanskelig for deg å puste inn når du har hatt pipende pust?  Nei  Ja

1.2 Har du hatt pipende pust når du ikke har vært forskjølet  Nei  Ja

2. Har du hatt pusteproblemer under anstrengelse?  Nei  Ja

2.1 Hvis ja, hvilke?

Tung pust

Pipende pust

Hoste

Slim/oppspytt

3. Har du opplevd akutte pusteproblemer i løpet av de siste 12 månedene?  Nei  Ja

4. Har du noen gang hatt astma?  Nei  Ja

3.1 Ble det bekreftet av en lege?  Nei  Ja

3.2 Hvor gammel var du ved første anfall: \_\_\_\_\_ år.

3.3. Har du hatt astmaanfall de siste 12 månedene?  Nei  Ja

3.4. Tar du for tiden astmamedisiner av typen Inhalator, aerosols eller tabletter?  Nei  Ja

Hvis ja hvilke? \_\_\_\_\_

5. Har du noen allergier?  Nei  Ja

6. Er allergien(e) bekreftet av lege?  Nei  Ja

7. Røker du nå?  Nei  Ja

8. Snuser du nå?  Nei  Ja

Hvis du er jente, har du fått menstruasjon?  Nei  Ja

Hvis ja, hvor gammel var du cirka første gang mnd. \_\_\_\_\_ år \_\_\_\_\_



