

**Heidi Lindsverk**

## **Muskelstørrelse og funksjon hos prepubertale barn**

En tverrsnittstudie av 12 år gamle langrennsløpere og en kontrollgruppe

**Masteroppgave i idrettsvitenskap**

Seksjon for fysisk prestasjonsevne  
Norges idrettshøgskole, 2016



## Sammendrag

Hensikten med denne studien var å undersøke sammenheng mellom muskeltykkelse, pennasjonsvinkel og funksjon hos prepubertale barn. Funksjon ble målt ved isometrisk styrke, spenst og hurtighet ved løping. En gruppe langrensløpere ble sammenlignet med en kontrollgruppe.

Femten 12 år gamle aktive skiløpere (26 jenter, 25 gutter) fra langrennklubber i lokalmiljøet rundt Norges idrettshøgskole (NIH) deltok i studien. Forsøkspersonene (FP) møtte én gang på NIH hvor strukturelle og funksjonelle tester ble utført. Sytten av disse langrensløperne ble testet igjen for en reproducerbarhetstest. Det er også testet førtifire skolebarn (24 jenter, 20 gutter) ved en barneskole i Sogndal som fungerer som kontrollgruppe.

Vi fant signifikante forskjeller i KMI og fettprosent mellom guttene i de to gruppene, muskelmasse i ben mellom jentene i de to gruppene, og muskeltykkelse mellom grupper og kjønn. Vi fant ingen signifikante gruppe- eller kjønnsforskjeller i verken absolutt eller relativ isometrisk styrke og 30 meter sprint, men vi fant en signifikant gruppeforskjell og en forskjell mellom jentene i spenst.

Det var en sterk sammenheng mellom spenst og hurtighet ( $r=0,81$ ) og moderate sammenhenger mellom styrke ved kneekstensjon og spenst ( $r=0,62$ ) og mellom styrke ved kneekstensjon og hurtighet ( $r=0,50$ ). Til tross for større muskeltykkelse i kontrollgruppen, ble det ikke funnet sammenheng av betydning mellom muskeltykkelse og isometrisk styrke i kontrollgruppen. Våre funn tyder på at variasjon i VL og BB tykkelse kan forklare henholdsvis kun 13% og 16% av variasjon i styrke ved kneekstensjon og styrke ved benkpress, noe som regnes som svake sammenhenger. Våre gjennomsnittlige verdier i VL tykkelse og pennasjonsvinkel er lignende det andre studier har funnet i andre pennate muskler.

Et flertall av tidligere studier gjort på muskelarkitektur og funksjon er gjort på voksne, og særlig i ballidretter. Av de studiene som er gjort på barn er det stor aldersspredning, gjerne fra pre til post pubertal alder, og flere studier er gjort med treningsintervensjoner. Siden FP'ene i langrennsgruppen kommer fra et område med

høy sosial status, høyt aktivitetsnivå og sannsynligvis har foreldre med stor interesse for utholdenhetsidretter kan vi ikke utelukke en mulig seleksjonsbias. Det er også mulig at vår kontrollgruppe ikke er representativ i syn av et nasjonalt perspektiv, da FP'ene var i tilnærmet lik fysisk aktivitet som langrennsgruppen.

**Nøkkelord:** Prepubertal, barn, isometrisk styrke, hurtighet, spenst, muskelarkitektur

## **Innhold**

<b>SAMMENDRAG .....</b>	<b>3</b>
<b>INNHOLD .....</b>	<b>5</b>
<b>FORORD .....</b>	<b>8</b>
<b>1. INNLEDNING .....</b>	<b>9</b>
<i>1.1 Bakgrunn .....</i>	9
<i>1.2 Problemstillinger .....</i>	10
<b>2. TEORI.....</b>	<b>11</b>
<i>2.1 Biologisk vs. kronologisk alder.....</i>	11
2.1.1 Normalisering av data .....	11
2.1.2 Pubertetsutvikling.....	12
2.1.3 Kroppshøyde og kroppsmasse .....	13
2.1.4 Energiomsetning .....	16
<i>2.2 Musklenes egenskaper og muskulær utvikling .....</i>	19
2.2.1 Musklenes egenskaper .....	19
2.2.2 Den hormonelle karusellen påvirker muskelmasse .....	20
<i>2.3 Fibertypesammensetning, muskelarkitektur og treningseffekt.....</i>	22
2.3.1 Fibertyper.....	22
2.3.2 Muskelarkitektur.....	24
2.3.2.1 Pennasjonsvinkelen er ikke konstant under kontraksjon .....	24
2.3.2.2 Har barn og voksne ulik pennasjonsvinkel?.....	25
2.3.2.3 Muskeltykkelse .....	26
<i>2.4 Muskulær styrke, spenst og hurtighet .....</i>	27
2.4.1 Muskulær styrke og hypertrofi .....	27
2.4.2 Muskulær styrke og nevralt adaptasjoner .....	29

2.4.3 Spenst og hurtighet.....	31
2.4.3.1 Er det sammenheng mellom spenst og hurtighet? .....	33
<b>3. METODE .....</b>	<b>35</b>
3.1 Rekruttering.....	35
3.2 Beskrivelse av forsøkspersonene .....	35
3.2.1 Idrettsaktivitet.....	36
3.3 Forsøksdesign .....	37
3.3.1 Tilvenning til utstyr og legesjekk .....	37
3.4 Målinger .....	38
3.4.1 Kronologisk og biologisk alder .....	38
3.4.2 Antropometriske målinger .....	38
3.4.3 Muskelarkitektur.....	39
3.4.3.1 Beregning av muskeltykkelse og muskelarkitektur .....	41
3.4.4 Isometrisk styrke ved kneekstensjon og benkpress .....	41
3.4.5 Hurtighet og spenst .....	43
3.5 Retesting .....	44
3.6 Statistikk .....	46
<b>4. RESULTATER .....</b>	<b>47</b>
4.1 Organisert trening .....	47
4.2 Antropometriske data.....	47
4.3 Muskeltykkelse, pennasjonsvinkel, skjelettlengde og muskelmasse i over- og under ekstremiteter .....	50
4.4 Styrke, spenst og hurtighet .....	52
4.5 Sammenheng mellom muskelmasse/tykkelse, styrke, hurtighet og spenst .....	55

<b>5. DISKUSJON</b> .....	<b>57</b>
5.1 Antropometriske variabler hos 12 åringer .....	57
5.2 Spenst og hurtighet.....	59
5.3 Muskelmasse og muskelstyrke.....	61
5.4 Muskeltykkelse- og pennasjonsvinkel.....	63
5.5 Er det noen sammenheng mellom muskeltykkelse- og arkitektur og muskelstyrke? .....	65
5.6 Etikk og forskning på barn.....	67
5.7 Konklusjon .....	68
5.8 Videre studier.....	69
<b>7. REFERANSER</b> .....	<b>70</b>
<b>8. TABELLOVERSIKT</b> .....	<b>78</b>
<b>9. FIGUROVERSIKT</b> .....	<b>79</b>
<b>10. VEDLEGG</b> .....	<b>81</b>

## **Forord**

To år som masterstudent på Norges idrettshøgskole er over, og et mål er nådd. Til alle forelesere ved Seksjon for Fysisk Prestasjonsevne (SFP) – tusen takk for aktuelle temaer og lærerike forelesninger. Jeg har lært så vanvittig mye av dere!

Denne masteroppgaven hadde aldri blitt til uten familie og ansatte ved SFP. En spesiell takk til mine to veiledere Jostein Hallén og Hege W. Landgraff. Takk for at jeg har fått tatt del i et så spennende prosjekt, for god oppfølging og konstruktive tilbakemeldinger. Til Hege – takk for mange gode samtaler og lange testkvelder.

Takk til Amund Tjellaug Løvstad og Øyvind Skattebo for at dere testet styrke og hurtighet. Til Olivier Seynnes – tusen millioner takk for god opplæring på lab, i analyser og for raske tilbakemeldinger. Takk for at døra di alltid har stått åpen når jeg har hatt tusen spørsmål.

Til alle barna som frivillig deltok i dette prosjektet. Uten dere hadde det aldri blitt noe masteroppgave. Tusen takk for at dere ville delta, og for deres positive innstilling til en lang testkveld. Hjertelig takk til de av dere som også kom tilbake for retesting.

Til min supre samboer, Øyvind. Takk for at du har holdt ut med en fattig student gjennom 3 år i England og 2 år på NIH. Du er gull verdt!

Kjære mamma og pappa – dere fortjener all den takk man kan gi. Tusen hjertelig takk for gode samtaler, for motivasjon og inspirasjon. Takk for den beste hjelpen man kan få – både personlig og i skolesammenheng. Hva skulle jeg gjort uten?

*Heidi, mai 2016*



# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Barndom og puberteten er særdeles viktige perioder i et menneskes liv, da det oppstår mange kroppslige forandringer (Ortega, Ruiz, Castillo & Sjöström, 2008). Barn vokser og utvikler seg hele tiden, og fysiologiske, psykologiske, biomekaniske og hormonelle forandringer oppstår, men i hvilken grad kan trening påvirke fysiologisk utvikling, og særlig muskelstørrelse og funksjon, i barn og ungdom? Fordi barn og unges fysiske yteevne påvirkes av kroppsstørrelse og kroppslig modenhet (Armstrong & Welsman, 2000; Meen, 2000), er det store variasjoner i fysiske prestasjoner blant prepubertale barn.

Barn motiveres av ulike faktorer til å drive idrett. Noen ønsker å bli verdens beste skiløper og andre motiveres av sosiale faktorer. Det man ikke kommer utenom er at som i så mange andre settinger finnes det noen som er eksepsjonelt talentfulle. Dette blir i stor grad forklart av genetikk, og barn som er spesielt talentfulle i idrett kan være et produkt av dette (Matsudo, 2005). Det er flere variabler som ser ut til å være sterkt knyttet til genetikk, blant annet høyde, vekt, fedme, muskelstyrke, anaerob- og aerob kapasitet (Matsudo, 2005). Kjønn og alder kan også være viktige faktorer i barn og unges fysiske yteevne (Meen, 2000).

Det er store muskulære forskjeller mellom kjønn og alder. Gutter har en større økning i muskelmasse og muskelstyrke enn jenter i pubertetsårene. Dette kan bli forklart av økte konsentrasjoner av sirkulerende testosteron hos gutter (Vingren, Kraemer, Ratamess, Anderson, Volek & Maresh, 2010). Kjønnforskjellene i muskulær utvikling kan både være på grunn av kjønnsbettinget genetikk i muskler og hormoner, men også forskjeller i muskelaktivering kan være mulige årsaker (Round, Jones, Honour & Nevill, 1999).

Dette er en tverrsnittstudie av 12 år gamle langrennsløpere og skolebarn. Muskulære parametere som muskeltykkelse og pennasjonsvinkel, spenst, hurtighet og styrke er blitt testet for å se om det er noen forskjell mellom grupper og kjønn. Parallelt med denne oppgaven pågår det også en longitudinell studie som ser på endringene i kondisjon og de nevnte parametere ovenfor, over lengre tid.

## ***1.2 Problemstillinger***

- Er det noen sammenheng mellom muskeltykkelse, muskelarkitektur, spenst, hurtighet og styrke hos prepubertale barn?
- Er det kjønnsforskjeller når det gjelder muskeltykkelse og muskelarkitektur hos prepubertale barn?
- Er det forskjell mellom prepubertale gutter og jenters spenst, hurtighet og styrke?
- Er det noen forskjell i spenst, hurtighet og styrke mellom 12 år gamle langrennsløpere og skolebarn?

## **2. Teori**

### ***2.1 Biologisk vs. kronologisk alder***

Etter hvert som vi vokser, utvikles vi mot en moden biologisk tilstand. Vekst, modning og utvikling er tre viktige prosesser fra fødsel til voksen alder, og brukes ofte i forbindelse med barn og ungdom (Malina, Bouchard & Bar-Or, 2004). Målinger som blir gjort på ett eller flere bestemte tidspunkt refereres til kronologisk alder (Malina et al., 2004). I motsetning til kronologisk alder som følger kalenderen (Malina et al., 2004), assosieres biologisk alder mer til hvor i utviklingsstadiet den enkelte er (Armstrong & Welsman, 2000). Det er store forskjeller mellom individer med lik kronologisk alder i somatisk og biologisk vekst (Mirwald, Baxter-Jones, Bailey & Beunen, 2002). I idretten blir barn inndelt etter kronologisk alder, noe som vil favorisere de som modnes tidlig. Dette kan gi store utslag i pubertetsårene (Meen 2000). Fordi barns fysiske kvaliteter er mer avhengig av biologisk alder enn av kronologisk alder, bør utvikling av ulike fysiologiske parametere som f. eks muskelstyrke og anaerob/aerob kapasitet heller relateres til biologisk alder enn kronologisk (Meen, 2000). Dette er spesielt viktig i pubertetsalder da fysiologiske forandringer kan relateres til individets høyeste veksthastighet eller pubertetsstadier (Meen, 2000). Begrepene vekst og modning brukes ofte om hverandre, men det er viktig å påpeke at disse begrepene har ulik biologisk betydning. Vekst dominerer de tjue første årene i et menneskets liv og er svært individuelt. Vekst kan relateres til en målbar endring i størrelse, kroppsbygning og kroppssammensetning, og det er ofte store variasjoner i slutt punktet til for eksempel kroppshøyde (Armstrong & Welsman, 2000). Modning er en gradvis utvikling mot et ferdig utviklet individ (Malina et al., 2004), og kan relateres til seksuell modenhet, evne til å reproducere eller utvikling av skjelett (Armstrong & Welsman, 2000).

#### **2.1.1 Normalisering av data**

Barn opplever store fysiologiske forskjeller i puberteten, og det er derfor viktig å normalisere dataene når man sammenligner ulike grupper. Tidligere har det vært brukt kroppsvekt og høyde, mengde aktiv muskelmasse og størrelse på det oksygentransporterende systemet (Krahenbuhl, Skinner & Kohrt, 1985), men i dag er det vanlig å fokusere på biologisk alder (Armstrong & Welsman, 2000; Meen, 2000). Somatiske forhold (PHV), kjønnskarakteristikk (Tanners skala) og skjelettets

utvikling er alle metoder på å normalisere data etter biologisk alder (Armstrong & Welsman, 2000). Skjelettalder er den beste modningsindeksen (Mirwald et al., 2002) og i følge Tanner (1981) er den også mest objektiv og informativ. I hele oppveksten kan skjelettalder bli bedømt ut fra røntgenbilder av hånden. Denne metoden er kostbar (Meen, 2000) og har etiske utfordringer mht. at barn blir utsatt for stråling gjentatte ganger (Armstrong & McManus, 2011). På bakgrunn av dette blir de ulike utviklingsstadiene (Tanners skala) brukt til å undersøke biologisk alder. Tanners skala er et graderingssystem som baseres på utvikling av sekundære kjønnskarakteristikker (Spear, 2002). Vanlige utviklingsstadier inkluderer distribusjon av kjønnsår, brystutvikling, alder ved menarche hos jenter og testikkelstørrelse hos gutter (figur 2.3). Karakteristikkene vurderes etter en femtrinns skala hvor 1 er ingen utvikling, 2 er begynnende utvikling og markerer starten på puberteten, 3 og 4 er mellomstadier og 5 er fullt utviklet. Individuer på stadium 1 regnes som prepubertal, 2,3 og 4 regnes som pubertale og de på stadium 5 regnes som voksne (Spear, 2002; Malina & Beunen, 2005). Det finnes to alternativer til å kartlegge utviklingsstadier; en klinisk undersøkelse og selvrappotering. Til tross for at enkelte opplever den kliniske undersøkelsen som flau og ubehagelig, er det denne metoden som likevel er den vanligste, da den er kostnadseffektiv og risikofri (Matsudo, 2005).

