

William Eliassen

---

## Pustereserve, lungefunksjon, og maksimalt oksygenopptak hos idrettsaktive barn og ungdommer

En prospektiv oppfølgingsstudie av idrettsaktive jenter og gutter 12-17 år og tverrsnittresultater fra idrettsaktive sammenlignet med en kontrollgruppe ved 12 års alder

---

Masteroppgave i idrettsvitenskap  
Seksjon for idrettsmedisinske fag  
Norges idrettshøgskole, 2018



## Sammendrag

**Bakgrunn:** Utvikling av det pulmonale- og kardiorespiratoriske system er en kontinuerlig prosess fra barndom til voksen alder. Under puberteten ser vi et kompleks vekstmønster med fundamentale kroppslige endringer, som fører til endringer i lungefunksjon og kardiovaskulær form, som er delvis kjent og delvis ukjent. Effekten av fysisk trening på ulike målevariabler i puberteten er også delvis ukjent. Eksisterende litteratur indikerer at friske barn og voksne ikke benytter hele sin ventilatoriske kapasitet under maksimal belastning, det ansees derfor som normalt med en pustereserve på 20-40%. Det foreligger, så vidt meg bekjent, ingen studier på pustereserve for friske barn og ungdommer, og det er begrenset med longitudinelle studier på utvikling av lungefunksjon og kardiovaskulær form i puberteten.

**Metode:** Den foreliggende studien har et prospektivt oppfølgingsdesign med inklusjon av idrettsaktive jenter og gutter fra 12-17 år ( $n=15-19♂/ 24-27♀$ ), og tverrsnittsresultater av idrettsaktive barn sammenlignet med en ikke idrettsaktiv kontrollgruppe ved 12 års alder ( $n=67-69♂/ 69-73♀$ ). Pustereserve (PR) ble beregnet fra differansen mellom maksimal voluntær ventilasjon (MVV) og maksimal ventilasjon ( $VE_{maks}$ ) og oppgis i prosent. Forsert vitalkapasitet (FVC), forsert ekspiratorisk volum ved første sekund ( $FEV_1$ ) og MVV ble målt ved spirometri, pulmonary function testing (PFT, Masterscreen, Jaeger, Tyskland, CareFusion, Höchberg, Tyskland). Maksimalt oksygenopptak og  $VE_{maks}$  ble målt ved ergospirometri (Oxycon Pro, Jaeger-Toennis, Hochberg, Tyskland) på tredemølle. Forsøkspersonene ble testet én gang per år i perioden januar til mars.

**Resultat:** Pustereserven (%) for jenter er stabil (~1-2%) frem til 13 års alder, fra 13 til 14 år øker PR signifikant med 5,8% ( $p < 0,05$ ). Jentene har i tillegg en signifikant økning i PR (%) ved 16 og 17 års alder sammenlignet med 12 år ( $p < 0,05$ ). Lungefunksjonen ( $FEV_1$  og FVC) øker signifikant fra år til år frem til 16 års alder ( $p < 0,001$ ). Ved 17 års alder stabiliserer  $FEV_1$  seg, mens FVC fortsetter å øke ( $p < 0,001$ ). Pustereserven (%) for gutter er stabil (~1-7%) fra 12-17 år. Guttene har en signifikant økning i lungefunksjon fra år til år helt frem til 17 års alder ( $p < 0,001$ ). Guttene har en stabil  $VO_{2maks}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) fra år til år, mens  $VO_{2maks}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) øker signifikant fra år til år helt frem til 17 års alder ( $p < 0,05$ ). Jentene har en stabil  $VO_{2maks}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) frem til 13 års alder, så reduseres  $VO_{2maks}$  signifikant frem til 17 års alder ( $p < 0,05$ ). Jentene har en signifikant økning i  $VO_{2maks}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) fra 12 til 14 år ( $p < 0,001$ ) og fra 15 til 16 år ( $p < 0,05$ ). Ved 12-års alder er det ingen forskjell i PR eller

lungefunksjon (% forventet) mellom idrettsaktive barn og ikke idrettsaktive barn, men de idrettsaktive barna har høyere  $VO_{2maks}$  ( $p < 0,001$ ). Det observeres en liten til moderat korrelasjon ( $r = 0,31$ ) ( $p < 0,001$ ) mellom treningstimer per uke og  $VO_{2maks}$  ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ), mens en moderat korrelasjon ( $r = 0,50$ ) ( $p < 0,001$ ) sees mellom treningstimer per uke og  $VO_{2maks}$  ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ).

**Konklusjon:** Idrettsaktive barn og ungdommer har lav PR gjennom hele puberteten. Utviklingen av lungefunksjon og maksimalt oksygenopptak for idrettsaktive barn og ungdommer samsvarer med eksisterende litteratur, men idrettsaktive har høyere verdier ved alle alderstrinn sammenlignet med ikke idrettsaktive. Resultatene indikerer at trening kan påvirke utvikling av maksimalt oksygenopptak.

## **Forord**

Jeg føler meg privilegert som har fått muligheten til å utdanne meg i trygge og omstendige rammer, med fast jobb og gode levekår. Denne perioden har vært en påkjenning for meg personlig, ettersom arbeidoppgavene har vært mange. Jeg er likevel resonnert nok til å forstå at dette er mer en gave enn en belastning. Det er med stor glede at jeg nå kan se fremover og rette mer fokus på de og det jeg verdsetter mest.

Jeg vil rette en oppmerksomhet til min veileder Trine Stensrud, for meget gode tilbakemeldinger og for å ha gitt meg muligheten til å skrive denne oppgaven. Jeg er svært takknemlig for din tilgjengelighet og for å ha veiledet meg i ugunstige arbeidstider. Din positive fremtreden reflekterer på oss andre i din nærhet.

Jeg vil takke venner og familie for god støtte. Tusen takk til mor og far for deres ubegrensede kjærighet, finansielle støtte og gode oppdragelse. Til slutt, takk til min samboer og hverdagshelt, Ane Selseth.

Oslo, Oktober 2018

William Eliassen

## Forkortelser og måleenheter

<b>Forkortelse</b>	<b>Forklaring</b>	<b>Måleenhet</b>
<b>a-vO<sub>2</sub></b>	Oksygeninnholdet i arterielt og venøst blod	-
<b>BMI</b>	Body Mass Index	<i>kg·m<sup>-2</sup></i>
<b>EELV</b>	Ekspiratorisk sluttvolum	<i>liter</i>
<b>ERV</b>	Ekspiratorisk reservevolum	<i>liter</i>
<b>FEV<sub>1</sub></b>	Forsert ekspiratorisk volum ved første sekund	<i>liter</i>
<b>FRC</b>	Funksjonell residual kapasitet	<i>liter</i>
<b>FVC</b>	Forsert vitalkapasitet	<i>liter</i>
<b>IRV</b>	Inspiratorisk reservevolum	<i>liter</i>
<b>Hb</b>	Hemoglobin	-
<b>HF<sub>maks</sub></b>	Maksimal hjertefrekvens	<i>slag·min<sup>-1</sup></i>
<b>La<sup>-</sup></b>	Laktatkonsentrasjon	<i>mmol·l<sup>-1</sup></i>
<b>l·min<sup>-1</sup></b>	Liter per minutt	-
<b>MFVL</b>	Maksimal flow-volum kurve	-
<b>MVV</b>	Maksimal voluntær ventilasjon	<i>l·min<sup>-1</sup></i>
<b>ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup></b>	Milliliter per kilo kroppsvekt per minutt	-
<b>PE<sub>maks</sub></b>	Maksimal ekspiratorisk trykk	<i>cmH<sub>2</sub>O</i>
<b>P<sub>mus</sub></b>	Muskulært trykk	<i>cmH<sub>2</sub>O</i>
<b>Prs</b>	Trykk fra respiratorisk system	<i>cmH<sub>2</sub>O</i>
<b>PR</b>	Pustereserve	<i>%, l·min<sup>-1</sup></i>
<b>Pf</b>	Pustefrekvens	<i>pust·min<sup>-1</sup></i>
<b>PI<sub>maks</sub></b>	Maksimal inspiratorisk trykk	<i>cmH<sub>2</sub>O</i>
<b>RER</b>	Respiratoriske utvekslingsratio	<i>VCO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub></i>
<b>RV</b>	Residualvolum	<i>liter</i>
<b>TLC</b>	Total lungekapasitet	<i>liter</i>
<b>VC</b>	Vitalkapasitet	<i>liter</i>
<b>VE<sub>maks</sub></b>	Maksimal ventilasjon	<i>l·min<sup>-1</sup></i>
<b>V<sub>T</sub></b>	Tidalvolum	<i>liter</i>
<b>VO<sub>2maks</sub></b>	Maksimalt oksygenopptak	<i>l·min<sup>-1</sup>, ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup></i>

## Tabelloversikt

Tabell. 1	Resultater av maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ ) fra longitudinelle- og tverrsnitt studier	s. 31
Tabell. 2	Resultater av maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ ) fra studier med treningsintervensjon	s. 34
Tabell. 3	Testprotokoll på respirasjonsfysiologisk laboratorium ved Norges idrettshøgskole	s. 36
Tabell. 4	Antropometriske data og antall treningstimer for deltakerne, jenter og gutter fra 12-17 år	s. 38
Tabell. 5	Antropometriske data og antall treningstimer for deltakerne ved 12 års alder ( $n=142$ ), fordelt på langrenn, kontroll, håndball og fotball	s. 39
Tabell. 6	Ventilasjon ( $MVV/VE_{maks}$ ) og pustereserve (%) for gutter og jenter i alderen 12-17 år	s. 44
Tabell. 7	Resultater fra testing av lungefunksjon ( $FEV_1/FVC$ ) for jenter og gutter i alderen 12-17 år	s. 45
Tabell. 8	Fremstilling av maksimal voluntær ventilasjon ( $MVV$ ) og predikerte verdier ( $FEV_{1^{x35\&40}}$ ) for $MVV$	s. 47
Tabell. 9	Resultater fra testing av maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ ( $l \cdot min^{-1} / ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )) for jenter og gutter i alderen 12-17 år	s. 50
Tabell. 10	Karakteristikk av deltakerne ( $n=142$ ), fordelt på langrenn, kontroll, håndball og fotball.	s. 52

## Figuroversikt

Figur. 1	Anatomisk fremstilling av respirasjonssystemet	s. 14
Figur. 2	Framstilling av luftveiene og forgreiningen av disse	s. 14
Figur. 3	Skjematisk fremstilling av inndeling av total lungekapasitet ved spirometri	s. 16
Figur. 4	Forholdet mellom muskulært trykk og trykk fra det respiratoriske systemet ved forskjellige lungevolumer	s. 19
Figur. 5	Tverrsnitt av forholdet mellom forsert ekspirert volum det første sekundet av utpusten ( $FEV_1$ ) og alder for friske individer	s. 23
Figur. 6	Forholdet mellom forsert ekspirert volum det første sekundet av utpusten ( $FEV_1$ ) og høyde for menn (—) og kvinner (- - -)	s. 23
Figur. 7	Fremstilling av $VO_{2maks}$ i forhold til kronologisk alder	s. 29
Figur. 8	Fremstilling av $VO_{2maks}$ per kilo kroppsvekt i forhold til kronologisk alder	s. 29
Figur. 9	Utvikling av maksimalt oksygenopptak (A: $VO_{2maks}$ ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) B: $VO_{2maks}$ ( $l \cdot min^{-1}$ )) for gutter ( $n=15-19$ , rødt) og jenter ( $n=24-27$ , blått) i alderen 12 til 17 år	s. 48
Figur. 10	Scatter plott for fire korrelasjonsanalyser av gutter og jenter ved 12 års alder, presentert med korrelasjonskoeffisienter ( $r$ )	s. 53
Figur. 11	Sammenligning av flow-volum kurve ved utførelse av $MVV$ (venstre) og ved nær maksimal fysisk anstrengelse (høyre) hos et normalt individ	s. 57

## Vedleggsoversikt

Vedlegg. 1	Forespørsel om deltagelse i forskningsstudien	s. 80
Vedlegg. 2	Samtykkeskjema	s. 83
Vedlegg. 3	Spørreskjema om treningsvaner og søvn	s. 84

# Innhold

<b>1.0 Innledning</b> .....	<b>10</b>
1.1 Hovedproblemstilling.....	12
1.2 Underproblemstilling.....	12
1.2.1 Hypoteser for underproblemstilling.....	12
<b>2.0 Teori</b> .....	<b>13</b>
2.1 Respirasjonssystemet.....	13
2.1.2 Lungekapasitet.....	15
2.1.3 Ventilasjon.....	17
2.2 Lungefunksjon.....	20
2.2.1 Utvikling av lungene og luftveiene fra tidlig barndom til etter puberteten.....	21
2.2.3 Puberteten og lungefunksjon.....	21
2.3 Maksimalt oksygenopptak.....	26
2.3.1 $VO_{2maks}$ , alder og kjønn.....	28
2.3.2 Trenbarhet av $VO_{2maks}$ under barndom og puberteten.....	32
<b>3.0 Metode</b> .....	<b>35</b>
3.1 Design.....	35
3.2 Utvalg.....	36
<b>4.0 Målemetode og prosedyrer</b> .....	<b>36</b>
4.1 Testprotokoll.....	36
4.2 Antropometriske mål.....	37
4.3 Lungefunksjon.....	40
4.4 Ventilatorisk kapasitet.....	40
4.5 Maksimalt oksygenopptak.....	40
<b>6.0 Etikk</b> .....	<b>41</b>
<b>7.0 Statistisk analyse</b> .....	<b>42</b>
<b>8.0 Resultat</b> .....	<b>43</b>
8.1 Utvikling av ventilasjon ( $VE_{maks}$ , MVV) og pustereserve.....	43
8.2 Utvikling av lungefunksjon ( $FEV_1$ , FVC).....	44
8.3 Predikerte verdier ( $FEV_{1^{x35\&40}}$ ) for maksimal voluntær ventilasjon (MVV).....	46
8.4 Utvikling av $VO_{2maks}$ ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1} / l \cdot min^{-1}$ ).....	48
8.3.1 Utvikling av $VO_{2maks}$ ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ).....	49
8.3.2 Utvikling av $VO_{2maks}$ ( $l \cdot min^{-1}$ ).....	49
8.5 Pustereserve (%), ventilasjon (MVV, $VE_{maks}$ ), lungefunksjon ( $FEV_1/FVC$ ) og $VO_{2maks}$ , ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1} / l \cdot min^{-1}$ ) for jenter og gutter 12 år.....	51
<b>9.0 Diskusjon</b> .....	<b>54</b>
9.1 Pustereserve (PR).....	54
9.2 Lungefunksjon.....	57
9.3 Predikerte verdier ( $FEV_{1^{35\&40}}$ ) for maksimal voluntær ventilasjon (MVV).....	58
9.4 Utvikling av $VO_{2maks}$ ( $l \cdot min^{-1} / ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ).....	60
<b>10.0 Metodiske vurderinger</b> .....	<b>63</b>



10.1 Utvalg.....	63
10.2 Testprosedyre .....	64
<b>11.0 Konklusjon .....</b>	<b>65</b>
<b>12.0 Referanseliste .....</b>	<b>66</b>
<b>Vedlegg.....</b>	<b>80</b>
Vedlegg. 1 Forespørsel om deltakelse i forskningsstudien .....	80
Vedlegg. 2 Samtykkeskjema .....	83
Vedlegg. 3 Spørreskjema om treningssvaner og søvn.....	84

## 1.0 Innledning

Utvikling av det pulmonale- og kardiorespiratoriske system er en kontinuerlig prosess fra barndom til voksen alder (DiFiore & Wilson, 1994; Gaultier, Boule, Allaire et al., 1978; Rosenthal, Bain, Cramer et al., 1993). Pubertetsforløpet fører til fundamentale kroppslige endringer, som fører til endringer i lungefunksjon og kardiorespiratorisk form, som er delvis kjent og delvis ukjent (Armstrong & Welsman, 1994; Cotes, Chinn, Miller, 2006; Nève, Girard, Flahault, Boulé, 2002). Før og etter pubertet sees et relativt lineært forhold mellom høyde og lungefunksjon, som opphører under pubertet (Cotes, Chinn, Miller, 2006; Rosenthal, Bain, Cramer et al., 1993). Under pubertet er vi vitne til et mer kompleks vekstmønster, med store forskjeller mellom når puberteten inntreffer, vekstforholdet og dens bidrag, kjønnsmessige ulikheter og individuelle forskjeller (Cotes, Chinn, Miller, 2006). Vår kunnskap om barn og ungdommers utvikling og påvirkningen på ulike målevariabler er begrenset av både etiske og metodiske utfordringer. Metoder som brukes for voksne er ofte uegnet for barn (Armstrong & Welsman, 1994).

Ved fysisk trening vil både pustefrekvens ( $P_f$ ) og tidalvolum ( $V_T$ ) øke og en vil kunne oppnå en minuttventilasjon på over 250 l ved maksimal anstrengelse (McArdle, Katch & Katch, 2010; Wasserman et al., 2012). Selv om maksimal fysisk anstrengelse stiller store krav til ventilasjon, går man ut i fra at friske barn og voksne kun bruker 60-80 % av sin ventilatoriske kapasitet. Den ventilatoriske reservekapasiteten som ikke benyttes under maksimal fysisk anstrengelse, benevnes som pustereserve. Pustereserve (PR) beregnes gjennom differansen mellom maksimal voluntær ventilasjon (MVV) og maksimal ventilasjon ( $VE_{maks}$ ) og oppgis vanligvis i prosent (Miller et al., 2005). Normal PR opp mot MVV er 20-40 % og tilsvarer minst  $11 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  (Godfrey, 1974; Wasserman & Whipp, 1975; Cooper & Storer, 2010; Forman et al., 2010; Toma et al., 2010). Dette indikerer at for normale friske personer utgjør ventilatorisk kapasitet ingen begrensning for fysisk aktivitet (Godfrey, 1974; Wasserman & Whipp, 1975). Det fordelingsmessige bidraget fra genetik og fysisk aktivitet på lungefunksjon er kontroversielt (Andersen et al., 1984; Andrew, Backlake, Gularia, Bates, 1972; Bailey, Malina, Rasmussen, 1978; Hamilton & Andrew, 1976). Det foreligger sprikende resultater i hvorvidt systematisk utøvelse av ulike idretter fører til forbedret lungevolum og lungefunksjon (Baxter-Jones et al., 1995; Clanton, Dixon, Drake, Gadek, 1987; Dunham, Harms, 2012; Hagberg, Yerg, Seals, 1988; Lazovic et al., 2015; Robinson & Kjeldgaard, 1982). Maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ ) blant barn og unge er relatert til vekst

og modning.  $VO_{2maks}$  er delvis genetisk bestemt, men kan forbedres med systematisk trening (Bouchard, Malina, Pérusse, 1997; Rowland, 2002; Powers & Howley, 2003). I hvilken grad trening kan påvirke  $VO_{2maks}$  hos barn i vekst er også delvis genetisk bestemt, men i motsetning til voksne, er det hos barn og unge betydelig mindre evidens på trenbarheten av  $VO_{2maks}$  (LeMura et al., 1999). Nåværende forskning viser variasjoner i resultatene (Baquet et al., 2003; LeMura, von Dullivard, Carlonas, Andreacci, 1999; Obert et al., 2003; Thompson & Baxter-Jones, 2002), fra ingen signifikant forbedring (Gilliam & Freedson, 1980) til forbedringer på opp til 15% (Stansky et al., 1979). Omfattende forskning på voksne har vist forbedringer på opptil 30 % (Bouchard, Malina, Pérusse, 1997; Rowland, 2002; Powers & Howley, 2003).

Det er så vidt meg bekjent, ingen studier som har undersøkt pustereserve hos friske barn og ungdommer. Angående utvikling av lungefunksjon og kardiorespiratorisk form i puberteten finnes det flest tverrsnittstudier, men også noen longitudinelle studier (Baquet, Van Praagh, & Berthoin, 2003; Berglund, Birath, Bjure et al., 1963; Eisenmann, Laurson, & Welk, 2011; Geithner et al., 2004; Hibbert, Lannigan, Landau, & Phelan, 1989; Rosenthal, Bain, Cramer et al., 1993). For å forstå mekanismene som påvirker endring i pustereserve, lungefunksjon og kardiovaskulær form, er det nødvendig med flere longitudinelle studier. Hensikten med den foreliggende studien var derfor å undersøke utvikling i pustereserve (PR), lungefunksjon og  $VO_{2max}$  hos idrettsaktive barn og ungdommer fra 12 til 17 år. I tillegg fikk vi mulighet til å sammenligne PR, lungefunksjon og  $VO_{2max}$  hos 12 år gamle idrettsaktive barn med en ikke idrettsaktiv kontrollgruppe.

## **1.1 Hovedproblemstilling**

*”Hvordan endres pustereserve, lungefunksjon og maksimalt oksygenopptak hos idrettsaktive barn og ungdommer fra 12-17 år?”*

## **1.2 Underproblemstilling**

*”Hvor stor pustereserve har idrettsaktive barn og ungdommer sammenlignet med ikke idrettsaktive kontroller ved 12 års alder?”*

### **1.2.1 Hypoteser for underproblemstilling**

*H<sub>0a</sub>*: Det er ingen forskjell i pustereserve mellom idrettsaktive barn og ungdommer sammenlignet med ikke idrettsaktive kontroller ved 12 års alder.

*H<sub>1a</sub>*: Det er forskjell i pustereserve mellom idrettsaktive barn og ungdommer sammenlignet med ikke idrettsaktive kontroller ved 12 års alder.

## 2.0 Teori

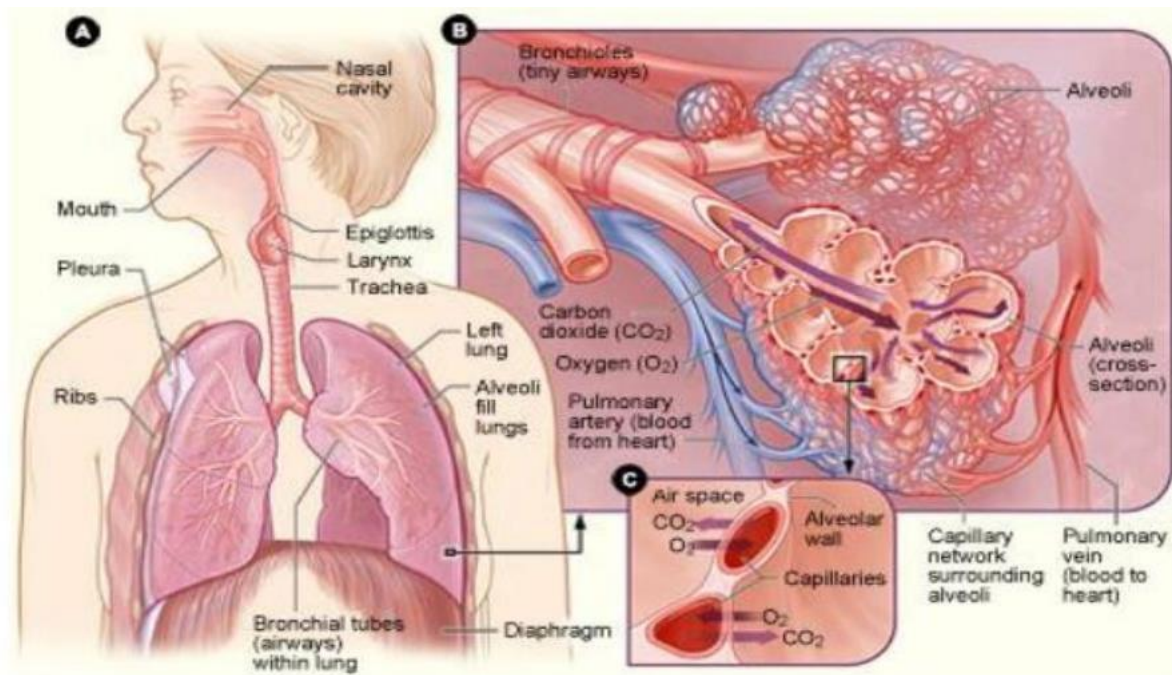
### 2.1 Respirasjonssystemet

Respirasjon omfatter alle prosesser i transporten av gass fra inspirasjon til ekspirasjon, og kan deles inn i indre og ytre respirasjon. Ved fullstendig forbrenning av næringsstoffer forbruker cellene oksygen ( $O_2$ ), som et biprodukt av dette dannes karbondioksid ( $CO_2$ ).  $O_2$  transporteres via blodbanen til cellene mens  $CO_2$  transporteres bort fra cellene via blodbanen, disse prosessene utgjør *indre respirasjon*. *Ytre respirasjon* utgjør gassutvekslingen i lungene hvor  $CO_2$  fjernes og  $O_2$  tilføres (Schibye & Klausen, 2005). Siste ledd i respirasjonen er ventilasjonen, som utgjør transporten av luft til og fra lungene (McArdle, Katch & Katch, 2010).

#### 2.1.1 Oppbygning og funksjon

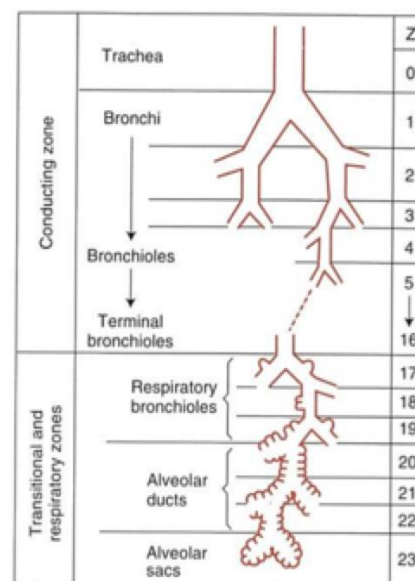
Mennesker har to lunger som er lokalisert i brysthulen, og omgitt av brystkassen (*figur 1*). Selve organet er kledd med en lungehinne (pleurahinnen) som er bestående av et tynt, glatt lag med epitelvev (*figur 1*). Lungevevet består av kollagene og elastiske fibre som er med på å strekke lungene ved inspirasjon og ekspirasjon (Budowick, Bjålie, Rolstad, Toverud 1992). Det er anatomiske forskjeller mellom høyre og venstre lunge, den venstre lungen er minst og består av to lapper, mens den høyre er noe større og består av tre lapper. En lungelapp er delt i flere segmenter. Hvert segment forsynes fra hovedbronkus og en gren av lungearterien. Venstre lunge består av ni segmenter og høyre av ti. Hos en frisk person med normal kroppsstørrelse vil lungene veie omtrent 1 kg og romme mellom 4 og 6 liter luft (Cotes Chinn, Miller, 2006; Sand, Sjaastad, Haug, 2014; West, 2008).

Luftveiene deles inn i øvre og nedre luftveier. De øvre luftveiene består av nesen, munnhulen og svelget, mens de nedre luftveiene er bestående av strupehodet, luftrøret og luftrørsforgreningene (Sand, Sjaastad, Haug, 2014).



**Figur. 1:** Anatomisk fremstilling av respirasjonssystemet. **A** Struktur og plassering av lungene. **B** Forstørret bilde av alveolene, bronkiolene og kapillærene. **C** Gassutveksling mellom kapillære og alveolene, diffusjon av CO<sub>2</sub> og O<sub>2</sub> (National Heart, Lung and Blood Institute, 2012).

Luftrøret (trakea) er en direkte fortsettelse av strupehodet (Dahl & Rinvik, 2007). I voksen alder har trakea en diameter på cirka 2,5 cm og en lengde på 10-12 cm. Trakea er oppbygd med C-formede bruskringer, elastisk bindevev og glatte muskelceller. Denne gunstige sammensetningen gjør at luftrøret hverken kollapser ved undertrykk eller blåses opp ved overtrykk. Med hjelp av det autonome nervesystemet vil det elastiske bindevevet og muskelcellene kunne regulere rørets diameter. Denne reguleringen virker gunstig i transporten av store luftmengder (Sand, Sjaastad, Haug, 2014). Luftrørsforgreningene (bronkiene) deler seg først i høyre og venstre hovedbronkus (Dahl & Rinvik, 2007), som går til hver sin lunge ved lungeporten (West, 2008). Forgreningen av hovedbronkus inn i



**Figur 2:** Framstilling av luftveiene og forgreiningen av disse (West, 2008)

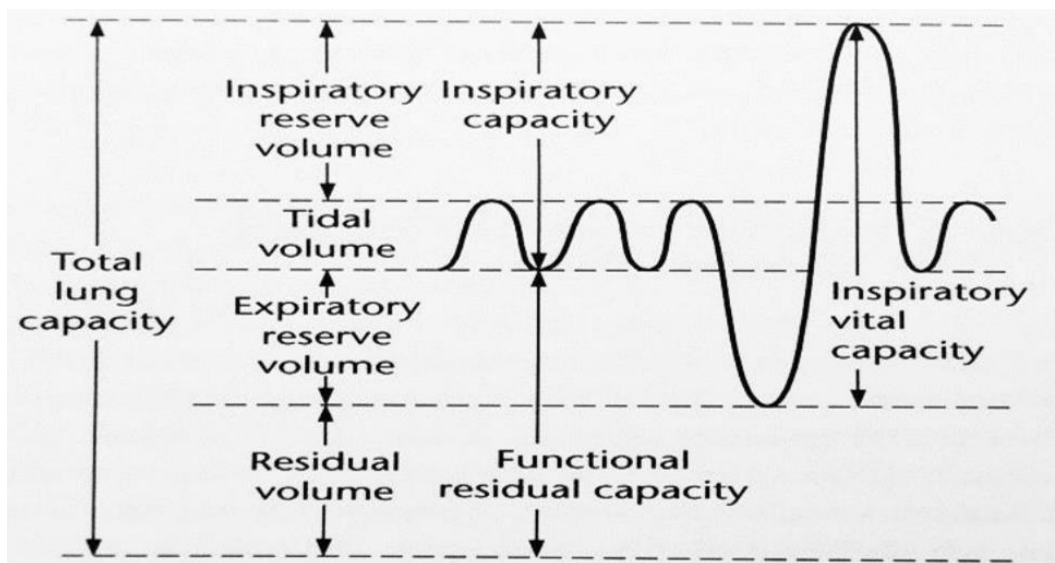
lungene utgjør lungeroten, som også er inngangsstedet til blodårene. Inne i lungene deler hovedbronkiene seg i flere og mindre grener som til sammen danner bronkialtreet (*figur 2*). Den enkelte grens diameter minsker jo lengre ned i bronkialtreet man kommer, men til gjengjeld øker antall grener slik at det samlede tverrsnittsarealet er økende. I praksis fører dette til at motstanden mot luftstrømmen ikke øker og at luftstrømhastigheten er høyest i trakea og lavest i de respiratoriske bronkioler (Schibye & Klausen, 2005; Sand, Sjaastad, Haug, 2014). Etter hvert som bronkiens diameter minker, avtar også bruskmengden i bronkialveggen. De største bronkiene har sirkulær bruskestøtte, mens etter 4-6 delinger finnes kun spredte brusklater med omgivende muskellag. Ved videre deling opphører også tilstedeværelsen av brusklater, hvilket gjør at bronkialveggen til slutt kun består av omgivende muskellag. Dette muskellaget medfører bronkokonstriksjon ved kontraksjon og jo mer perifert i bronkialtreet man kommer desto mer komplett blir muskellaget, helt til det til slutt opphører i alveolene (Bourke & Burns, 2011). De første grenene uten brusk er bronkioler (West, 2008), disse luftveiene samt de foregående har ikke alveoler og tar ikke del i gassutvekslingen, dette gir et anatomisk dødvolument på rundt 150 - 200 ml. Videre forgrening benevnes som de respiratoriske bronkioler og disse inneholder alveoler som er involvert i gassutvekslingen. De respiratoriske bronkiolene munner ut i samlinger av alveoler, som er blæreformete, tynnveggete utposninger og kan minne om drueklaser (*figur 1*). Disse utgjør siste ledd i bronkialtreet og det samlede antall alveoler i en voksen persons lunger kan være over 600 millioner.

### **2.1.2 Lungekapasitet**

I 1679 utførte Borelli de første målingene av mengden luft et menneske maksimalt kan inhalere. Siden den gang er det videreutviklet nye målemetoder og ny informasjon i arbeidet rundt lungevolum (Cotes, Chinn, Miller, 2006). Lungevolumet er relatert til kroppsstørrelse, hvor høyden er den viktigste endringsvariabelen (Pellegrino et al., 2005). Lungevolumet påvirkes også av alder, kroppssammensetning og kjønn, hvor menn har større lungevolum enn kvinner (Cotes, Chinn, Miller, 2006).

Luftmengden ved inspirasjon og ekspirasjon kan måles med et spirometer (*figur 3*). Mengden luft som transporteres inn og ut av lungene ved normal inspirasjon og ekspirasjon kalles *tidalvolum* ( $V_T$ ). For en voksen person, vil det i hvile tilsvare mellom 0,4–1 liter (*l*) (McArdle,

Katch & Katch, 2010). Ved normal inspirasjon vil man ikke benytte seg av lungenes fulle kapasitet, resterende kapasitet utgjør *inspiratorisk reservevolum* (IRV) og tilsvarer 2,5–3,5 l. Etter endt normal ekspirasjon kan en gjennomsnittlig mann puste ut resterende 1-1,5 l luft, dette uttrykkes som det *ekspiratoriske reservevolum* (ERV). Summen av  $V_T$ , IRV og ERV utgjør vitalkapasitet (VC), som er et mål på den maksimale luftmengden det er mulig å oppnå i løpet av en ventilasjonssyklus. Vitalkapasitet (VC) er primært bestemt av individets høyde og genetikk, men er ved lik høyde cirka 10% mindre hos kvinner enn menn. Vitalkapasiteten reduseres for begge kjønn ved økende alder, som følger av redusert toraks bevegelighet. For unge menn vil VC tilsvare mellom 4–5 l og for unge kvinner mellom 3–4 l. Ved maksimal ekspirasjon vil det fortsatt være en mengde luft som ikke kan pustes ut, denne mengden kalles *residualvolum* (RV) og utgjør mellom 0,8-1,4 l for unge kvinner og menn. Summen av RV og VC kalles *total lungekapasitet* (TLC), og utgjør mengden luft lungene kan romme. Ved normal passiv ekspirasjon vil det fortsatt være luft igjen i lungene, resterende luft tilsvarer summen av ERV og RV og benevnes som *funksjonell residual kapasitet* (FRC) (Schibye & Klausen, 2005; McArdle, Katch & Katch, 2010).



**Figur. 3:** Skjematisk fremstilling av inndeling av total lungekapasitet ved spirometri. Volum er fremstilt i liter (Cotes, Chinn & Miller, 2006).



### **2.1.3 Ventilasjon**

Transporten av luft frem og tilbake mellom atmosfæren og alveolene kalles ventilasjon (West, 2008; Sand, Sjaastad, Haug, 2014). I løpet av en respirasjonssyklus vil luften bevege seg fra lokasjoner med høyere trykk til lokasjoner med lavere trykk. Dette er et produkt av balansen mellom atmosfæretrykket og alveoletrykket, og ettersom atmosfæretrykket i et gitt område er konstant, vil vår påvirkningskraft ligge i alveoletrykket. Således vil tilførselen av luft inn eller ut av lungene, være avhengig av vår evne til å skape variasjoner i alveoletrykket (Sand, Sjaastad, Haug, 2014).

#### ***2.1.3.1 Inspirasjon***

I pausen mellom inspirasjon og ekspirasjon er gasstrykket i lungealveolene lik atmosfæretrykket. I praksis fører dette til at transporten av luft gjennom luftveiene opphører. Ved inspirasjon vil brysthulen utvides gjennom at diafragma, sternocleidomastoid, scalmi- og de ytre interkostalmusklene kontraherer, hvor diafragma er den viktigste bidragsyteren og står for 60–75% av ventilasjonen i hvile. Kontraksjon av inspirasjonsmusklene utvider brystkassen og diafragma trekkes mot mageregionen slik at trykket i pleurahulen synker. Denne trykkreduksjonen fører til at lungene utvides og dermed reduseres alveoletrykket. Når alveoletrykket blir mindre enn atmosfæretrykket, transporteres luft gjennom luftveiene og inn i alveolene helt til brystkassen er fullstendig utvidet og trykkforskjellene utliknet. Trykket et bestemt antall gassmolekyler utøver, har sammenheng med størrelsen på rommet de befinner seg i. Dette uttrykkes gjennom Boyle´s gasslov ( $P_1V_1 = P_2V_2$ ) som tilsier at om rommet ( $V$ ) fordobles, vil gasstrykket ( $P$ ) halveres. Omvendt vil en reduksjon i rommets størrelse føre til økt gasstrykk (West, 2008).

#### ***2.1.3.2 Ekspirasjon***

I hvile og lett fysisk aktivitet er ekspirasjon en passiv prosess. Dette skyldes dekomprimering av brystkassen og lungene på grunn av elastiske krefter i lungene og passive krefter fra inspiratorisk muskulatur. Dette samt at diafragma trekkes oppover fører til at brysthule- og lungevolumet reduseres, som med bakgrunn i Boyle´s gasslov gir økt alveoletrykk. Når så

alveoletrykket er høyere enn atmosfæretrykket vil luften presses fra alveolene via luftveiene og ut i atmosfæren. Dette vedvarer frem til de elastiske kreftene opphører og trykkforskjellene utjevnes. For å opprettholde tilstrekkelig pustefrekvens ved anstrengende fysisk aktivitet vil ekspirasjonen måtte foregå aktivt. Abdominal muskulatur, latissimus dorsi samt de indre interkostalmusklene vil da kontrahere slik at trykket i bukhulen økes og diafragma presses hurtigere oppover. Dette resulterer i raskere reduksjon av brysthulens volum og dermed en hurtigere ekspirasjon (West, 2008).

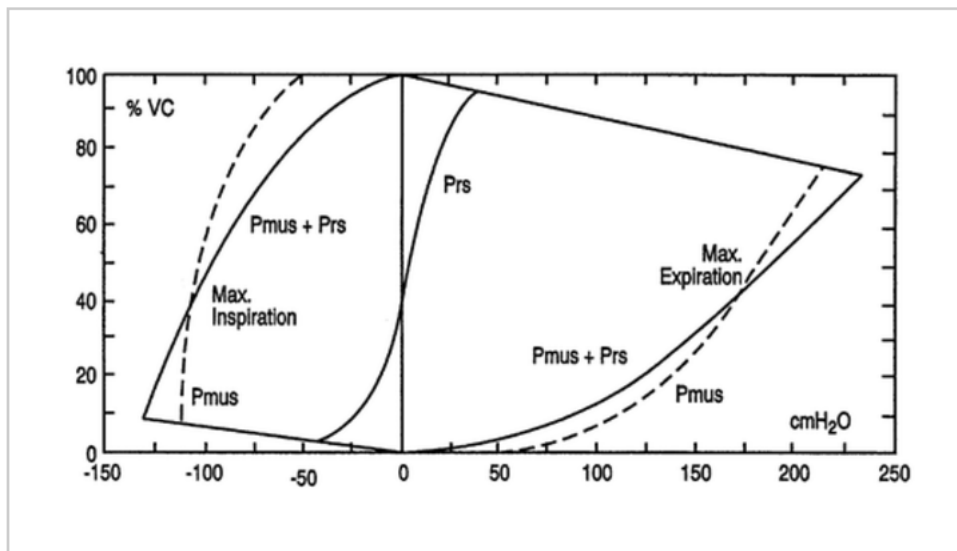
### **2.1.3.3 Minuttventilasjon**

Minuttventilasjon (VE) er et uttrykk for lungeventilasjonen, som baserer seg på produktet av pustefrekvens (Pf) og  $V_T$  (McArdle, Katch & Katch, 2010). Normal ventilasjon hos en voksen frisk person er på omtrent 12 pust per minutt i hvile, noe som tilsvarer en minuttventilasjon på cirka 6 l ( $12 \text{ pust} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 0,5 \text{ l}$ ). Ved fysisk aktivitet vil både Pf og  $V_T$  øke og en vil kunne oppnå en minuttventilasjon på over 250 l ved maksimal anstrengelse (McArdle, Katch & Katch, 2010; Wasserman et al., 2012). Hos barn i 8-10 års alder er 40-50  $\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$  vanlig VE ved maksimal anstrengelse (Malina, Bouchard, Bar-Or, 2004).  $VE_{\text{maks}}$  er vist å øke med alder (Armstrong & Welsman, 1997), økning i VE hos barn oppstår hovedsaklig som følger av en økning i Pf. Årsaken til en høyere Pf hos barn, er at de har mindre lunger enn voksne og kompenserer med økt Pf for å møte ventilasjonskravet (Rowland, 2005). Det er klare forskjeller mellom barn og voksne, men ingen signifikante forskjeller mellom kjønn (Armstrong & Welsman, 1997; Malina, Bouchard, Bar-Or, 2004). pustefrekvens (Pf) er på omtrent 40  $\text{pust} \cdot \text{min}^{-1}$  ved fødsel, men minsker med alder og stabiliseres i voksen alder (Malina, Bouchard, Bar-Or, 2004). Hos unge trente personer kan Pf øke til 70  $\text{pust} \cdot \text{min}^{-1}$  ved hard fysisk aktivitet, mens 30-40  $\text{pust} \cdot \text{min}^{-1}$  observeres hos voksne (Armstrong & Welsman, 1997).

### **2.1.3.4 Respiratorisk muskelstyrke**

Maksimal muskelstyrke i skjelettmuskulatur er et produkt av kraft utviklet under isometriske forhold i muskelens optimale lengde. Under en respiratorisk syklus vil muskelens lengdeforhold endres, dermed endres også relasjonene mellom kraft-lengde og kraft-hastighet. Kraften fra respiratorisk muskulatur vil variere gjennom individuelle forskjeller i aktivering,

sammensetning og samarbeid av involvert muskulatur. I tillegg foreligger det stor kompleksitet i forholdet mellom kraft utviklet av respiratorisk muskulatur og trykk produsert i toraks og munn (*figur 4*). På den måten er trykk eller kraft per areal enhet kun indirekte relatert til muskelspenninger. Likevel er det trykket utviklet av respiratorisk muskulatur som driver ventilasjonen (Green et al. 2002).



**Figur. 4:** Forholdet mellom muskulært trykk og trykk fra det respiratoriske systemet ved forskjellige lungevolumer. Vertikal akse: lungevolum illustrert gjennom prosent av VC (%VC). Horisontal akse: Alveolært trykk uttrykt i cmH<sub>2</sub>O. Stripete linjer: Illustrerer bidraget fra muskulært trykk. P<sub>mus</sub> = muskulært trykk, P<sub>rs</sub> = trykk fra det respiratoriske systemet (Green et al., 2002).

Ved FRC vil P<sub>rs</sub> være null (*figur 4*), hvilket gjør at trykket som driver ventilasjonen vil være bestemt av P<sub>mus</sub>. Derimot vil P<sub>rs</sub> fra RV være opptil -30 cm H<sub>2</sub>O og opptil +40 cm H<sub>2</sub>O ved TLC. Dette gjør at det bestemte trykket (P) som skapes ved ventilasjon er dynamisk og det ulike bidraget varierende (Green et al., 2002).

#### 2.1.3.5 Maksimal voluntær ventilasjon og pustereserve

Maksimal voluntær ventilasjon (MVV) måles i hvile, ofte direkte gjennom en 10-12 sekunders manøver som ekstrapoleres og tilsvarer det maksimale volumet en person kan inspirere og ekspirere med maksimal innsats i løpet av ett minutt (Zapletal et al., 1987; Kenny et al., 2012). MVV kan også måles indirekte, da gjennom å multiplisere FEV<sub>1</sub> med 35 eller 40 (respirasjonsfrekvens per minutt ved anstrengende fysisk aktivitet) (Campbell, 1982; Ferris,

1978; Kor, Ong, Earnest & Wang, 2004; Orenstein, 1993; Ruppel, 1991; Weisman & Zeballos, 1994). MVV er et mål på ventilatorisk kapasitet og bestemmes av egenskapene til brystkassen, luftveiene, lungene og respiratorisk muskulatur (Cotes, Chinn & Miller, 2006). MVV er i stor grad innsatsavhengig, hvilket gjør at verdiene ikke alltid tilsvarer den fysiologiske kapasiteten (Cooper & Storer, 2010). Normalverdier for unge menn er mellom 140-180 l·min<sup>-1</sup> og mellom 80-120 l·min<sup>-1</sup> for kvinner (McArdle, Katch & Katch, 2010). Ved å beregne differansen mellom MVV og VE<sub>maks</sub> finner man pustereserven (PR), som vanligvis oppgis i prosent (Miller et al., 2005). Pustereserven (%) utgjør dermed den ventilatoriske reservekapasiteten som ikke blir benyttet under anstrengende fysisk aktivitet. MVV er gjennomsnittlig 25 % høyere enn VE<sub>maks</sub> som følger av at fysisk aktivitet ikke maksimalt utfordrer den ventilatoriske kapasiteten (McArdle, Katch & Katch, 2010). Friske barn og voksne bruker 60-80 % av sin ventilatoriske kapasitet under maksimal belastning, dermed vil normal PR opp mot MVV være fra 20-40 % og tilsvare minst 11 l·min<sup>-1</sup> (Godfrey, 1974; Wasserman & Whipp, 1975; Cooper & Storer, 2010; Forman et al., 2010; Toma et al., 2010). Dette indikerer at for normale friske personer utgjør ventilatorisk kapasitet ingen begrensning for fysisk aktivitet (Godfrey, 1974; Wasserman & Whipp, 1975). Veltrente personer har derimot vist å kunne bruke opp mot 95 % av sin ventilatoriske kapasitet (Åstrand et al., 2003). I likhet med godt trente, observeres også en lav PR hos personer med fedme, obstruktiv eller restriktiv lungesykdom, redusert brystvegg eller respiratorisk muskelsvakhhet (Wassermann et al., 2005; Toma et al., 2010). Høy PR observeres når kardiovaskulære lidelser eller andre sykdommer begrenser fysisk yteevne (Toma et al., 2010).

## 2.2 Lungefunksjon

I målingen av dynamiske lungefunksjonsvariabler, brukes ulike instrumenter som hver og en har fordeler og ulemper. Spirometri er en fysiologisk måling som i en gitt tid illustrerer inhalasjon- og ekshalasjonsmønster samt gir et mål på lungenes belgfunksjon (Giæver, 2008; Miller et al., 2005). Spirometri er regnet som gullstandard innenfor lungefunksjonsmålinger, hvor de viktigste og mest vanlige variablene som hentes ut er forsert vitalkapasitet (FVC), forsert ekspiratorisk volum ved første sekund (FEV<sub>1</sub>) og forholdet dem i mellom (Cotes, Chinn & Miller, 2006; Miller et al., 2005; Criée et al., 2011). Ved utførelse av maksimal inspirasjon med påfølgende maksimal ekspirasjon kan man måle FVC og FEV<sub>1</sub>. FEV<sub>1</sub> representerer mengden luft som pustes ut i løpet av det første sekundet. Så lenge prosedyren

for utførelse opprettholdes med riktig teknikk og stabile forhold, vil FEV<sub>1</sub> være høyst reproduserbar. Dette kommer av at FEV<sub>1</sub> hovedsakelig er et produkt av elastisk tilbakefjæringskraft og grad av luftveismotstand (Giæver, 2015). Likevel er det vist at FEV<sub>1</sub> hos voksne kan ha en intra-individ variasjon på opptil 5 % per dag og 12 % fra uke til uke (Pellegrino, Viegi, Brusasco, 2005). Spirometri uttrykkes visuelt med en flow-volum kurve, mens verdiene ofte oppgis i prosent av forventet verdi basert på ulike variabler. Kombinasjonen av kurvene og verdiene brukes i klinisk sammenheng for å oppdage unormalt økt luftveismotstand. Normalverdier for FEV<sub>1</sub> er minst 75% av VC og for lungefriske er FVC nær VC (Ali, Warren & Levitzky, 2005; Gulsvik & Bakke, 2004; Schibye & Klausen, 2005; Miller et al., 2005).

### **2.2.1 Utvikling av lungene og luftveiene fra tidlig barndom til etter pubertet**

Utviklingen av menneskets lunger deles inn i fem stadier: embryonic, pseudoglandular, canalicular, saccular og alveolær. De fleste av disse stadiene og dermed de største endringene av lungene og luftveiene utvikles allerede før fødsel. Ved 4 års alder er lungenes struktur tilnærmet lik voksen alder (Gaultier, Boule, Allaire et al., 1978). Dermed vil endringene fra tidlig barndom til voksen, hovedsakelig bestå av forstørrelse av alveolene, forlengelse av de perifere luftveiene og både forlengelse og forstørrelse av de sentrale luftveiene (DiFiore & Wilson, 1994; Rosenthal, Bain, Cramer et al., 1993).

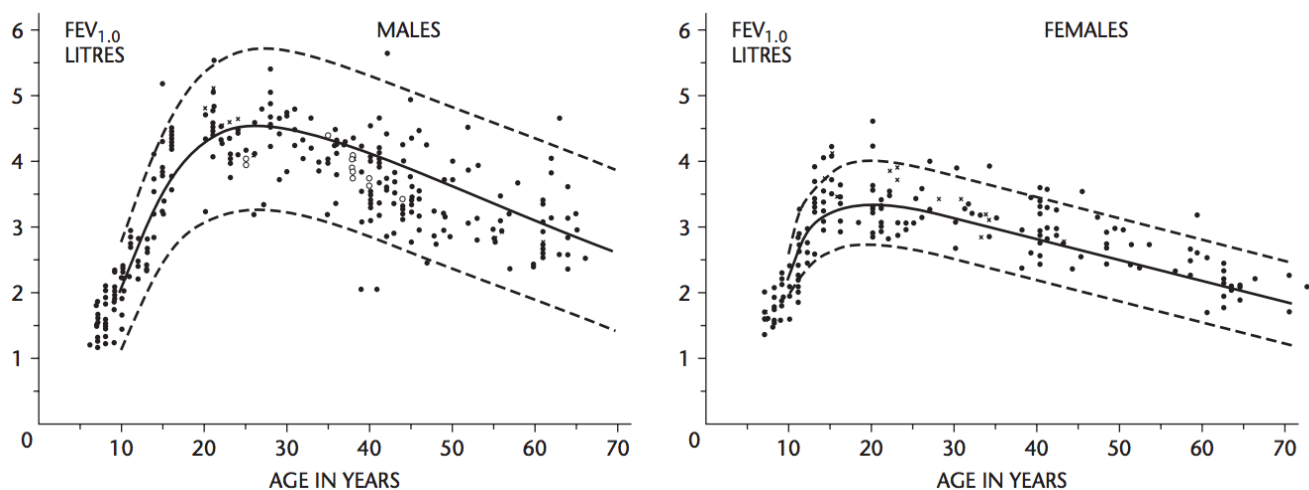
### **2.2.3 Pubertet og lungefunksjon**

#### **2.2.3.1 Før pubertet**

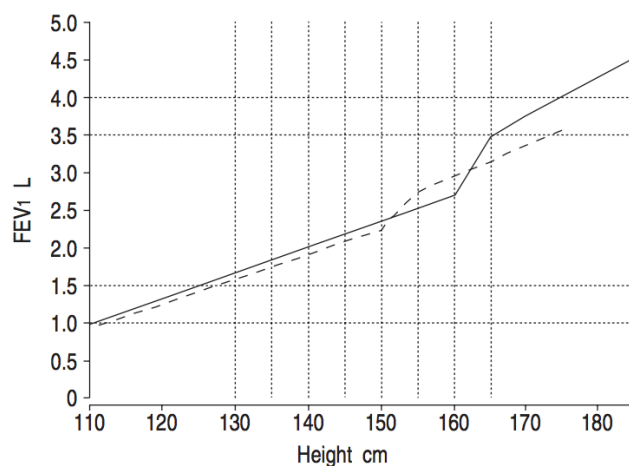
I tidlig barndom er høyde (cm) den største prediktoren for lungestørrelse og forklarer 80% av variansen i lungefunksjon mellom individer. Det finnes lineære forhold mellom høyde og forsert ekspiratorisk volum (*figur 6*) samt statiske lungevolumer (Cotes, Chinn, Miller, 2006; Rosenthal, Bain, Cramer et al., 1993; Doherty & Dimitriou, 1997). Utover i barndommen oppstår en progressiv økning i tilbakefjæringskraften fra lungene, noe som øker trekraften på de minste luftveiene. Dette fører til økt forsert ekspiratorisk trykk i forhold til lungevolum (Cook, Helliesen, Agatho, 1958; Mansell, Bryan, Levison, 1977; Zapletal, Paul, Samanek,

1976; Knudson, Slatin, Lebowitz, 1976). Jenter i denne alderen utvikler høyere forsert ekspiratorisk lufttrykk per enhet lungevolum enn gutter, noe som kan tyde på at jenter i tidlig barndom har kortere og bredere luftveier enn gutter. Dette kan forklares gjennom ”dysanapsis”, som utgjør proporsjonale ulikheter i vekstforholdet mellom store luftveier og lungene (Cotes, Chinn, Miller, 2006; Schwartz, Katz, Fegley, 1988; Becklake & Kauffmann, 1999). I ung alder kan noe av variasjonen i lungefunksjon tilskrives størrelsen på toraks og brystkasse samt sternumlengde (DeGroot, van Pelt, Borsboom, 1988; Rosenthal, Bain, Cramer et al., 1993). En eventuell økning fører til økt lungevolum og ventilasjonskapasitet, noe som resulterer i økt transportkapasitet av luft. Den observerte variasjonen i lungefunksjon på grunn av brystkassetørrelse ser ut til å være en faktor som kun er vesentlig i ung alder. Fordelaktige strukturmessige endringer kan også forekomme i brystveggen, hvilket resulterer i økning av TLC (Cotes, Chinn, Miller, 2006).