### **2.1.2 Pubertetsutvikling**

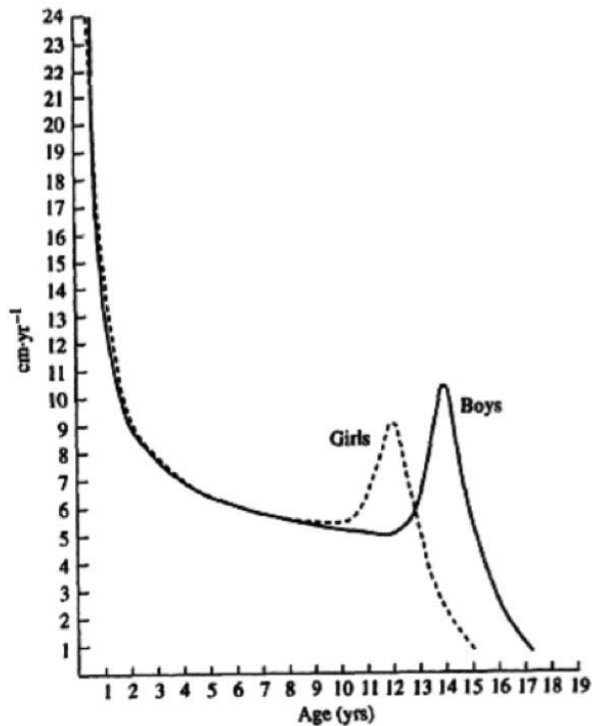
Til tross for store individuelle forskjeller i timing og tempo, representerer puberteten en gradvis overgang fra barndom til voksen alder. Puberteten kan bli forklart som en dynamisk periode i utvikling med hurtige forandringer i kroppsstørrelse, kroppsform og kroppssammensetning (Rogol, Clark & Roemmich, 2000), og det oppstår som regel tidligere hos jenter enn hos gutter. Denne utviklingen starter med at mekanismer i hjernen stimulerer til økt produksjon av kjønns hormoner, noe som fremmer utvikling av skjelett og seksual modenhet (Armstrong & Welsman, 2000). Dette fører til blant annet økt lengdevekst (Sand, Sjaastad & Haug 2005). Veksthormon (VH) fra hypofysen og somatomediner (proteiner som dannes først og fremst i leveren) spiller en sentral rolle i vedlikehold av normal vekst under barndom, og sirkulerende VH øker fra barndom til puberteten. Frigjøring av somatomediner er stimulert av VH og VH stimulerer igjen til den lineære veksten av lange ben, noe som fører til økt kroppshøyde (Armstrong & Welsman, 2000). Androgener og østrogen er viktige hormoner i vekst og modning, og androgener har en kraftigere effekt på vekst av ben

enn det østrogen har. Den økende produksjonen av kjønnskjertler og kjønnssteroider hos guttene øker produksjon av VH og somatomediner (Armstrong & Welsman, 2000), og dette kan forklare noe av kjønnsforskjellene i vekst som blir beskrevet videre. Merkbare endringer i kroppssammensetning, inkludert den relative mengden væske, muskel, fett og skjelett er kjennetegn på pubertal modenhet og resulterer i de kjente kjønnsforskjellene (Rogol et al., 2000). Det som først og fremst skiller jenter og gutter før puberteten, er modningshastigheten. Gutter når puberteten når de er mellom 12-14 år, og jenter rundt 2 år tidligere (Armstrong & Welsman, 2000).

### **2.1.3 Kroppshøyde og kroppsmasse**

Før puberteten er det fysisk sett liten forskjell mellom gutter og jenter, og frem til puberteten er kurvene for høydevekst og veksthastighet nesten identiske (Armstrong & Welsman, 2000). I de første leveårene er lengdeveksthastigheten størst, men avtar gradvis til starten på vekstspurt, som oppstår i puberteten. Fordi jenter når vekstspurt tidligere enn gutter, er jenter normalt høyere enn gutter rundt 11 års alderen (Armstrong & Welsman, 2000). Når hastigheten til vekstspurt øker, når jenter maksimal lengdevekst (peak height velocity, PHV) normalt sett ved 12 års alder og gutter ved 14 års alder (Armstrong & Welsman, 2000). Underveis i høydespurten vokser overkroppen (truncus) mer enn underkropp (Tanner, 1981).

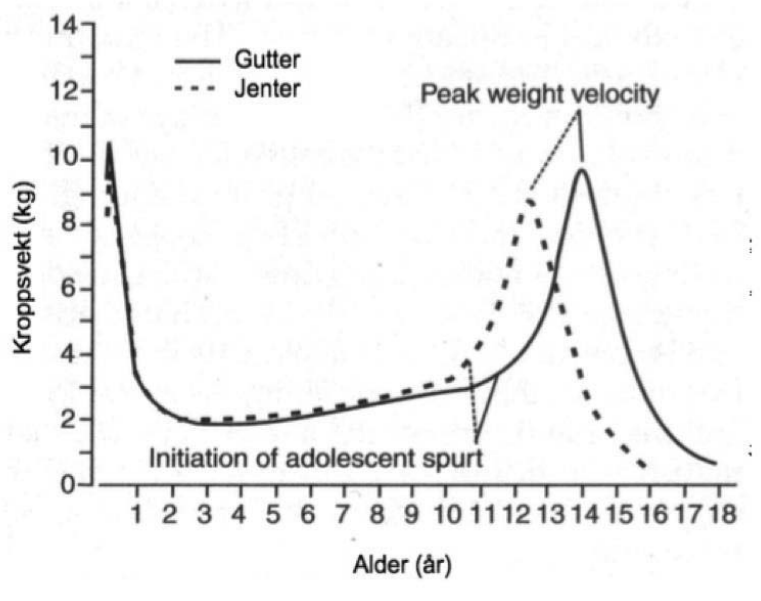
Fordi det eksisterer store individuelle variasjoner i starten av vekstspurt og størrelse av PHV, finnes det noe overlapping mellom gutter og jenter. Tidlig utviklede gutter kan i prinsipp starte sin vekstspurt ved 10,5 års alder og nå PHV når de er 12 år, mens sent utviklede gutter kan starte sin vekstspurt ved 14,5 års alder og nå PHV rundt 16 års alder (Armstrong & Welsman, 2000). Etter denne vekstspurt avtar veksten, og den ender når man når voksenstadiet (Malina et al., 2004). Gutter når voksen høyde rundt 18 års alderen og jenter rundt 16 års alderen (Armstrong & Welsman, 2000). I voksen alder er menn i gjennomsnitt 13 cm høyere enn kvinner, hvorav 8-10 cm av denne forskjellen oppstår ved at guttene vokser i to år mer enn jentene før vekstspurt setter inn. De resterende cm oppstår fordi gutter har en sterkere vekstspurt enn jenter (Armstrong & Welsman, 2000; Meen, 2000; Tanner, 1981).



**Figur 2.1:** Veksthastighetskurve (kroppshøyde  $\text{cm} \cdot \text{år}^{-1}$ ) for jenter og gutter utarbeidet på grunnlag av standarder for britiske barn 1965 (Modifisert fra Tanner, Whitehouse & Takaiishi). Figuren er hentet fra Tanner, 1989.

Når veksthastigheten synker, får jenter i gjennomsnitt sin første menstruasjon (menarke) (Chumlea, Schubert, Roche, Kulin, Lee, Himes & Sun, 2003). Jenter vil i gjennomsnitt vokse 5,1-7,6 cm etter menarke. De som opplever å få sin første menstruasjon tidlig vil vokse mer etter menarke enn de som får sen menarke (Spear, 2002). Når det gjelder norske jenter var alder ved menarke relativt stabil fra 1820 til 1910-1920, rundt 16 år i samfunn med lav status og 14 år i samfunn med høy status. Gjennomsnittsalderen for menarke har sunket betraktelig siden 1920, og i 1950 var den 13,3 år, noe den også har vært gjennom 1980-årene. Samme rapporteringer ser vi også blant danske jenter (Malina, 2004). Det finnes dessverre ikke tilsvarende registreringer for gutter, men man går ut ifra at utviklingen sannsynligvis har vært den samme når det gjelder gutters pubertetsstart (Sand et al., 2005).

Barn har en svak, men konstant økning i kroppsvekt gjennom hele barndommen, og 50% av voksen kroppsvekt er oppnådd i pubertetsårene (Rogol, Roemmich & Clark, 2002). Stigningen i kroppsvekt er nesten identisk som stigningen i kroppshøyde, men oppstår som regel 0,2-0,4 år senere hos guttene og 0,3-0,9 år senere hos jentene (Armstrong & Welsman, 2000; Armstrong & McManus, 2011; Tanner, 1981). Peak weight velocity (PWC) forekommer henholdsvis i 14 års alderen hos gutter og i 12 års alder hos jentene (Tanner, Whitehouse & Takaishi, 1966). Økningen i kroppsvekt skyldes blant annet at gutter øker i skjelett- og muskelmasse (Armstrong & McManus, 2011). Gutter øker også fettfrimasse (FFM) med rundt 7,2 kg/år (Rogol, 2002) og reduserer kroppsfett fra rundt 16 til 12-14% under den pubertale utviklingen (Armstrong & McManus, 2011). Hos jentene derimot skjer det motsatte, og det er ikke unormalt at jenter går opp 16 kg i total kroppsmasse under vekstspurten (Armstrong & Welsman, 2000; Armstrong & McManus, 2011). Jenter har gjennom hele barndommen mer subkutant fett enn gutter, og denne forskjellen blir vesentlig større i puberteten (Meen, 2000). Fettfordelingen forandres, og jenter får mer fett rundt glutealområdet, på lårene og brystene. Pubertale jenter øker fettprosenten og øker fettmassen med 1,14 kg/år (Rogol et al., 2002). Ulik hormonell utvikling i starten av pubertetsårene er årsaken til forskjellene i fettmasse og fettprosent (Meen, 2000). Når veksten er avsluttet, har jenter og gutter en relativ fettmengde på henholdsvis 20-25% og 10-14% av total kroppsvekt (Meen, 2000; Armstrong & Welsman, 2000).



**Figur 2.2:** Hastighetskurve for kroppsvekt hos gutter og jenter. Figuren er hentet fra Malina, Bouchard & Bar-Or (2004).

Benmineraltetthet (BMT) øker jevnt gjennom hele barndommen og inn i tidlig voksen alder, men pubertetsårene er en særdeles viktig periode for utvikling av skjelettmasse. Studier viser at mellom 5-70% av total voksen BMT oppstår i pubertetsårene. Studier på gutter viser at jo tidligere de begynner med relevant trening, jo mer ben blir akkumulert (Armstrong & McManus, 2011).

#### 2.1.4 Energiomsetning

I alle former for fysisk aktivitet involveres muskulære kontraksjoner. Energi genereres etter nedbrytning av fosfat, og er helt nødvendig for at muskulære kontraksjoner skal kunne oppstå. Kroppen opprettholder en konstant tilførsel av ATP gjennom forskjellig metabolske systemer, og det finnes tre energisystemer som genererer ATP. To av disse systemene er anaerobe energiomsetninger lokalisert i cellens cytosol og frigjør energi uten tilførsel av oksygen ( $O_2$ ). Det tredje energisystemet er aerobt, lokalisert i mitokondriene og er avhengig av  $O_2$  (McArdle, Katch & Katch, 2010). Det er intensitet og varighet av arbeid som avgjør hvilke energikilder som blir brukt til å generere ATP (Armstrong & Welsman, 2000).



Under kortvarig høyintensivt arbeid vil anaerobe prosesser dominere og ved økt varighet vil den aerobe prosessen dominere (Jones, Round & de Haan, 2009).

Anaerob kapasitet er definert som den maksimale mengden ATP resyntesert via anaerob metabolisme under kortvarig maksimal aktivitet (Green & Dawson, 1993), og kreatinfosfatsystemet og melkesyresystemet er de to anaerobe systemene som frigir energi (McArdle et al., 2010). Høy intensitet trening med kort varighet som for eksempel 100-m sprint eller vektløfting krever en rask energitilførsel og denne tilførselen kommer nesten utelukkende fra intramuskulært ATP og fosfokreatin (PCr). Siden mengden av disse høyenergiske komponentene tømmes innen 20-30 sekunder, må disse komponentene resynteseres for at musklene skal klare å fortsette den intense og kortvarige aktiviteten (McArdle et al., 2010).

Barn og ungdom har dårligere evne til å generere energi fra glykolyse (nedbrytning av glukose til melkesyre samtidig som energi frigjøres) enn voksne. Lagre med muskelglykogen er 70% lavere hos barn enn hos voksne, men dette øker underveis i tenårene (Armstrong & Welsman, 2000). Hyppigheten av glykogen utnyttelse under tilnærmet maksimal trening er lavere hos gutter enn hos voksne og indikerer at barn har lavere intramuskulære laktat nivåer (Armstrong & Welsman, 2000). Fordi barn har dårligere evne til å generere anaerob energi, er det også en av hovedårsakene til at barn presterer dårligere i høy-intensive anaerobe aktiviteter enn voksne (Van Praagh & Doré, 2002). Det er tidligere nevnt at vekst og modning kan forklare de eksisterende forskjellene mellom barn og voksen, og evnen til kortvarig muskelkraft er dårligere hos barn på grunn av deres mindre muskelmasse enn voksne (Van Praagh & Doré, 2002). Redusert anaerob energiomsetning og mindre muskelmasse kan derfor være årsaker til barns dårlige anaerobe kapasitet sammenlignet med voksne.

I motsetning til anaerob kapasitet som sier noe om en muskel eller muskelgruppe, er aerob kapasitet avhengig av lunge, hjerte, hematologi og cellulære mekanismer til å transportere  $O_2$  fra atmosfæren til muskler (Armstrong & Welsman, 2000).

Det maksimale oksygenopptaket ( $VO_{2\max}$ ) er det viktigste målet på utholdenhet, og gutter har hele tiden noe høyere  $VO_{2\max}$  enn jenter. På grunn av mer muskelmasse og hemoglobin øker dette gjennom puberteten (Armstrong & Welsman, 2000).

BOYS	GIRLS
<p><b>Stage 1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ No pubic hair or maturation of genitalia</li> </ul>	<p><b>Stage 1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ No pubic hair or maturation of genitalia</li> </ul>
<p><b>Stage 2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Small amounts of pubic hair at outer edges of pubis, slight darkening</li> <li>■ Beginning penile enlargement; testes begin to enlarge; scrotum reddened and changed in texture</li> <li>■ Increased activity of sweat glands</li> </ul>	<p><b>Stage 2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Small amount of pubic hair, downy on medial labia</li> <li>■ Small breast bud</li> <li>■ Increased activity of sweat glands</li> <li>■ Beginning of PHV—growth spurt of 3 to 5 inches</li> </ul>
<p><b>Stage 3</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Pubic hair covers pubis</li> <li>■ Penis longer; testes continue to enlarge; scrotum further enlarged</li> <li>■ Voice begins to change</li> <li>■ Faint mustache/facial hair begins</li> <li>■ Axillary hair present</li> <li>■ Beginning of peak height velocity (PHV)—growth spurt of 6 to 8 inches</li> </ul>	<p><b>Stage 3</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Pubic hair increased, darker, and curly</li> <li>■ Breasts larger but no separation of the nipple and the areola</li> <li>■ End of PHV</li> <li>■ Beginning of acne</li> <li>■ Axillary hair present</li> </ul>
<p><b>Stage 4</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Adult type pubic hair—does not extend to the thighs</li> <li>■ Penis wider and longer; scrotal skin darker</li> <li>■ End of PHV</li> <li>■ Voice deepens</li> <li>■ Acne may be severe</li> <li>■ Facial hair increases</li> <li>■ Hair on legs becomes darker</li> </ul>	<p><b>Stage 4</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Pubic hair more abundant, coarse texture</li> <li>■ Breasts: Increased size; areola and nipple form secondary mound</li> <li>■ Acne may be severe</li> <li>■ Menarche begins</li> </ul>
<p><b>Stage 5</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Adult type pubic hair—now spreads to the thighs</li> <li>■ Adult penis and testes</li> <li>■ Able to grow full beard</li> <li>■ Muscle mass increases significantly</li> </ul>	<p><b>Stage 5</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Adult pubic hair spreads to medial thighs</li> <li>■ Adult distribution of breast tissue, continuous outline</li> <li>■ Increase in fat and muscle mass</li> </ul>
<p><i>FIG 1. Ratings of sexual maturation for boys and girls by stage.</i>  <i>*Adapted from Tanner JM. Growth at Adolescence. 2nd ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications; 1962.</i></p>	

**Figur 2.3:** Femtrinsskala av seksuell modenhet for gutter og jenter (Tanners skala). Utarbeidet av Tanner 1962.

## ***2.2 Musklenes egenskaper og muskulær utvikling***

### **2.2.1 Musklenes egenskaper**

I kroppen finnes det totalt 640 muskler. Det finnes store individuelle forskjeller i arv, kjønn, treningstilstand og subkutant fett (Dahl & Rinvik, 2007). Ved fødsel består kroppsmassen av rundt 25% muskelmasse (Armstrong & McManus, 2011), noe som fortsetter å øke til rundt 40% av voksen kroppsmasse (Dahl & Rinvik, 2007).

Muskelvev er delt inn i tre hovedgrupper; skjelettmuskulatur, hjertemuskulatur og glatt muskulatur. Disse tre typene er forskjellige i deres anatomi, lokalisering og kontroll av nerve- og endokrine system. Skjelettmuskulatur, også kalt tverrstripet muskulatur, er festet til skjelettet og er viktige for seks funksjoner i kroppen: produsere bevegelse, opprettholde kroppsholdning, støtte bløtvev, beskytte innganger og utganger, opprettholde kroppstemperatur og lagre reserver med næring (Martini & Nath, 2009). Det er også disse musklene som videre fokuseres på i denne oppgaven.