Blant barn kan 10 % av variasjonen i lungefunksjon forklares gjennom kroppssammensetning, hvor vesentlige forhold er fettfri masse indeks ( $FFM \cdot \text{høyde}^{-2}$ ) og prosentvis kroppsfett relatert til kroppsmasse (Cotes, Dabbs, Hall, et al., 1979). Overflødig fett rundt toraks og mageregionen reduserer ulike lungevolumer gjennom å forhøye diafragmas posisjon og virke negativt på brystveggenes bevegelse. Motsatt er økt muskelmasse assosiert med fysisk aktivitet og over gjennomsnittlig produksjon av veksthormoner, noe som innvirker på respiratorisk muskulatur. Økning i Pmus, vil øke inspiratorisk og ekspiratorisk trykk og dermed virke positivt på TLC, VC og FEV<sub>1</sub>-verdier. Fordelingen av muskelmasse og fett varierer mellom kjønn, gutter har generelt mer muskelmasse og jenter mer fett. Variasjoner finnes også innad i kjønnsgruppene, men ulikt for barn kontra voksne er tilstedeværelse av kjønnsforskjeller selv etter korrigerer for muskelmasse. Selv om det rapporteres om forskjeller, er det i barndommen små kjønnsforskjeller i lungefunksjon (Cotes, Chinn, Miller, 2006). Ved lik høyde, skårer gutter omtrent 7 % høyere enn jenter på lungefunksjonstester som inkluderer inspiratorisk kapasitet. Dette på grunn av økt muskelstyrke hos gutter. Likevel sees først betydelige forskjeller under og etter puberteten (Cotes, Chinn, Miller, 2006; Rosenthal, Bain, Cramer et al., 1993).



**Figur. 5:** Tverrsnitt av forholdet mellom forsert ekspirert volum det første sekundet av utpusten ( $FEV_1$ ) og alder for friske individer (Berglund, Birath, Bjure et al., 1963)



**Figur. 6:** Forholdet mellom forsert ekspirert volum det første sekundet av utpusten ( $FEV_1$ ) og høyde for menn (—) og kvinner (- - -) (Rosenthal, Bain, Cramer et al., 1993).

### 2.2.3.2 Under og etter pubertet

Pubertetsforløpet varer i cirka 3 år og lungefunksjonen endres fra å være tilnærmet lik til å bli ~25% bedre hos gutter enn jenter selv om høyden er lik. Begge kjønn opplever en markant økning i lungefunksjon, for jenter når de er cirka 152,6 cm høy og for gutter når de er cirka 162,5 cm høy (Rosenthal et al., 1993). Dette illustreres for  $FEV_1$  i figur 6 og en kan se at jenter på grunn av tidligere oppstart av pubertet, opplever denne veksten tidligere. Dette fører til at jenter i en periode har bedre lungefunksjon enn gutter ved lik høyde, med unntak av FVC som vanligvis vil være høyere hos gutter på grunn av økt muskelstyrke. Økningen vil for jenter være på rundt 10 % for FVC, PEF og  $FEV_1$ , mens den for andre variabler er noe lavere.

For gutter er økningen gjennomsnittlig rundt 16% for de fleste lungefunksjonsvariabler, deriblant flow, volum og gassutveksling (Cotes, Chinn, Miller, 2006; Rosenthal et al., 1993). For guttene er økningen forbundet med proporsjonal vekst av luftveiene og lungeparenkym, hvilket gjør at lungene utvikles isotropisk (Martin, Castile, Fredberg et al., 1987). For gutter observeres det en fortsatt økning av lungefunksjonsvariablene FEV<sub>1</sub> og FVC frem til rundt 25 års alder (Cotes, Chinn, Miller, 2006).

Før og etter puberteten er det et relativt lineært forhold mellom høyde og lungefunksjon, som opphører under puberteten (Cotes, Chinn, Miller, 2006). Årsaken til dette er primært at toraks øker i lengde. Kjønnsmessig er også ulik vekst av toraks årsaken til at jenter og gutter med lik høyde har tilnærmet lik lungefunksjon før puberteten, men ulikt etter puberteten. Mer spesifikt vil ulikheten være et produkt av en redusert økning i toraks bredde og muskelstyrke hos kvinner. Denne forskjellen mellom kjønnene er permanent og observeres også i voksen alder. Likevel er det likhet når man ser på den endelige massen i forhold til kroppsstørrelse og mekaniske egenskaper hos menn og kvinners lunger (Cotes, Chinn, Miller, 2006; DeGroot, van Pelt, Borsboom, 1988; Rosenthal, Bain, Cramer et al., 1993).

Etter den markante økningen i lungefunksjon, vil det i omtrent et tiår oppstå et platå hvor man observerer svært små endringer. Individuelle variasjoner kan forekomme og dette antas å skyldes miljøfaktorer og kroppssammensetning (Chinn, Cotes, Reed, 1996; Robbins, Enright, Sherrill, 1995).

### ***2.2.3.3 Påvirkning av trening på lungefunksjon og lungevolum***

Enkelte studier viser at voksne atleter har større lungevolum og bedre lungefunksjon enn inaktive kontroller (Cotes, Chinn, Miller, 2006; Hagberg, Yerg, Seals, 1988). Det fordelingsmessige bidraget fra genetikk og fysisk aktivitet er dog kontroversielt (Andersen et al., 1984; Andrew, Backlake, Gularia, Bates, 1972; Bailey, Malina, Rasmussen, 1978; Hamilton & Andrew, 1976). Fysisk aktivitet i ung alder kan bidra til å øke størrelsen på lungene samt øke kapasiteten til å transportere gass (Cotes, Chinn, Miller, 2006; Reuschlein et al., 1968). En av årsakene til denne mulige forbedringen er økt produksjon av veksthormoner, som stimulerer til vevsvekst og således kan fysisk aktivitet i ung alder påvirke respiratorisk funksjon i voksent liv (Cotes, Chinn, Miller, 2006). Fordelene av generell fysisk aktivitet er



vel utbredt, men det ulike bidraget til fysiologisk adaptasjon gjennom spesifikke idretter er mindre kjent, men like interessant (Lazovic et al., 2015). Noe tyder likevel på at svømming og dykking stimulerer til større statiske lungevolum enn normalt (Carey, Schaefer, Alvis, 1956; Cordain, Tucker, Moon, Stager, 1990; Courteix et al., 1997; Doherty & Dimitriou, 1997). Generelt foreligger det sprikende resultater i hvorvidt systematisk utøvelse av ulike idretter fører til forbedret lungevolum og lungefunksjon (Baxter-Jones et al., 1995; Clanton, Dixon, Drake, Gadek, 1987; Dunham, Harms, 2012; Hagberg, Yerg, Seals, 1988; Lazovic et al., 2015; Robinson & Kjeldgaard, 1982). Flere studier viser ingen signifikante forskjeller i MVV, FEV<sup>1</sup>, FVC og TLC mellom unge maraton og utholdenhets trente sammenlignet med utrente kontroller med lik kroppsstørrelse (Hagberg, Yerg, Seals, 1988; Mahler, Moritz, Loke, 1981, 1982; Kaufmann et al., 1974). Dette kan tyde på at for yngre vil selv store mengder utholdenhetstrening ikke påvirke lungefunksjon og volum i hvile. For eldre vises derimot forskjeller mellom de som har drevet med langvarig trening og sedate kontroller. En teori er at langvarig trening bremser den aldersrelaterte reduksjonen i lungefunksjon og volum eller at trening faktisk forbedrer disse variablene i denne aldersgruppen (Hagberg, Yerg, Seals, 1988). Flere studier viser at spesifikk trening av ventilatorisk muskulatur samt systematisk trening, øker respiratorisk muskelfunksjon og MVV, dette gjennom å forbedre muskulaturens utholdenhet og styrke (Akabas et al., 1989; Clanton, Dixon, Drake, Gadek, 1987; Dunham, Harms, 2012; Lakhera, Kain, Bandopadhyay, 1994, 1994; Leith & Bradley, 1976; Romer & McConnell, 2003; Sonne & Davis, 1982). Trening kan derfor muligens virke positivt på lungefunksjon gjennom utvikling av økt respiratorisk muskelstyrke som igjen øker inspiratorisk kapasitet og peak ekspiratorisk flow. Samtidig har en lav andel kroppsfett vist å øke ERV (Cotes, Chinn, Miller, 2006). Dette har igjen positiv innvirkning på TLC, VC og parametere som er avhengige av disse. Forsert ekspiratorisk volum vil derimot være noenlunde uavhengig av fysisk aktivitet ettersom disse verdiene hovedsakelig er avhengig av lungenes elastisitet. Som en konsekvens av dette, kan man ofte se at trening reduserer ratioen av FEV<sub>1</sub> til VC samt maksimale flow-verdier ved små lungevolumer (Cotes, Chinn, Miller, 2006). Det finnes dog studier som viser at fysisk aktivitet har positiv påvirkning på FEV<sub>1</sub> (Cotes et al., 1971; Hancox & Rasmussen, 2018)

## 2.3 Maksimalt oksygenopptak

Maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ ) defineres som *”Den maksimale mengde oksygen kroppen kan ta opp, transportere og forbruke under muskelarbeid hvor store muskelgrupper er involvert”* (McConnell, 1988). Maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ ) blir ansett som gullstandard for måling av aerob kapasitet, som igjen er et mål på kardiorespiratorisk form (American College of Sports Medicine, 2013; Bassett & Howley, 2000; McArdle, Katch, Katch, 2010). Aerobe prosesser er avhengige av  $O_2$  for å oppnå energifrigjøring fra adenosintrifosfat (ATP). Det er vanskelig å måle ATP-omsetningen direkte, men  $O_2$ -forbruket brukes som en indikator for ATP-produksjon ettersom en gitt mengde  $O_2$  gjenspeiler forbruket av ATP (Poole & Jones, 2005). Det ulike forbruket av ATP vil også påvirkes gjennom hvorvidt det forbrennes karbohydrat eller fett, noe vi kan måle gjennom respiratorisk utvekslingsratio (RER), som er forholdet mellom utåndet  $CO_2$  og opptaket av  $O_2$  ( $VCO_2/VO_2$ ) (Michalsik & Bangsbo, 2006). På grunn av kroppens begrensede lagringskapasitet for  $O_2$ , vil  $O_2$ -forbruket tilsvare  $O_2$ -opptaket ( $mmol \cdot s^{-1}$  eller  $l \cdot min^{-1}$ ) og uttrykkes vanligvis delt på kroppsvekt ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) (Cooper & Storer, 2010; Gjerset et al., 2015). Ved økt fysisk belastning vil behovet for oksygen øke parallelt med belastningen. Arbeid til utmattelse etter 4-6 minutter og oppnåelse av et stabilisert  $O_2$ -opptak, kan betegnes som individets maksimale  $O_2$ -opptak ( $VO_{2maks}$ ). Dette kan vises gjennom at økt arbeidsbelastning utover dette, ikke resulterer i økt  $O_2$ -opptak (Armstrong, Welsman, Winsley, 1996; Taylor, Buskirk, Henschel, 1955). Hvilket er en indikasjon på at maksimal aerobe energiomsetning er nådd, som igjen er en enkeltstående faktor for å kunne si noe om individets fysiske helse (Armstrong & Welsman, 2001; Bassett & Howley, 2000). Fick’s ligning er en metode for å uttrykke  $VO_{2maks}$  (Heinicke et al., 2001; Rowland, 2005; Wasserman et al., 2012):

$$VO_{2maks} = MV (a-vO_2)$$

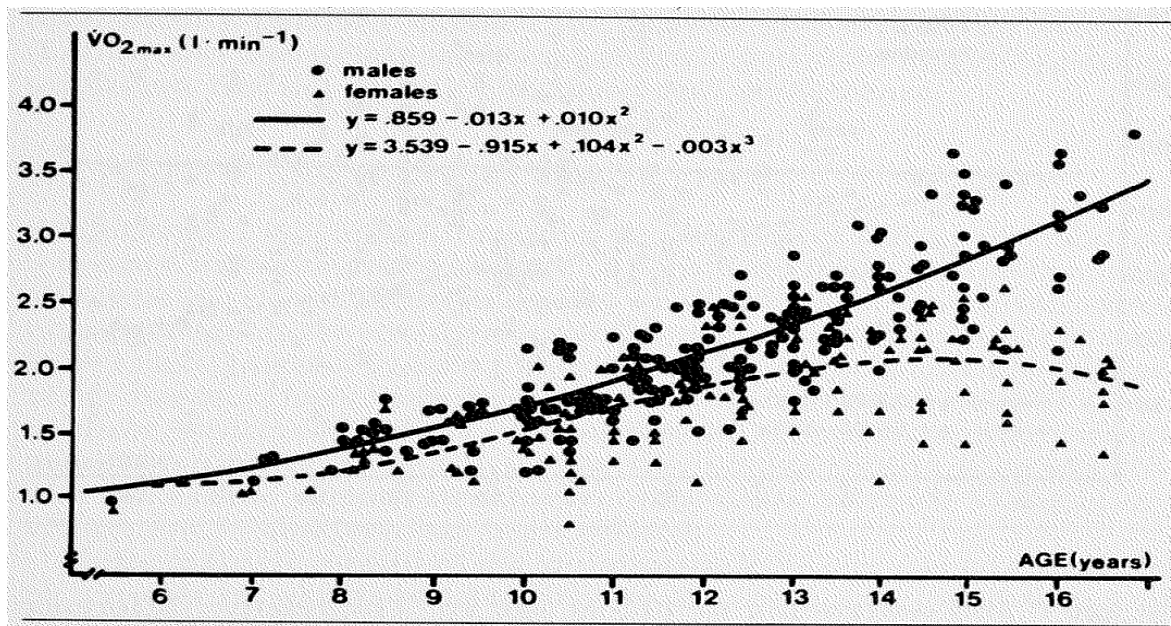
Ligningen uttrykker at  $VO_{2maks}$  er produktet av hjertets minuttvolum (MV) og differansen mellom oksygeninnholdet i arterielt og venøst blod ( $a-vO_2$ ) (McArdle, Katch, Katch, 2010; Wasserman et al., 2012). Arv, hemoglobinkonsentrasjon, diffusjonskapasitet, treningsstatus (blodvolum og hjertets slagvolum), kjønn, alder, kroppsstørrelse, kroppssammensetning og perifere forhold i musklene vil være med på å påvirke  $VO_{2maks}$  (Bassett & Howley, 2000; Cooper & Storer, 2010; Gjerset et al., 2015). Arvelige faktorer slik som utgangspunkt,

trenbarhet og fibertypesammensetning er i enkelte studier vist å være omtrent 50% arvelig (Bouchard et al., 1998; Bouchard et al., 1999; Schutte et al., 2016; Simoneau & Bouchard, 1995).

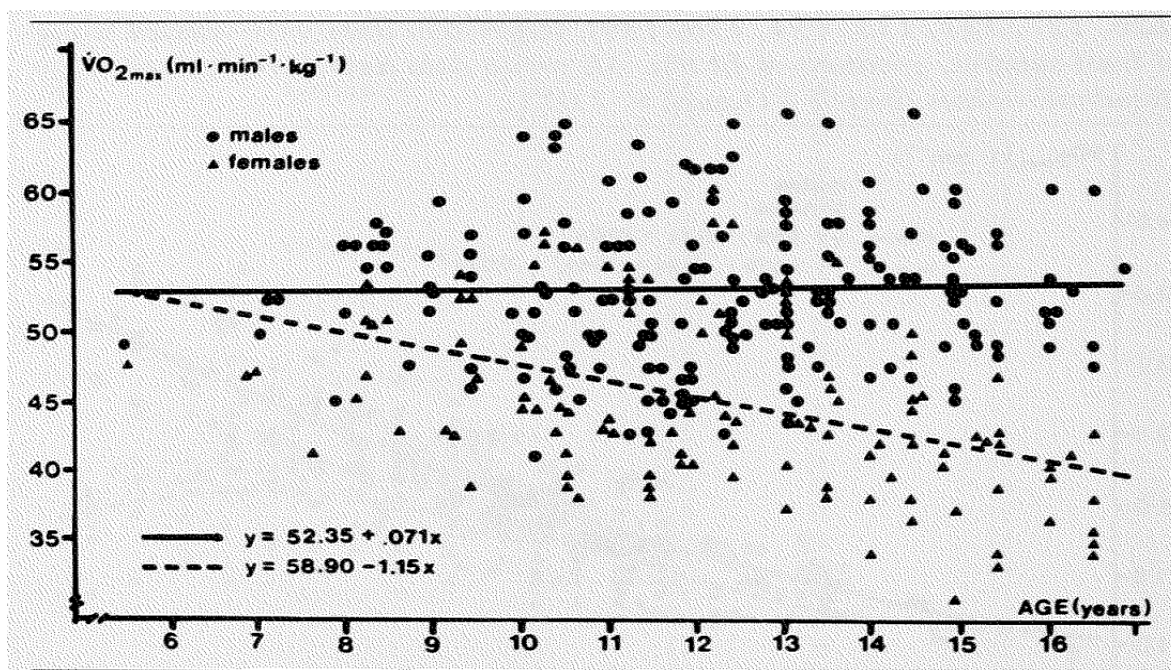
Ved utførelse av en maksimal belastningstest på tredemølle eller sykkelergometer, vil det ikke alltid oppstå en avflatning av O<sub>2</sub>-opptaket, spesielt ikke hos barn og unge (Armstrong, Welsman, Winsley, 1996; Armstrong & Welsman, 1994; Barker, Williams, Jones, Armstrong, 2011; Howley, Basset, Welch, 1995; Wagner, 2000; Rowland, 1993, 2005; Åstrand, Rodahl, Dahl, Strømme, 2003). Testing av relativt utrente barn viser at bare 30-50 % får en avflatning i O<sub>2</sub>-opptak ved økende belastning (Armstrong et al., 1991). I tilfeller hvor avflatning av O<sub>2</sub>-opptaket ikke oppnås, brukes VO<sub>2peak</sub> som referansegrunnlag. Dette utgjør den maksimale O<sub>2</sub>-verdien oppnådd under gjennomføringen (Wagner, 2000). Hjelpeskriterier og subjektiv vurdering av testleder benyttes da for å vurdere om testen kan betraktes som godkjent. Ved tilfredsstillelse av disse representerer VO<sub>2peak</sub> en maksimal verdi (Armstrong, Welsman, Winsley, 1996; Barker et al., 2011; Day, Rossiter, Coats, Skasick, Whipp, 2003; Fredriksen, Ingjer, Nystad, Thaulow, 1998). Maksimal hjerterefrekvens (HF<sub>maks</sub>), maksimal respiratorisk utvekslingsratio (RER<sub>maks</sub>), blodlaktat og Borgs skala utgjør hjelpeskriterier som brukes for å vurdere grad av anstrengelse (Cooper & Storer, 2001). Maksimal respiratorisk utvekslingsratio (RER<sub>maks</sub>) skal være  $\geq 1,05$  og er det mest brukte hjelpeskriteriet for å fastslå om VO<sub>2peak</sub> kan betraktes som valid (Fredriksen et al., 1998; Howley, Basset, Welch, 1995; Malina, Bouchard, Bar-Or, 2004). Flere studier viser ingen forskjeller i verdier av VO<sub>2peak</sub> og VO<sub>2maks</sub> for barn som ikke oppnår avflatning opp mot de som gjør det (Cooper, Weiler-Ravell, Whipp, Wasserman, 1984; Cunningham et al., 1977; Rivera-Brown & Frontera, 1998). Det er rapportert god reliabilitet for VO<sub>2peak</sub> blant barn og unge, med en variasjonskoeffisient på omtrent 4% (Staats et al., 1993). Som et produkt av dette er VO<sub>2peak</sub> et hyppig brukt mål for kardiorespiratorisk form blant barn og unge (Armstrong, 2013; Armstrong & Welsman, 2001; Rowland, 2005).

### 2.3.1 VO<sub>2maks</sub>, alder og kjønn

Maksimalt oksygenopptak (VO<sub>2maks</sub>) er relatert til alder, kjønn og modning. Dermed vil ikke alltid kronologisk alder være et godt referansegrunnlag for fysisk form (Malina, Bouchard, Bar-Or, 2004; Rowland, 2005). Det foreligger store individuelle variasjoner i modning, hvor vekstspurtten kan starte allerede ved 9-års alder eller så sent som 17-års alder. Jenter kommer i puberteten gjennomsnittlig 2 år tidligere enn gutter og generelt vil pubertet for individer i europeiske land starte rundt 12 års alderen for jenter og 14 års alderen for gutter (Cotes, Chinn, Miller, 2006; Åstrand et al., 2003). Studier de siste årene viser at VO<sub>2maks</sub> (l·min<sup>-1</sup>) øker lineært med kronologisk alder, med lavere verdier for jenter sammenlignet med gutter (Armstrong, 2013; Armstrong & Welsman, 1994; Meen, 2000). Maksimalt oksygenopptak (VO<sub>2maks</sub>) øker derimot ikke lineært med kroppsvekt og kjønnsmessige ulikheter observeres (Armstrong & Welsmann, 2001; Pettersen, Fredriksen, Ingjer, 2001). Dette danner grunnlag for absolutt og relativ VO<sub>2maks</sub>. Relativ VO<sub>2maks</sub> uttrykkes i ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, mens absolutt VO<sub>2maks</sub> uttrykkes i l·min<sup>-1</sup>. For utrente i alderen 6-12 år øker VO<sub>2maks</sub> fra 1,2 l·min<sup>-1</sup> til 2,7 l·min<sup>-1</sup> for gutter, mens gjennomsnittsverdiene for jenter er 0,2 l·min<sup>-1</sup> lavere enn gutter på samme alder. Resultater målt på tredemølle viser at gutter har 12 % høyere absolutt VO<sub>2maks</sub> enn jenter i 10-års alderen og ved 16-års alder er kjønnsforskjellene på hele 37% (Armstrong & Welsmann, 1994). Lignende funn støttes også av Åstrand et al., (2003) samt observeres i reviewen til Krahenbuhl et al., (1985) (*figur 7*). Det illustrerte diagrammet viser at jenter og gutter har forholdsvis lik absolutt VO<sub>2maks</sub> frem til 12 års alder. Fra denne alderen blir kjønnsforskjellene markante, hvor gutter har cirka 25 % høyere absolutt VO<sub>2maks</sub> ved 14 års alder og 50 % høyere ved 16 års alder (Krahenbuhl et al., 1985). Gjennom puberteten er det vist en økning av absolutt VO<sub>2maks</sub> på cirka 80% for jenter og 150 % for gutter (Armstrong & Barker, 2011). Gutter opplever en gradvis økning, med en topp rundt 18-20 års alder (Åstrand et al., 2003). Jenter opplever også en gradvis økning, men med utvikling av et platå eller delvis nedgang i perioden 13-15 års alder (Armstrong & Welsmann, 1994; Beunen & Malina, 2011; Krahenbuhl et al., 1985).



**Figur. 7:** Fremstilling av  $VO_{2maks}$  i forhold til kronologisk alder (Krahenbuhl et al., 1985). Diagrammet er en metaanalyse av 66 undersøkelser og representerer 5793 gutter og 3508 jenter, alle friske, utrente barn og unge.



**Figur. 8:** Fremstilling av  $VO_{2maks}$  per kilo kroppsvekt i forhold til kronologisk alder (Krahenbuhl et al., 1985). Tilsvarende datamateriale som i figur 7.

Absolutt  $VO_{2maks}$  viser god korrelasjon med kroppsvekt, men når kroppsvekt blir kontrollert for vises et helt annet utviklingsbilde. Relativ  $VO_{2maks}$  blant barn og unge (figur 8) viser en progressiv nedgang med alderen for jenter og stabile verdier for gutter i samme alder (5-18 år) (Armstrong, 2013; Armstrong & Welsman, 1994; Bar-Or og Rowland, 2004; Fredriksen et

al., 1998; Krahenbuhl et al., 1985). Pedersen & Saltin (2006) rapporterer om et lineært fall for jenter fra henholdsvis  $50 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  i 5-6 års alderen til  $41 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  i 16 årsalderen. Gutter derimot har mer stabile verdier på omkring  $50 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Dette støttes også av Krahenbuhl et al., (1985), hvor forskjellen går fra å være 1,5 % ved 6 års alder til 33 % ved 16 års alder. Åstrand et al., (2003) rapporterer at kjønnsforskjellene etter pubertet er på omtrent 15-25 %.