Musklene består av muskelfibre og bindevev. Muskelfibrene har evne til å kontrahere seg, mens bindevevet ligger mellom muskelfibrene. Bindevevet binder muskelfibrene sammen, overfører kraften i kontraksjonen til senene og knoklene de er festet til, samt bringer årer og nerver til og fra muskelfibrene (Dahl & Rinvik, 2007)

Kapillærer er kroppens tynneste årer, og de forbinder de minste arteriene med de minste venene. Muskelfibrene er omgitt av et tett kapillærnett. Tar man et tverrsnitt av en utrent lårmuskel (vastus lateralis) er det ca. 200-300 kapillærer pr. mm<sup>2</sup> og dette antallet øker med trening. Når en muskel er helt i hvile, er også den største delen av kapillærene lukket og uten sirkulasjon. Dette forandrer seg når muskelen begynner å kontrahere seg (Dahl & Rinvik, 2007).

En muskel kan bare forkorte seg hvis kraften er større enn motstanden, og det finnes i hovedsak tre typer muskelarbeid; konsentrisk, eksentrisk og isometrisk.

I en konsentrisk kontraksjon forkortes muskelen mens i en eksentrisk kontraksjon forlenges den. Dersom bevegelsen møter så stor motstand at bevegelse er umulig, øker spenningen i muskelen. Muskelens lengde blir uendret, og dette kalles en isometrisk kontraksjon. Det er sistnevnte som har blitt brukt til å teste styrke i denne oppgaven.

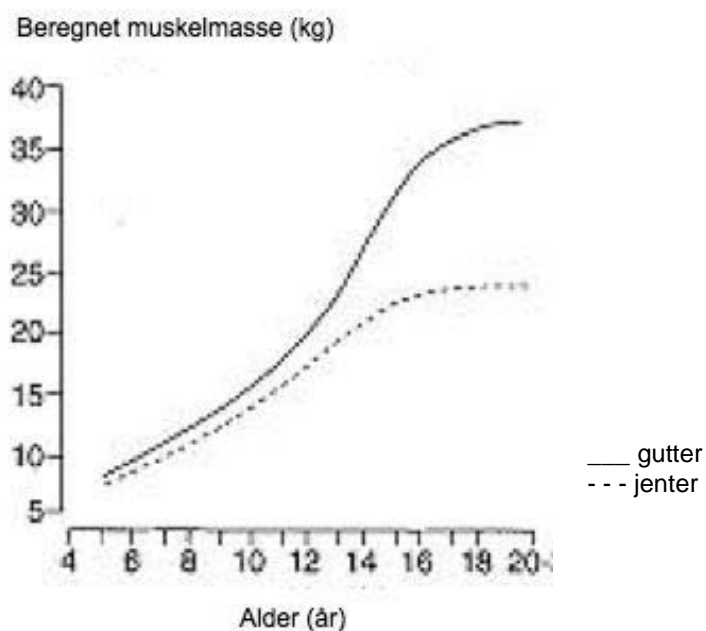
### 2.2.2 Den hormonelle karusellen påvirker muskelmasse

Den pubertale veksten er avhengig av frigjøring av viktige hormoner som for eksempel VH, insulin-liknende vekstfaktors (IGFs) og steroids sex hormones (SSHs). IGF-1 (insulin-liknende vekstfaktor-1) produseres først og fremst i leveren og er et polypeptid (to eller flere aminosyrer) som frigjøres fra ulike celler i kroppen under påvirkning av VH. VH øker dannelsen av IGF-1, som igjen stimulerer til vekst av støttevev, proteinsyntese i muskelvev og benvekst hos barn og unge. Disse hormonene induserer økning i veksthastighet, modning av skjelett og muskel, funksjonell evne og metabolsk adaptasjon (Boisseau & Delamarche, 2000). I barndommen har gutter og jenter like nivå av IGF-1, men det skjer en økning i puberteten og begge kjønn oppnår likt toppnivå. Fordi jenter når toppnivået tidligere enn gutter, kan det forklare jentenes tidligere vekstspurt (Fechner, 2002). Adrenarke er den delen av pubertetsutviklingen som skyldes økt mengde hormoner fra binyrebarken, og i den hvite populasjonen oppstår dette mellom 6-8 års alderen hos jenter, og hos gutter to år senere. Det er en progressiv økning i produksjon av androgener og østrogen hos begge kjønn. Aktivering av testikler og eggstokk oppstår 2-3 år etter adrenarke og kontrolleres av GH, IGFs og SSHs (Boisseau & Delamarche, 2000).

Muskelmassen øker lineært med kronologisk alder inntil puberteten inntreffer (Meen, 2000). I barndommen er forskjellen mellom gutter og jenter liten, men merkbare kjønnsforskjeller blir tydelig under og etter vekstspurten. Peak muscle mass velocity (PMV) oppstår normalt 3-6 måneder senere enn PHV (Armstrong & McManus, 2011; Meen, 2000), og oppstår ofte samtidig med peak velocity av skulderbredde (Armstrong & Welsman, 2000). Under puberteten øker muskelmassen hos gutter, mens jenter får liten eller ingen akselerasjon i muskelvekst.

Testosteron er det hormonet som har mottatt mest oppmerksomhet (Round et al., 1999). Testosteron er det hormonet som stimulerer proteinsyntese og inhiberer nedbrytning av protein i musklene. Barn har lave konsentrasjoner av testosteron inntil puberteten, men da opplever gutter en større økning av testosteron og androgener enn jenter (Vingren et al., 2010). Dette fører frem til den kraftige økningen i muskelmasse (Meen, 2000). Siden gutter også har større sensitivitet for disse hormonene i overkroppen og skulderpartiet enn det jenter har, bidrar dette til at kjønnsforskjellene i

muskelmasse og muskelstyrke blir mest fremtredende i overkropp og i skulderparti (Meen, 2000). Gutter og jenter øker henholdsvis muskelmassen i gjennomsnitt med 43,8 kg og 33,5 kg fra 7- til 18 år. Hos gutter øker relativ muskelmasse fra 42-54% av kroppsmasse mellom 5 og 17 år. Hos jenter så øker den fra 40-45% av kroppsmasse mellom 5 og 13 år, for så og reduseres på grunn av økt fettakkumulasjon underveis i puberteten. I alle aldre etter fylte 7 år har gutter større absolutt og relativ (til kroppsmasse) mengde muskler enn jenter (Armstrong & Welsman, 2000). Til tross for at testosteron blir ansett på å være den største promotoren av muskelvekst og muskelstyrke (Vingren et al., 2010), er dets rolle for kjønnsforskjellene i muskelmasse ikke helt entydig. Jenter har større ekspresjon av to gener som kan ha betydning for muskelmasse. Det ene genet koder for et protein som inhiberer effekten av IGF-1 (spiller en viktig rolle til vekst i barndom) og det andre genet koder for en myostatin reseptor. På bakgrunn av dette kan inhibering av muskelvekst hos jenter være en mulig forklaring til kjønnsforskjellene i muskelmasse (Dahl 2008).

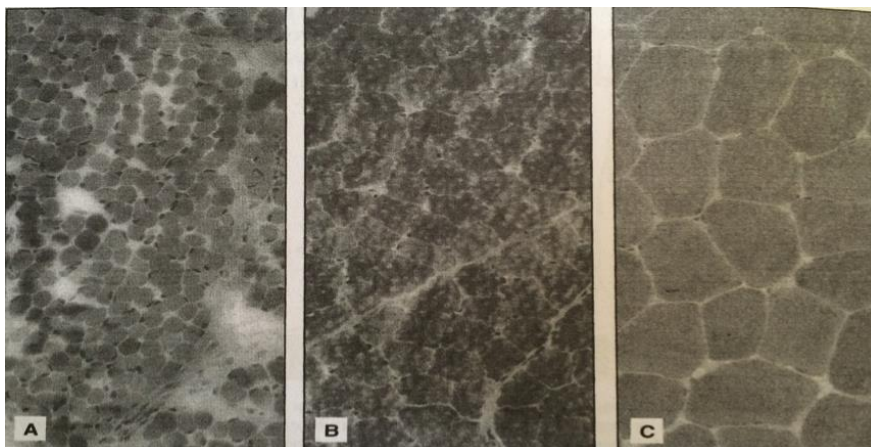


**Figur 2.4:** Muskelmasse (kg) i forhold til kronologisk alder hos gutter og jenter, estimert fra kreatinutskilling. Kurvene er utarbeidet av Malina & Bouchard (1996), hentet fra Meen (2000).

## 2.3 Fibertypesammensetning, muskelarkitektur og treningseffekt

### 2.3.1 Fibertyper

Det er flere faktorer involvert i forskjellene mellom barn og voksen, og muskelfiber sammensetning er en av faktorene som kan forklare disse forskjellene (Dotan, Mitchell, Cohen, Klentrou, Gabriel & Falk, 2012). Det finnes tre ulike hovedtyper muskelfibre (type I, type IIA og type IIX) og alle er såkalte twitch-fibre. Det vil si at fibre reagerer med en kortvarig rykning hvis de blir stimulert av en nerveimpuls. Type I er langsom og utholdende, type IIA er rask og utholdende (men dårligere enn type I) mens type IIX er rask og lite utholdende (Dahl & Rinvik, 2007). Energien til en muskelkontraksjon kommer fra adenotrifosfat (ATP). Myosinhodene spalter ATP, og det sies derfor at myosinhodene har ATPase-aktivitet. Type I-fibre har lavere ATPase-aktivitet enn type II-fibre (Dahl & Rinvik, 2007). Det antas at muskelfiberantallet blir bestemt 24 uker ut i svangerskapet (Jones et al., 2009). Økning av muskeltverrsnitt under oppveksten skjer ved en hypertrofi av muskelfibre, men uten en hyperplasi (figur 2.2), da musklene gror i størrelse istedenfor at antall celler øker (Meen, 2000; Jones et al., 2009).



**Figur 2.5:** Muskelfiber i quadriceps vokser i størrelse. A, 8 mnd. etter fødsel. B, 5 år og C, 14 år. Alle bildene er tatt med samme forstørrelse. Bildet er hentet fra Jones, Round & de Haan (2009).

Til tross av at forskjellen kan variere noe fra over- og underkropp, skjer det i gjennomsnitt en fem ganger så stor økning i muskelfiberstørrelse hos gutter fra tidlig barndom til puberteten. Denne økningen når høydepunktet sent i puberteten eller tidlig voksen alder (Armstrong & McManus, 2011). Det er individuelle forskjeller i mengdeforholdet mellom de ulike fibertypene, og det er forskjell fra muskel til muskel hos samme individ. Det er liten eller ingen forskjell i den relative distribusjonen av muskelfibre ved ett års alderen, men distribusjonen av type II fibre øker gjennom barndommen og når voksenverdier ved pubertetsslutt (Colling-Saltin, 1980). Studier viser at type II fibre hos unge menn er større enn deres type I fibre, noe som ikke er like tydelig hos unge kvinner (Armstrong & McManus, 2011). Muskelbiopsier fra barn og ungdom viser ingen forskjell i distribusjon av muskelfibre, men det er noen studier sitert av Boisseau & Delmarche (2000) som rapporterer aldersrelaterte forskjeller i den relative distribusjonen av trege muskelfibre (type I). I motsetning til utrente voksne så viser barn en større andel trege muskelfibre i vastus lateralis, men disse forskjellene forsvinner ved pubertetsslutt (Boisseau & Delmarche, 2000). Litteraturen er ikke entydig, da andre studier sitert av Armstrong & Van Mechelen (2008) viser at det er et signifikant negativt forhold mellom type I fibre og alder i vastus lateralis. Det rapporteres også at jenter har lavere % av type I muskelfibre enn gutter inntil puberteten, men at i voksen alder er det motsatt på grunn av at menn har høyere enzym aktivitet i glykolysen og lavere oksidativ enzym aktivitet sammenlignet med kvinner (Armstrong & McManus, 2011).

På grunn av muskelfibertypenes ulike funksjonelle egenskaper egner de seg til forskjellige aktiviteter. Utøvere som driver med typiske utholdenhetsidretter som langrenn har overvekt av type I-fibre, mens utøvere som driver med eksplosive idretter som sprintere har en tilsvarende overvekt av type IIA (Dahl & Rinvik, 2007). Det er undersøkelser som tyder på at fibertypene kan forandre seg noe på grunn av trening, men fordelingen mellom type I og type II muskelfibre i en muskel er i stor grad bestemt av arv. Om lag halvparten av variasjonen i befolkningens fibertyper er bestemt av arv, mens resten skyldes ulike faktorer som trening, fysisk aktivitet og ernæringsstatus. På bakgrunn av dette er det stor grunn til å tro at det skjer en naturlig utvelgelse til idretter som passer den enkeltes fibersammensetning (Dahl & Rinvik, 2007).

### 2.3.2 Muskelarkitektur

Muskelarkitektur kan bli definert som organisering av muskelfibre relativt til kraftaksen (Lieber & Fridén, 2000) og det finnes i hovedsak to hovedgrupper av skjelettmuskulatur: parallelle og pennate muskler. Disse er igjen delt inn i undergrupper. Biceps brachii er en spoleformet muskel som er en underkategori av parallelle muskler. Vastus lateralis er en unipennate muskel som er en underkategori av pennate muskler. Det er også disse to musklene som er brukt til å teste isometrisk styrke i denne oppgaven. Forskjeller mellom musklenes arkitektur er den beste måten å forutsi produksjon av kraft (Lieber & Fridén, 2000), og etter hvert som man vokser forandres muskulære dimensjoner og muskelarkitektur seg i takt med kroppsstørrelse (Kurihara, Kanehisa, Abe, Tsunoda, Fukunaga & Kawakami, 2007). Parametere som muskellengde ( $L_m$ ), fiberlengde ( $L_f$ ), pennasjonsvinkel ( $F\theta$ ) og fysiologisk tverrsnitt er vanlig å bruke til å analysere muskelarkitektur (Lieber & Fridén, 2000). I denne oppgaven blir pennasjonsvinkel og muskeltykkelse (mm) brukt.

#### 2.3.2.1 Pennasjonsvinkelen er ikke konstant under kontraksjon

Vinkelen mellom muskelfiber og kraftakse hos mennesker er målt til å være mellom  $0^\circ$  til  $30^\circ$  i hvilende muskler, men det er usikkert i hvilken grad variasjon i pennasjonsvinkel påvirker funksjon. Studier gjort av Zuurbier & Huijing (1992;1993, sitert i Lieber & Fridén, 2000) på gastrocnemius i rotter viser at pennasjonsvinkelen ikke er konstant under muskelkontraksjon. Det ble påvist at vinkelen til muskelfibrene varierte betydelig når muskellengden ble forandret. Fibervinkelen i hvilende muskel var  $30^\circ$ , men når muskellengden forandret seg under isotonisk muskelkontraksjon økte den til nesten  $60^\circ$ . Vinkelen mellom muskel aponeurose og muskelakse roterte fra  $10^\circ$  til  $15^\circ$  (Lieber & Fridén, 2000). Andre studier sitert av Simoneau, Longo, Seynnes & Narici (2011) viser også at muskelarkitekturen er forskjellig når muskelen kontraherer seg sammenlignet med hvilende tilstand og at pennate muskler gjennomgår bemerkelsesverdige forandringer under isometriske kontraksjoner. De fleste studier som har undersøkt kontraksjonsinduserte forskjeller i arkitektur har brukt muskelen når den fungerer som en agonist. I motsetning til de fleste studier brukte Simoneau et al. (2011) muskelen når den fungerte som antagonist. Ved et gitt nivå EMG-aktivitet viste studien deres at muskelarkitekturen i gastrocnemius og tibialis anterior var signifikant forskjellige når de fungerte som agonist vs. antagonist. De observerte at tøyningene av antagonistfibre under kontraksjon vil sannsynligvis



resultere i en forsterkning av kraft. Dette indikerer at muskler som fungerer som antagonister har en større mekanisk produksjon, noe som kan bli estimert fra elektomyografi (EMG).

### **2.3.2.2 Har barn og voksne ulik pennasjonsvinkel?**

Muskulær prestasjon er sterkt relatert til arkitektur og dimensjoner i muskler og sener, men hvorvidt modning har effekt på muskelarkitektur i mennesker er uvisst (O'Brien, Reeves, Baltzopoulos, Jones & Maganaris, 2010). Modningsprosessen som skjer fra barndom til voksen alder fører til økning i muskelstørrelse, noe som er etterfulgt av økt fasikkellengde (Kubo, Kanehisa, Kawakami & Fukanaga, 2001) og noen muskler får også økt pennasjonsvinkel (Binzoni, Bianchi, Hanquinet, Kaelin, Savegn, Dumont & Jéguier, 2001).

Det er ikke altfor mange studier som har undersøkt utvikling av pennasjonsvinkel underveis i barndommen, men Binzoni et al. (2001) har testet gastrocnemius hos 162 subjekter mellom 0-70 år. Til tross for store individuelle forskjeller i pennasjonsvinkel, viste studien at pennasjonsvinkelen økte som en funksjon av alder, og nådde stabile verdier etter vekstspurten i puberteten. Det er ikke bare alder som ser ut til å påvirke pennasjonsvinkelen, men også kjønn og treningsstatus. Siden pennasjonsvinkel er en bestemmende faktor når det kommer til muskelkraft, kan resultatene i studien til Binzoni et al. (2001) delvis forklare det lave toppnivået i mekanisk muskelkraft observert hos barn, sammenlignet med voksne. Kurihara et al. (2007) brukte også gastrocnemius til å teste fasikkellengde, pennasjonsvinkel og muskeltykkelse. Studien inkluderte gutter og menn, med en gjennomsnittsalder på henholdsvis 12,8 år og 25 år. Både pennasjonsvinkel og muskeltykkelse var signifikant større hos menn (20° og 21 mm) enn hos guttene (17,5° og 18 mm). Ingen signifikant forskjell i fasikkellengde mellom gruppene ble funnet. Til tross for at flere studier argumenterer at pennasjonsvinkel er signifikant korrelert med muskeltykkelse, viser Binzoni et al. (2001) at forholdet mellom fasikkellengde og muskeltykkelse ikke er lineært før vekstspurten. Basert på disse funnene, er det grunn til å tro at muskeltykkelse i vekstperioden kan forklares av økt pennasjonsvinkel, og ikke fasikkellengde (Kurihara et al., 2007). O'Brien et al. (2010) gjorde også en studie hvor de undersøkte om det var forskjeller i muskel- og sene arkitektur mellom barn og voksne. Gjennomsnittsalderen til barn i studien var 9,15 år (prepubertale på nivå 1 av

tanner skala) mens de voksne var 27,8 år. Fasikkellengde og pennasjonsvinkel av de fire kneekstensorene som utgjør quadriceps ble målt med ultralydbilder. I motsetning til Binzoni et al. (2001) og Kurihara et al. (2007) viste resultatene til O'Brien et al. (2010) at pennasjonsvinkelen ikke var signifikant forskjellig mellom barn og voksen. Studien rapporterte at pennasjonsvinkelen henholdsvis for menn og kvinner, gutter og jenter var 17,2°, 17,1°, 16° og 18,2° distalt av vastus lateralis. Litteraturen er sprikende når det kommer til om pennasjonsvinkelen utvikles underveis i modningsprosessen eller ikke. Studiene som er nevnt ovenfor har konkludert ulikt, men har også brukt forskjellige muskler. Dette kan derfor støtte Kubo et al. (2001) sitt argument om at ikke alle muskler øker pennasjonsvinkel underveis i barndom og puberteten.

### **2.3.2.3 Muskeltykkelse**

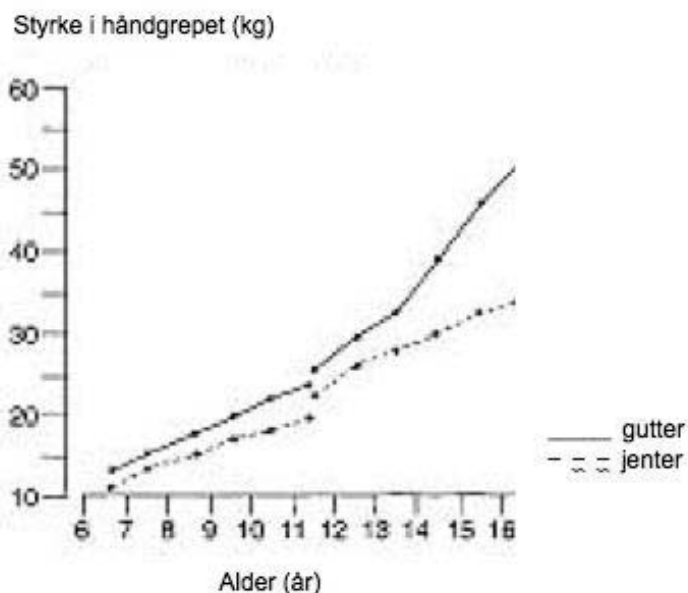
Muskeltykkelse kan enkelt forklares som distansen mellom den dype og den overfladiske muskel aponevrosen, og muskeltykkelse ser ut til å bli påvirket av kjønn, alder og kroppsvekt (Arts, Pillen, Schelhaas, Overeem & Zwarts, 2009; Maurits, Beenakker, van Schaik, Fock & van der Hoeven, 2004; Kurihara et al., 2007). I voksen alder har menn større muskeltykkelse enn kvinner. I motsetning til voksne, ser det ikke ut som det er noen kjønnsforskjell når det kommer til muskeltykkelse hos barn. Kjønnsforskjellen ser ut til å starte i puberteten og er forskjellig for over- og underkropp (Arts et al., 2009). En studie gjort av Maurits et al. (2004) på 105 friske barn fra 3,7 år til 13 år viste at muskelstørrelsen til både biceps brachii og quadriceps korrelerte best med kroppsvekt. Dette støttes av Scholten, Pillen, Verrips & Zwarts (2003) som også konkluderte med at muskeltykkelse er mest avhengig av barnets kroppsvekt frem til 16 års alderen. Reimers, Schlotter, Eicke & Witt (1996) argumenterte at muskeltykkelse hos voksne er avhengig av alder, kroppshøyde og kroppsvekt, mens hos barn er muskeltykkelsen kun avhengig av kroppsvekt (sitert i Scholten et al., 2003), noe som studiene nevnt ovenfor bekrefter. Til tross for at tidligere studier har konkludert med at forholdet mellom alder og muskeltykkelse er lineært, mener Arts et al. (2009) at dette forholdet er kurvlineært, noe som stemmer overens med andre studier (Fischer, Carpenter, Hartlage, Carroll & Stephens, 1988; Lexell, Taylor & Sjostrom, 1988; Kallman, Plato, Tobin, 1990) gjort på forholdet mellom alder og muskelmasse, tverrsnitt og muskelstyrke (sitert i Arts et al., 2009). Hos voksne får vi en reduksjon i muskeltykkelse med alder, og denne reduksjonen er

forskjellig mellom menn og kvinner avhengig av hva slags muskel som blir undersøkt. Reduksjonen er funnet til å være alt fra 0% til 50%, og det kan se ut som arrangement av muskelfibre kan være en mulig årsak til at det er forskjell i reduksjon av muskeltykkelse mellom muskler (Arts et al., 2009).

## 2.4 Muskulær styrke, spenst og hurtighet

### 2.4.1 Muskulær styrke og hypertrofi

Styrke kan bli definert som den maksimale kraften utviklet av en muskel eller muskelgruppe (Armstrong & McManus, 2011). Kjønnrelaterte forskjeller i muskelstyrke har blitt rapportert hos barn fra tre års alderen, men forskjellene er minimale før puberteten inntreffer (Armstrong & Welsman, 2000). Muskelstyrke er sterkt korrelert med kronologisk alder i barndom og pubertet (figur 2.3). Hos gutter øker muskelstyrken lineært fra tidlig barndom til rundt 13-14 års alderen med en påløpende sterk akselerasjon siste del av tenårene, for så å få en svakere økning i starten av 20-årene. Jenter opplever lineær økning i muskelstyrke frem til ca. 15 år, men i motsetning til gutter, er det ingen klare bevis på en styrkespurt (Armstrong & Welsman, 2000; Hansen, Bangsbo, Twisk & Klausen, 1999).



**Figur 2.6:** Styrke i håndgrepet (kg) hos gutter og jenter i forhold til kronologisk alder, utarbeidet av Malina & Bouchard (1996), hentet fra Meen (2000).

Hos voksne mennesker er det muskelstørrelsen som bestemmer den maksimale isometriske styrken som en skjelettmuskel kan produsere, men det er usikkerhet om dette forholdet forandres under vekst og modning (Tonson, Ratel, Le Fur, Cozzone & Bendahan, 2008). En studie av Carron & Bailey (1974) viste at det er ulike styrkeresultater i overkropp og underkropp og hos gutter øker styrken 3,9 ganger mer i overkropp og 2,5 ganger mer i underkropp mellom 10-16 år (sitert av Round et al., 1999). Relatert til vekstspurtten, så viser data at peak strength velocity oppstår rundt 1-1,5 år senere enn PHV (Armstrong & McManus, 2011), noe som betyr at muskelmassen øker før muskelstyrken under puberteten. En studie gjort av både aktive (> 5 timer pr. uke) og ikke-aktive gutter (< 1,5 time pr. uke) i underkant av 13 år viste at de oppnår peak strength velocity henholdsvis når de er 15,3 år og 14,7 år gamle (Beunen, Malina, Renson, Simons, Ostyn & Lefevre, 1992). Som i andre tilfeller, kan det også her være individuelle forskjeller. Noen barn kan få sin største styrkeøkning tidligere enn normalt, samtidig med sin første veksthastighet (Meen, 2000). Til tross for minimale forskjeller i muskelstyrke før puberteten, er gutter litt sterkere enn jenter (figur 2.4). Parker, Round, Sacco & Jones (1990) målte isometrisk styrke både i arm fleksorne og i quadriceps hos barn mellom 8-18 år. Studien viste at sammenlignet med jenter så hadde gutter større muskelstyrke i begge muskelgrupper, men at den største styrkeforskjellen var i overarmene. Denne kjønnsforskjellen relateres direkte til muskelmasse, og ikke muskulaturens yteevne (Malina 1996, sitert av Meen, 2000). Som i andre tilfeller av vekst, kan det også i muskelstyrke være noe overlapping mellom kjønn. Man kan oppleve at jenter i en kort periode er større og sterkere enn gutter. Dette kan forklares av at jenter kommer i puberteten to år før gutter (Meen, 2000). Kjønnsforskjellene i muskelstyrke fortsetter å øke postpubertalt, med en økning i muskelmasse hos menn. Absolutt styrke hos kvinner er typisk 52% og 66% av mannlig muskelstyrke i under- og overkropp. Korrelerer man for tverrsnitt til muskulatur og ben, blir disse differansene betraktelig mindre, og noen forsvinner helt (Rippe, 2012).

Muskelstyrke avhenger av muskelens tverrsnittsareal, og det finnes enkelte studier på dyr som antyder at etter den postnatale perioden så er det muligheter for hyperplasi ved hjelp av spesiell trening. Det er dog vanskelig å bevise at barn kan oppnå muskelfiberhyperplasi ved styrketrening (Meen, 2000).

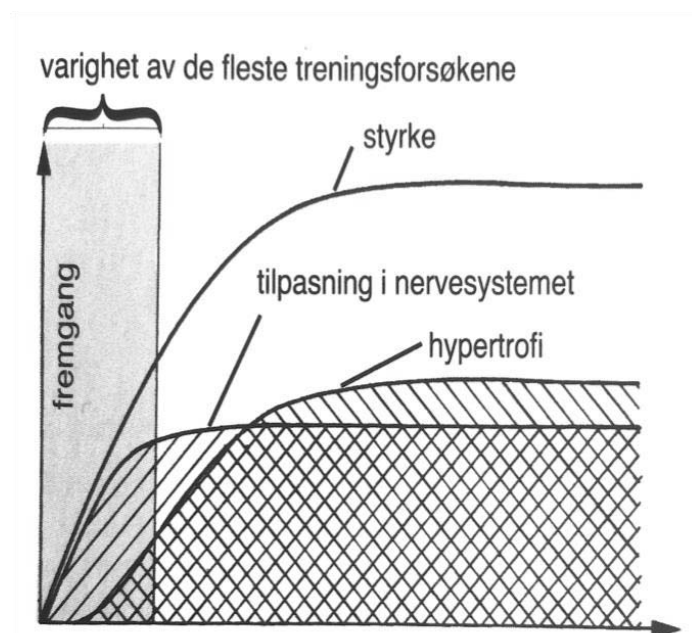
Trening fører ikke bare til forandringer i musklene selv, men også i måten sentralnervesystemet styrer musklene. Hvilke forandringer som skjer, avhenger av om det er styrketrening, utholdenhetstrening eller teknikktrening (Dahl & Rinvik, 2007). I løpet av de siste tiårene har styrketrening fått en økt eksponering og blitt svært populært (Kraemer, Fry, Frykman, Conroy & Hoffmann, 1989). Tidligere trodde man at styrketrening var relatert til seksuell modenhet, og på grunn av ufullstendige nivåer av sirkulerende androgener, var styrketrening ineffektivt for økning i styrke (Armstrong & McManus, 2011). I løpet av de to siste tiårene har flere studier vist at ved å følge visse retningslinjer kan prepubertale barn oppnå økning i muskulær styrke etter styrketreningsprogram (Ozmun, Mikesky & Surburg, 1994), og muligheten til å øke i muskulær styrke ser ut til å øke med alder og modenhet (Behringer, von Heede, Yue & Mester, 2010). De underliggende årsakene til økt muskulær adaptasjon er noe uvisst (Ozmun et al., 1994). Dette er i følge Malina (2006) ikke undersøkt godt nok, men på bakgrunn av noe begrensende beviser, kan det tyde på at genetiske faktorer spiller en rolle i hvordan barn og unge responderer på styrketrening. Hos voksne er treningsinduserte styrkeøkninger relatert til hypertrofi og/eller nevromuskulære adaptasjoner. Til tross for at flere styrketreningsstudier på barn viser økning i styrke, er det vanskelig å påvise muskelhypertrofi. På bakgrunn av dette anses det derfor som generelt vanskelig å indusere muskelhypertrofi ved hjelp av trening hos barn før konsentrasjonen av sirkulerende androgener øker i puberteten (Andrén & Holm, 2009). Til tross for at Mersch & Stoboy (1990) fant en økning på 4-9% av tverrsnittsareal i quadriceps hos prepubertale gutter etter ti uker med maksimal isometrisk trening og at Fukunaga et al. (1992) fant en økning i tverrsnittsareal både hos gutter og jenter på henholdsvis 15,1% og 12,8% etter et 12 uker styrketreningsprogram, viser den største mengden forskningsdata at det er andre mekanismer som ligger bak (Tolfrey 2007, sitert av Andrén & Holm, 2009).

#### **2.4.2 Muskulær styrke og nevralt adaptasjoner**

Kjønns hormoner spiller en sentral rolle i både muskelmasse og muskelstyrke, men det er også grunn til å tro at andre faktorer som for eksempel nevralt adaptasjoner og forandringer i muskelfibrenes egenskaper spiller en sentral rolle i økning av muskelstyrke (Ozmun et al., 1994; Meen, 2000; Cunha, Santanna, Cadore, Oliviera, dos Santos, Pinto & Reischak-Oliviera, 2014; Granacher et al., 2011). De nevralt adaptasjonene er vanskelig å definere, men det kan se ut som at en bedring i

koordinasjon og læring kan være mulige årsaker (Behm, Faigenbaum, Falk & Klentrou (2008).

Ozmun et al. (1994) brukte EMG for å studere hva slags innvirkning styrketrening hadde på nevro-muskulær aktivering hos barn. EMG er kort forklart en metode til å registrere elektrisk aktivitet i musklene. Studien inkluderte åtte gutter, med en gjennomsnittlig alder på 10,3 år som gjennomgikk et åtte ukers styrketreningsprogram. Studien påviste en økning av EMG-amplitude på 16,8%, noe som støtter hypotesen om nevro-muskulære adaptasjoner betydning for økt styrke hos barn (Andrén & Holm, 2009).



**Figur 2.7:** Når en utrent begynner å trene styrke kommer den første fremgangen uten tegn til hypertrofi av muskelfibrene. Hentet fra Dahl & Rinvik (2007).

### 2.4.3 Spenst og hurtighet

I motsetning til aerob fitness, har felt baserte aktiviteter med maksimal intensitet fått lite oppmerksomhet i litteraturen, og det som finnes er i stor grad begrenset til spenst og sprint tester. Det argumenteres at ulike spensthopp og sprint tester er usannsynlig til å fullstendig utfordre tilførselen av anaerobe energi, og at den individuelle anaerobe prestasjon er avhengig av nevro-muskulær koordinasjon, balanse, motoriske evner, muskelmorfologi og muskelarkitektur, metabolske faktorer, trening, kjønn og alder (Van Praagh & Doré., 2002; Papaiakevou et al., 2009; Armstrong & McManus., 2011). Før var man overbevist om at hurtighet kun var en genetisk kvalitet og at ingenting kunne forbedre det, men i dag er genetikk antatt å være en av faktorene som bestemmer utøverens maksimale potensiale i hurtighet (Shalfawi, Sabbah, Kailani, Tønnessen & Enoksen, 2011).