Årsaken til kjønnsforskjellene etter pubertet er hovedsakelig større fettmasse og lavere hemoglobin (Hb)-verdier hos jenter samt større muskelmasse hos gutter (Pedersen & Saltin, 2006). Før pubertet er det ikke signifikante kjønnsforskjeller i Hb, med verdier på rundt  $135 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$  (Armstrong et al., 1995; Dallman & Siimes, 1979). Derfor antas det at Hb ikke har noen vesentlig innvirkning på kjønnsforskjellene i  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  før pubertet (Armstrong & Welsman, 2002). Under og etter pubertet har derimot jenter lavere Hb-verdier med en stabilisering på omtrent  $137 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$  mens gutter øker progressivt til omtrent  $152 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$  ved 16-års alder (Bar-Or & Rowland, 2004; Dallman & Siimes, 1979). Innholdet av Hb samsvarer positivt med  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  hos begge kjønn (Armstrong & Welsman, 1994; Schmidt & Prommer, 2008). Forskjeller i fettmasse er derimot tiltredende allerede i ung alder (Malina, Bouchard, Bar-Or, 2004). I 6-7 årsalderen observeres en kjønnsforskjell på 10 % i  $\text{VO}_{2\text{maks}}$ , hvor fettmasse blir sett på som mulig forklarende faktor for lavere  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  verdier for jenter kontra gutter (Wedderkopp, Froberg, Hansen, Andersen, 2004; Eiberg et al., 2005). Dette vises også i andre studier, hvor absolutt  $\text{VO}_{2\text{maks}}$  øker differansen mellom kjønnene, men at forskjellen reduseres når man uttrykker verdiene relatert til fettfri kroppsvekt (Rowland, 2005).

**Tabell. 1:** Resultater av maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ ) fra longitudinelle- og tverrsnitt studier (Studiene fremvises med førsteforfatter selv om flere forfattere er delaktige)

	Trenings status	Kjønn	Alder (år)	Antall (n)	$VO_{2maks}$ ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ )	$VO_{2maks}$ ( $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )
<b>Armstrong 1991</b>	*	J	11,2	115	1.63	*
			12,2	88	1.89	
			13,1	81	2.10	
<b>Armstrong 2001</b>	*	J	11,2	49	1.59	*
			12,2	42	1.93	
			13,2	47	2.14	
			17,0	26	2.39	
<b>Armstrong 1991</b>	*	G	11,2	119	1.81	*
			12,1	94	2.11	
			13,1	93	2.39	
<b>Armstrong 2001</b>	*	G	11,1	71	1.78	*
			12,1	60	2.09	
			13,1	56	2.37	
			17,0	37	3.55	
<b>Beunen 2002</b>	Blanding av aktive og inaktive	G	11,0	73	1.93	*
			12,0		2.13	
			13,0		2.33	
			14,0		2.69	
			15,0		2.90	
			16,0		3.03	
<b>Eisenmann 2001</b>	Trent	G & J	12	124	G: 2.47 J: 2,28	G: 63.3 J: 57.1
			13		G: 2.63 J: 2.44	G: 60.8 J: 54.8
			14		G: 3.07 J: 2.69	G: 63.5 J: 56.9
			15		G: 3.64 J: 2.84	G: 62.7 J: 56.2
			16		G: 3.88 J: 2.85	G: 64.8 J: 54.3
			17		G: 4.25 J: 2.89	G: 67.5 J: 51.8

\* Ingen rapporterte verdier, G: verdier for gutter, J: verdier for jenter

### 2.3.2 Trenbarhet av $VO_{2maks}$ under barndom og pubertet

Maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ ) blant barn og unge utvikles i likhet med andre prosesser relatert til vekst og modning. Selv om  $VO_{2maks}$  er delvis genetisk bestemt, kan det også forbedres med systematisk trening. Til hvilken grad er også delvis genetisk bestemt, men omfattende forskning på voksne viser forbedringer på opptil 30% (Bouchard, Malina, Pérusse, 1997; Rowland, 2002; Powers & Howley, 2003). I motsetning til voksne, er det hos barn og unge betydelig mindre evidens på trenbarheten av  $VO_{2maks}$  (LeMura et al., 1999). Nåværende forskning viser variasjoner i resultatene (Baquet et al., 2003; LeMura, von Dullivard, Carlonas, Andreacci, 1999; Obert et al., 2003; Thompson & Baxter-Jones, 2002), fra ingen signifikant forbedring (Gilliam & Freedson, 1980) til forbedringer på opp til 15% (Stansky et al., 1979). En mulig forklaring på de sprikende resultatene blant barn og unge er den såkalte «triggerhypotesen» som Katch (1983) introduserte i 1983. Han mente at barns trenbarhet av muskulær og kardiovaskulær funksjon er begrenset eller ikke tilstedeværende før en bestemt tidsfase (triggerpunkt) (Katch, 1983). Denne fasen antas å inntreffe ved pubertet, men når er usikkert (LeMura et al., 1999). Årsaken til denne «triggerhypotesen» mente han skyldtes mangel på hormonell kontroll før den bestemte tidsfasen inntreffer (Katch, 1983).

Studier på  $VO_{2maks}$  uten treningsintervensjon, viser at utrente barn og unge generelt oppnår lavere verdier av absolutt og relativ  $VO_{2maks}$  sammenlignet med trente (Dencker et al., 2006, 2007; Gursel et al., 2004; Impertone et al., 2006; Pate et al., 2006; Rowland et al., 2000; Vinet et al., 2003). Relativ  $VO_{2maks}$  for utrente varierer fra 35,2 til 48,0  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  for gutter og fra 35,8 til 41,7  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  for jenter. To studier som undersøkte utviklingen av relativ  $VO_{2maks}$  under barn- og ungdomstiden, observerte fra 5 til 13 års alder en økning hos gutter på 36 % og kun 10 % for jenter (Gursel et al., 2004). Fra 12 til 19 års alder ble det observerte en økning på 6,7% for gutter og en nedgang på 5,5% for jenter (Pate et al., 2006).

Trente gutter i alderen 10 til 18 år viser en relativ  $VO_{2maks}$  på mellom 50 til 70  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  (Cleuziou et al., 2002; Cubero et al., 2000; Eisenman et al., 2001; Nourry et al., 2004; Thevenet et al., 2007; Tolfrey et al., 2006). Trente jenter i alderen 9 til 15 år er vist å ha en relativ  $VO_{2maks}$  på omtrent 56  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  (Eisenman et al., 2001), mens i et annet studie er trente prepubertale jenter vist å ha en relativ  $VO_{2maks}$  på 40,2  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  (Noury et al., 2004). Absolutt  $VO_{2maks}$  hos trente barn og unge er mindre belyst, men noen studier



rapporterer om verdier opp til  $2,50 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  for gutter opp til 12 år, med en økning til  $4,49 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  ved 18 års alder. Jenter viser frem til 12 års alder verdier fra  $1,31$  til  $2,28 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ , med en økning til  $2,89 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  ved 17 års alder (Eisenman et al., 2001; Noury et al., 2004; Tolfrey et al., 2006).

**Tabell. 2:** Resultater av maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ ) fra studier med treningsintervensjon (Studiene fremvises med førsteforfatter selv om flere forfattere er delaktige)

	Trenings status	Alder (år)	Antall (n)	Varighet (uker), antall økter i uken (n)	Treningsform, Intensitet, Tid (min)	$VO_{2maks}$ før trening ( $l \cdot min^{-1}$ )	Økning i $VO_{2maks}$ ( $l \cdot min^{-1}$ )	$VO_{2maks}$ før trening ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )	Økning i $VO_{2maks}$ ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )
<b>Danis 2003</b>	U	11-14	18	26 3	Løp * 60 min	TG G: 2.08 KG G: 2.10	2.37, 13.9% 2.32, 10.5%	52.1 54.0	57.5, 10.4% 55.4, 2.6%
<b>Stoedefalke 2000</b>	U	13-14	38	20 3	Bla 80% 20 min	TG J: 2.25 KG J: 2.39	2.32, 3.1% 2.45, 2.5%	*	*
<b>Eliakim 1996</b>	U	15-17	44	5 5	Bla * 120 min	TG J: 1.48 KG: 1.57	1.63, 12.1% *, -	*	*
<b>Vehrs 2007</b>	U	19.5	16	14 3-5	Bla 75% 30 min	*	*	TG G&J: 44.4 KG: *	47.8, 7.7% *
<b>Vamvakoudis 2007</b>	T	11.5	38	78 6	Basket * 90 min	TG G: 2.31 KG G: 2.11	3.11, 34.6% 2.62, 24.2%	51.4 42.2	55.8, 8.6% 45.6, 8.1%
<b>Bogdanis 2007</b>	T	14.7	27	4 5	Basket * 110 min	*	*	TG 1 G: 52.3 TG 2 G: 52.5 KG G: 49.8	54.7, 4.6% 54.9, 4.6% 49.4, -
<b>Plank 2005</b>	T	15.9	9	13 5	Løp Bla 60min	TG G: 3.73	3.98, 6.7%	61.6	65.3, 6.0%

\* Ingen rapporterte verdier, **G**: verdier for gutter, **J**: verdier for jenter, **G&J**: verdier for gutter og jenter, **INT**: intervall trening, **LAN**: kontinuerlig trening, **BLA**: blandet treningsform, **TG**: treningsgruppe, **KG**: kontrollgruppe, **U**: utrente forsøkspersoner, **T**: trente forsøkspersoner, -: ingen økning. Økning er vist i faktiske verdier og prosentvis økning.

Ofte viser treningsstudier med barn og unge liten til ingen fremgang i  $VO_{2\text{maks}}$  uttrykt i forhold til kroppsmasse. En av årsakene til dette kommer av at økning i vekt fjerner effekten av økningen i  $VO_{2\text{maks}}$  liter per minutt. Ved å uttrykke oksygenopptaket som  $VO_{2\text{maks}}$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-0,67}\cdot\text{min}^{-1}$ ) har treningsstudier på barn og unge vist at de responderer på samme måte som man kan forvente hos voksne som utsettes for samme treningsregime (Pettersen & Fredriksen, 2003).

## 3.0 Metode

### 3.1 Design

Den foreliggende oppgaven er en del av to større forskningsprosjekt. Studiene har et prospektivt eksperimentelt design med testing av idrettsaktive fotballspillere (gutter) og håndballspillere (jenter) i alderen 12-17 år. Hovedformålet med prosjektene var å undersøke utvikling av antropometriske mål, kroppssammensetning, lungefunksjon og maksimalt oksygenopptak hos jenter og gutter i alderen 12-17 år som trente regelmessig og systematisk 3-6 timer per uke i 11-12 års alder samt undersøke sammenhengen mellom disse variablene. Deltakerne har blitt testet en gang per år, i januar-mars. I tillegg til resultater fra den prospektive oppfølgingsstudien av fotball og håndballspillere er det inkludert testresultater fra en tilsvarende studie av langrennsløpere og kontroller ved 12-års alder. Det er således resultater fra en tverrsnittresultater ved 12 års alder hvor pustereserve, lungefunksjon, og  $VO_{2\text{max}}$  sammenlignes hos langrennsløpere, fotball/håndballspillere og kontroller. Hensikten med denne oppgaven var todelt;

1. Undersøke utviklingen av pustereserve (PR), lungefunksjon og  $VO_{2\text{maks}}$  hos idrettsaktive fotball og håndballspillere fra 12-17 år.
2. Sammenligne PR, lungefunksjon og  $VO_{2\text{maks}}$  hos 12 år gamle idrettsaktive barn (langrennsløpere og fotball/håndballspillere) med en kontrollgruppe.

Alle testene ble utført til tilnærmet samme tid (Januar-Mars) hvert år og testutstyret og testprosedyrene i begge studiene er identiske og utført på samme testlaboratoriet. Kun testresultater og testmetoder som er benyttet for å besvare problemstillingen i den foreliggende oppgaven vil bli beskrevet.

## 3.2 Utvalg

Tjueto gutter i alderen 11-12 år og 30 jenter i alderen 10-11 år som var idrettsaktive i henholdsvis fotball og håndball ble rekruttert til den prospektive studien fra to idrettsklubber i Akershus. Inklusjonskriteriet var at de skulle trene organisert  $\geq 3$  timer/uke. I tverrsnittstudien er langrennsløperne rekruttert fra to idrettsklubber i Oslo og deltakerne i kontrollgruppen ble rekruttert fra en skoleklasse i Akershus.

Deltakerne skulle være friske på testdagen og ikke ha noen skade som kunne påvirke testresultatet. Deltakerne måtte ha fullstendige målinger for alle variablene ved den aktuelle alder. På dette grunnlaget, ble 3-7 gutter og 3-6 jenter ekskludert fra enkelte år i den prospektive studien. I Tverrsnittstudien ble 1-15 deltakere ekskludert i enkelte analyser på grunn av manglende verdier i de aktuelle variablene. Totalt er 142 deltakere (73 jenter og 69 gutter) inkludert i den foreliggende studien. Alder, Antropometriske data (høyde, kroppsvekt) og body mass index (BMI) er presentert for gutter og jenter i *tabell 4 & 5*. Et spørreskjema ble benyttet for å kartlegge antall treningstimer per uke (*vedlegg 3*).

## 4.0 Målemetode og prosedyrer

### 4.1 Testprotokoll

**Tabell. 3:** Testprotokoll på respirasjonsfysiologisk laboratorium ved Norges idrettshøgskole

<i>Testprosedyre</i>	<i>Variabler</i>
Antropometri	Høyde (cm), vekt (kg)
Lungefunksjon (spirometri)	FEV <sub>1</sub> (l) FVC(l), MVV (l·min <sup>-1</sup> )
Tredemølltest, m/ måling av VO <sub>2maks</sub>	VO <sub>2maks</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> / l·min <sup>-1</sup> ), VE <sub>maks</sub> (l·min <sup>-1</sup> ),
Spørreskjema	Treningsvolum (timer per uke)

FEV<sub>1</sub>; forsert ekspiratorisk volum det første sekundet av utpusten, FVC; forsert vitalkapasitet, MVV: Maksimal voluntær ventilasjon, VO<sub>2maks</sub>; maksimal oksygenopptak, VE<sub>maks</sub>; maksimal ventilasjon.

## 4.2 Antropometriske mål

Høyde og vekt ble målt med SECA (213/899/217) (Hamburg, Tyskland), hvor verdiene ble registrert til nærmeste 1 mm og 0,1 kg. Høyde ble målt ved at deltakerne stod barbeint under høydemåleren med god holdning og blikket rettet forover. Ved registreringen av vekt ble deltakerne målt med lett bekledning (undertøy, shorts/thights, t-skjorte). Body Mass Index (BMI) ble utregnet fra følgende formel:  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ . Nærmeste 1 cm og 1 kg, ble brukt som utgangsverdi i beregningen.

**Tabell. 4:** Antropometriske data og antall treningstimer for deltakerne, jenter og gutter fra 12-17 år.

<b>Gutter</b>						
<b>Alder (år)</b>	12 ( <i>n</i> =19)	13 ( <i>n</i> =19)	14 ( <i>n</i> =17)	15 ( <i>n</i> =19)	16 ( <i>n</i> =16)	17 ( <i>n</i> =15)
<b>Høyde (cm)</b>	155,1 (8,3)	161,3 (8,8)	168,7 (8,7)	175,6 (8,3)	179,1 (7,5)	182,1 (6,6)
<b>Vekt (kg)</b>	42,9 (6,3)	48,2 (7,6)	53,8 (8,0)	62,2 (9,9)	67,0 (10,5)	74,4 (9,7)
<b>BMI (kg·m<sup>-2</sup>)</b>	17,8 (1,9)	18,5 (2,0)	18,8 (1,8)	20,1 (2,1)	20,8 (2,3)	22,4 (2,4)
<b>Treningstimer (t/u)</b>	4,2 (0,6)	5,8 (1,3)	6,6 (2,4)	6,7 (2,8)	6,6 (2,6)	6,7 (3,0)
<b>Jenter</b>						
<b>Alder (år)</b>	12 ( <i>n</i> =26)	13 ( <i>n</i> =26)	14 ( <i>n</i> =26)	15 ( <i>n</i> =26)	16 ( <i>n</i> =27)	17 ( <i>n</i> =24)
<b>Høyde (cm)</b>	155 (5,8)	161,9 (5,8)	166,7 (5,4)	169,1 (5,5)	170,0 (5,4)	170,0 (5,2)
<b>Vekt (kg)</b>	44,1 (5,8)	50,2 (5,9)	55,1 (6,4)	60,8 (6,0)	63,8 (6,3)	67 (5,6)
<b>BMI (kg·m<sup>-2</sup>)</b>	18,3 (2)	19,1 (1,9)	19,8 (2,1)	21,3 (2,3)	22,1 (2,2)	23,2 (1,7)
<b>Treningstimer (t/u)</b>	4,8 (1,1)	6,7 (1,2)	8,8 (3,1)	11,2 (5,4)	10,1 (5,6)	8,6 (5,9)

Verdiene er presentert som gjennomsnitt med standardavvik ( $\pm$ ). *n*= antall forsøkspersoner, t/u = treningstimer per uke.

**Tabell. 5:** Antropometriske data og antall treningstimer for deltakerne ved 12 års alder ( $n=142$ ), fordelt på langrenn, kontroll, håndball og fotball

12år	Jenter			Gutter		
	Håndball ( $n=24$ )	Langrenn ( $n=27-31$ )	Kontroll ( $n=18$ )	Fotball ( $n=21$ )	Langrenn ( $n=28-29$ )	Kontroll ( $n=18-19$ )
Høyde (cm)	158,0 (5,0)	158,1 (8,4)	153,9 (8,4)	155,9 (8,5)	157,6 (10,9)	151,1 (8,4)
Vekt (kg)	45,7 (6,0)	46,6 (9,6)	47,0 (7,8)	43,1 (6,4)	44,2 (9,9)	44,2 (15,6)
BMI ( $kg\cdot m^{-2}$ )	18,3 (2,2)	18,5 (2,0)	19,8 (2,9)	17,7 (1,7)	17,6 (1,8)	19,0 (2,9)
Treningstimer (t/u)	4,7 (1,0)**	7,9 (2,6)	2,3 (1,6)**	4,6 (0,8)**	7,9 (2,6)	3,1 (3,8)**

Verdiene er presentert som gjennomsnitt med standardavvik ( $\pm$ ).  $n$ = antall forsøkspersoner. Forskjeller mellom gruppene er presentert med P-verdi (p) \* signifikant forskjellig fra Langrenn. \* $<0,05$  \*\* $<0,001$ .  $n$ = antall forsøkspersoner, t/u = treningstimer per uke

For jentene og guttene i 12års gruppen er håndball/fotball- og kontrollgruppen signifikant forskjellig fra langrenn i antall treningstimer per uke ( $p \leq 0,05$ )(tabell5).

### **4.3 Lungefunksjon**

Måling av lungefunksjon ble utført med Masterscreen pulmonary function testing (PFT) (Jaeger, Tyskland, CareFusion, Höchberg, Tyskland). Lungefunksjon ble målt med maksimal ekspiratorisk flow volum kurve i henhold til retningslinjene fra American Thoracic Society (ATS) og European Respiration Society (ERS) (Miller et al., 2005). Deltakerne satt på en stol med neseclype og pustet normalt i et munnstykke for så å foreta en maksimal inspirasjon til TLC etterfulgt av maksimal forsert ekspirasjon til RV. Testen ble gjentatt minimum tre ganger eller til en variasjon <5% i FEV<sub>1</sub> mellom to valide tester ble observert. Høyeste verdi av FEV<sub>1</sub> ble notert og brukt i analysen sammen med FVC.

### **4.4 Ventilatorisk kapasitet**

MVV ble målt med PFT (Jaeger, Tyskland, CareFusion, Höchberg, Tyskland) etter standardiserte retningslinjer fra ERS (ERS, 1997). Deltakerne utførte testen i oppreist posisjon og pustet normalt inn og ut i munnstykket før de på klarsignal ble instruert til å hyperventilere (puste fort og dypt i 10 sekunder). Målingen ble multiplisert med seks for å beregne minuttventilasjonen (l·min<sup>-1</sup>). Testen ble gjentatt 3 ganger og høyeste verdi ble notert og brukt i analysen. Pustereserve ble utregnet med følgende formler: PR (l·min<sup>-1</sup>) = MVV - VE<sub>maks</sub>, PR% = 100 - (VE<sub>maks</sub>/MVV)<sup>x100</sup> (ATS, 2003).

### **4.5 Maksimalt oksygenopptak**

Måling av VO<sub>2maks</sub> ble gjennomført ved løp på tredemølle (Woodway ELG 70, Weil am Rhein, Tyskland). Benyttet testprotokoll var Osloprotokollen. Belastningen (helningsvinkel og hastighet annenhver gang) økte hvert 2. minutt til utmattelse (Fredriksen et al., 1998). Testen inkluderer oppvarming og har en varighet på cirka 15-30 minutter med registrerte målinger hvert 30. Sekund. Forsøkspersonene (FP) pustet gjennom en treveis ventil (Hans Rudolph Instr, USA) og oksygenopptaket ble målt via miksekammer med Oxycon Pro (Jaeger-Toennis, Hochberg, Tyskland).



Før kalibrering ble romtemperatur og luftfuktighet målt med et instrument (testo 625, Tyskland). Ergospirometeret ble manuelt kalibrert før hver testdag og før hver tredje FP med en tre liters pumpe (Calibration Syringe, series 5530, Hans Rudolph Inc., MO, USA). Oksygen (O<sub>2</sub>) og CO<sub>2</sub> kalibreres mot romluft (20,93% O<sub>2</sub> og 0,03% CO<sub>2</sub>) og gass med kjente konsentrasjoner (omtrent 95% N og omtrent 5% CO<sub>2</sub>). Hjerterefrekvens (HF) ble målt med trådløs overføring (Polar Wearlink, Polar Electro Oy, Kempele, Finland). Pulsbeltet ble plassert i underkant av m. Pectoralis major. Måling av laktat ble gjennomført cirka 1 minutt etter avsluttet test og benyttet måleinstrument til analysering var av typen 1500 Sport, YSI Incorporated (USA).

Avslutningskriterier var subjektiv vurdering av FPs grad av utmattelse som ble gjort av testleder, i tillegg til to av følgende objektive kriterier: avflatning av VO<sub>2</sub> til tross for økt belastning, RER på > 1,05 (Fredriksen et al., 1998), laktatkonsentrasjon i blodet (La<sup>-</sup><sub>bl</sub>) fra 1-3 min etter avsluttet test på > 6-7 mmol·l<sup>-1</sup>, (Armstrong & Welsman, 1994) og HF<sub>peak</sub> på ± 10 slag av 220 – alder (Åstrand et al., 2003).

Maksimalt oksygenopptak (VO<sub>2maks</sub>), HF, RER, VE og pustefrekvens (Pf) ble målt og notert de siste 8 minuttene av testens forløp og de respektive maksimal verdiene for VO<sub>2</sub> og VE ble benyttet i analysene.

## 6.0 Etikk

Av de inkluderte studiene ble den ene vurdert og godkjent av Regional Etisk Komité (REK)(REK-NR: 2011/659 S-08702d), mens den andre ble vurdert som ikke fremleggingspliktig (REK-NR: 2014/1840) og meldt inn til NSD (Prosjektnummer: 54116-juni 2017). Vitenskapelige standarder er lagt til grunn for gjennomføringen av studien og er i samsvar med de etiske prinsippene i Helsinkideklarasjonen. Studieprotokoll, dokumentasjon, forsøksdata og annen generert informasjon holdes konfidensielt. Data er lagret med passordbeskyttelse. Før studiens oppstart signerte deltakerne en samtykkeerklæring (*vedlegg 2*). Foreldre/foresatte signerte for deltagerne under 18 år. Forsøkspersonene (FP) fikk beskjed om at deltagelsen var frivillig og at de når som helst kunne trekke seg fra studien.

## 7.0 Statistisk analyse

Resultatene ble plottet og analysert i Statistical Package of Social Science (SPSS) versjon 20.0 (Inc, Chicago, Illinois, USA). Microsoft Excel 2011 (v. 14.7.7) og Microsoft Word 2011 (v. 14.7.7) er benyttet i utarbeidelsen av tabeller og figurer. All data er sjekket for normalfordeling, gjennom vurdering av variablene med histogram, skewness, kurtosis og ved Kolmogorov-Smirnov eller Shapiro-Wilk test. Noen av variablene hadde ved enkelte år utslag på enkelte av testene, men ble i samråd med statistiker Morten W. Fagerland ved Norges idrettshøgskole (NIH) tolket som normalfordelt. Signifikansnivået ( $\alpha$ ) ble satt til  $\leq 0,05$ . Deskriptiv data er presentert som gjennomsnitt med standardavvik ( $\pm$ ). Resultater er oppgitt som gjennomsnitt med 95% konfidensintervall (95% KI). For å undersøke forskjellen mellom de ulike gruppene (langrenn, håndball, fotball, kontroll) ved 12 års alder, ble det brukt uavhengige t-tester. For å undersøke endring fra år til år for jenter og gutter, ble det benyttet paret t-test, mens for å undersøke kjønnsforskjeller ble det benyttet uavhengig t-test. ANOVA for repeterte målinger (mixed model) ble også utført, for å se om denne analysen viste andre resultater enn en paret t-test. ANOVA og paret t-test viste ikke ulike resultater seg i mellom, i denne studien er resultatene fra paret t-test benyttet og Bonferroni ble brukt som post HOC test. Pearsons korrelasjonskoeffisient ( $r$ ) ble benyttet i analyseringen av potensielle korrelasjoner mellom to kontinuerlige variabler. Grad av korrelasjon ble vurdert ut ifra Cohen (1988), hvor  $r = -.10$  til  $-.29$  ansees som svak korrelasjon,  $r = -.30$  til  $-.49$  moderat korrelasjon,  $r = -.50$  til  $-1.0$  sterk korrelasjon.