Barn involveres ofte i kortvarig høy-intensive aktiviteter gjennom barndommen, men på grunn av etiske dilemmaer er det vanskelig å måle anaerob metabolisme ved hjelp av biopsi fra barn. Derfor brukes ofte målinger av den maksimale kortvarige nytteeffekten (power output) (Temfemo, Hugues, Chardon, Mandengue & Ahmaidi, 2009). Det finnes ulike metoder å måle spenst på, og to av de mest brukte metodene er (squat jump (SJ) og countermovement jump (CMJ) (vertikale hopp). Det finnes studier som viser at man oppnår en høyere hopphøyde ved CMJ. Mulige forklaringer er bedre koordinasjon, muskler genererer mer kraft, bedre lagring og bedre ombruk av elastisk energi og spinale reflekser trigges i CMJ (Bobbert, Gerritsen, Litjens & Van Soest, 1996). Hopping representerer en kompleks bevegelse der flere ledd er representert. Den eksterne mekaniske kraften som blir produsert i det føttene presser i fra bakken er brukt som en indikator av kneekstensorens kapasitet til å produsere kraft. Barn produserer lik muskel- og mekanisk kraft uansett kjønn, men på grunn av at gutter opplever en større kapasitet til å utvikle kraft i puberteten, har menn ofte større økning i kraftproduksjon enn kvinner (O'Brian, Reeves, Baltzopoulos, Jones & Maganaris, 2009). En studie gjort på voksne og prepubertale barn (8-10 år) konkluderte med at muskelvolumet til quadriceps femoris har den største betydningen for økningen i kraft som oppstår under modning (O'Brian et al., 2009). Studier viser at evnen til å utføre spensthopp dobles mellom 5 og 13 år. Utviklingen ser ut til å være lik blant gutter og jenter frem til pubertet. Fra 14 års alderen oppstår det en

kjønnsforskjell, og gutter ser ut til å øke prestasjon i spensthopp mer enn jenter (Malina et al., 2004; Temfemo et al., 2009). Ingen kjønnsforskjeller er observert i 11 års alderen, men på grunn av økt benlengde og større muskelvolum i bena hos gutter oppstår de tydelige kjønnsforskjellene rundt 13-14 års alderen, og de er aller størst rundt 16 års alderen (Temfemo et al., 2009). Det er også funnet at gutter allerede fra 11 års alderen har en noe større prosentandel av type II-fibre enn jenter. Denne prosentandelen øker gjennom puberteten og ble observert til å være størst ved 16 års alderen (Temfemo et al., 2009). Kjønnsforskjellene observert i blant annet spensthopp kan i tillegg til økt ben lengde og muskelvolum også forklares av en større prosentandel type II-fibre hos gutter enn hos jenter (Temfemo et al., 2009). Eksplosiv styrke i form av vertikalt hopp hos 12 år gamle fotballspillere øker med  $1.5 \text{ cm}\cdot\text{år}^{-1}$  frem til ett år før PHV. Når PHV oppstår har denne gruppe barn en økning på  $5.1 \text{ cm}\cdot\text{år}^{-1}$  i vertikalt hopp før det skjer en reduksjon til  $3.3 \text{ cm}\cdot\text{år}^{-1}$  12 måneder etter PHV (Philippaerts et al., 2007).

Når det kommer til trenbarhet av spenst og hurtighet er det vist at plyometrisk trening øker prestasjon i spenst både hos atleter og ikke-atleter. Hurtighet blir ofte antatt å være lite trenbar, men det er vist at intensive treningsdoser med løpshurtighet kombinert med styrke og spenst kan gi fremgang i hurtighet for blant annet fotballspillere (Tønnessen, Alnes & Aasen., 2013). Det er færre studier blant barn, men en studie av Michailidis (2015) presenterer funn som indikerer at plyometrisk trening kan øke både spenst og hurtighet i prepubertale gutter som spiller fotball, og at det er gode korrelasjoner mellom disse variablene. En lik studie av Kotzamanidis (2006) rapporterte like resultater for ikke-atletiske 11 år gamle skolegutter. På bakgrunn av at det er funnet at sterkere fotballspillere i ungdomsalder har bedre spenst og sprintprestasjoner, illustrerer Comfort, Stewart, Bloom & Clarkson (2014) viktigheten av styrkeutvikling i underkroppen for å øke prestasjon i sprint og hopp.

Hurtighet er evnen til å flytte kroppen så raskt som mulig, og 30-m sprint test og 4 x 20-m shuttle run er to anvendelige tester til å fastsette hurtighet blant barn og ungdom (Ortega et al., 2008). En 30-m sprint test blir delt opp i flere faser og blant barn er fasen 20-30 meter antatt å være fasen hvor barn bruker å oppnå deres maksimale hastighet, mens 0-10 meter og 10-20 meter er antatt å være den første og andre fasen av akselerasjon (Kotzamanidis, 2006).



Det menneskelige bevegelsessystemet gjennomgår aldersrelaterte forandringer som påvirker motorisk funksjon slik at fysisk prestasjon hos prepubertale barn forbedres med alder (Malina et al., 2004). Forskjellig vekst og modnings faktorer som for eksempel kroppsvekt og kroppshøyde påvirker akselerasjon og evnen til repeterte sprinter på ulike måter gjennom barndommen. En studie (Mendez-Villanueva, Buchheit, Kuitunen, Douglas, Feltola & Bourdon., 2011) gjort på unge (12-18 år) fotballspillere viser at alder har en stor effekt på løpshastighet under oppvekst. Denne effekten er relatert mer til biologisk modning enn til antropometriske karakteristikk, noe som bør tas hensyn til når man sammenligner hurtighetstester blant unge fotballspillere (Mendez-Villanueva et al., 2011).

Papaiakovou et al. (2009) gjorde en studie basert på 360 stillesittende elever fra 7 til 18 år. Hensikten med studien var å undersøke om kronologisk alder og kjønn hadde noe effekt på utvikling av hastighet i barndom og pubertet. 30-m sprint test ble målt med fotoceller hver tiende meter, og resultatene viste at både gutter og jenter forbedret løpshastigheten i hver sprintfase. 18 år gamle gutter hadde signifikant høyere løpshastighet sammenlignet med 15 år (og yngre) gamle gutter. 18 år gamle jenter hadde signifikant høyere løpshastighet enn 13 år (og yngre) gamle jenter. Guttene løpte raskere enn jenter i alle sprintfasene (0-10 m, 10-20 m, 20-30 m, 0-30 m), noe som økte etter 15 års alder. Prestasjonen i hver sprintfase ble jevnt over påvirket av kronologisk alder, noe som også bør tas hensyn til når man sammenligner barn i sprint prestasjoner (Papaiakovou et al., 2009).

#### ***2.4.3.1 Er det sammenheng mellom spenst og hurtighet?***

Studier viser signifikante forhold mellom hurtighet og ens evne til å raskt anvende kraft. CMJ og SJ er to vanlige metoder som brukes for å estimere kraft i underkroppen. Flere studier har funnet sterke signifikante forhold mellom sprint akselerasjon og SJ, mens CMJ demonstrerer en sterk korrelasjon til maksimal sprint hastighet (McFarland, Dawes, Elder, Lockie., 2016). Disse forholdene er funnet mellom voksne, og flere studier er gjort i ballidretter som fotball, basketball og volleyball. Wisløff, Castagna, Helgerud, Jones & Hoff (2004) gjorde en studie av fotballspillere på elitenivå og fant en sterk korrelasjon mellom maksimal styrke, sprint og vertikale hopp, noe som var forventet siden vertikale hopp og sprint er derivater av maksimal styrke. Det er vanskeligere å finne studier på barn, men Halil, Nurtekin,

Dede, Amze & Mine (2013) har funnet at en økning i vertikalt hopp blant 11,5 år gamle svømmere øker smidighet, akselerasjon og hurtighet med henholdsvis 5,5%, 2,4% og 9%. Smidighet involverer ferdigheter som balanse, muskulær og nevro-muskulær koordinasjon, utvikling av kjernemuskulatur samt utvikling av stretch-shortening cycle. Disse ferdighetene er vanlige i idretter som krever høyere grad av koordinasjon. Akselerasjon er hvor fort hastigheten forandrer seg (Halil et al., 2013). En forklaring på forholdet mellom evnen til å hoppe og sprintprestasjon er at begge har evnen til å uttrykke muskulær kraft (Hudgins, Scharfenberg, Triplett & McBride, 2013).

### **3. Metode**

#### ***3.1 Rekruttering***

Kontrollgruppen ble rekruttert via Høgskolen i Sogn og Fjordane (HiSF), der de tok kontakt med den lokale barneskolen. Da vi kun skulle ha 12 år gamle barn, ble elevene i 7.klasse og deres foresatte informert om forskningsprosjektet.

Etter et informasjonsmøte i hver aktuell klubb, ble langrennsgruppen rekruttert fra idrettsklubber i nærmiljøet til NIH.

Informasjonsskriv om prosjektet (vedlegg 1), egenerklæring (vedlegg 2) samt samtykkeerklæring (vedlegg 3) ble sendt ut til alle. I informasjonsskrivet ble det opplyst om at all data som ble samlet inn ville bli behandlet avidentifisert og at deltakerne når som helst kunne trekke seg fra studien, uten å oppgi årsak. Foresatte måtte signere og sende tilbake samtykkeerklæringen før barnet kunne delta i studien. Egenerklæringene ble returnert sammen med samtykkeerklæringen, eller på testdagen. Foreldre til FP som er på bildene nedenfor har signert fototillatelse (vedlegg 6).

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

#### ***3.2 Beskrivelse av forsøkspersonene***

Av de 44 FP'ene i kontrollgruppen ble fire jenter i ekskludert fra studien pga. menarche. Ingen av jentene i langrennsgruppen ble ekskludert pga. menarche. Alle i langrennsgruppen var født i 2003, men kontroll var født i 2001. Felles for begge gruppene er at de var eller fylte 12 år i løpet av det året de ble testet, og alle ble testet på høsten. Ingen inklusjonskrav ble stilt bortsett fra at de måtte være friske til å delta på testdagen. Dersom det oppsto skade eller sykdom ble den aktuelle testen tatt bort fra protokollen eller testdagen ble utsatt.

Alder og antropometriske data for de to gruppene er presentert i tabell 3.1. En mer detaljert tabell, som blant annet tar hensyn til kjønn blir presentert i resultatkapittelet (tabell 4.1)

I denne oppgaven vil det legges vekt på FFM, istedenfor KMI (kroppsmasseindeks). Dette er på grunn av at det er store individuelle forskjeller knyttet til KMI, da det kun representerer et mål på vekt i forhold til høyde, og ikke tar hensyn til for eksempel muskelmasse.

**Tabell 3.1:** Alder og antropometriske data for 12 år gamle skiløpere og skolebarn.

	<b>Langrennsgruppen</b> (n=51)	<b>Kontrollgruppen</b> (n=41-44)
<b>Alder (år)</b>	12,3 (0,3)	12,5 (0,3)
<b>Høyde (cm)</b>	154,2 (6,8)	154,2 (6,8)
<b>Sittehøyde (cm)</b>	79,8 (3,3)	78,8 (3,8)
<b>Kroppsvekt (kg)</b>	42,3 (6,6)	45,6 (9,0)
<b>KMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	17,5 (1,6)	19,0 (2,9)
<b>FFM (kg)</b>	36,9 (4,8)	36,4 (5,3)
<b>Fettprosent (%)</b>	11,9 (4,6)	17,1 ( 8,2)

*Alle verdiene er oppgitt i gjennomsnitt (standardavvik). KMI står for kroppsmasseindeks (kroppsvekt/høyde<sup>2</sup>).*

### 3.2.1 Idrettsaktivitet

Kartlegging av idrettsaktivitet og aktivitetsstatus ble gjort ved hjelp av et spørreskjema (vedlegg 4) som alle FP skulle fylle ut sammen med en foresatt. Spørreskjemaet inneholdt korte og enkle spørsmål angående idrettsaktivitet.

**Tabell 3.2:** Antall treningstimer pr. uke for 12 år gamle skiløpere og skolebarn.

	<b>Langrennsgruppen</b> (n=51)	<b>Kontrollgruppen</b> (n=44)
<b>Treningstimer pr. uke</b>	7,6 (2,1)	5,6 (2,7)

*Alle verdier er oppgitt i gjennomsnitt (standardavvik).*

### **3.3 Forsøksdesign**

Denne studien er en tverrsnittsundersøkelse som også er en del av en longitudinell studie hvor det ønskes å studere hvordan fysiologiske variabler endrer seg fra 12 til 16 år. Målingene skal gjennomføres én gang hvert år eller halvannet år. Målingene som ble gjort høsten 2015 representerer langrennsgruppen i denne tverrsnittsundersøkelsen og kontrollgruppen ble testet i Sogndal høsten 2013.

Muskelarkitektur- og tykkelse, samt spenst, hurtighet og muskelstyrke undersøkes hos 12 år gamle barn. Studien inneholder to grupper med lik alder, men med ulik aktivitetsstatus. Begge kjønn er representert i gruppene.

Testpersonell fra NIH tok med all nødvendig utstyr til Sogndal, og testing foregikk på kontrollgruppens egen barneskole, og på HiSF. Langrennsgruppen møtte på laboratoriene til NIH. Det ble først tatt en legesjekk av FP før resten av testene ble utført. Det ble ikke satt noen krav til aktivitet eller næringsinntak i forkant av testene.

#### **3.3.1 Tilvenning til utstyr og legesjekk**

Alle FP gjennomgikk en legesjekk før testene ble utført. Det ble foretatt en kort helsesjekk (kroppsvekt, høyde og sittehøyde ble målt og notert) og samtale med lege før FP gikk videre til ultralyd av muskeltykkelse og pennasjonsvinkel, spenst, hurtighet og styrke tester. FP ble nøye fortalt hva som skulle skje på hver teststasjon, og der hvor det trengtes fikk alle prøve testene og nødvendig oppvarming. Før spenst og hurtighetstestene hadde FP oppvarming med lett jogg og stigningsløp for å forberede kroppen på 30 meter hurtighetstest. De fikk også testforsøk på spenst plattformen for å bli vant til hvordan testen skulle utføres. Før styrketestene fikk FP kjenne på hvordan det følte, og ble godt fortalt at det kunne kjennes litt annerledes ut med og uten vektmotstand. Ultralyd krevde ingen tilvenning, da det var testleder som skulle utføre testen og FP kun ligge på en benk.

### **3.4 Målinger**

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

Kronologisk alder ble beregnet til antall år og dager fra fødselsdato til den aktuelle testdagen. Fordi det er store individuelle forskjeller i utvikling og modning, ble også biologisk alder gjort rede for i form av et enkelt spørreskjema (vedlegg 5) som FP fylte ut sammen med foreldre. Begge kjønn svarte på seks spørsmål. Guttenes grad av hårvekst nedentil, uren hud, hår på overleppen og om de var kommet i stemmeskiftet ble undersøkt via spørreskjemaet. Jentene på sin side, måtte svare for om de hadde fått menarche, brystutvikling, hår nedentil og/eller uren hud.

Fire jenter i kontrollgruppen ble ekskludert fra studien pga. menarche, men basert på at ingen av de resterende jentene i denne studien hadde fått menarche, konkluderes de derfor for å være prepubertale. Fordi jenter når pubertet tidligere enn gutter, anses også guttene i denne studien som prepubertale.

#### **3.4.2 Antropometriske målinger**

Kroppsvekt og høyde ble målt på en digital vekt med stadiometer (Seca, Hamburg, Tyskland). FP hadde på seg lett treningstøy og ble veid og målt uten sko. Det ble trukket fra 0,5 kg for treningstøy. Alle ble veid og målt før de fysiske testene ble utført. Kroppssammensetning (KMI, FFM og fettprosent) ble bestemt ved hjelp av impedansmåling (InBody 720, Biospace Co, Ltd, Seoul, Korea). FP sto på en plattform med hælene plassert på to sirkelformede elektroder. Føttene var plassert på to ovale elektroder. Hendene ble holdt rundt to håndtak, hvor tommelen var plassert på en elektrode og resten av fingrene på en elektrode på undersiden av håndtaket. Varigheten på testen var to minutter, og FP måtte stå i ro gjennom hele testen med armene hengende avslappende langs siden, men en vinkel på 15° mellom arm og kropp (figur 3.1).



**Figur 3.1:** Impedansmåling. Bildet viser elektrodene, og modellen viser ståstillingen som var viktig å holde gjennom hele testen.

### 3.4.3 Muskelarkitektur

Det ble målt muskeltykkelse av biceps brachii (BB) og vastus lateralis (VL), samt pennasjonsvinkel av VL ved hjelp av B-mode ultralyd (HD11XE Philips Ultrasound, Revision 2.0.3 Andover, MA, USA). Det første som ble gjort var å måle humerus, femur og tibia med målebånd. Når ultralydbildene skulle tas lå FP liggende på en benk med ansiktet vendt oppover, og ble bedt om å slappe av. Humerus ble palpert og målt fra skulderkulen til den laterale epikondylen nederst på humerus. For å måle muskeltykkelse ble det tatt ultralydbilde av nedre tredjedel av BB muskelbuken. Femur ble palpert og målt fra trochantor major til den laterale epikondyl på femur. For å måle muskeltykkelse og pennasjonsvinkel av VL ble det tatt ultralydbilde i regionen 40% fra den laterale epikondylen. Dette begrunnes med at det normalt sett er der muskelen er mest sensitiv for treningseffekt og at man ofte får UL-bilder med god kvalitet i denne regionen. Dette var standardisert, slik at ikke ulike teknikker skulle få påvirke resultatene og at alle FP skulle bli målt på likt sted.