## 8.0 Resultat

### 8.1 Utvikling av ventilasjon ( $VE_{maks}$ , MVV) og pustereserve

En signifikant ( $p < 0,05$ ) økning i  $VE_{maks}$  og MVV fra 12 til 15 år ble observert hos jentene (*tabell 6*). Fra 15 år stabiliserer  $VE_{maks}$  seg, mens MVV fortsetter å øke helt frem til 17 års alder ( $p < 0,05$ ). Økningen er størst fra 12 til 13 år, for både MVV (10 l og 10,9%) og  $VE_{maks}$  (10,4 l og 11,7%). Både  $VE_{maks}$  og MVV er høyest ved 17 års alder og en økning fra 12 års alder på henholdsvis 27,7 l (31,1%) for  $VE_{maks}$  og 43,1 l (47%) for MVV ble observert. Pustereserven (%) holder seg stabil frem til 13 års alder, hvor den fra 13 til 14 år øker med 5,8% ( $p < 0,05$ ). Jentene har en signifikant økning i PR (%) ved 16 og 17 års alder sammenlignet med 12 år ( $p < 0,05$ ). Guttene har en signifikant økning i  $VE_{maks}$  og MVV ( $p < 0,05$ ) fra år til år, helt frem til 17 års alder. Økningen er størst fra 14 til 15 år for både MVV (20,3 l, 16,6%) og  $VE_{maks}$  (19,1 l, 16,1%). Både  $VE_{maks}$  og MVV er høyest ved 17 års alder og viser en økning fra 12 års alder på henholdsvis 67,3 l (74%) for  $VE_{maks}$  og 75,2 l (77,6%) for MVV.

**Tabell. 6:** Ventilasjon (MVV/VE<sub>maks</sub>) og pustereserve (%) for gutter og jenter i alderen 12-17 år.

<b>Jenter</b>						
<b>Alder (år)</b>	12 (n=26)	13 (n=26)	14 (n=26)	15 (n=26)	16 (n=27)	17 (n=24)
<b>VE<sub>maks</sub> (l·min<sup>-1</sup>)</b>	89,2 (82,7-95,7)	99,6 (94,2-105,0)**	108,4 (103,8-113)**	113,2 (106,6-119,8)*	115,6 (109,6-121,7)	116,9 (110,6-123,2)
<b>MVV (l·min<sup>-1</sup>)</b>	91,7 (85,6-97,8)	101,7 (94,3-109,0)**	116,2 (110,0-122,4) **	122,3 (115,4-129,2)*	128,1 (121,5-134,7)*	134,8 (126,5-142,9)*
<b>Pustereserve (%)</b>	2,2 (-2,5-6,9)	0,6 (-4,2-5,5)	5,8 (1,2-10,4)*	6,8 (2,4-11,2)	9,2 (5,4-13,0)#	12,8 (8,7-17,0)#

<b>Gutter</b>						
<b>Alder (år)</b>	12 (n=19)	13 (n=19)	14 (n=17)	15 (n=19)	16 (n=16)	17 (n=15)
<b>VE<sub>maks</sub> (l·min<sup>-1</sup>)</b>	91 (82,6-99,5)	106,3 (97,0-115,7)**	119,0 (109,9-128,2) **	138,1 (127,2-149,0) **	143,7 (133,0-154,4)*	158,3 (146,1-170,5)*
<b>MVV (l·min<sup>-1</sup>)</b>	96,9 (87,5-106,4)	109,8 (98,0-121,6)*	122,1 (109,8-134,4) **	142,4 (128,1-156,7) **	152,3 (135,0-169,7)*	172,1 (153,5-190,6)*
<b>Pustereserve (%)</b>	5,5 (1,1-10,0)	1,8 (-3,9-7,4)	1,2 (-4,3-6,6)	1,2 (-5,3-7,7)	3,9 (2,1-9,8)	6,7 (0,8-12,6)

Verdiene er presentert som gjennomsnitt og 95% konfidensintervall (95% KI). Forskjeller fra året før er presentert med P-verdi (p). \*signifikant forskjellig fra året før \*<0,05 \*\*<0,001 # Signifikant forskjellig fra 12 år #<0.05 ##<0.001. n= antall forsøkspersoner

## 8.2 Utvikling av lungefunksjon (FEV<sub>1</sub>, FVC)

Jentene har en signifikant økning fra år til år i FEV<sub>1</sub> og FVC helt frem til 16 års alder (p <0,001) (tabell 7). Ved 17 års alder stabiliserer FEV<sub>1</sub> seg, mens FVC fortsetter å øke (p <0,001). Økningen er størst fra 12 til 13 år for FVC (0,36 l, 11,5%) og omtrent samme økning observeres fra 12 til 13 år og fra 13 til 14 år for FEV<sub>1</sub> (~0,27 l, ≥9,3 %). Den totale økningen i FEV<sub>1</sub> for jenter er på 0,86 l og tilsvarer en prosent økning på

31,3%. For FVC er økningen på 1,17 l og 37,3%. Guttene har en signifikant økning fra år til år i både FEV<sub>1</sub> og FVC helt frem til 17 års alder (p <0,001). Økningen er størst fra 14 til 15 år for både FEV<sub>1</sub> (0,64 l, 18,7%) og FVC (0,73 l, 18,2 %). Den totale økningen i FEV<sub>1</sub> fra 12 til 17 år er på 2,19 l, som tilsvarer en økning på 81,5 %, for FVC er økningen 2,67 l og tilsvarer en prosent økning på 82,7%.

**Tabell. 7:** Resultater fra testing av lungefunksjon (FEV<sub>1</sub>/FVC) for jenter og gutter i alderen 12-17 år.

<b>Jenter</b>						
<b>Alder (år)</b>	12 (n=26)	13 (n=26)	14 (n=26)	15 (n=26)	16 (n=27)	17 (n=24)
<b>FEV<sub>1</sub> (l)</b>	2,75 (2,58-2,91)	3,02 (2,86-3,19)**	3,30 (3,13-3,47)**	3,46 (3,28-3,63)**	3,60 (3,42-3,78)**	3,61 (3,39-3,84)
<b>FEV<sub>1</sub> (%forventet)</b>	109,0 (103,5-114,6)	105,2 (101,2-109,3)*	107,1 (103,5-110,7)	108,1 (104,3-111,9)	111,3 (107,3-115,2)*	112,6 (107-118,3)
<b>FVC (l)</b>	3,14 (2,95-3,32)	3,50 (3,30-3,69)**	3,79 (3,57-4,02)**	4,02 (3,80-4,25)**	4,20 (4,0-4,42)**	4,31 (4,05-4,58)**
<b>FVC (%forventet)</b>	106,0 (100,8-111,3)	103,2 (99,5-107)	104,0 (100,2-107,8)	106,2 (101,8-110,7)*	110,0(105,8-114,2)**	113,5 (108-119)*
<b>Gutter</b>						
<b>Alder (år)</b>	12 (n=19)	13 (n=19)	14 (n=17)	15 (n=19)	16 (n=16)	17 (n=15)
<b>FEV<sub>1</sub> (l)</b>	2,69 (2,44-2,94)	2,97 (2,72-3,23)**	3,42 (3,10-3,74)**	4,06 (3,68-4,44)**	4,40 (3,97-4,83)**	4,88 (4,42-5,33)**
<b>FEV<sub>1</sub> (%forventet)</b>	99,6 (93,9-105,4)	98,7 (93,3-104,1)	101,0 (94,9-107,1)	106,3 (99,5-113)	107,1 (101,5-112,6)	110,8 (101,2-120,4)
<b>FVC (l)</b>	3,23 (2,92-3,54)	3,51 (3,19-3,82)**	4,02 (3,62-4,43)**	4,75 (4,30-5,20)**	5,25 (4,74-5,77)**	5,90 (5,37-6,43)**
<b>FVC (%forventet)</b>	99,7 (93,8-105,5)	96,6 (91,2-102)*	98,4 (91,5-105,3)	102,7 (96,3-109)	105,4 (101,1-109,8)	111,5 (103,7-119,3)

Verdiene er presentert som gjennomsnitt og 95% konfidensintervall (95% KI). Forskjeller fra året før er presentert med P-verdi (p). \*signifikant forskjellig fra året før \*<0,05 \*\*<0,001. n= antall forsøkspersoner

### 8.3 Predikerte verdier ( $FEV_1^{x35\&40}$ ) for maksimal voluntær ventilasjon (MVV)

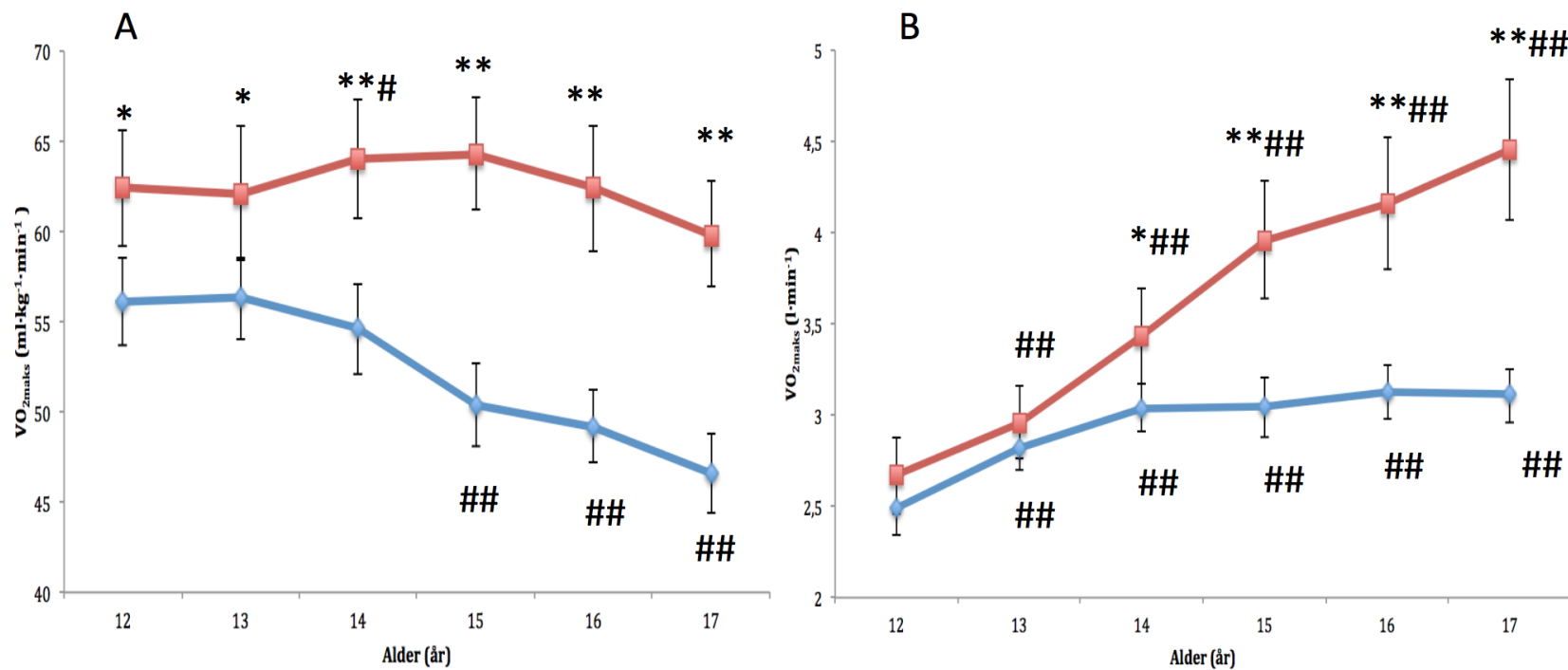
Resultatene for MVV og  $FEV_1$  er vist i *tabell 6* og *tabell 7*. For jentene er MVV (%forventet) stabil frem til 16 års alder, fra 16 til 17 år er det en økning på 11,8% ( $p < 0,05$ )(*tabell 8*). Det er en statistisk signifikant forskjell mellom  $FEV_1^{x35}$  og MVV ved 17 års alder for jenter ( $p < 0,05$ ), mens  $FEV_1^{x40}$  er signifikant forskjellig fra MVV for begge kjønn ved alle målte aldre ( $p < 0,05$ ).

**Tabell. 8** Fremstilling av maksimal voluntær ventilasjon (MVV) og predikerte verdier (FEV<sub>1</sub><sup>x35&40</sup>) for MVV

<b>Jenter</b>						
<b>Alder (år)</b>	12 (n=26)	13 (n=26)	14 (n=26)	15 (n=26)	16 (n=27)	17 (n=24)
<b>MVV (<i>l·min<sup>-1</sup></i>)</b>	91,7 (85,6-97,8)	101,7 (94,3-109,0)**	116,2 (110-122,4)**	122,3 (115,4-129,2)*	128,1 (121,5-134,7)*	134,8 (126,5-142,9)*
<b>MVV (%forventet)</b>	167,2 (154,7-179,6)	162,3 (151,1-173,5)	169,8 (160,1-179,5)	171,9 (160,3-183,5)	176,6 (167,5-185,6)	188,4 (176,7-200,2)*
<b>FEV<sub>1</sub><sup>x35</sup> (<i>l·min<sup>-1</sup></i>)</b>	96,2 (90,4-102,0)	106,0 (100,2-111,8) **	115,5 (109,5-121,5) **	121,0 (114,9-127,1) **	126,1 (119,8-132,4) **	126,5 (118,6-134,3)&
<b>FEV<sub>1</sub><sup>x40</sup> (<i>l·min<sup>-1</sup></i>)</b>	109,9 (103,3-116,5) &&	121,2 (114,5-127,8) **&&	132,0 (125,1-138,8) **&&	138,3 (131,4-145,3) **&&	144,1 (136,9-151,3) **&&	144,5 (135,5-153,5)&
<b>Gutter</b>						
<b>Alder (år)</b>	12 (n=19)	13 (n=19)	14 (n=17)	15 (n=19)	16 (n=16)	17 (n=15)
<b>MVV (<i>l·min<sup>-1</sup></i>)</b>	96,9 (87,5-106,4)	109,8 (98,0-121,6)*	122,1 (109,8-134,4) **	142,4 (128,1-156,7) **	152,3 (135,0-169,7)*	172,1 (153,5-190,6)*
<b>MVV (%forventet)</b>	173,0 (158,9-187,1)	175,4 (160,5-190,3)	172,0 (161,7-182,3)	177,7 (165,8-189,7)	178,5 (164,2-192,8)	176,1 (155,5-196,6)
<b>FEV<sub>1</sub><sup>x35</sup> (<i>l·min<sup>-1</sup></i>)</b>	94,1 (85,2-102,9)	104,1 (95,1-113,1)**	119,7 (108,4-131,1) **	142,2 (128,9-155,4) **	154,1 (139,1-169,0) **	170,6 (154,7-186,6) **
<b>FEV<sub>1</sub><sup>x40</sup> (<i>l·min<sup>-1</sup></i>)</b>	107,5 (97,4-117,6)&	119,0 (108,7-129,3) **&	136,8 (123,9-149,8) **&&	162,5 (147,4-177,6) **&&	176,1 (159,0-193,2) **&&	195,0 (176,8-213,0) **&

Verdiene er presentert som gjennomsnitt og 95% konfidensintervall (95% KI). Forskjeller fra året før er presentert med P-verdi (p). \*signifikant forskjellig fra året før \*<0,05 \*\*<0,001. & = Signifikant forskjellig fra MVV &<0.05 &&<0.001. n= antall forsøkspersoner

## 8.4 Utvikling av $VO_{2maks}$ ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1} / l \cdot min^{-1}$ )



**Figur. 9:** Utvikling av maksimalt oksygenopptak (A:  $VO_{2maks}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) B:  $VO_{2maks}$  ( $l \cdot min^{-1}$ )) for gutter ( $n=15-19$ , rødt) og jenter ( $n=24-27$ , blått) i alderen 12 til 17 år. Resultatene er presentert med gjennomsnitt og 95% konfidensintervall (KI). \* =  $p < 0,05$  \*\* =  $p < 0,001$  mellom gutter og jenter ved samme alder. # =  $p < 0,05$  ## =  $p < 0,001$  forskjell fra 12 år samme kjønn.



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

Guttene har en stabil  $VO_{2maks}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) fra år til år (*tabell 9*). Det observeres en signifikant økning på  $1,6 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  (2,6%) mellom 12 og 14 år ( $p < 0,05$ ). Guttene har signifikant høyere  $VO_{2maks}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) enn jentene ved alle målte alderstrinn (*figur 9*). Forskjellen mellom kjønnene er størst ved 15 års alder ( $p < 0,001$ ) (*figur 9*), hvilket også er alderen hvor guttene når sin høyeste verdi ( $64,3 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ). Jentene har en stabil  $VO_{2maks}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) frem til 13 års alder, så reduseres  $VO_{2maks}$  signifikant ( $p < 0,05$ ) frem til 17 års alder (*tabell 9*). Størst nedgang ( $4,2 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) (-7,7%) er fra 14 til 15 år ( $p < 0,001$ ) og  $VO_{2maks}$  er lavest ved 17 års alder ( $46,6 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ).

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

Guttene har en signifikant økning i  $VO_{2maks}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) fra år til år helt frem til 17 års alder ( $p < 0,05$ ) (*tabell 9*), med størst økning fra 14 til 15 år ( $0,5 l \cdot min^{-1}$   $p < 0,001$ ). Den totale økningen fra 12 til 17 år er på  $1,8 l \cdot min^{-1}$  (67%). Ingen kjønnsforskjeller observeres frem til 13 års alder, ved 14 års alder er forskjellen på  $0,4 l \cdot min^{-1}$  ( $p < 0,05$ ), med en markant økning i kjønnsforskjeller i de påfølgende år. Differansen er størst ved 17 års alder ( $1,4 l \cdot min^{-1}$   $p < 0,001$ ). Jentene har en økning fra 12 til 14 år ( $p < 0,001$ ) og fra 15 til 16 år ( $p < 0,05$ ), med størst økning fra 12 til 13 år ( $0,3 l \cdot min^{-1}$ , 13,25%). Økningen fra 12 til 16 år er på  $0,6 l \cdot min^{-1}$  (25,7%). For begge kjønn er  $VO_{2maks}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) ved 13-17 års alder signifikant forskjellig fra 12 år ( $p < 0,001$ ).

**Tabell. 9:** Resultater fra testing av maksimalt oksygenopptak ( $\text{VO}_{2\text{maks}}$  ( $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}/\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )) for jenter og gutter i alderen 12-17 år.

<b>Jenter</b>						
<b>Alder (år)</b>	12 (n=26)	13 (n=26)	14 (n=26)	15 (n=26)	16 (n=27)	17 (n=24)
<b><math>\text{VO}_{2\text{maks}}</math> (<math>\text{l}\cdot\text{min}^{-1}</math>)</b>	2,5 (2,3-2,6)	2,8 (2,7-3,0)**##	3,0 (2,9-3,2)**##	3,1 (2,9-3,2)##	3,1 (3,0-3,3)*##	3,1 (3,0-3,3)##
<b><math>\text{VO}_{2\text{maks}}</math> (<math>\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}</math>)</b>	56,1 (53,7-58,6)	56,3 (54,0-58,6)	54,6 (52,1-57,1)*	50,4 (48,1-52,7)**##	49,2 (47,2-51,2)*##	46,6 (44,4-48,8)*##
<b>Gutter</b>						
<b>Alder (år)</b>	12 (n=19)	13 (n=19)	14 (n=17)	15 (n=19)	16 (n=16)	17 (n=15)
<b><math>\text{VO}_{2\text{maks}}</math> (<math>\text{l}\cdot\text{min}^{-1}</math>)</b>	2,7 (2,5-2,9)	3,0 (2,8-3,2)**##	3,4 (3,2-3,7)**##	4,0 (3,6-4,3)**##	4,2 (3,8-4,5)**##	4,5 (4,1-4,8)*##
<b><math>\text{VO}_{2\text{maks}}</math> (<math>\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}</math>)</b>	62,4 (59,2-65,6)	62,1 (58,4-65,8)	64,0 (60,7-67,3)#	64,3 (61,2-67,4)	62,4 (58,9-65,8)	59,8 (56,9-62,8)

Verdiene er presentert som gjennomsnitt og 95% konfidensintervall (95% KI). Forskjeller fra året før er presentert med P-verdi (p). \*signifikant forskjellig fra året før \* $<0,05$  \*\* $<0,001$ . # signifikant forskjellig fra 12 år # $<0,05$  ## $<0,001$ . n= antall forsøkspersoner

#### **8.4 Pustereserve (%), ventilasjon (MVV, $VE_{maks}$ ), lungefunksjon ( $FEV_1/FVC$ ) og $VO_{2maks}$ , ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1} / l \cdot min^{-1}$ ) for jenter og gutter 12 år**

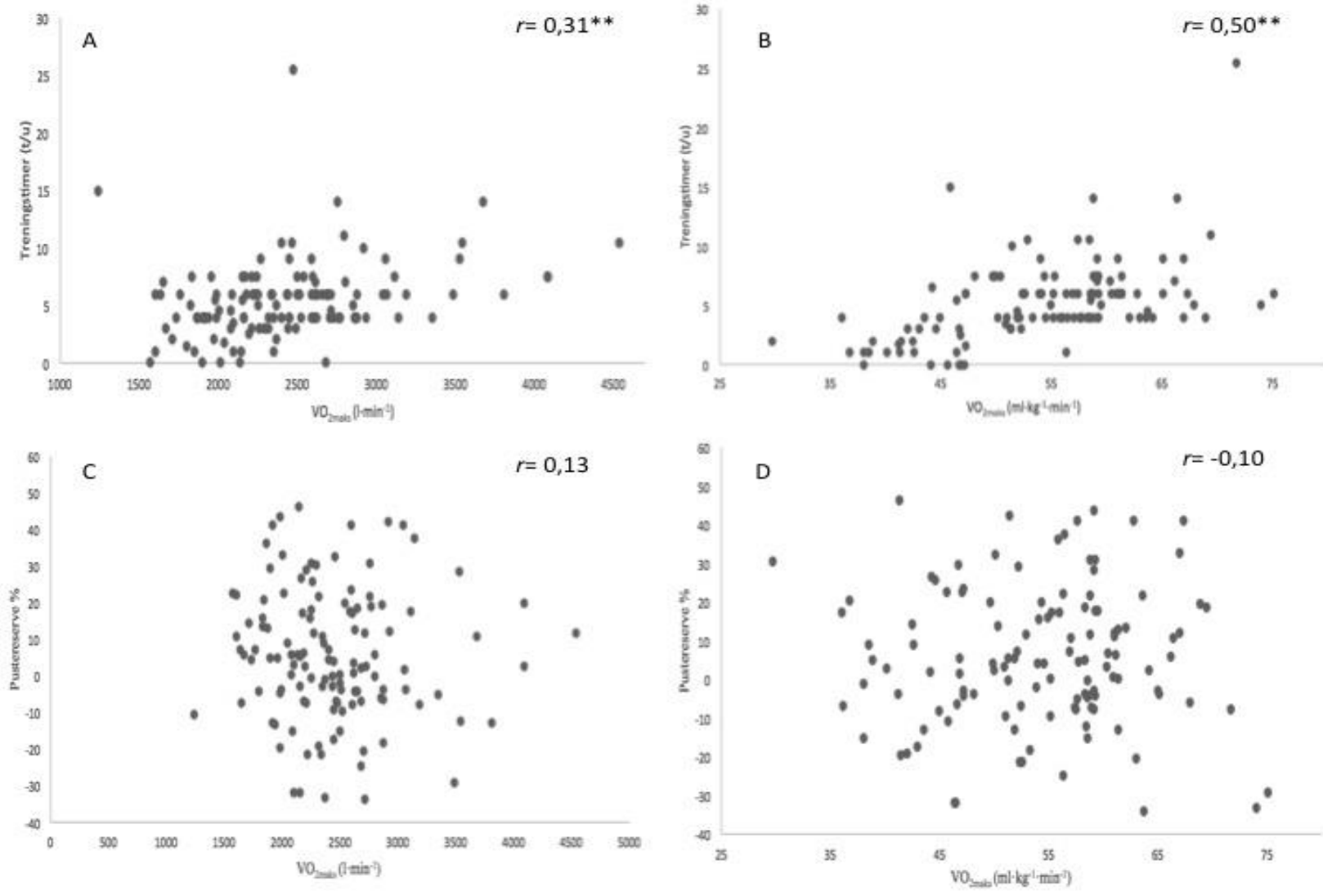
For jentene har kontrollgruppen signifikant ( $p \leq 0,05$ ) lavere MVV,  $VE_{maks}$ , FVC og  $VO_{2maks}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) (tabell 10) enn langrenn- og håndballgruppen. Kontrollgruppen har også signifikant ( $p \leq 0,05$ ) lavere  $FEV_1$ , MVV (%forventet),  $FEV_1^{x35}$ ,  $FEV_1^{x40}$  og  $VO_{2maks}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ) enn langrenn, og håndballgruppen har signifikant ( $p < 0,05$ ) lavere  $VE_{maks}$ , MVV,  $FEV_1^{x35}$  og  $FEV_1^{x40}$  enn langrenn. For guttene har kontrollgruppen signifikant ( $p \leq 0,05$ ) lavere MVV,  $VE_{maks}$  og  $VO_{2maks}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1} / l \cdot min^{-1}$ ) enn langrenn og fotball. Kontrollgruppen har signifikant ( $p < 0,05$ ) lavere MVV (%forventet) og FVC enn langrenn og lavere  $FEV_1^{x35}$ ,  $FEV_1^{x40}$  enn fotballgruppen. Hos både jentene og guttene observeres det for kontrollgruppen en signifikant forskjell mellom målt MVV og estimert MVV ( $FEV_1^{x35}$ ) ( $p < 0,05$ ). For alle gruppene, med unntak av langrennsguttene, observeres det en signifikant forskjell mellom målt MVV og estimert MVV ( $FEV_1^{x40}$ ) ( $p \leq 0,05$ ). Det observeres en liten til moderat korrelasjon ( $r = 0,31$ ) mellom treningstimer per uke og  $VO_{2maks}$  ( $l \cdot min^{-1}$ ), mens en moderat korrelasjon ( $r = 0,50$ ) sees mellom treningstimer per uke og  $VO_{2maks}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ) (figur 10) (Cohen, 1988).