Tibia ble målt fra den laterale epikondylen av femur til den laterale malleole, men er ikke blitt målt hos kontrollgruppen, og nevnes derfor ikke videre i denne oppgaven. Kontaktgelé (Aquasonic gel) ble påført ultralydproben (50 mm, 5–12 MHz, HD11XE, Phillips, Bothell, WA, USA) og muskeltykkelsen av BB og VL ble målt ved at proben lå vertikalt over muskelen. Når det skulle tas bilde av pennasjonsvinkel av VL ble proben vendt proksimalt, og tiltet for å få klare fibre. Det var svært viktig å tilte proben lateralt for å få rett vinkel på fibre. Kriteriene for god kvalitet på bildet ble satt til klare aponevroser og klare fibre med rett vinkel. Det ble tatt tre bilder av muskeltykkelse og pennasjonsvinkel, hvor gjennomsnittet ble brukt i videre analyser.



*Figur 3.2: Proben holdes vertikalt for muskeltykkelse og tiltes proksimalt for pennasjonsvinkel av VL.*



#### **3.4.3.1 Beregning av muskeltykkelse og muskelarkitektur**

Muskeltykkelse og pennasjonsvinkel ble beregnet ut i fra en software ved navn Fiji. Ved muskeltykkelse av BB brukes den ovale funksjonen. Siden målingene ble gjort helt ned til humerus, er det viktig å nevne at funksjonen måler ikke bare BB men også flere av armfleksorner. Av VL brukes tre rette linjer på tre forskjellige steder av muskelen. Gjennomsnittet av de tre målingene blir brukt i analysene, og den korteste avstanden skal måles. Ved pennasjonsvinkel brukes vinkelfunksjonen. Målingen av muskeltykkelse blir registrert i pixel, men den blir omgjort til millimeter (se utregning under). Når det gjelder VL blir pennasjonsvinkel registrert, uten å måtte omgjøre noe.

$$\text{thickness in pixel} / \text{factor in pixel} = \underline{\text{thickness in m.m}}$$

#### **3.4.4 Isometrisk styrke ved kneekstensjon og benkpress**

Alle FP testet isometrisk styrke (ingen forandring i muskellengde under utvikling av kraft) ved kneekstensjon og benkpress i en spesial designet styrkebenk (GYM200) designet for barn. Alle fikk tre forsøk på hver øvelse, men dersom det var en økning på siste forsøk ble det gjort et fjerde og eventuelt et femte forsøk for å nå maks utmattelse. Det ble gitt to minutter pause mellom hvert forsøk og det er det beste forsøket som teller i analysene.

Begge testene er standardisert på den måten at albueleddet er 90°, noe som gjør at overarmen er horisontal og underarmen er vertikal når man utfører benkpress (figur 3.4). Ved utførelse av testen var det viktig å ikke rykke i stangen, men å presse rett opp i fem sekunder. I kneekstensjon satt FP på benken med kneleddet i 90° og ryggen vertikal (figur 3.3) De hadde ikke lov til å lene seg bakover eller løfte opp hoftene, da dette kunne gjøre at andre muskler ble aktivert under testen. Også her skulle FP presse alt de kunne rett ut, uten å rykke, i fem sekunder. Hendene ble holdt i en rett linje på benken. Det ble brukt en strekklapp (strain gauge) (U2A100kg, Holtinger, Germany) med en spesial designet forsterker. Dataene ble samlet via et AD kort (100Hz), med en spesial designet software (Labview, National Instruments, Texas, USA).



**Figur 3.3:** Modell viser stilling som kreves for at testen skal bli godkjent i isometrisk kneekstensjon.



**Figur 3.4:** Modell viser stillingen som kreves for at testen skal bli godkjent i isometrisk benkpress.

### 3.4.5 Hurtighet og spenst

Alle FP gjennomgikk først en spenst (CMJ/ svikthopp) test, deretter en hurtighetstest. Det ble gitt tre forsøk på hver test, med mulighet for flere dersom testleder mente det var nødvendig.

Etter testleder viste hvordan svikthoppet skulle gjennomføres, fikk FP to oppvarmingsforsøk før testen begynte. Under testen skulle FP stå midt på en kraftplattform (FP4, Hur-Labs, Finland), med hoftebreddes avstand mellom bena, hoftefeste med armene og blikket rett frem. Ved utførelse av svikthoppet skulle knærne bøyes til 90° før det ble hoppet et dynamisk hopp så høyt FP kunne. Det ble gitt minimum ett min pause mellom hvert hopp.

Før hurtighetstesten fikk alle FP nødvendig oppvarming som inkluderte rolig jogg i 5 minutter, ett stigningsløp med 70-80% innsats og ett stigningsløp med 90% innsats. Selve testen besto av 30 meter (m) hvor FP skulle løpe maksimalt. Tre sett med fotoceller (Speed Trap II TC Wireless Timing System, Brower timing systems, Utah, USA) ble plassert ved 0m, 10m og 30m med en høyde på 93 cm fra gulvet. Det ble festet en tape mellom fotocellene ved 0m for å markere hvor tidtakingen starter. 30 cm bak denne streken ble det plassert en ny tape (-0,30). FP står med en fot inntil denne streken (-0,30) i en stående klarstilling lett foroverbøyd og starter på klar signal fra testleder. Resultatet av testen er tiden ved 30 meter, men det ble også tatt splittid ved 10 meter. FP gikk rolig tilbake, før neste forsøk ble utført etter minimum 2 minutters pause.

### 3.5 Retesting

Sytten deltagere fra langrennsgruppen kom tilbake til NIH for retesting. Alle testene, utenom legesjekken, ble utført på nytt. En reproduserbarhetstest styrker testresultatene, og de antropometriske dataene er presentert i tabell 3.3 mens dataene fra styrketestene er representert i tabell 3.4. Muskelarkitektur dataene er presentert i tabell 3.5.

*Tabell 3.3: Antropometriske data for test- og retest gruppen.*

	<b>Test</b> <b>(n=17)</b>	<b>Retest</b> <b>(n=17)</b>
<b>Høyde (cm)</b>	153,9 (5,8)	155,1 (5,9)
<b>Sittehøyde (cm)</b>	79,6 (3,0)	80,0 (3,0)
<b>Kroppsvekt (kg)</b>	42,0 (6,3)	42,0 (6,9)
<b>KMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	17,0 (1,6)	17,0 (1,7)
<b>FFM (kg)</b>	36,3 (5,1)	36,3 (5,1)
<b>Muskelmasse (kg)</b>	19,6 (3,0)	19,6 (3,0)
<b>Humerus (cm)</b>	25,7 (1,4)	26,0 (1,5)
<b>Femur (cm)</b>	35,6 (3,0)	35,9 (2,7)
<b>Tibia (cm)</b>	37,6 (1,6)	37,7 (1,3)

*Alle verdiene er oppgitt i gjennomsnitt (standardavvik). KMI står for kroppsmasseindeks (kroppsvekt/høyde<sup>2</sup>).*

*Tabell 3.4: Spenst, hurtighet og styrke data for test- og retest gruppen.*

	<b>Test</b> <b>(n=17)</b>	<b>Retest</b> <b>(n=17)</b>
<b>Benkpress (kp)</b>	23,3 (4,4)	24,7 (4,7)
<b>Kneekstensjon (kp)</b>	29,9 (5,0)	30,5 (5,4)
<b>Spent (cm)</b>	26,3 (4,1)	25,9 (3,7)
<b>Hurtighet (sek)</b>	5,4 (0,4)	5,9 (5,8)

*Alle verdier er oppgitt i gjennomsnitt (standardavvik).*

**Tabell 3.5:** Muskelarkitektur for test- og retest gruppen.

	<b>Test</b>	<b>Retest</b>
	<b>(n=16)</b>	<b>(n=16)</b>
<b>VL tykkelse (mm)</b>	17,61 (1,9)	18,55 (2,0)
<b>VL pennasjonsvinkel (<math>\theta</math>)</b>	18,24 (3,1)	18,40 (3,0)
<b>BB tykkelse (mm)</b>	24,05 (2,1)	24,02 (2,4)

*Alle verdier er oppgitt i gjennomsnitt (standardavvik).*

Variasjonskoeffisient er et spredningsmål i et datasett. På bakgrunn av de 17 FP som ble retestet, blir variasjonskoeffisienten regnet ut ved å dele standardavviket på gjennomsnittet, for å så gange med 100 (tabell 3.6).

**Tabell 3.6:** Variasjonskoeffisient (CV) til antropometriske data, funksjon og muskelarkitektur.

	<b>CV (%)</b>
	<b>(n=16-17)</b>
<b>Høyde (cm)</b>	1,0
<b>Kroppsvekt (kg)</b>	2,6
<b>Spent (cm)</b>	5,4
<b>Hurtighet (sek)</b>	1,6
<b>Kneekstensjon (kp)</b>	7,4
<b>Benkpress (kp)</b>	6,7
<b>Humerus (cm)</b>	0,8
<b>Femur (cm)</b>	5,4
<b>Tibia (cm)</b>	2,6
<b>VL tykkelse (mm)</b>	7,1
<b>VL pennasjonsvinkel (<math>\theta</math>)</b>	9,4
<b>BB tykkelse (mm)</b>	4,8

*Alle verdier blir oppgitt i prosent.*

### ***3.6 Statistikk***

Alle dataene ble lagt inn og analysert i Microsoft Office Excel for Mac 2011. Fordi det er to forskjellige grupper blir det brukt en tosidig uparet t-test til å undersøke signifikante forskjeller mellom skiløpere og skolebarn. Et signifikantnivå på 5% ( $p < 0,05$ ) beregnes som statistisk signifikant. Gjennomsnitt og standardavvik blir også oppgitt. Sammenhengen mellom to variabler ble testet med regresjonsanalyse og Pearsons korrelasjonskoeffisient. Korrelasjonskoeffisient under 0,2 representerer ingen korrelasjon, 0,2 – 0,45 representerer en svak korrelasjon, 0,45 – 0,7 moderat korrelasjon og verdier over 0,7 representerer en sterk korrelasjon (O'Donoghue, 2012).

## 4. Resultater

### 4.1 Organisert trening

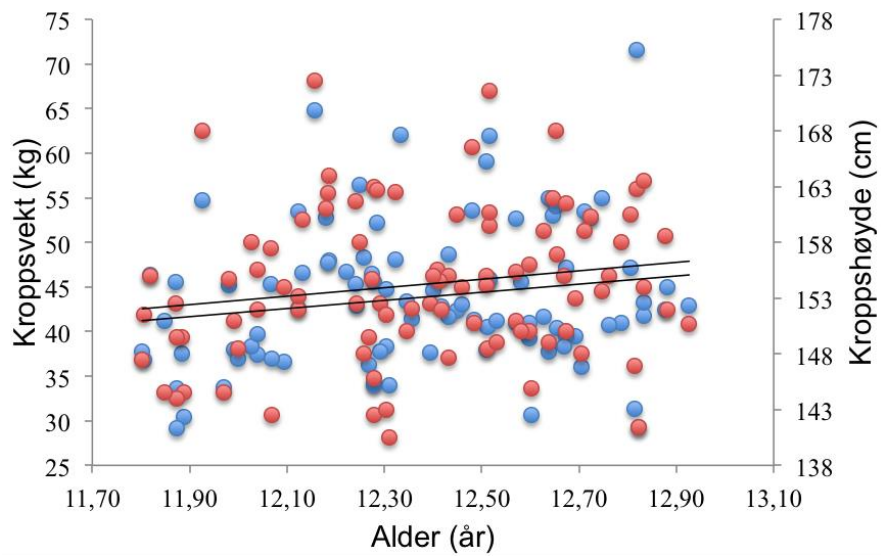
Kontrollgruppen trente organisert 5,6 (2,8) timer per uke (gutter 5,7 (2,6) og jenter 5,5 (3,0) timer/uke). Langrennsgruppen trente organisert 7,6 (2,1) timer per uke (gutter: 7,3 (1,5) og jenter 7,9 (2,5) timer/uke). Langrennsgruppen trente i gjennomsnitt 2 timer/uke mer enn kontrollgruppen ( $p < 0,001$ ).

### 4.2 Antropometriske data

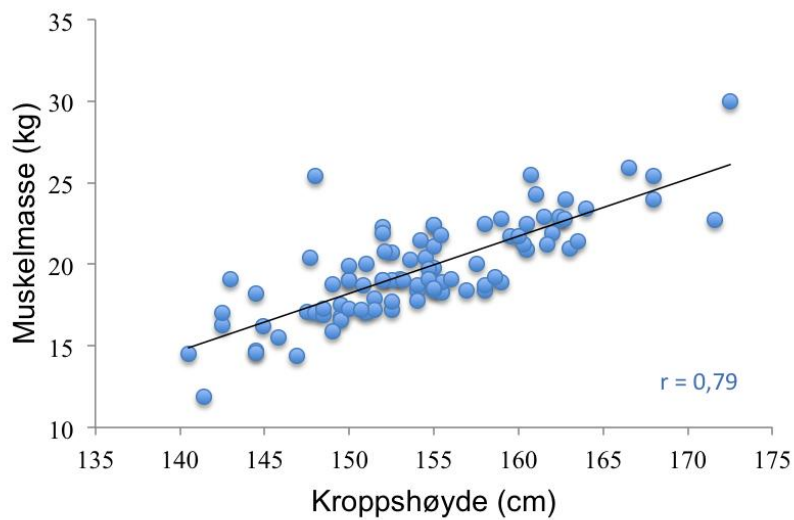
Langrennsgruppen var i gjennomsnitt 2,4 måneder yngre enn kontrollgruppen på testdagen, men det var kun signifikant for jentene ( $p < 0,05$ ). Bedømt ut fra de ulike FP sin alder økte i gjennomsnitt kroppsvekten med 4,6 kg og kroppshøyden med 3,8 cm per år (figur 4.1). Det vil si at kroppsvekten i gjennomsnitt øker med 0,9 kg og kroppshøyden med 0,8 cm på 2,4 måneder for denne gruppen barn.

Det var ingen signifikante forskjeller i kroppshøyde mellom jenter og gutter i noen av gruppene eller mellom gruppene (tabell 4.1). Det var heller ingen signifikante forskjeller i kroppsvekt mellom jenter og gutter i noen av gruppene, men langrennsgruppen var i gjennomsnitt 3,3 kg lettere enn kontrollgruppen ( $p < 0,05$ ). Når kontrollgruppens kroppsvekt blir korrigert for den økte alderen, var det ingen signifikant forskjell i kroppsvekt. Det var ingen signifikante forskjeller mellom gruppene i FFM og muskelmasse, men det var signifikant forskjell i muskelmasse mellom gutter og jenter i kontrollgruppen. Langrennsgruppen hadde i gjennomsnitt 1,5 kg/m<sup>2</sup> lavere KMI enn kontrollgruppen. Det var også signifikant forskjell i KMI mellom gutter i langrenn- og kontrollgruppen. Det var en signifikant forskjell i fettprosent mellom gruppene og mellom guttene.

Det er en sterk korrelasjon mellom kroppshøyde og total muskelmasse ( $r = 0,79$ ; figur 4.2). For alle korrelasjoner mellom variabler var det bare små forskjeller i korrelasjonene mellom gruppene og kjønn. Derfor er alle gruppene inkludert i samme analyse.



**Figur 4.1:** Sammenheng mellom alder og kroppsvekt (blått,  $Y = 4,6x - 12,6$ ) og alder og kroppshøyde (rødt,  $Y = 3,8x + 107,2$ ) for alle FP (langrennsgruppen og kontrollgruppen slått sammen,  $n = 95$ ).