**Tabell. 10:** Karakteristikk av deltakerne (n=142), fordelt på langrenn, kontroll, håndball og fotball.

	Jenter			Gutter		
	Handball (n=24)	Langrenn (n=27-31)	Kontroll (n=18)	Fotball (n=21)	Langrenn (n=28-29)	Kontroll (n=18-19)
<b>VO<sub>2</sub>maks (l·min<sup>-1</sup>)</b>	2,3 (2,1-2,5)	2,9 (2,6-3,2)	2,2 (2,1-2,3)**	2,7 (2,5-2,8)	2,5 (2,3-2,6)	2,0 (1,8-2,1)**##
<b>VO<sub>2</sub>maks (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>)</b>	56,7 (54,2-59,0)	55,4 (53,4-57,5)	44,8 (42,7-47,0)**##	61,4 (58,7-64,1)	58,7 (54,9-62,7)	47,4 (44,0-51,0)**##
<b>VE<sub>maks</sub> (l·min<sup>-1</sup>)</b>	90,2 (84,9-95,1)*	99,2 (92,6-106,3)	75,3 (68,3-81,7)**##	89,0 (80,8-96,5)	104,9 (90,4-122,6)	69,6 (63,6-77,5)**##
<b>MVV (l·min<sup>-1</sup>)</b>	92,1 (85,9-98,0)*	105,7 (98,7-113,4)	79,0 (69,5-90,3)**#	90,8 (83,2-97,6)	111,6 (94,4-134)	74,8 (68,0-81,9)**#
<b>MVV (%forventet)</b>	157,8 (146,7-169,2)	178,3 (166,7-190,4)	149,6 (127,1-171,3) **	162,5 (152,4-172,1)	176,6 (161,7-194,0)	147,6 (134,0-160,6)*
<b>Pustereserve (%)</b>	6,4 (0,8-11,9)	4,3 (-4,2-12,8)	2,0 (-5,5-9,4)	-2,2 (-11,4-7,0)	0,8 (-6,8-8,4)	2,0 (-7,7-11,7)
<b>FEV<sub>1</sub> (l)</b>	2,73 (2,58-2,91)	2,87 (2,69-3,08)	2,53 (2,32-2,72)*	2,64 (2,46-2,82)	2,82 (2,56-3,1)	2,44 (2,25-2,71)
<b>FEV<sub>1</sub> (%forventet)</b>	102,8 (98,2-107,2)	108,2 (104,5-111,7)	102,7 (96,9-108,4)	96,7 (92,5-100,5)	98,9 (95,2-102,6)	97,4 (93,3-101,2)
<b>FVC (l)</b>	3,16 (2,99-3,36)	3,32 (3,12-3,54)	2,87 (2,64-3,08)*#	3,14 (2,93-3,33)	3,43 (3,14-3,76)	2,96 (2,73-3,29)*
<b>FVC (%forventet)</b>	101,0 (97,3-104,8)	106,1 (102-110)	99,0 (93,7-104,6)	95,9 (91,3-100,3)	100,4 (97-104,2)	98,5 (94,5-102,9)
<b>FEV<sub>1</sub><sup>x35</sup> (l·min<sup>-1</sup>)</b>	89,9 (83,2-97,6)*	106,2 (96,6-116,5)	89,9 (85,2-95,4)*&	98,9 (92,7-106,0)	91,9 (87,0-96,8)	86,0 (79,8-92,3)&#
<b>FEV<sub>1</sub><sup>x40</sup> (l·min<sup>-1</sup>)</b>	102,7 (95,1-111,5) *&	121,3 (110,4-133,1) &	102,7 (97,3-109,0) *&&	113,0 (105,9-121,1) &&	105,0 (99,4-110,7)	98,3 (91,2-105,5) &&#

Verdiene er presentert som gjennomsnitt og 95% konfidensintervall (95% KI). Forskjeller mellom gruppene er presentert med P-verdi (p).

\*signifikant forskjellig fra langrenn \*<0,05 \*\*<0,001 #signifikant forskjellig fra håndball/fotball #<0,05 ##<0,001. & = Signifikant forskjellig fra MVV &<0,05 &&<0,001.



**Figur. 10:** Scatter plott for fire korrelasjonsanalyser av gutter og jenter ved 12 års alder, presentert med korrelasjonskoeffisienter ( $r$ ). A ( $n= 136$ ) B/C/D ( $n= 127$ )  $** = <0,001$

## 9.0 Diskusjon

Hensikten med denne studien var å undersøke utvikling i pustereserve (PR), lungefunksjon og  $VO_{2maks}$  hos idrettsaktive barn og ungdommer fra 12 til 17 år. I tillegg sammenlignet vi PR, lungefunksjon og  $VO_{2maks}$  hos idrettsaktive barn med en ikke idrettsaktiv kontrollgruppe. Våre hovedfunn er at idrettsaktive barn og ungdommer har lav PR gjennom hele puberteten, mens lungefunksjon og  $VO_{2maks}$  stort sett utvikler seg i samsvar med tidligere studier. Ved 12-års alder er det ingen forskjell i PR eller lungefunksjon (% forventet) mellom idrettsaktive barn og ikke idrettsaktive barn, men de idrettsaktive barna har høyere  $VO_{2maks}$ . I det følgende vil jeg diskutere våre funn og sammenligne de med resultater fra tidligere forskning.

### 9.1 Pustereserve (PR)

Resultatene i den foreliggende studien viser at guttene har lav pustereserve (<9 %), uten signifikante endringer fra 12-17år. (*tabell 6*). Jentene har også lav pustereserve (<13 %), men med noe økning ved 13 til 14 år og ved 16 og 17 år sammenlignet med 12 år (*tabell 6*). Til tross for en økning til 12,8% ved 17 år, er pustereserven fortsatt lavere enn det som ansees som normalt (>15%)(ATS, 2003). For de ulike gruppene (håndball, fotball, langrenn og kontroll) ved 12 års alder, observerte vi lav pustereserve (<7%), med ingen signifikante forskjeller mellom gruppene så vidt for jenter eller gutter (*tabell 10*). Forskning har vist at veltrente, voksne personer kan bruke opp mot 95% av sin ventilatoriske kapasitet og at idrettsutøvere med høy  $VO_{2max}$  har lav PR (Åstrand et al., 2003). Vi observerte imidlertid ingen signifikant korrelasjon mellom pustereserve (%) og  $VO_{2maks}$  ved 12 års alder (*figur 11*). Dette indikerer at PR ved 12 års alder ikke kan forklares med grad av kardiorespiratorisk form. Det er rapportert at personer med fedme, har lav pustereserve (Wassermann et al., 2005; Toma et al., 2010). Fedme klassifiseres som en body mass index (BMI) på  $>30 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  (WHO, 1995). BMI varierer noe mellom barn og voksne, men den observerte BMI'en i vårt utvalg er innenfor normalområdet (*tabell 4 & 5*)(Cole et al., 2007). Det er således lite som tyder på at fedme kan forklare den lave pustereserven som vår studie viser. Det foreligger så vidt meg bekjent ingen studier på pustereserve hos friske barn og ungdommer. Nåværende etablert teori går ut i fra at barn og ungdom, slik som voksne, har 20-40% i pustereserve (Cooper & Storer, 2010; Forman et al., 2010; Godfrey, 1974; McArdle, Katch & Katch, 2010; Rowland, 2017; Toma et al., 2010; Wasserman & Whipp, 1975). Foreliggende studie tyder på

at pustereserven (%) er mindre enn tidligere antatt for barn og ungdom. Selv om pustereserven er prosentvis lav for hele utvalget fra 12 til 17 års alder, så ser vi noen endringer i absoluttverdier ( $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Jentene oppnår en statistisk signifikant økning i PR (%) ved 16 og 17 år sammenlignet med 12 år (*tabell 6*). Ved 17 års alder er pustereserven på  $17,9 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  og økningen fra 12 år tilsvarende  $15,4 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . For guttene er det ingen statistisk signifikant økning i PR (%) fra 12 til 17 år, men det observeres en ikke signifikant økning på  $9,5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  fra 15 til 17 år. Ved 17 år er PR på  $13,8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Selv om ingen statistiske tester er utført for endring i  $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ , så ser man en tendens til en økning. Forskning viser at for menn er det normalt med en pustereserve på minst  $11 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  (Toma et al., 2010). Ved henholdsvis 16 og 17 års alder for jenter og gutter, har vårt utvalg en PR på over  $13 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Jentene har en økning i PR tidligere enn guttene, noe som kan tenkes å skyldes et tidligere pubertetsforløp enn guttene. Dette er kun spekulasjoner, men kan være en interessant problemstilling til videre forskning, og i tillegg undersøke videre utvikling av PR, fra 18 års alder og oppover.

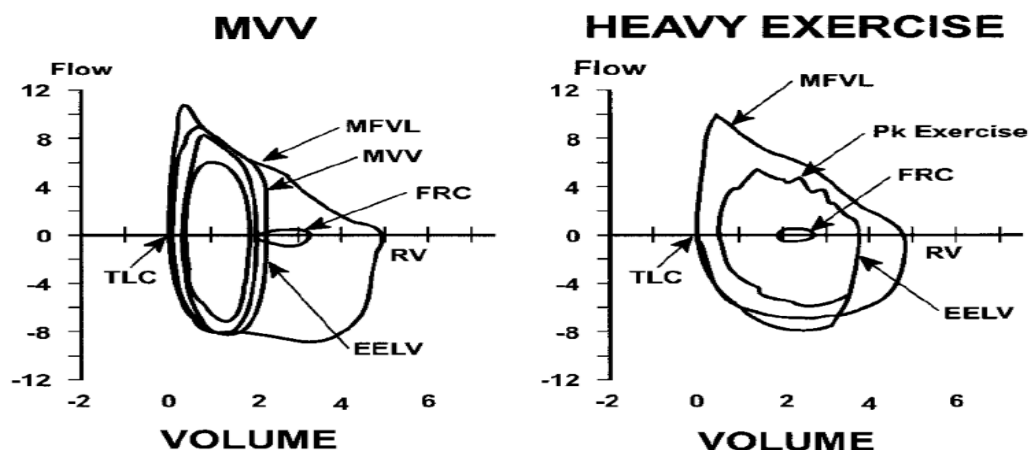
Årsaken til økning i PR for jentene, skyldes en stagnasjon i utviklingen av  $VE_{\text{maks}}$ , mens MVV fortsetter å øke (*tabell 6*). Denne trenden er ikke tydelig for guttene, men det er mulig en lignende trend kan sees ved senere alder. En mulig forklaring til denne forskjellen mellom jenter og gutter, kan være utviklingen av respiratorisk muskulatur (Cotes, Chinn, Miller, 2006; Green et al., 2002; Hulzebos et al., 2018). Vi vet at det er trykket utviklet av respiratorisk muskulatur som driver ventilasjonen, men at det ulike bidraget mellom  $P_{\text{mus}}$  og  $P_{\text{rs}}$  er dynamisk og varierende i en respirasjonssyklus (*figur 4*)(Green et al., 2002). Forskning viser at ved 16-18 års alder er  $PI_{\text{maks}}$   $126 \pm 24 \text{ cm H}_2\text{O}$  og  $PE_{\text{maks}}$   $161 \pm 43 \text{ cm H}_2\text{O}$  for gutter, mens for jenter er  $PI_{\text{maks}}$   $110 \pm 32 \text{ cm H}_2\text{O}$  og  $PE_{\text{maks}}$   $127 \pm 33 \text{ cm H}_2\text{O}$  (Hulzebos et al., 2018). Selv om dette er isolerte målinger på  $PI_{\text{maks}}$  og  $PE_{\text{maks}}$  og det heller ikke er målt endringer fra år for år, kan det tenkes at det oppstår en endring som kan påvirke målte verdier av MVV,  $VE_{\text{maks}}$  og dermed pustereserve.

Årsaken til økning i pustereserve for jenter, skyldes at de opplever en stagnasjon i utviklingen av  $VE_{\text{maks}}$ , mens MVV fortsetter å øke (*tabell 6*). Denne trenden er ikke tydelig for gutter, men det er mulig lignende trend kan sees ved et senere forløp. En mulig forklaring til denne forskjellen mellom jenter og gutter, kan være utviklingen av respiratorisk muskulatur (Hulzebos et al., 2018). Vi vet at det er trykket utviklet av respiratorisk muskulatur som driver ventilasjonen, men at det ulike bidraget mellom  $P_{\text{mus}}$  og  $P_{\text{rs}}$  er dynamisk og varierende i en respirasjonssyklus (*figur 4*)(Green et al., 2002). Forskning viser at ved 16-18 års alder er

$PI_{maks}$   $126 \pm 24$  cm H<sub>2</sub>O og  $PE_{maks}$   $161 \pm 43$  cm H<sub>2</sub>O for gutter, mens for jenter er  $PI_{maks}$   $110 \pm 32$  cm H<sub>2</sub>O og  $PE_{maks}$   $127 \pm 33$  cm H<sub>2</sub>O (Hulzebos et al., 2018). Selv om dette er isolerte målinger på  $PI_{maks}$  og  $PE_{maks}$  og det heller ikke er målt endringer fra år for år, kan det tenkes at det oppstår en endring som kan påvirke målte verdier av MVV,  $VE_{maks}$  og dermed pustereserve.

Det er flere begrensninger ved målevariabelen PR som utfordrer validiteten. Pustereserven hos friske personer kan variere så mye som 50% (ATS, 2003). Dette samsvarer med resultatene i vår studie (*figur 10*). Som tidligere nevnt i oppgaven kan utførelsen av MVV være utfordrende (Gardner, 1987; Orenstein, 1993; Ruppel, 1991). Det er observert at pustemønster, tidalvolum og pustefrekvens, er forskjellig ved måling av MVV sammenlignet med måling av VE ved maksimal fysisk anstrengelse (*figur 11*). MVV utføres med store lungevolum, noe som fører til økning i ekspiratorisk sluttvolum (EELV) og ekspiratorisk trykk (P). I kontrast, reduseres EELV ved fysisk anstrengelse (*figur 11*), noe som resulterer i at tidalpust foregår på en mer optimal posisjon med tanke på trykk-volum forhold (*figur 4*), dette fører til redusert respirasjonsarbeid (ATS, 2003; Rowland, 2017). Disse faktorene gjør at arbeidet i en respirasjonssyklus er større ved MVV enn ved maksimal fysisk anstrengelse (Klas & Dempsey, 1989; Rowland, 2017). I tillegg måles MVV gjennom en 10-12 sekunders manøver, dette gjør at relevansen opp mot  $VE_{maks}$  over en lengere måleperiode kan diskuteres. Det er også av betydning at MVV blir utført før løping på tredemølle, det blir således ikke tatt høyde for en eventuell effekt av bronkodilasjon eller bronkokonstriksjon ved måling av  $VE_{maks}$ . Verdier av MVV målt etter den maksimale belastningstesten, ville muligens ha gitt en bedre sammenligning med  $VE_{maks}$ . Usikkerhetene i målingen av MVV gjør at flere forskere foretrekker å kalkulere MVV ut i fra  $FEV_{1(l)}$  eller  $FEV_1$  (% forventet) fremfor direkte måling (ATS, 2003).





**Figur. 11:** Sammenligning av flow-volum kurve ved utførelse av MVV (venstre) og ved nær maksimal fysisk anstrengelse (høyre) hos et normalt individ. EELV = ekspiratorisk sluttvolum; TLC = Total lung kapasitet; FRC = funksjonell residual kapasitet; MFVL = maksimal flow-volum kurve; MVV = maksimal voluntær ventilasjon; Pk = peak; RV = residual volum (ATS, 2003; modifisert fra Johnson, Weisman, Zeballos & Beck, 1999)

Til tross for flere svakheter forbundet med måling av PR, viser resultatene i den foreliggende studien en konsekvent lav PR hos våre deltakere (<13%). Dette gjør det nærliggende å foreslå at denne gruppen kan ha en pulmonal funksjonsbegrensning eller evner å bruke hele sin ventilatoriske kapasitet ved maksimal belastning (ATS, 2003). Avslutningsvis foreligger det også en mangel på referansemateriale, ettersom det per dags dato ikke eksisterer en estimering av PR for barn og ungdom (<18 år) i benyttet prediksjonsmodul (Gulsvik (92/01) + Standard EU).

## 9.2 Lungefunksjon

Våre resultater viser et utviklingsmønster for FEV<sub>1</sub> som samsvarer godt med tidligere forskning (Berglund et al., 1963; Cotes, Chinn, Miller, 2006; Rosenthal et al., 1993). Guttene har en kraftig økning fra 12 til 17 år, mens jentene har en kraftig økning frem til 16 år (tabell 7). Fra 16 års alder observeres en stagnasjon. Dette er i samsvar med resultatene til Berglund et al., (1963) (figur 5). I relasjonen høyde (cm) og FEV<sub>1</sub> (l) viser våre resultater overensstemmelse med resultatene i studien til Rosenthal et al., (1993)(figur 6), spesielt for jentene. Jentene følger et tilnærmet likt utviklingsmønster, mens hos guttene er verdiene av FEV<sub>1</sub> (l) i vår studie noe høyere frem til 14 års alder (168 cm), men videre følger de et tilnærmet likt utviklingsmønster (Rosenthal et al., 1993). Etablert teori sier at jenter og gutter på et tidspunkt opplever en markant økning i lungefunksjon (Cotes, Chinn, Miller, 2006).

Denne økningen inntreffer som nevnt i kap.2.4.2 for jentene ved 12 års alder og cirka 152,6 cm høyde og for guttene ved 14 års alder og cirka 162,5 cm høyde (Rosenthal et al., 1993). I vår studie, var den største økningen mellom 12 (155,0 cm) og 13 år (161,9 cm) for jentene og mellom 14 (168,7 cm) og 15 år (175,6 cm) for guttene (*tabell 4&7*). Den forespeilede økningen er henholdsvis 10% i FEV<sub>1</sub> og FVC for jenter og 16% for gutter (Cotes, Chinn, Miller, 2006). I vår studie økte jentene FEV<sub>1</sub> med 9,8% og FVC med 11,5%, mens guttene økte FEV<sub>1</sub> med 18,7% og FVC med 18,2%. Jentene var litt høyere, 155cm, ved oppstart, noe som kan forklare at de hadde en markant større økning på et tidligere tidspunkt. Det er på den annen side en diskrepans i den videre utviklingen for FVC hos jentene sammenlignet med utviklingsmønsteret i etablert teori (Cotes, Chinn, Miller, 2006). Vi observerer en kontinuerlig økning fra 12 til 17 år (*tabell 7*), mens det rapporteres som normalt med en nedgang i FVC som følger av økt fettmasse. Utviklingsmønsteret hos guttene er mer i tråd med teorien (Cotes, Chinn & Miller, 2006). Denne forskjellen for jentene fra etablert teori kan ha sitt opphav i at vårt utvalg er en gruppe med idrettsaktive barn og ungdom. Som tidligere nevnt i kap.2.4 så vil FEV<sub>1</sub> være noenlunde uavhengig av fysisk trening (Cotes, Chinn & Miller, 2006; Menezes et al., 2012) mens FVC kan imidlertid påvirkes av endringer i muskulær styrke (Cotes, Chinn & Miller, 2006; Piccioni et al., 2015). Det kan således tenkes at jentene i vår studie hadde en annen utvikling i FVC, som kan tilskrives økt respiratorisk muskelstyrke og reduksjon i fettmasse som følger av fysisk trening. En effekt av fysisk trening på FVC støttes også av tidligere forskning (Hancox & Rasmussen, 2018; Menezes et al., 2012). For de ulike gruppene ved 12 års alder, sees signifikante forskjeller i absoluttverdiene for FEV<sub>1</sub> og FVC mellom kontrollgruppen og enkelte av de ulike treningsgruppene, men ikke for % av forventet verdi (*tabell 10*). Selv om det ikke er signifikante forskjeller i høyde (cm), har treningsgruppene høyere absolutt verdier (*tabell 5*). Høyde utgjør den største prediktoren for forsert ekspiratorisk volum (FEV<sub>1</sub> & FVC)(Cotes, Chinn, Miller, 2006; Rosenthal, Bain, Cramer et al., 1993; Doherty & Dimitriou, 1997). Det er dermed nærliggende å tro at individuelle forskjeller i høyde (cm) fremfor treningsstatus bidrar til de observerte forskjellene i FEV<sub>1</sub> og FVC mellom idrettsaktive og ikke idrettsaktive kontroller

### **9.3 Predikerte verdier (FEV<sub>1</sub><sup>35&40</sup>) for maksimal voluntær ventilasjon (MVV)**

Forskning viser sterk korrelasjon mellom MVV og FEV<sub>1</sub> (Ferris, 1978; Fulton et al., 1995; Kor, Ong, Earnest & Wang, 2004). Derfor har ulike multiplikasjonsformler av FEV<sub>1</sub> lenge

blitt brukt som verktøy for å estimere MVV for voksne (Orenstein, 1993; Ruppel, 1991).  $FEV_1^{x35\&40}$  ansees som mest utbredt (Campbell, 1982; Ferris, 1978; Kor, Ong, Earnest & Wang, 2004; Orenstein, 1993; Ruppel, 1991; Weisman & Zeballos, 1994). Slike multiplikasjonsformler for  $FEV_1$  er også benyttet i klinisk praksis for å oppdage submaksimal innsats ved MVV (Campbell, 1982). Dette fordi man vet at en forutsetning for valide målinger av MVV, er personens evne til å gjennomføre testen med maksimal innsats (Campbell, 1982; Kor, Ong, Earnest & Wang, 2004; Orenstein, 1993; Ruppel, 1991).

Til tross for at studier viser vanskeligheter med reproduserbarhet og oppnåelse av presise målinger av MVV (Gardner, 1987; Orenstein, 1993; Ruppel, 1991), finnes det få studier på estimering av indirekte målinger av MVV for barn og ungdom. En studie på kvinnelige Afroamerikanske ungdommer i alderen  $13,5 \pm 1$  år, undersøkte ulike modeller for predikerte verdier av MVV (Fulton et al., 1995). De rapporterte at modeller som baserer seg på høyde og/eller alder, viser en tendens til overestimering eller underestimering av målt MVV. De fant ved bruk av  $FEV_1^{x35}$ , best samsvar med egne målte verdier av MVV og konkluderte med at en slik formel med fordel kan brukes på kvinnelige Afroamerikanske ungdommer. I vår studie benyttet vi oss av referansematerialet Gulsvik (92/01) + Standard EU, som går ut i fra Zapletal, Šamánek & Paul (1987) sin prediksjonsmodell for MVV til barn og ungdom frem til 18 års alder:

$$10.0^{**}(-1.9178 + 3.0388 * \log_{10}(\text{HEIGHT} * 100)) / 1000$$

Denne modellen Zapletal, Šamánek & Paul (1987), viste en betydelig underestimering for begge kjønn ved alle aldre ( $\geq 62,3\%$ )(*tabell 8*). Underestimering var også fremtredende for alle grupper ved 12 års alder ( $\geq 47,6\%$ )(*tabell 10*). I vårt utvalg fant vi signifikante forskjeller mellom MVV og  $FEV_1^{x40}$  (*tabell 9&10*). Vi finner derimot godt samsvar mellom  $FEV_1^{x35}$  og MVV, med unntak av for jenter ved 17 års alder og kontrollgruppene ved 12 års alder ( $p < 0,05$ ) (*tabell 8&10*). Det kan tenkes at kontrollgruppene relativt lave verdier av MVV, kan tilskrives submaksimal innsats og vanskeligheter med teknisk riktig utførelse (Campbell, 1982; Cooper & Storer, 2010; Orenstein, 1993; Ruppel, 1991). Selv om kontrollgruppen har en betydelig lavere MVV enn de idrettsaktive deltakerne, har de en høy % forventet verdi. Den betydelige underestimeringen vi observerte gjennom bruk av nåværende prediksjonsmodell, kan gi uttrykk for et behov for en mer presis estimering av MVV for barn og ungdom. Samsvaret vi finner mellom MVV og  $FEV_1^{x35}$  er forenelig med funn i andre

studier (Campbell, 1982; Kor, Ong, Earnest & Wang, 2004; Fulton et al., 1995). Det foreligger derfor indikasjon for bruk av FEV<sub>1</sub><sup>x35</sup> til estimering av MVV for idrettsaktive ungdommer i alderen 12 til 17 år.

#### **9.4 Utvikling av VO<sub>2maks</sub> (l·min<sup>-1</sup>/ ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>)**

Det foreligger en masteroppgave av “Utvikling av kardiorespiratorisk form og kroppssammensetning i puberteten hos jenter og gutter som trener regelmessig håndball og fotball” for dette utvalget (Linstad, 2016). Men da for jenter 11-15 år og gutter 12-17 år. Jeg vil derfor kun diskutere det essensielle rundt resultatene, detaljert gjennomgang finnes i masteroppgaven til Lindstad (2016).

Guttene i den foreliggende studien økte absolutt VO<sub>2maks</sub> med 67% fra 12 til 17 års alder. De hadde en signifikant økning fra år til år, med størst økning fra 14 til 15 år ( $p < 0,05$ )(*tabell 9*). Dette samsvarer med Åstrand et al., (2003) og Krahenbuhl et al., (1985) om en gradvis økning fra 12 til 17 års alder, men guttene i vår studie har en høyere utgangsverdi av VO<sub>2maks</sub>. Flere studier viser til en VO<sub>2maks</sub> på 2,0-2,1 l·min<sup>-1</sup> for 12 år gamle utrente gutter (Rowland, Goff, Martel, Ferrone 2000)(*figur 7, tabell 1*) og 2,2-2,5 l·min<sup>-1</sup> for trente gutter (Eisenmann, Pivarnik, Malina, 2001; Tolfrey et al., 2006). Vårt utvalg målte 2,7 l·min<sup>-1</sup> (*tabell 9*). Hvilket er 21-25% høyere enn for utrente og 7,5-16,5% høyere enn for trente. Sammenlignet med utrente er denne prosentvise forskjellen fremtredende ved alle aldre (Armstrong & Welsman, 2001). Sammenlignet med trente i studien til Eisenmann, Pivarnik, Malina, (2001) blir forskjellene gradvis mindre med årene, og ved 17 års alder måler utvalget i Eisenmann, Pivarnik, Malina, (2001) sin studie, 5% høyere enn vårt utvalg (*tabell 4 & 9*). Guttene hadde en stabil relativ VO<sub>2maks</sub> fra 12 til 17 års alder, de opplevde imidlertid en signifikant økning ved 14 års alder sammenlignet med relativ VO<sub>2maks</sub> ved 12 års alder ( $p < 0,05$ )(*tabell 9*). Dette er også i overensstemmelse med andre studier, men med høyere verdier av VO<sub>2maks</sub> sammenlignet med utrente (Armstrong, 2013; Armstrong & Welsman, 1994; Bar-Or og Rowland, 2004; Fredriksen et al., 1998; Gursel, 2004; Krahenbuhl et al., 1985; Pate, 2007; Pedersen & Saltin, 2006) (*figur 9 & 10*). Eisenmann, Pivarnik, Malina, (2001) rapporterer om en VO<sub>2maks</sub> på mellom 60,8-67,5 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> for trente gutter fra 12 til 17 års alder. Vårt utvalg målte mellom 59,8-64,3 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> (*tabell 9*). Forskjellene i VO<sub>2maks</sub> mellom studiene var  $\leq 2,5\%$  fra 12 til 16 års alder. Ved 17 års alder målte vårt utvalg 11,4% lavere enn

utvalget i Eisenmann, Pivarnik, Malina, (2001) . For relativ  $VO_{2maks}$  ser vi større forskjeller mellom trent og utrent og resultatene er mer i samsvar med andre trente (Eisenmann, Pivarnik, Malina, 2001).

Jentene hadde en økning på 25,7% i absolutt  $VO_{2maks}$  fra 12 til 16 år. Vi observerte en signifikant økning fra 12 til 14 år og fra 15 til 16 år ( $p < 0,05$ ), med størst økning fra 12 til 13 år (*tabell 9*). Fra 14 til 15 år og fra 16 år til 17 år var absolutt  $VO_{2maks}$  uendret. For jenter rapporteres det om en gradvis økning, men med utvikling av et platå eller delvis nedgang i perioden 13-15 år (Armstrong & Welsmann, 1994; Beunen & Malina, 2011; Krahenbuhl et al., 1985). Vi fant et noenlunde likt utviklingsmønster, med en avflatning ved 15 og 17 års alder (*figur 9, tabell 9*). Flere studier viser til en  $VO_{2maks}$  på  $\sim 1,8-1,9 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  for 12 år gamle utrente jenter (Armstrong, 1991, 2001; Rowland et al., 2000; Krahenbuhl et al., 1985) og  $2,28 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  for trente jenter (Eisenmann, Pivarnik, Malina, 2001). Jentene i den foreliggende studien målte  $2,5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  ved tilsvarende alder. Sammenlignet med disse studiene måler vårt utvalg 22,5-27,7% høyere enn utrente ved alle aldre (*tabell 1 & 9*) og 8,4% høyere enn trente. Sammenlignet med studien til Eisenmann, Pivarnik, Malina, (2001) er forskjellene større ved 13 års alder (24%), med gradvis reduksjon i forskjellene ved økende alder. Ved 17 års alder er forskjellene 7,6% (*tabell 1 & 9*). Jentene hadde en stabil relativ  $VO_{2maks}$  frem til 13 års alder (*tabell 9*). Fra 14 års alder observerte vi et lineært fall frem til 17 års alder ( $p < 0,05$ ). Dette er ulikt fra flere studier, som rapporterer om et lineært fall allerede fra 5 års alder (Krahenbuhl et al., 1985; Pedersen & Saltin, 2006).  $VO_{2maks}$  relativ til kroppsvekt er høyere i vårt utvalg enn for utrente jenter i andre studier (Gursel, 2004; Impertone, 2006; Krahenbuhl et al., 1985; Pate, 2007; Pedersen & Saltin, 2006; Rowland, 2000). Eisenmann, Pivarnik, Malina, (2001) rapporterer om  $VO_{2maks}$  på  $51,8-57,9 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  for trente jenter fra 12 til 17 år. Vårt utvalg målte mellom  $46,6-56,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Forskjellene i  $VO_{2maks}$  mellom studiene var  $\leq 4,2\%$  fra 12 til 14 års alder. Fra 15 til 17 års alder målte vårt utvalgt 10,4-11,5% lavere. I studien til Eisenmann, Pivarnik, Malina, 2001 sees også et lineært fall, men fra 15 års alder. Dette kan tyde på at trente opplever et lineært fall på et senere tidspunkt enn utrente.

For de ulike gruppene ved 12 års alder, har kontrollgruppen for både jentene og guttene en signifikant lavere relativ og absolutt  $VO_{2maks}$  enn de idrettsaktive barna ( $p < 0,05$ )(*tabell 10*). Absolutt  $VO_{2maks}$  er 24,4 prosent lavere hos kontrollgruppen kontra langrennsgruppen og 35% lavere enn hos fotballgruppen. For relativ  $VO_{2maks}$  måler kontrollgruppen 23,8% lavere enn langrennsgruppen og 29,5% lavere enn fotballgruppen. For jentene har kontrollgruppen

32,9% lavere absolutte  $VO_{2maks}$  enn langrenns gruppen. Relativ  $VO_{2maks}$  er 26,6 % lavere hos kontrollgruppen kontra håndballgruppen og 23,7% lavere sammenlignet med langrenns gruppen.

Som nevnt under i kap.2.3.2 og vist i *tabell 2* er det en viss treningseffekt av  $VO_{2maks}$  for barn og ungdom i puberteten (Bogdanis et al., 2007; Danis et al., 2003; Eliakim et al., 1996; Plank et al., 2005; Støedefalke et al., 2000; Vamvakoudis et al., 2007; Vehrs et al., 2007). Det rapporteres også om betydelige forskjeller mellom trente og utrente (Dencker et al., 2006, 2007; Gursel et al., 2004; Impertone et al., 2006; Pate et al., 2006; Rowland et al., 2000; Vinet et al., 2003). En signifikant ( $p < 0,001$ ) liten til moderat korrelasjon mellom  $VO_{2maks}$  ( $l \cdot \text{min}^{-1} / \text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) og treningstimer ved 12 års alder (*figur 10*) ble observert. Dette kan tyde på en viss treningseffekt av  $VO_{2maks}$  for gutter og jenter gjennom pubertetsforløpet. Enkelte hevder at utviklingen av  $VO_{2maks}$  for barn og unge i puberteten er lik det som er rapportert for voksne når treningsvolumet og intensiteten er høy (Manna, 2014). Andre hevder derimot at barn har en treningseffekt, men at den er mindre enn hos voksne (Pate & Ward, 1990; Sady, 1986). For å øke  $VO_{2maks}$  er det foreslått minst to treningsøkter i uken med  $\geq 20$  minutters varighet på minst moderat intensitet ( $>160 \text{ HF}_{maks}$ ) (Helmantel, Elferink-Gemser, Visscher, 2009; Vargas & Jiménez, 2015). Kortvarige treningsprogrammer har ikke vist signifikant effekt på  $VO_{2maks}$  på pre-pubertale barn (Hayes et al., 2013; Rowland, 1994). Mekanismene bak den observerte treningseffekten av  $VO_{2maks}$  hos ungdommer i puberteten er uklar, men Hayes et al. (2013) foreslår at det kan tilskrives trenbarhet av det kardiovaskulære systemet. Likevel står vekst og modning for den største økningen av  $VO_{2maks}$  (Helmantel, Elferink-Gemser, Visscher, 2009; LeMura et al., 1999).

Det finnes en moderat mengde forskning om trenbarhet av  $VO_{2maks}$  hos barn og unge. Likevel er fortsatt mye uklart, mest på grunn av konfunderende faktorer forbundet med pubertetsutvikling og studienes metodiske design. Mange av studiene som viser en signifikant økning av  $VO_{2maks}$  har vært tverrsnittsstudier, og effekten av vekst og utvikling kan derfor ha maskert bidraget fra trening. Det vil være fordelaktig med flere metodisk gode longitudinelle studier for å identifisere bidraget av vekst og modning på utvikling av aerob kapasitet. Det bør gjennomføres objektiv måling av treningsvolum og treningsintensitet, standardisering av testprotokoll (ergometersykkel eller tredemølle) og kartlegging av pubertetsstatus. I tillegg vil bruk av en tilnærmet lik kontrollgruppe, være nødvendig for å kunne konkludere.

## 10.0 Metodiske vurderinger

### 10.1 Utvalg

For å bli inkludert i analysene måtte forsøkspersonene ha fullstendige målinger for alle variablene ved den aktuelle alder. I den foreliggende oppgaven ble 24-27 av 30 jenter og 15-19 av 22 gutter inkludert i analysene. Selv om variablene ble tolket som normalfordelt, kan det ikke utelukkes at forsøkspersonene som ble ekskludert en alder, med inklusjon det påfølgende år, bidro til en ikke reell økning/nedgang. Dette ble likevel vurdert som lite trolig, ettersom utvalget ble sjekket for uteliggere. Frafallet var også forholdsvis lite. For gruppene ved 12 års alder, ble forsøkspersonene inkludert selv om de manglet enkelte målevariabler, da dette kun var analyser av et tverrsnitt. Studien baserte seg på frivillig deltagelse, det kan derfor tenkes at dette er en homogen gruppe som hadde personlig interesse av målingene som ble foretatt og dermed skiller seg fra andre idrettsaktive ungdommer. Deltagerne er kun rekruttert fra Oslo og Akershus, studiens resultater gir derfor et snevert bilde som ikke kan generaliseres på befolkningsnivå.

Det er så vidt meg bekjent ingen studier som har fulgt ungdommers utvikling av pustereserve longitudinelt over så lang tid i puberteten. Det finnes generelt få til ingen studier som har undersøkt pustereserve hos barn og ungdom. Dette medfører at sammenligning med andre studier har vært problematisk og nesten umulig. For lungefunksjon og maksimalt oksygenopptak, er det også få til ingen longitudinelle studier av norske ungdommer. Det er dermed brukt tverrsnittstudier og utenlandske studier i sammenligningen med våre resultater. Den foreliggende studien har flere svakheter. En svakhet er at det ikke er foretatt noen styrkeberegning for hvor mange forsøkspersoner som behøves for å finne signifikante endringer i PR. En annen svakhet er mangel på mål av biologisk alder, dette gjør det vanskelig å vite om eventuelle endringer i de ulike variablene skyldes trening eller naturlig vekst og modning (Armstrong et al., 2015; Cotes, Chinn, Miller, 2006; McNarry & Jones, 2014). Vi har heller ikke inkludert en kontrollgruppe i oppfølgingsstudien. Dette kunne gitt et godt sammenligningsgrunnlag mellom idrettsaktive ungdommer og ungdommer som ikke trener regelmessig. Dette ville også vært fordelaktig for å kunne identifisere bidraget av vekst og modning på utvikling av de ulike variablene. Antall treningstimer er basert på subjektive

målinger (*vedlegg 3*) og det foreligger ingen objektive målinger av treningsintensitet. Flere av deltakerne sluttet med organisert idrett og noen deltok i annen aktivitet eller flere idretter gjennom prosjektperioden, det er således stor variasjon i antall treningstimer blant deltakerne.

## 10.2 Testprosedyre

Spirometri ansees som gullstandard innen måling av lungefunksjon (Miller et al., 2005). Målingen av lungefunksjon ble utført etter grundig opplæring, og etter gjeldende internasjonale retningslinjer, for å sikre så reliable og nøyaktige målinger som mulig (Miller et al., 2005; Jensen, 2005). Maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ ) ble direkte målt ved indirekte calorimetri, noe som også ansees som gullstandard (Kolle et al., 2009; Santtila et al., 2013). Målefeil kan likevel ikke utelukkes, for å minimere sjansen for målefeil ble alle måleinstrumentene kontrollert og kalibrert i henhold til protokoll i forkant av testene. Vi brukte tredemølle som testergometer, noe som gir et mer naturlig bevegelsesmønster ut ifra inkluderte idretter og høyere  $VO_{2maks}$  enn ergometersykkel (Armstrong & Welsman, 1994). Det ble i tillegg benyttet en testprotokoll (Osloprotokollen) som er utarbeidet for barn og unge (Fredriksen et al., 1998). Det mest essensielle er likevel at FP evner å utøve testene med maksimal innsats (McArdle, Katch & Katch, 2010). Ettersom studien hadde et longitudinelt design, kan det tenkes at FP opplevde en læringseffekt gjennom studiens forløp og således en forbedring på grunn av dette. En styrke ved studien er at det ble benyttet kompetent testpersonell i utførelsen og instruering av de ulike testene. Selv om testpersonellet var godt opplært og kvalifisert, var det flere testledere som testet barna. Dette kan ha påvirket resultatene gjennom ulik formidling av teknikk og utførelse, vurdering av godkjent test samt ulikt samspill mellom testleder og FP (Laake et al., 2008; Otter et al., 1997; White, 2004).



## 11.0 Konklusjon

Idrettsaktive barn og ungdommer har en lav pustereserve (PR) gjennom hele puberteten. Utviklingen av lungefunksjon ( $FEV_1$  og FVC) og maksimalt oksygenopptak ( $VO_{2maks}$ ) for vårt utvalg samsvarer med eksisterende litteratur, med noe forhøyede verdier av  $VO_{2maks}$  for idrettsaktive sammenlignet med ikke idrettsaktive. Det var ingen forskjeller i PR mellom idrettsaktive barn og ungdommer sammenlignet med ikke idrettsaktive kontroller ved 12 års alder.  $H_0a$  bekreftes,  $H_1a$  forkastes. Våre resultater indikerer at trening kan påvirke utvikling av  $VO_{2maks}$ .

## 12.0 Referanseliste

- Akabas, S. R., Bazy, A. R., DiMauro, S., & Haddad, G. G. (1989). Metabolic and functional adaptation of the diaphragm to training with resistive loads. *Journal of Applied Physiology*, 66(2), 529-535.
- Ali, J., Summer, W. R., & Levitzky, M. G. (Eds.). (2005). *Pulmonary pathophysiology*. McGraw Hill Professional.
- American College of Sports Medicine. (2013). ACSM's health-related physical fitness assessment manual: Lippincott Williams & Wilkins.
- American Thoracic Society. (2003). ATS/ACCP statement on cardiopulmonary exercise testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 167(2), 211.
- Andersen, K. L., Rutenfranz, J., Seliger, V., Ilmarinen, J., Berndt, I., Kylian, H., & Ruppel, M. (1984). The growth of lung volumes affected by physical performance capacity in boys and girls during childhood and adolescence. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 52(4), 380-384.
- Andrew, G. M., Becklake, M. R., Guleria, J. S., & Bates, D. V. (1972). Heart and lung functions in swimmers and nonathletes during growth. *Journal of Applied Physiology*, 32(2), 245-251.
- Armstrong, N. (2013). Aerobic fitness and physical activity in children. *Pediatr Exerc Sci*, 25(4), 548-560.
- Armstrong, N., & Barker, A. R. (2010). Endurance Training and Elite Young Athletes. *The Elite Young Athlete Medicine and Sport Science*, 59-83. doi:10.1159/000320633
- Armstrong, N., Kirkby, B. J., McManus, A. M., Welsman, J. R. (1995). Aerobic fitness of prepubescent children. *Annals of Human Biology*, 22(5), 427-441.
- 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.
- Armstrong, N., & Welsman, J. R. (1994). Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescent. *Exerc Sport Sci Rev*, 22, 435-476.
- Armstrong, N., & Welsman, J. R., & 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. (1997). *Young People and Physical Activity*, Oxford University Press, Oxford.

- 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., & 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.
- Bailey, D. A., Malina, R. M., & Rasmussen, R. L. (1978). The influence of exercise, physical activity, and athletic performance on the dynamics of human growth. In *Human Growth* (pp. 475-505). Springer, Boston, MA.
- 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. *British Journal of Sports Medicine*, 45(6), 498-503.
- Bar-Or, O., & Rowland, T. W. (2004). *Pediatric Exercise Medicine: from physiologic principles to health care application*. Human Kinetics.
- 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.
- Baquet, G., Van Praagh, E., & Berthoin, S. (2003). Endurance training and aerobic fitness in young people. *Sports Medicine*, 33(15), 1127-1143.
- Baxter-Jones, A. D. G., Helms, P., Maffulli, N., Baines-Preece, J. C., & Preece, M. (1995). Growth and development of male gymnasts, swimmers, soccer and tennis players: a longitudinal study. *Annals of Human Biology*, 22(5), 381-394.
- Becklake, M. R., & Kauffmann, F. (1999). Gender differences in airway behaviour over the human life span. *Thorax*, 54(12), 1119-1138.
- Berglund, E., Birath, G., Bjure, J., Grimby, G., Kjellmer, I., Sandqvist, L., & Söderholm, B. (1963). Spirometric studies in normal subjects I: forced expirograms in subjects between 7 and 70 years of age. *Acta Medica Scandinavica*, 173(2), 185-192.
- 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.
- Binder, R. E., Mitchell, C. A., Schoenberg, J. B., & Bouhuys, A. (1976). Lung function among black and white children. *American Review of Respiratory Disease*, 114(5), 955-959.

- Bogdanis, G. C., Ziagos, V., Anastasiadis, M., & Maridaki, M. (2007). Effects of two different short-term training programs on the physical and technical abilities of adolescent basketball players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *10*(2), 79-88.
- Bouchard, C., An, P., Rice, T., Skinner, J. S., Wilmore, J. H., Gagnon, J., ... & Rao, D. C. (1999). Familial aggregation of  $\text{Vo}_{2\text{max}}$  response to exercise training: results from the HERITAGE Family Study. *Journal of Applied Physiology*, *87*(3), 1003-1008.
- Bouchard, C., Daw, E. W., Rice, T., Pérusse, L., Gagnon, J., Province, M. A., ... & Wilmore, J. H. (1998). Familial resemblance for  $\text{VO}_{2\text{max}}$  in the sedentary state: the HERITAGE family study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *30*(2), 252-258
- Bouchard, C., Malina, R. M., & Pérusse, L. (1997). *Genetics of Fitness and Physical Performance*. Human Kinetics.
- Bourke, S. J., & Burns, G. P. (2011). *Respiratory medicine: lecture notes* (No. Ed. 8). John Wiley & Sons.
- Budowick, M., Bjålie, G. J., Rolstad, B., Toverud, C. K. (1992). *Anatomisk ATLAS*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Campbell, S. C. (1982). A comparison of the maximum voluntary ventilation with the forced expiratory volume in one second: an assessment of subject cooperation. *Journal of Occupational Medicine.: official publication of the Industrial Medical Association*, *24*(7), 531-533.
- Carey, C. R., Schaefer, K. E., & Alvis, H. J. (1956). Effect of skin diving on lung volumes. *Journal of Applied Physiology*, *8*(5), 519-523.
- Cerny, F. J. (1987). Breathing pattern during exercise in young black and Caucasian subjects. *Journal of Applied Physiology*, *62*(6), 2220-2223.
- Clanton, T.L., Dixon, G.F., Drake, J., & Gadek, J.E. (1987). Effects of swim training on lung volumes and inspiratory muscle conditioning. *Journal of Applied Physiology*, *62*(1), 39-46.
- Cleuziou, C., Lecoq, A. M., Candau, R., Courteix, D., Guenon, P., & Obert, P. (2002). Kinetics of oxygen uptake at the onset of moderate and heavy exercise in trained and untrained prepubertal children. *Science & Sports*, *17*(6), 291-296.
- Chinn, D. J., Cotes, J. E., & Reed, J. W. (1996). Longitudinal effects of change in body mass on measurements of ventilatory capacity. *Thorax*, *51*(7), 699-704.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. New York, NY: Routledge Academic
- Cole, T. J., Flegal, K. M., Nicholls, D., & Jackson, A. A. (2007). Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: international survey. *BMJ*, *335*(7612), 194.

- Cook, C.D., Helliesen, P.J., Agathon, S. (1958). Relations between mechanics of respiration, lung size and body size from birth to young adulthood. *J Appl Physiol* 13;349-352
- Cooper, C. B., & Storer, T. W. (2010). *Exercise testing and interpretation: a practical approach*. United State of America: Cambridge University Press, New York.
- Cooper, D. M., Weiler-Ravell, D., Whipp, B. J., & Wasserman, K. (1984). Aerobic parameters of exercise as a function of body size during growth in children. *Journal of Applied Physiology*, 56(3), 628-634.
- Cordain, L., Tucker, A., Moon, D., & Stager, J. M. (1990). Lung volumes and maximal respiratory pressures in collegiate swimmers and runners. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 61(1), 70-74.
- Cotes, J.E., Chinn, D.J., & Miller, M.R. (2006). *Lung function: physiology, measurement and application in medicine*. John Wiley & Sons.
- Cotes, J. E., Dabbs, J. M., Daley, C., Hall, A. M., Johnson, G. R., Reed, J. W., & Saunders, M. J. (1971). Above-average exercise capacity in competition cyclists; relationship to body muscle. *The Journal of Physiology*, 218, 63P.
- Courteix, D., Obert, P., Lecoq, A. M., Guenon, P., & Koch, G. (1997). Effect of intensive swimming training on lung volumes, airway resistances and on the maximal expiratory flow-volume relationship in prepubertal girls. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 76(3), 264-269.
- Créée, C. P., Sorichter, S., Smith, H. J., Kardos, P., Merget, R., Heise, D., ... & Mitfessel, H. (2011). Body plethysmography—its principles and clinical use. *Respiratory medicine*, 105(7), 959-971.
- Cubero, G. I., Batalla, A., Reguero, J. R., Barriales, R., Gonzalez, V., De la Iglesia, J. L., & Terrados, N. (2000). Left ventricular mass index and sports: the influence of different sports activities and arterial blood pressure. *International Journal of Cardiology*, 75(2), 261-265.
- Cunningham, D. A., MacFarlane, B., Watershoot, V., Paterson, D. H., Lefcoe, M., Sangal, S. P. (1977). Reliability and reproducibility of maximal oxygen uptake measurement in children. *Medicine and Sci in Sports*, 9: 104-8.
- Dahl, H. A., & Rinvik, E. (2007). *Menneskets funksjonelle anatomi*. Utgave. Oslo: JW Cappelen Forlag.
- Dallman, P. R., & Siimes, M. A. (1979). Percentile curves for hemoglobin and red cell volume in infancy and childhood. *The Journal of Pediatrics*, 94(1), 26-31.
- Danis A, Kyriazis Y, Klissouras V (2003) The effect of training in male prepubertal and pubertal monozygotic twins. *European Journal of Applied Physiology* 89: 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. *Journal of Applied Physiology*, 95(5), 1901-1907.
- DeGroot, 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(2), 102-108
- Dencker, M., Thorsson, O., Karlsson, M. K., Lindén, C., Eiberg, S., Wollmer, P., & Andersen, L. B. (2007). Gender differences and determinants of aerobic fitness in children aged 8–11 years. *European Journal of Applied Physiology*, 99(1), 19-26.
- Dencker, M., Thorsson, O., Karlsson, M. K., Lindén, C., Svensson, J., Wollmer, P., & Andersen, L. B. (2006). Daily physical activity and its relation to aerobic fitness in children aged 8–11 years. *European Journal of Applied Physiology*, 96(5), 587-592.
- DiFiore, J.W., Wilson, J.M. (1994). Lung development. *Semin. Pediatr. Surg.* 3. 221-232
- Doherty, M., & Dimitriou, L. (1997). Comparison of lung volume in Greek swimmers, land based athletes, and sedentary controls using allometric scaling. *British Journal of Sports Medicine*, 31(4), 337-341.
- Dunham, C., & Harms, C. A. (2012). Effects of high-intensity interval training on pulmonary function. *European Journal of Applied Physiology*, 112(8), 3061-3068.
- Eiberg, S., Hasselstrom, H., Grønfeltd, V., Froberg, K., Svensson, J., & Andersen, L. B. (2005). Maximum oxygen uptake and objectively measured physical activity in Danish children 6–7 years of age: the Copenhagen school child intervention study. *British Journal of Sports Medicine*, 39(10), 725-730.
- Eisenmann, J. C., Laurson, K. R., & Welk, G. J. (2011). Aerobic fitness percentiles for US adolescents. *American journal of preventive medicine*, 41(4), S106-S110.
- Eisenmann, J. C., Pivarnik, J. M., & Malina, R. M. (2001). Scaling peak V<sub>o2</sub> to body mass in young male and female distance runners. *Journal of Applied Physiology*, 90(6), 2172-2180.
- Eliakim, A., Brasel, J. A., Mohan, S., Barstow, T. J., Berman, N., & Cooper, D. M. (1996). Physical fitness, endurance training, and the growth hormone-insulin-like growth factor I system in adolescent females. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 81(11), 3986-3992.
- European Community Respiratory Health Survey II Steering Committee. The European Community respiratory health survey II. *Eur Respir J.* 2002;20:722-27
- Ferris Sr, B. G. (1978). American Thoracic Society Executive Committee: epidemiology standardization project. *Am Rev Respir Dis*, 118, 1-120.

- Forman, D. E., Myers, J., Lavie, C. J., Guazzi, M., Celli, B., & Arena, R. (2010). Cardiopulmonary exercise testing: relevant but underused. *Postgraduate medicine*, 122(6), 68-86.
- Fredriksen, P. M., Ingjer, F., Nystad, W., & Thaulow, E. (1998). Aerobic endurance testing of children and adolescents—a comparison of two treadmill-protocols. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 8(4), 203-207.
- Fulton, J. E., Pivarnik, J. M., Taylor, W. C., Snider, S. A., Tate, A. L., & Frankowski, R. F. (1995). Prediction of maximum voluntary ventilation (MVV) in African-American adolescent girls. *Pediatric Pulmonology*, 20(4), 225-233.
- Gardner, R. M. (1987). Standardization of spirometry: 1987 update. Official statement of the American Thoracic Society. *Am Rev Respir Dis*, 136, 1285-1298.
- Gaultier, C. L., Boule, M., Allaire, Y., Clement, A., & Girard, F. (1979). Growth of lung volumes during the first three years of life. *Bulletin europeen de physiopathologie respiratoire*, 15(6), 1103.
- Geithner, C. A., Thomis, M. A., Eynde, B. V., Maes, H. H., Loos, R. J., Peeters, M., ... & Beunen, G. P. (2004). Growth in peak aerobic power during adolescence. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(9), 1616-1624.
- Gilliam T.B., Freedson P.S. (1980) Effects of a 12-week school physical fitness program on peak V02, body composition and blood lipids in 7 to 9 year old children. *International Journal of Sports Medicine* 1, 73-78
- Giæver, P. (2008). *Lungesykdommer* (Vol. 2). Oslo: Universitetsforlaget.
- Giæver, P. (2015). *Lungesykdommer*. Universitetsforlaget AS. Oslo
- Gjerset, A., Nilsson, J., Helge, J. W., Enoksen, E., Raastad, T., Meen, H. D., . . . Beyer, N. (2015). *Idrettens treningslære* (Vol. 2). Oslo: Gyldendal undervisning.
- Godfrey, S. (1974). Exercise testing in children. London: W.B Saunders Company Ltd. S. 69.
- Green, R. H., Brightling, C. E., McKenna, S., Hargadon, B., Parker, D., Bradding, P., ... & Pavord, I. D. (2002). Asthma exacerbations and sputum eosinophil counts: a randomised controlled trial. *The Lancet*, 360(9347), 1715-1721
- Gulsvik A., Bakke P.A., *Lungesykdommer en basal innføring. 2. opplag* (2004).Fagbokforlaget, Bergen
- Gursel, Y., Sonel, B., Gok, H., & Yalcin, P. (2004). The peak oxygen uptake of healthy Turkish children with reference to age and sex: a pilot study. *Turkish Journal of Pediatrics*, 46(1), 38-43.
- Hagberg, J. M., Yerg 2nd, J. E., & Seals, D. R. (1988). Pulmonary function in young and older athletes and untrained men. *Journal of Applied Physiology*, 65(1), 101-105.