**Figur 4.2:** Sammenheng mellom kroppshøyde og total muskelmasse. Begge gruppene er inkludert i analysen.



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

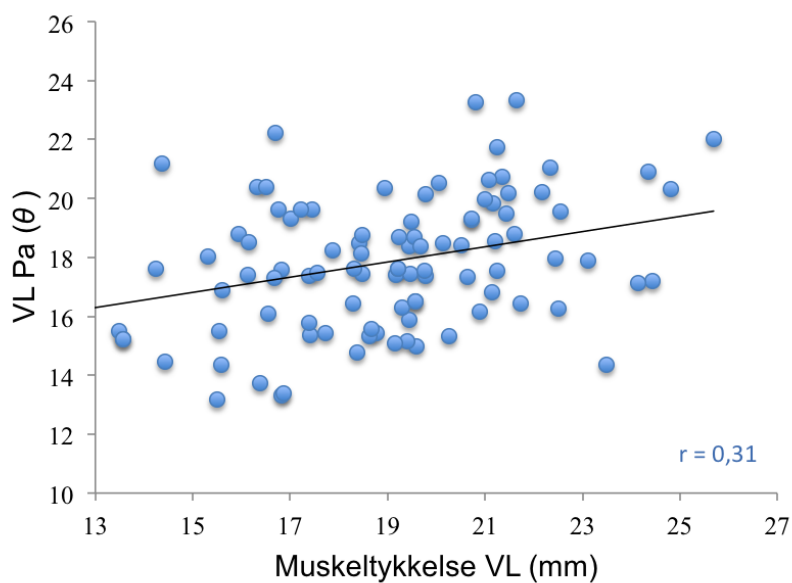
	Langrennsgruppen			Kontrollgruppen		
	Alle (n=50-51)	Gutter (n=25)	Jenter (n=25-26)	Alle (n=40-41)	Gutter (n=18-19)	Jenter (n=21-22)
<b>Alder (år)</b>	12,3 (0,3) <i>a</i>	12,3 (0,3)	12,3 (0,3) <i>a</i>	12,5 (0,3)	12,5 (0,2)	12,5 (0,3)
<b>Tid fra PHV (år)</b>		-1,5 (0,5)	0,2 (0,5)		-1,4 (0,4) <i>b</i>	0,2 (0,5)
<b>Alder ved PHV (år)</b>		13,8 (0,4)	12,0 (0,4) <i>a</i>		13,8 (0,4) <i>b</i>	12,3 (0,5)
<b>Kroppshøyde (cm)</b>	154,2 (6,8)	153,5 (7,2)	154,9 (6,4)	154,2 (6,8)	156,4 (6,9)	152,4 (6,3)
<b>Kroppsvekt (kg)</b>	42,3 (6,6) <i>a</i>	41,9 (7,3)	42,8 (5,9)	45,6 (9,0)	46,1 (7,1)	45,2 (10,5)
<b>KMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	17,5 (1,6) <i>a</i>	17,4 (1,7) <i>a</i>	17,7 (1,4)	19,0 (2,9)	19,0 (2,7)	19,0 (3,0)
<b>FFM (kg)</b>	36,9 (4,8)	36,6 (5,5)	37,1 (4,2)	36,4 (5,3)	38,2 (4,5)	34,9 (5,5)
<b>Fett%</b>	11,9 (4,6) <i>a</i>	10,9 (5,5) <i>a</i>	13,0 (3,3)	17,1 (8,2)	17,9 (8,7)	16,5 (8,7)
<b>Muskelmasse (kg)</b>	19,9 (2,9)	19,7 (3,2)	20,0 (2,5)	19,6 (3,1)	20,7 (2,7) <i>b</i>	18,7 (3,3)

Alle verdier er oppgitt i gjennomsnitt (standardavvik). *a*, signifikant forskjellig fra kontrollgruppen ( $p < 0,05$ ). *b*, Signifikant forskjellig fra jenter (samme gruppe) ( $p < 0,05$ ). KMI = kroppsmasseindeks.

### **4.3 Muskeltykkelse, pennasjonsvinkel, skjelettlengde og muskelmasse i over- og under ekstremiteter**

Kontrollgruppen hadde 2,2 mm tykkere BB muskel enn langrennsgruppen ( $p < 0,05$ ), både hos jenter (1,9 mm,  $p < 0,05$ ) og gutter (2,6 mm,  $p < 0,05$ ). VL var 1,5 mm tykkere hos kontrollgruppen ( $p < 0,05$ ) og fordelt på kjønn ble det bare funnet forskjell mellom guttene (2,8 mm tykkere). Det var ingen signifikant forskjell i VL pennasjonsvinkel mellom gruppene. Det var heller ingen signifikant forskjell mellom gruppene i muskelmasse i arm eller ben, men det var en signifikant forskjell mellom jentene i de to gruppene når det kommer til muskelmasse i ben, samt mellom gutter og jenter innad i kontrollgruppen (tabell 4.2).

Det ble funnet en positiv, men svak korrelasjon mellom muskeltykkelse og pennasjonsvinkel av VL ( $r = 0,31$ ). Begge grupper og jenter og gutter er samlet i analysen.



**Figur 4.3:** Sammenheng mellom muskeltykkelse og pennasjonsvinkel av VL. Begge grupper er inkludert i analysen.

**Tabell 4.2:** Skjelettlengde og muskelarkitektur for 12 år gamle barn rekruttert fra langrennslubber og skoleklasse.

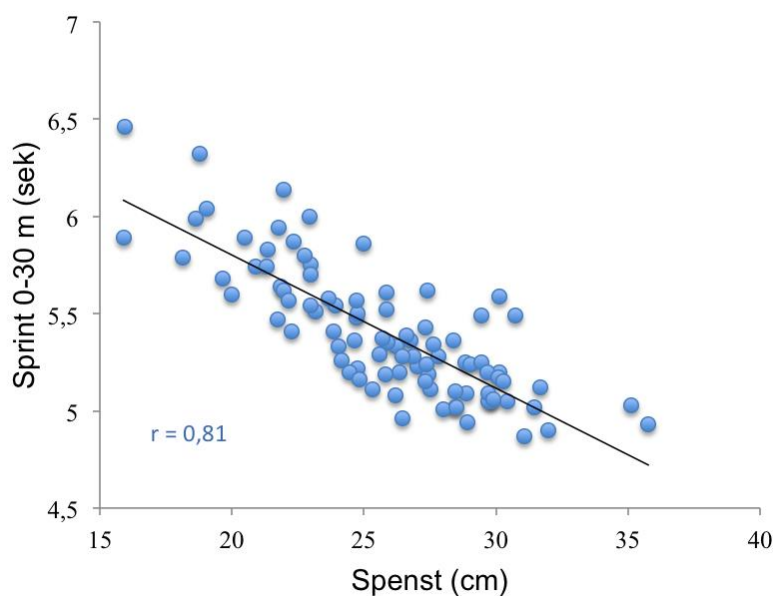
	Langrennsgruppen			Kontrollgruppen		
	Alle (n=51)	Gutter (n=25)	Jenter (n=26)	Alle (n=41-43)	Gutter (n=19)	Jenter (n=22-24)
<b>Femur (cm)</b>	35,9 (3,0) <i>a</i>	34,2 (2,5) <i>a,b</i>	37,6 (2,4)	37,4 (1,9)	37,8 (2,0)	37,1 (1,9)
<b>Humerus (cm)</b>	25,9 (1,5) <i>a</i>	25,9 (1,6) <i>a</i>	25,9 (1,4) <i>a</i>	29,1 (1,6)	29,7 (1,6) <i>b</i>	28,6 (1,5)
<b>BB tykkelse (mm)</b>	23,3 (2,6) <i>a</i>	23,5 (2,7) <i>a</i>	23,1 (2,5) <i>a</i>	25,5 (2,8)	26,1 (2,9)	25,1 (2,8)
<b>VL tykkelse (mm)</b>	18,3 (2,5) <i>a</i>	17,9 (2,5) <i>a</i>	18,8 (2,4)	19,9 (2,9)	20,7 (3,5)	19,3 (2,3)
<b>VL pennasjonsvinkel (°)</b>	18,1 (2,3)	17,9 (2,7)	18,3 (1,9)	17,6 (2,2)	18,1 (2,2)	17,3 (2,2)
<b>Mu.mass arm (kg)</b>	1,61 (0,33)	1,62 (0,38)	1,60 (0,28)	1,61 (0,36)	1,72 (0,28)	1,51 (0,39)
<b>Mu.mass ben (kg)</b>	5,66 (1,02)	5,66 (1,23)	5,65 (0,80) <i>a</i>	5,42 (1,01)	5,83 (0,86) <i>b</i>	5,07 (1,02)

Alle verdier er oppgitt i gjennomsnitt (standardavvik). BB og VL = biceps brachii, vastus lateralis. Mu.mass = muskelmasse. *a*, signifikant forskjellig fra kontrollgruppen ( $p < 0,05$ ). *b*, signifikant forskjellig fra jenter (samme gruppe) ( $p < 0,05$ )

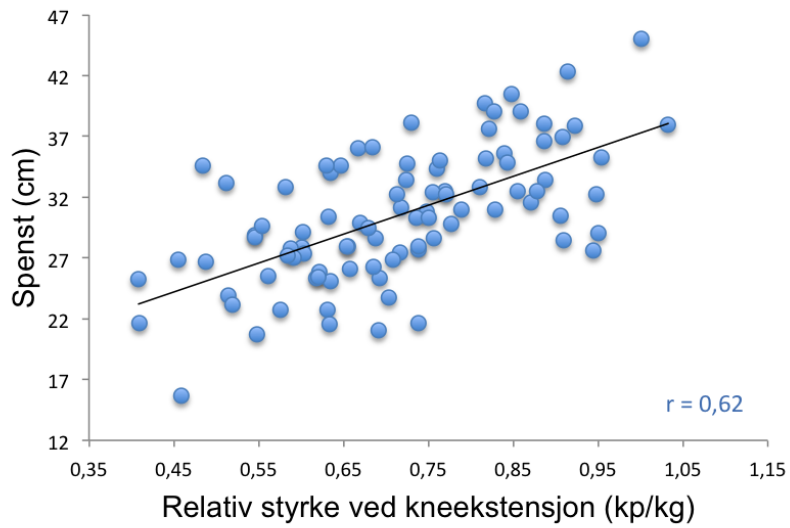
#### 4.4 Styrke, spenst og hurtighet

Det var ingen signifikant forskjell i styrken ved kneekstensjon eller benkpress mellom gruppene. I kontrollgruppen var det en signifikant forskjell mellom jentene og guttene i benkpress (jenter 23 kp og gutter 27 kp). I relative styrke var det heller ingen signifikante forskjeller mellom gruppene i kneekstensjon og benkpress, men det var en signifikant forskjell mellom gutter og jenter i langrennsgruppen i relativ benkpress styrke. Det ble også funnet signifikante forskjeller mellom gruppene og jentene i spenst. Ingen signifikante forskjeller i sprintfasene 0-10 meter og 0-30 meter ble funnet mellom gruppene eller mellom kjønn (tabell 4.3).

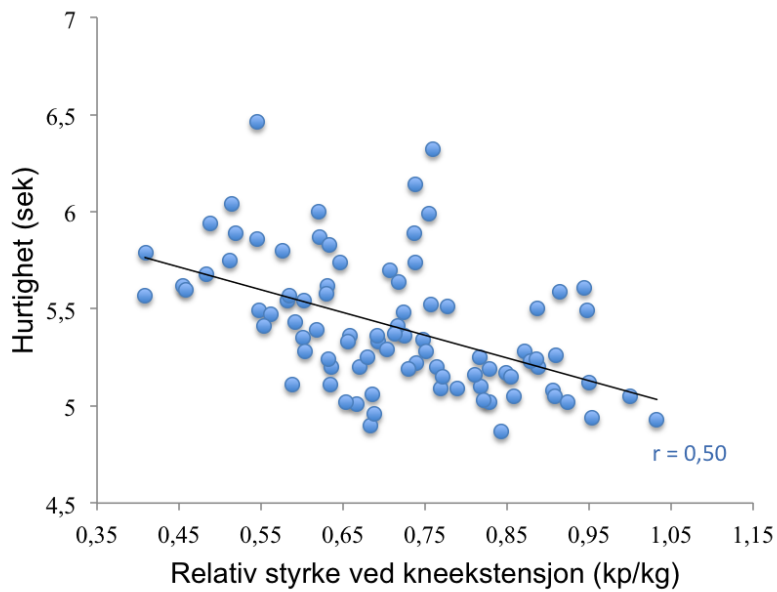
Det ble funnet en sterk korrelasjon mellom spenst og hurtighet, både de første 10 m ( $r=0,68$ ) og 0-30 m ( $r=0,81$ ; figur 4.4), og moderate korrelasjoner mellom relativ styrke ved kneekstensjon og spenst ( $r=0,62$ ) og relativ styrke ved kneekstensjon og hurtighet ( $r=0,50$ ). På grunn av liten forskjell mellom grupper og kjønn, er begge grupper og jenter og gutter inkludert i samme analyser.



**Figur 4.4:** Sammenheng mellom spenst og hurtighet. Begge grupper er inkludert i analysen.



**Figur 4.5:** Sammenheng mellom relativ styrke i ben og spenst. Begge grupper er inkludert i analysen.



**Figur 4.6:** Sammenheng mellom relativ styrke i ben og hurtighet. Begge grupper er inkludert i analysen.

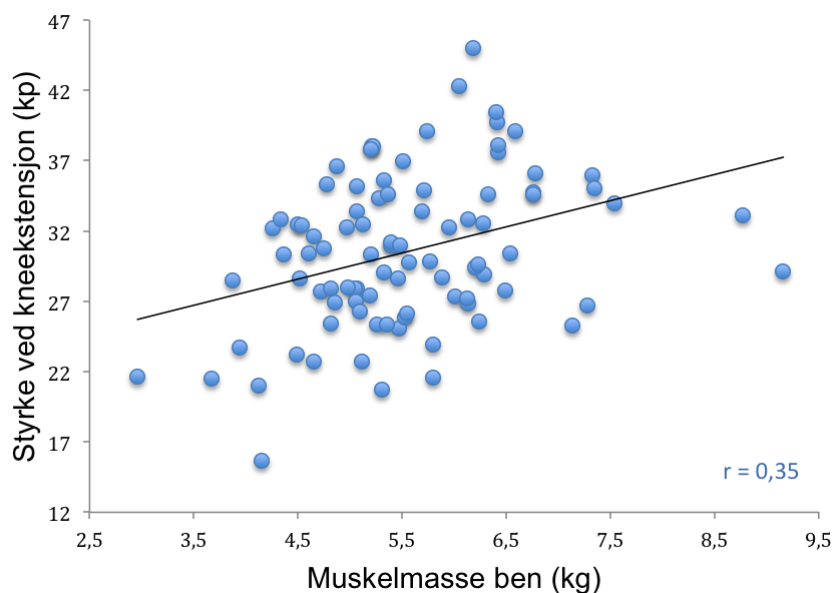
**Tabell 4.3:** Spenst, hurtighet og styrke for 12 år gamle barn rekruttert fra langrennsklubber og skoleklasse.

	Langrennsgruppen			Kontrollgruppen		
	Alle (n=50-51)	Gutter (n=25)	Jenter (n=25-26)	Alle (n=40-41)	Gutter (n=18-19)	Jenter (n=21-24)
<b>Spenst (cm)</b>	26,6 (3,6) <i>a</i>	26,0 (3,9)	27,1 (3,3) <i>a</i>	24,7 (4,2)	25,7 (3,9)	23,9 (4,3)
<b>Sprint 0-10 m (sek)</b>	2,21 (0,10)	2,21 (0,11)	2,22 (0,09)	2,17 (0,12)	2,16 (0,11)	2,17 (0,12)
<b>Sprint 0-30 m (sek)</b>	5,39 (0,32)	5,45 (0,34)	5,33 (0,30)	5,44 (0,35)	5,41 (0,36)	5,44 (0,35)
<b>Kneekstensjon (kp)</b>	30,8 (5,2)	29,6 (5,3)	31,8 (4,9)	30,2 (5,7)	31,6 (5,4)	29,0 (5,8)
<b>Relativ styrke KE (kp/kg)</b>	0,74 (0,13)	0,72 (0,13)	0,75 (0,13)	0,69 (0,15)	0,70 (0,16)	0,68 (0,15)
<b>Benkpress (kp)</b>	24,4 (5,5)	25,6 (5,2)	23,1 (5,7)	24,7 (6,4)	27,0 (6,4) <i>b</i>	22,7 (6,0)
<b>Relativ styrke BP (kp/kg)</b>	0,62 (0,15)	0,54 (0,12)	0,56 (0,15)	0,56 (0,15)	0,60 (0,52)	0,52 (0,12)

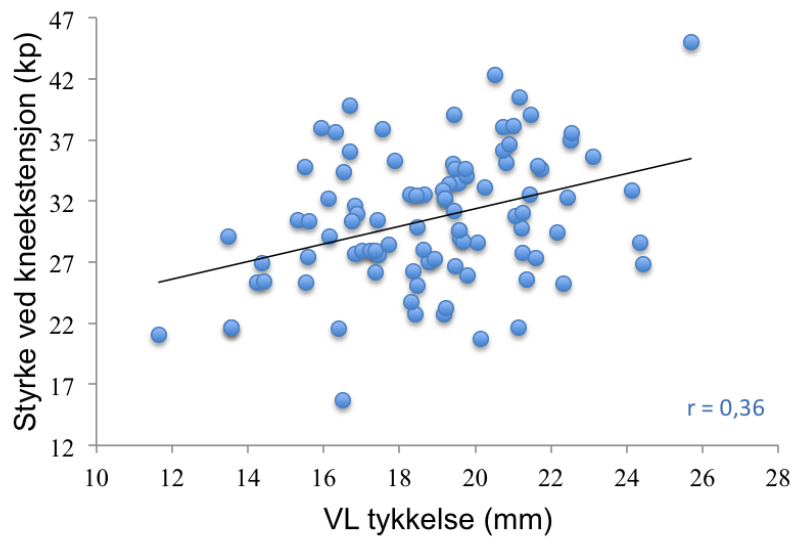
Alle verdier er oppgitt i gjennomsnitt (standardavvik). KE = kneekstensjon, BP = benkpress. *a*, signifikant forskjellig fra kontrollgruppen ( $p < 0,05$ ). *b*, signifikant forskjellig fra jenter (samme gruppe) ( $p < 0,05$ ).