- Hamilton, P., & Andrew, G. M. (1976). Influence of growth and athletic training on heart and lung functions. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 36(1), 27-38
- Hancox, R. J., & Rasmussen, F. (2018). Does physical fitness enhance lung function in children and young adults?. *European Respiratory Journal*, 51(2), 1701374.
- Hayes, H. M., Eisenmann, J.C., Pfeiffer, K., Carlson J. J., (2013). Weight status, physical activity, and vascular health in 9- to 12-year-old children. *J Phys Act Health*; 10(2): 205-210.
- Heinicke, K., Wolfarth, B., Winchenbach, P., Biermann, B., Schmid, A., Huber, G., Friedmann, B. & Schmidt, W. (2001). Blood volume and hemoglobin mass in elite athletes of different disciplines. *Int J Sports Med*. 2001 Oct, 22(7), 504 – 12.
- Helmantel, A. J., Elferink-Gemse, M. T., & Visscher, C. (2009). Trainability of VO<sub>2</sub>max during childhood and adolescence. *Parte: <http://hdl.handle.net/10316.2/3165>*.
- Hibbert, M. E., Lannigan, A., Landau, L. I., & Phelan, P. D. (1989). Lung function values from a longitudinal study of healthy children and adolescents. *Pediatric pulmonology*, 7(2), 101-109.
- Howley, E. T., Bassett, D. R., & Welch, H. G. (1995). Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(9), 1292-1301.
- Hulzebos, E., Takken, T., Reijneveld, E. A., Mulder, M. M., & Bongers, B. C. (2018). Reference Values for Respiratory Muscle Strength in Children and Adolescents. *Respiration*, 95(4), 235-243.
- Imperatore, G., Cheng Y.L.J., Williams D.E., Fulton J., Gregg E.W., (2006) Physical activity, cardiovascular fitness, and insulin sensitivity among US adolescents - The National Health and Nutrition Examination Survey, 1999-2002. *Diabetes Care* 29: 1567- 1572.
- Jensen, R. (2005). Standardisation of spirometry. *European respiratory journal*, 26(2), 319-338.
- Johnson, B. D., Weisman, I. M., Zeballos, R. J., & Beck, K. C. (1999). Emerging concepts in the evaluation of ventilatory limitation during exercise: the exercise tidal flow-volume loop. *Chest*, 116(2), 488-503.
- Jones, A. M., & Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports medicine*, 29(6), 373-386. (denne kilden er ikke med, sjekk denne kilden)
- Katch, V. L. (1983). Physical conditioning of children. *Journal of Adolescent Health Care*, 3(4), 241-246.



- Kaufmann, D. A., Swenson, E. W., Fencel, J., & Lucas, A. (1974). Pulmonary function of marathon runners. *Medicine and Science in Sports*, 6(2), 114-117.
- Kenny, L. A., Robert, S., Sarwar, G., & Clark, S. C. (2013). Managing bronchial anastomotic complications—The influence of aspergillosis. *The Journal of Heart and Lung Transplantation*, 32(4), S266.
- Klas, J. V., & Dempsey, J. A. (1989). Voluntary Versus Reflex Regulation of Maximal Exercise Flow: Volume Loops 1-3. *The American Review of Respiratory Disease*, 139, 150-156.
- Knudson, R. J., Slatin, R. C., Lebowitz, M. D., & Burrows, B. (1976). The maximal expiratory flow-volume curve: normal standards, variability, and effects of age. *American Review of Respiratory Disease*, 113(5), 587-600.
- Kolle, E. (2009). *Physical activity patterns, aerobic fitness and body compositions in Norwegian children and adolescents: The Physical Activity among Norwegian Children Study*. Oslo: Norwegian School of Sport Sciences.
- Kor, A. C., Ong, K. C., Earnest, A., & Wang, Y. T. (2004). Prediction of the maximal voluntary ventilation in healthy adult Chinese subjects. *Respirology*, 9(1), 76-80.
- Krahenbuhl GS, Skinner JS, Kohrt WM (1985). Developmental aspects of maximal aerobic power in children. *Exercise and Sport Science* 13: 503-538
- Laake, P., Olsen, B, R & Benestad, H, B (Red). (2008). *Forskning i medisin og biofag, 2.utgave*. Gyldendal akademiske.
- Lakhera, S. C., Kain, T. C., & Bandopadhyay, P. (1994). Changes in lung function during adolescence in athletes and non-athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 34(3), 258-262.
- Lakhera, S. C., Kain, T. C., & Bandopadhyay, P. (1994). Lung function in middle distance adolescent runners. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 38, 117-117.
- Lazovic, B., Mazic, S., Suzic-Lazic, J., Djelic, M., Djordjevic-Saranovic, S., Durmic, T., ... & Zugic, V. (2015). Respiratory adaptations in different types of sport. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 19(12), 2269-74.
- Leith, D. E., & Bradley, M. (1976). Ventilatory muscle strength and endurance training. *Journal of Applied Physiology*, 41(4), 508-516
- 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.
- Linstad, A, P. (2016). *Utvikling av kardiorespiratorisk form og kroppssammensetning i puberteten hos jenter og gutter som trener regelmessig håndball og fotball*. NIH, Oslo

- Mahler, D. A., Moritz, E. D., & Loke, J. (1981). Exercise performance in marathon runners with airway obstruction. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 13(5), 284-289.
- Mahler, D. A., Moritz, E. D., & Loke, J. (1982). Ventilatory responses at rest and during exercise in marathon runners. *Journal of Applied Physiology*, 52(2), 388-392.
- Malina, R. M., & Bouchard, C., Bar--Or, O. (2004). *Growth, Maturation and Physical Activity. Human Kinetics*.
- Manna, I. (2014). Growth development and maturity in children and adolescent: relation to sports and physical activity. *American Journal of Sports Science and Medicine*, 2(5A), 48-50.
- Martin, T. R., Castile, R. G., Fredberg, J. J., Wohl, M. E., & Mead, J. (1987). Airway size is related to sex but not lung size in normal adults. *Journal of Applied Physiology*, 63(5), 2042-2047
- Mansell, A., Bryan, D., and Levison, H. (1972). Airway closure in children. *Journal of Applied Physiology*, 33, 711-714
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2010). *Exercise physiology: Nutrition, energy and human performance (Vol. 7)*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- McConnell, T. R. (1988). Practical Considerations in the Testing of  $\dot{V}O_2$  max in Runners. *Sports Medicine*, 5(1), 57-68.
- McNarry, M., & Jones, A. (2014). The influence of training status on the aerobic and anaerobic responses to exercise in children: A review. *European journal of sport science*, 14(sup1), S57-S68.
- Meen, H. D. (2000). Fysisk aktivitet hos barn og unge i relasjon til vekst og utvikling. *Tidsskrift for Den norske legeforening*, 120(24), 2908-2914.
- Menezes, A. M., Wehrmeister, F. C., Muniz, L. C., Perez-Padilla, R., Noal, R. B., Silva, M. C., ... & Hallal, P. C. (2012). Physical activity and lung function in adolescents: the 1993 Pelotas (Brazil) birth cohort study. *Journal of Adolescent Health*, 51(6), S27-S31.
- Michalsik, L & Bangsbo, J. (2004). *AEROB och ANAEROB träning*. SISU idrottsböcker, Stockholm.
- Miller, M. R., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A...Wanger, J. (2005). Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal*. 26, 319 – 338. Doi: 10.1183/09031936.05.00034805
- Murray, J. F. (1986). *The normal lung: the basis for diagnosis and treatment of pulmonary disease*. WB Saunders Company.
- National Heart, Lung and Blood Institute. (2012). Retrieved from <https://www.nhlbi.nih.gov/health/health-topics/topics/hlw/system>

- Nève, V., Girard, F., Flahault, A., & Boulé, M. (2002). Lung and thorax development during adolescence: relationship with pubertal status. *European respiratory journal*, 20(5), 1292-1298.
- Nourry, C., Fabre, C., Bart, F., Grosbois, J. M., Berthoin, S., & Mucci, P. (2004). Evidence of exercise-induced arterial hypoxemia in prepubescent trained children. *Pediatric Research*, 55(4), 674.
- 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. *European Journal of Clinical Investigation*, 33(3), 199-208.
- Orenstein, D. M. (1993). Assessment of exercise pulmonary function. *Pediatric Laboratory Exercise Testing*, 141-163.
- Otter, J, J, D., Knitel, M., Akkermans, R, P, M., Van Schayck, C, P., Folgering, H, T, M & Van Weel, C. (1997). Spirometry in general practice: the performance of practice assistants scored by lung function technicians. *British Journal of General Practice*. 47, 41 - 42. Hentet 05. Oktober 2018 fra <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1312874/>
- 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), 1005-1012.
- Pate, R. R., & Ward, D. S. (1990). Endurance exercise trainability in children and youth. *Advances in Sports Medicine and Fitness*, 3, 37-55.
- Pedersen B.K., Saltin B. (2006) Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scand J Med Sci Sports*: 16: 3–63
- Pellegrino, R., Viegi, G., Brusasco, V., Crapo, R.O., Burgos, F., Casaburi, R. ... & Wanger, J. (2005). Interpretative strategies for lung function tests. *European Respiratory Journal*, 26(5), 948-968.
- Pettersen, S. A., Fredriksen, P. M., & Ingjer, F. (2001). The correlation between peak oxygen uptake (VO<sub>2</sub>peak) and running performance in children and adolescents. Aspects of different units. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 11(4), 223-228.
- Piccioni, P., Tassinari, R., Carosso, A., Carena, C., Bugiani, M., & Bono, R. (2015). Lung function changes from childhood to adolescence: a seven-year follow-up study. *BMC Pulmonary Medicine*, 15(1), 31.
- Plank D.M., Hipp M.J., Mahon A.D., (2005) Aerobic exercise adaptations in trained adolescent runners following a season of cross-country training. *Research in Sports Medicine* 13: 273-286.

- Poole, D. C & Jones, A. M. (2005). *Oxygen uptake kinetics in sports, exercise and medicine*. New York: Routledge.
- Powers, S. K., Howley, E. T. (2003) *Exercise physiology, theory and applications to fitness and performance, 5th edition*. New York: McGraw-Hill.
- Reuschlein, P.S., Reddan, W.G., Burpee, J., Gee, J.B., & Rankin, J. (1968). Effect of physical training on the pulmonary diffusing capacity during submaximal work. *Journal of Applied Physiology*, 24(2), 152-158.
- Rivera-Brown, A. M., & Frontera, W. R. (1998). Achievement of plateau and reliability of VO<sub>2</sub>max in trained adolescents tested with different ergometers. *Pediatric Exercise Science*, 10(2), 164-175.
- Robbins D, Enright P, Sherrill D. (1995) Lung function development in young adults: is there a plateau phase? *Eur Respir J*;8:768–72
- Roberts, F. L., & Crabtree, J. A. (1927). The vital capacity of the Negro child. *Journal of the American Medical Association*, 88(25), 1950-1952.
- Robinson, E. P., & Kjeldgaard, J. M. (1982). Improvement in ventilatory muscle function with running. *Journal of Applied Physiology*, 52(6), 1400-1406
- Romer LM, McConnell AK. (2003). Specificity and reversibility of inspiratory muscle training. *Med Sci Sports Exerc*, 35:237.
- Rosenthal, M., Bain, S. H., Cramer, D., Helms, P., Denison, D., Bush, A., & Warner, J. O. (1993). Lung function in white children aged 4 to 19 years: I-- Spirometry. *Thorax*, 48(8), 794-802.
- Ruppel G. L. (1991). *Manual of Pulmonary Function Testing*. St. Louis: Mosby Year-book, Inc., 39-72;379.
- 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*, 25(6), 689-693.
- Rowland, T. W. (1994). Effect of prolonged inactivity on aerobic fitness of children. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 34(2), 147-155.
- Rowland, T. W. (2002). On being a metabolic nonspecialist. *Pediatr. Exerc. Sci.*, 14(4), 315-320
- Rowland, T. W. (2005). *Children's exercise physiology* (2nd. ed. ed). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Rowland, T. W., & American College of Sports Medicine (Eds.). (2017). *Cardiopulmonary Exercise Testing in Children and Adolescents*. Human Kinetics.

- Rowland, T. W., Goff, D., Martel, L., & Ferrone, L. (2000). Influence of cardiac functional capacity on gender differences in maximal oxygen uptake in children. *Chest*, 117(3), 629-635.
- Sady, S. P. (1986). Cardiorespiratory exercise training in children. *Clinics in Sports Medicine*, 5(3), 493-514.
- Sand, O., Sjaastad, Ø, V & Haug, E. (2014). *Mennesket fysiologi (2. Utg)*. Oslo, Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Santtila, M., Häkkinen, K., Pihlainen, K., & Kyröläinen, H. (2013). Comparison between direct and predicted maximal oxygen uptake measurement during cycling. *Military Medicine*, 178(2), 234-238.
- Schibye, B. Klausen, K. (2005). *Menneskets fysiologi. Hvile og arbejde*. FADL'S forlag: København.
- Schmidt, W., & Prommer, N. (2008). Effects of various training modalities on blood volume. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 18(s1), 57-69.
- Schutte, N. M., Nederend, I., Hudziak, J. J., Bartels, M., & de Geus, E. J. (2016). Twin-sibling study and meta-analysis on the heritability of maximal oxygen consumption. *Physiological Genomics*, 48(3), 210-219.
- Schwartz, J., Katz, S. A., Fegley, R. W., & Tockman, M. S. (1988). Sex and Race Differences in the Development of Lung Function 1-5. *Am Rev Respir Dis*, 138, 1415-1421.
- Simoneau, J. A., & Bouchard, C. (1995). Genetic determinism of fiber type proportion in human skeletal muscle. *The FASEB Journal*, 9(11), 1091-1095.
- Sonne, L. J., & Davis, J. A. (1982). Increased exercise performance in patients with severe COPD following inspiratory resistive training. *Chest*, 81(4), 436-439
- Staats, B. A., Grinton, S. F., Mottram, C. D., Driscoll, D. J., & Beck, K. C. (1993). Quality control in exercise testing. *Progress in Pediatric Cardiology*, 2(2), 11-17.
- 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.
- Stransky, A. W., Mickelson, R. J., Van Fleet, C., & Davis, R. (1979). Effects of a swimming training regimen on hematological, cardiorespiratory and body composition changes in young females. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 19(4), 347.
- Taylor, H. L., Buskirk, E., & Henschel, A. (1955). Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *Journal of Applied Physiology*, 8(1), 73-80.

- Thevenet, D., Tardieu-Berger, M., Berthoin, S., & Prioux, J. (2007). Influence of recovery mode (passive vs. active) on time spent at maximal oxygen uptake during an intermittent session in young and endurance-trained athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 99(2), 133-142.
- Thompson, A. M., & Baxter-Jones, A. D. (2002). Endurance training in young female athletes. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 10(1), 33-41.
- Tolfrey, K., Barker, A., Thom, J. M., Morse, C. I., Narici, M. V., & Batterham, A. M. (2006). Scaling of maximal oxygen uptake by lower leg muscle volume in boys and men. *Journal of Applied Physiology*, 100(6), 1851-1856.
- Toma, N., Bicescu, G., Enache, R., Dragoi, R., & Cinteza, M. (2010). Cardiopulmonary exercise testing in differential diagnosis of dyspnea. *Mædica*, 5(3), 214.
- Vamvakoudis E., Vrabas I.S., Galazoulas C., Stefanidis P., Metaxas T.I., Mandroukas K. (2007). Effects of basketball training on maximal oxygen uptake, muscle strength, and joint mobility in young basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 21: 930-936
- Vargas, P. C., & Jiménez, J. M. (2015). A meta-analysis on the effects of exercise training on the VO<sub>2</sub>max in children and adolescents. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (27), 184-187.
- Vehrs P.R., Keller D.M., George J.D., Hager R.L., Fellingham G.W., (2007) Monitoring VO<sub>2</sub>- max during fourteen weeks of endurance training using the CardioCoach. *Journal of Strength and Conditioning Research* 21: 62-66
- 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. (2000). New Ideas on Limitations to [latin capital V with dot above] o<sub>2</sub>max. *Exercise and sport sciences reviews*, 28(1), 10-14.
- Wang, X., Dockery, D. W., Wypij, D., Fay, M. E., & Ferris Jr, B. G. (1993). Pulmonary function between 6 and 18 years of age. *Pediatric Pulmonology*, 15(2), 75-88.
- Wasserman, K., Hansen, J. E., Sue, D. Y., Stringer, W. W., Sietsema, K. E., Sun, X.-G., & Whipp, B. J. (2012). *Exercise Testing and Interpretation: Including pathophysiology and clinical applications (Vol. 5)*. Philadelphia, United States of America: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer.
- Wassermann, K., Hansen, J. E., Sue, D. Y., Stringer, W. W., & Whipp, B. J. (2005). *Exercise Testing and Interpretation: including pathophysiology and clinical applications (4th ed.)*. Philadelphia, USA: Lippincott Williams & Wilkins.

- Wasserman, K., Whipp, B.J. (1975). Exercise physiology in healthy and disease. *Am Rev Respir Dis.* 112(2): 219-49
- Wedderkopp, N., Froberg, K., Hansen, H. S., & Andersen, L. B. (2004). Secular trends in physical fitness and obesity in Danish 9-year-old girls and boys: Odense School Child Study and Danish substudy of the European Youth Heart Study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 14(3), 150-155.
- Weisman, I. M., & Zeballos, R. J. (1994). An integrated approach to the interpretation of cardiopulmonary exercise testing. *Clinics in Chest Medicine*, 15(2), 421-445.
- West, J. B. (2008). *Respiratory Physiology: the essentials.* (8. Utgave). Lippincott Williams & Wilkins PA Philadelphia USA
- White, P. (2004). Spirometry and peak expiratory flow in the primary care management of COPD. *Primary Care Respiratory Journal.* 13, 5 – 8. Doi: 10.1016/j.pcrj.2003.11.009
- WHO (1995). The Use and Interpretation of Anthropometry: Report of a World Health Organization (WHO) Expert Committee. *Geneva, Switzerland: World Health Organization.*
- Zapletal, A., Paul, T., & Samanek, M. (1976). Pulmonary elasticity in children and adolescents. *Journal of applied physiology*, 40(6), 953-961.
- Zapletal, A., Šamánek, M., & Paul, T. (1987). *Lung function in children and adolescents: methods, reference values.* Karger
- Åstrand, P. O., Rodahl, K., Dahl, H. A., & Strømme, S. B. (2003). *Textbook of work physiology: physiological bases of exercise* (4 ed). Human Kinetics.

## Vedlegg

### Vedlegg. 1 Forespørsel om deltakelse i forskningsstudien



#### **Forespørsel om å delta i en forskningsstudie: Endring i fysisk form, lungefunksjon og kroppssammensetning i ungdomsalder hos gutter og jenter som trener regelmessig?**

Denne forespørselen om å delta i forskningsprosjektet; "Lungefunksjon, kroppssammensetning og fysisk form i ungdomsalder" går til alle jenter og gutter i alderen 15-17 år som er/var medlemmer i idrettsklubbene Høvik IF og Stabæk IF og som tidligere har gjennomført tester på Norges idrettshøgskole (NIH).

Vi ber om, tillatelse til å benytte tidligere innsamlede testresultater ved å få tilgang til din treningsdagbok og/eller tidligere testresultatskjema, og at du fortsatt vil delta i studien til det året du fyller 18 år. Undersøkelsene vil bli utført på samme måte som tidligere ved respirasjonsfysiologisk laboratorium, NIH, og testene tar ca en time pr. person.

Prosjektansvarlig er Trine Stensrud, 1.amanuensis, NIH. En lab.ingeniør og to bachelor studenter i Fysisk Aktivitet og Helse vil utføre de praktiske undersøkelsene. Hvis du bestemmer deg for og ikke delta i prosjektet, får dette ingen følger for deg ved senere undersøkelser ved NIH. Det samme gjelder dersom du først sier ja, men så velger å trekke deg etter at prosjektet har startet. Du har full rett til når som helst og si at du ikke ønsker eller ikke 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 lungefunksjon, kroppssammensetning og fysisk form (kondisjon).

Lungefunksjonsmålingene sier noe om størrelsen på lungene samt om lungene er begrensende for kondisjonen.

Kroppssammensetning måles ved at du står helt i ro på en avansert vekt i ca 2 minutter. Måling av kondisjon (fysisk form) utføres ved løp på tredemølle. Belastningen økes gradvis inntil du ikke orker mer. Testen tar ca 8-12 minutter.

I tillegg vil du bli bedt om å svare på et kort spørreskjema med spørsmål om søvn og antall timer du trener og type 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. 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 og gutter øker kondisjonen inntil 15-16 års alder. Dette skyldes pubertetsutvikling med økt produksjon av hhv. kvinnelige og mannlige kjønnshormoner og som medfører økt fettmasse hos jenter og økt muskelmasse hos gutter.



#### 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 regelmessig og systematisk. Ved å få et objektivt mål på fysisk form er det mulig på sikt å si noe om hvor mye/lite trening som er nødvendig for å opprettholde en tilfredsstillende kroppssammensetning og fysisk form i forhold til god helse.

#### 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, måling av kroppssammensetning og fysisk form. Testresultatene er også nyttige i forbindelse med videre treningsopplegg. Alle vil fortsatt få tilbakemelding om sine individuelle testresultater som tidligere.

#### Personvern og frivillig deltakelse

All informasjon som samles inn i løpet av prosjektet er konfidensielle opplysninger som lagres forskriftmessig. Ditt navn oppbevares ikke sammen med resultatene. Hver forsøksperson får et forsøksnummer (ID-nummer), og koblingen mellom navn og forsøksnummer blir oppbevart innlåst i et arkivskap. Bortsett fra prosjektleder, får ingen andre innsyn i resultatene vedrørende den enkelte forsøksperson.

Vi ber om tillatelse til å oppbevare alle data om deg til 31.12.2025 for å ha mulighet til å invitere deg tilbake til en ny undersøkelse etter at du er voksen og helt ferdig utviklet. Hensikten med denne siste oppfølgingen vil være å undersøke om det er en sammenheng i fysisk form, kroppssammensetning og lungefunksjon fra barn til voksen. Personopplysningene vil således 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 rett til innsyn i data registrert om deg og  
dersom du trekker deg fra studien, kan du kreve å få slettet innsamlede  
testresultater og opplysninger, med mindre opplysningene allerede er  
inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner.  
Prosjektet er ved innsending av "skjema om framleggingsplikt" til regional  
etisk komite (REK) vurdert til ikke å være søknadspliktig i henhold til  
helseforskningsloven. Prosjektet er meldt og godkjent av Norsk senter for  
forskningsdata (NSD).

#### 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 neseclupe 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 etter testene som  
tidligere. I tillegg samles resultatene (anonymt) og publiseres i en eller flere  
forskningstidsskrifter. Ny kunnskap om trening og helse i ungdomsårene blir  
således brakt ut til helsepersonell og forskere for å heve kunnskapsnivået på  
feltet.

#### Har du spørsmål?

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

## Vedlegg. 2 Samtykkeskjema



### Samtykke

Til forsøkspersonen og foresatte

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

”Lungefunksjon, kroppssammensetning og fysisk form i ungdomsalder”.

Jeg gir mitt samtykke til deltagelse i undersøkelsen, og gir min tillatelse til at tidligere innsamlede data kan hentes fra min treningsdagbok og/eller tidligere mottatte testresultatskjema samt at resultater fra de forestående undersøkelsene kan benyttes i forbindelse med forskning. Jeg er kjent med at jeg når som helst kan trekke meg fra prosjektet uten å måtte oppgi grunn for det, og tillater at alle innsamlede data om meg kan oppbevares til 31.12.2025 før de anonymiseres.

Jeg samtykker i følgende:

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

- Innhentning av tidligere testresultater fra treningsdagbok/testskjema
- Spørreskjema
- Måling av lungefunksjon
- Måling av kroppssammensetning
- Måling av fysisk form ( $VO_{2max}$ )
- Alle innsamlede data om meg kan oppbevares til 31.12.2025 før de anonymiseres

Navn: \_\_\_\_\_

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

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

For foresatte dersom forsøkspersonen er under 18 år:

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

### Vedlegg. 3 Spørreskjema om treningssvaner og søvn

#### Spørreskjema

ID Nummer:

Fødselsdato: \_\_\_\_\_

Gutt

Jente

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

Når begynte du med idretten din?

\_\_\_\_\_

Hvor mange timer trener du vanligvis i gjennomsnitt pr.uke? \_\_\_\_\_ timer

Hvor mange timer konkurrerer du pr. uke i konkurransesesongen? \_\_\_\_\_ timer

Hvor mange timer sover du i gjennomsnitt pr.døgn i ukedagene ? \_\_\_\_\_

Hvor mange timer sover du i gjennomsnitt pr.døgn i helgene ? \_\_\_\_\_