#### ***4.5 Sammenheng mellom muskelmasse/tykkelse, styrke, hurtighet og spenst***

Det var en positiv, men svak korrelasjon mellom muskelmasse i ben og styrke ved kneekstensjon ( $r=0,35$ ). Det var også en positiv, men svak korrelasjon mellom VL tykkelse og styrke ved kneekstensjon ( $r=0,36$ ). Det var ingen korrelasjon mellom muskelmasse i ben og sprint ( $r=0,07$ ) eller muskelmasse i ben og hurtighet ( $r=0,08$ ). Det var heller ingen korrelasjon mellom VL tykkelse og spenst ( $r=0,00$ ) og mellom VL tykkelse og hurtighet ( $r=0,12$ ). Det var heller ingen korrelasjon mellom VL pennasjonsvinkel og spenst ( $r=0,18$ ) og mellom VL pennasjonsvinkel og hurtighet ( $r=0,19$ ). Begge grupper og jenter og gutter er inkludert i samme analyser.



**Figur 4.7:** Sammenheng mellom muskelmasse i ben og prestasjon i kneekstensjon. Begge grupper er inkludert i analysen.



**Figur 4.8:** Sammenheng mellom VL tykkelse og kneekstensjon. Begge grupper er inkludert i analysen.



## 5. Diskusjon

Hensikten med denne studien var å undersøke sammenhengen mellom muskeltykkelse, muskelarkitektur og funksjon hos prepubertale barn. Funksjon ble målt ved isometrisk styrke, spenst og hurtighet ved løping.

Hovedfunnene i denne studien var at utholdenhetstrengte langrennsløpere som driver allsidig idrett i tillegg, ikke skiller seg så mye ut i fra vanlige skolebarn verken for de funksjonelle eller strukturelle variablene inkludert i denne oppgaven. Det var heller ingen vesentlige forskjeller mellom jenter og gutter i denne gruppen med prepubertale barn.

Vi fant en sterk sammenheng mellom spenst og hurtighet ( $r=0,81$ ) og moderate sammenhenger mellom styrke ved kneekstensjon og spenst ( $r=0,62$ ) og mellom styrke ved kneekstensjon og hurtighet ( $r=0,50$ ). Til tross for at muskeltykkelsen var 4-9% større hos kontrollgruppen, ble det ikke funnet sammenheng av betydning mellom muskeltykkelse og isometrisk styrke. Våre funn tyder på at variasjon i VL og BB tykkelse kan forklare henholdsvis kun 13% og 16% av variasjon i styrke ved kneekstensjon og styrke ved benkpress, noe som regnes som svake sammenhenger. Vi fant ingen sammenhenger mellom muskelarkitektur, spenst, hurtighet og isometrisk styrke.

### 5.1 Antropometriske variabler hos 12 åringer

Kontrollgruppen hadde i gjennomsnitt en kroppsvekt 3,3 kg (gutter 4,2 kg, jenter 2,4 kg) mer enn langrennsgruppen. I gjennomsnitt økte kroppsvekten med 4,6 kg pr. år (figur 4.1), noe som betyr at vi kunne forvente at aldersforskjellen på 2,4 måneder ville gi en forskjell i kroppsvekt på 0,9 kg. Når kroppsvekten til kontrollgruppen er korrigert med aldersforskjellen, blir resultatene i kroppsvekt ikke signifikante mellom gruppene. Kontrollgruppens høyere kroppsvekt kan forklares med høyere andel fettmasse, i og med at fettprosenten var 5,2 % høyere enn langrennsgruppen.

Vi fant ingen signifikante forskjeller mellom gruppene i FFM og muskelmasse, men guttene i kontrollgruppen hadde 3,3 kg mer FFM ( $p>0,05$ ) og 2 kg mer muskelmasse ( $p<0,05$ ) enn jentene i kontrollgruppen. Det var en signifikant forskjell mellom gruppene og en forskjell mellom guttene i fettprosent og KMI. Fettprosenten var 5,2 % lavere i langrennsgruppen, og mellom guttene var det en forskjell på 7%. Det er

derfor grunn til å tro at den høyere kroppsvekten i kontrollgruppen er ren fettmasse. Langrennsgruppen hadde 1,5 kg/m<sup>2</sup> lavere KMI enn kontrollgruppen, og mellom guttene var det en forskjell på 1,6 kg/m<sup>2</sup>. Langrennegruppens lavere KMI skyldes lavere kroppsvekt hos begge kjønn sammenlignet med kontrollgruppen. Hvorvidt utholdenhetstrening er årsaken til at langrennsløperne har signifikant lavere KMI og fettprosent er uvisst, da verken genetikk, arv eller miljø er tatt hensyn til. Det som kan være en forklaring er en mulig seleksjonsbias hos våre FP. Tyngre barn, som vi har tilfeller av i kontrollgruppen, vil trolig ikke velge utholdenhetsidretter som for eksempel langrenn som fritidsaktivitet. Siden vår testgruppe er rekruttert og har frivillig deltatt fra langrennsklubber i lokalmiljøet rundt NIH, et område med høy sosial status og mye fysisk aktivitet, er det mulig at disse FP har bedre forutsetninger for utholdenhetsidretter enn for eksempel kontrollgruppen vår. Dette er også et område hvor foreldre har stor interesse for spesielle utholdenhetsidretter (f. eks langrenn, løp og sykkel), og det er derfor mulig at barna automatisk blir rekruttert inn i utholdenhetsidretter via sine foreldre. Derfor kan vi ikke utelukke seleksjonsbias som en mulig årsak til forskjellene i de antropometriske dataene.

En studie gjort av Anderssen, Kolle, Steene-Johannessen, Ommundsen & Andersen (2009) undersøkte fysisk aktivitet blant barn og unge i Norge, og inkluderte 9 år og 15 år gamle gutter og jenter. Studien oppgir KMI for 9 år gamle gutter og jenter til henholdsvis 17,3 og 17,5, mens 15 år gamle gutter og jenter til henholdsvis 20,8 og 21,2. Langrennsløperne i vår studie hadde en gjennomsnittlig KMI på 17,5 noe som betyr at de er nærmere referanseverdien til 9 åringene i KMI. Kontrollgruppen befinner seg midt i mellom de to gruppene i studien til Anderssen et al. (2009) med en KMI på 19,0, noe som stemmer godt overens siden de i gjennomsnitt er 12,5 år gamle.

Fordi kronologisk alder er en uegnet metode til å måle vekst og modning, ba vi alle våre FP om å fylle ut et utviklingskjema om pubertet, samtidig som vi har kalkulert PHV. Alder ved PHV er den mest brukte indikatoren på modning i longitudinelle studier av ungdom (Mirwald et al., 2002). Det er også brukt i denne oppgaven og er beregnet ut i fra en ligning utarbeidet av Mirwald et al. (2002) der blant annet benlengde, sittehøyde, alder, kroppsvekt og kjønn er inkludert. Guttene i studien var i gjennomsnitt 1,3 år unna PHV, mens jentene kun var 0,2 år unna, noe som vil si at når

vi testet denne gruppe barn, var jentene nær ved å oppnå PHV. Alle FP i denne studien ble på bakgrunn av dette og resultatet av utviklingsskjemaet konkludert som prepubertale. Ved å sammenligne våre resultater med eksisterende litteratur og tidligere studier, er det ingen overraskelse at guttene i vår studie vil være i gjennomsnitt 1,7 år eldre ved PHV enn det jentene vil være. Det er derfor viktig å tolke resultatene i lys av dette da det kan være en mulig årsak til at antropometriske data som for eksempel kroppsvekt og muskelmasse, samt muskelstyrke er relativ lik mellom gutter og jenter. Hadde vi inkludert gutter og jenter med lik biologisk alder, kunne vi mest sannsynlig forventet oss et annet resultat da både kroppsvekt, muskelmasse og muskelstyrke øker mer hos gutter enn hos jenter rundt og etter PHV. Til tross for dette, viser det seg altså at for prepubertale barn er kjønnsforskjellene små.

## ***5.2 Spenst og hurtighet***

Det var en signifikant forskjell mellom gruppene og en forskjell mellom jentene i spenst. Langrennsgruppen hadde 7% bedre spenst enn kontrollgruppen og jentene hadde 12% bedre spenst enn jentene i kontrollgruppen. Det er en tendens til signifikante forskjeller ( $p=0,06$ ) mellom jentene i relativ styrke i bena. Disse tendensene ser vi ikke mellom guttene, noe som kan indikere at årsaken til bedre spenst hos jentene i langrennsgruppen kan forklares av lavere kroppsvekt kombinert med bedre relativ styrke i bena enn kontrollgruppen. Vi forventet oss en god korrelasjon mellom spenst og hurtighet basert på at man flytter sin egen kroppsvekt under spenst og løp. Vi forventet også gode korrelasjoner mellom styrke i ben, spenst og hurtighet. Fordi det kreves større styrke å flytte en tyngre kropp, ble det brukt relativ styrke i korrelasjonen. Resultatene viste det vi forventet oss, en sterk korrelasjon mellom spenst og hurtighet ( $r=0,81$ ) mens korrelasjonene mellom styrke i ben og spenst ( $r=0,62$ ) og styrke i ben og hurtighet ( $r=0,50$ ) var moderat. Den lavere korrelasjonen mot styrke kan mulig forklares med at den isometriske metoden er mer uvanlig for barna, noe som kan støttes av en dårligere reproduserbarhet ( $CV=7,4\%$ ) enn det spenst ( $CV=5,4\%$ ) og hurtighet ( $CV=1,6\%$ ) (tabell 3.6) har. I denne studien ble det ikke funnet noen signifikante forskjeller mellom gutter og jenter i spenst, noe som støtter studien til Temfemo et al. (2009). De fant at kjønnsforskjeller i spenst er ikke-eksisterende frem til puberteten inntreffer, men at man fra 13-14 års alder vil kunne se en kjønnsforskjell som favoriserer guttene. Det er derfor mulig at man vil se en

kjønnsforskjell i spenst i den longitudinelle studien som pågår parallelt med denne. Ved å sammenligne våre resultater fra langrennsgruppen med tidligere studier fant vi at våre målinger i spenst ligger ganske likt med andre studier. Temfemo et al. (2009) har brukt samme metode, og fant at 11-12 år gamle gutter og jenter hoppet henholdsvis 27,1 cm og 26,4 cm. I vår studie fant vi at gutter og jenter hoppet 26,0 cm og 27,1 cm. Forskjellen fra Temfemo et al. (2009) og vår studie er henholdsvis 4% mellom guttene og 2,3% mellom jentene. Når man ser på kjønnsforskjellene i Temfemo et al. (2009) sin studie skiller det kun 2,3% mellom guttene og jentene, og i vår studie skiller det 4%, noe som forsterker påstandene om at det ikke eksisterer verken gruppeforskjeller eller kjønnsforskjeller i spenst hos prepubertale barn. Kotzamanidis (2006) har brukt SJ istedenfor CMJ. CMJ starter hoppet i oppreist posisjon, mens SJ starter i en knebøy-lignende posisjon. Basert på resultatene til Kotzamanidis (2006) kan det se ut som at man får en større kraftproduksjon før det skjer en forkortning av muskelen i CMJ og at man derfor hopper høyere enn i SJ (Bobbert et al., 1996).

**Tabell 5.1:** Et utvalg av studier som har målt spenst og hurtighet på barn.

Studie	Metode	Antall FP	Kjønn	Alder	Hovedfunn	
					Hurtighet	Hopp/Spenst
Temfemo et al. (2008)	Vertikalt hopp (CMJ)	79	Gutter	11-12 år		27,1 cm
		81	Jenter	11-12 år		26,4 cm
		79	Gutter	13-14 år		34,7 cm
		77	Jenter	14-14 år		32,0 cm
		82	Gutter	15-16 år		41,4 cm
		81	Jenter	15-16 år		36,2 cm
Raudsepp & Pääsuke (1995)	30-m sprint og lengdehopp	32	Gutter	8 år	6,90 sek	148,3 cm
		27	Jenter		7,40 sek	132,2 cm
Michailidis (2015)	30 m sprint og lengdehopp	Trening: 11	Gutter	11,3 år	5,70 sek	155 cm
		Kontroll: 10		11,4 år	5,55 sek	155 cm
Kotzamanidis (2006)	30 m sprint og squat jump	Trening: 15	Gutter	11,1 år	5,55 sek	23,0 cm
		Kontroll: 15		10,9 år	5,74 sek	21,8 cm

Når det kommer til hurtighet viser våre resultater at både langrennsgruppen og kontrollgruppen løp 30 meter på 5,4 sekunder. Det skiller 5,3% mellom vår studie og Michailidis (2015) og 2% til Kotzamanidis (2006). Basert på at det skiller hele 14,5% i kroppsvekten mellom Kotzamanidis (2006) sin studie og guttene i langrennsgruppen vår, kan det virke som om hurtighet hos prepubertale barn er så og si identisk uansett økt kroppsvekt og om man rekrutterer barn fra langrenn, fotball eller skole. Dette kan tyde på at egenskaper viktig for hurtighet utvikles parallelt med kroppsvekt.

Det er gode sammenhenger mellom spenst og hurtighet, men et flertall av studiene er gjort på voksne og særlig i ballspill som for eksempel fotball og basketball. Ved å sammenligne våre resultater med tidligere studier gjort på barn finner vi lignende resultater. Michailidis (2015) fant gode korrelasjoner mellom prestasjon i lengdehopp og sprint i prepubertale gutter, mens vi har funnet gode korrelasjoner mellom CMJ og 0-30 meter sprint ( $r=0,81$ ). I vår studie har vi funnet en større korrelasjon i 10-30 meter ( $r=0,81$ ) enn 0-10 meter ( $r=0,68$ ), noe som kan sammenlignes med Kotzamanidis (2006) sin studie som fant at vertikale hopp korrelerte signifikant med alle løpsfaser, men at plyometrisk trening hadde størst effekt på sprint prestasjon i fasene 10-20 meter og 20-30 meter. Når det kommer til jentene i vår langrennsgruppe har de 10,5% større muskelmasse i ben, 11,8% bedre spenst og 6,1% sprint tid i 10-30 m-fasen enn jentene i kontrollgruppen. Til tross for at verken absolutt eller relativ styrke i kneekstensjon var signifikant, var allikevel styrken ved kneekstensjon 8,8% høyere i absolutte verdier hos langrennsjentene sammenlignet med jentene i kontrollgruppen. Disse resultatene passer derfor godt med Comfort et al. (2014) sin påstand om at styrkeutvikling i ben er viktig for å øke prestasjon i spenst og hurtighet.

### **5.3 Muskelmasse og muskelstyrke**

Muskelstyrke er sterkt korrelert med kronologisk alder. Til tross for at det er minimale kjønnsforskjeller før puberteten, er gutter litt sterkere enn jenter. Etter puberteten ser man at gutter får en styrkespurt som ikke er observert hos jenter, og styrkeforskjellen er størst i overkropp (Hansen et al., 1999; Armstrong & Welsman, 2000; Meen, 2000). Kjønnsforskjellen i styrke relateres direkte til muskelmasse. Muskelmasse øker fra spedbarnsalder og gjennom puberteten, og blir mest fremtredende i skulderpartiet hos gutter (Meen, 2000).

Resultatene i denne studien fant som forventet ingen signifikante forskjeller mellom gruppene i muskelstyrke eller muskelmasse. Det var dog en signifikant kjønnsforskjell i kontrollgruppen når det kommer til absolutt muskelstyrke i benkpress, da guttene hadde 16% større muskelstyrke enn jentene. Siden muskelstyrke er avhengig av muskelstørrelse, kan de observerte kjønnsforskjellene i muskelstyrke være en direkte årsak av utviklingen av muskelmasse (Armstrong & Welsman, 2000). Ser man nærmere på resultatene av muskelmasse og muskeltykkelse i overarm, ser man at guttene har 12% større muskelmasse og 3,8% tykkere BB, noe som kan forklare deres større absolutte muskelstyrke i benkpress. Til tross for at langrenns guttene tok 9,8% mer i benkpress enn jentene, så ble det ikke funnet særlig forskjeller i verken muskelmasse eller muskeltykkelse som kan forklare denne kjønnsforskjellen i muskelstyrke. Hvorvidt kjønnsforskjellene i kontrollgruppen er representativt eller om det er en tilfeldighet kan man ikke si med 100% sikkerhet, men siden langrennsgruppen viste så å si identiske resultater, kan det tyde på at det er en tilfeldighet. Det man kan, med en viss sikkerhet, tolke ut i fra våre resultater er at gutter er noe sterkere enn jenter i forhold til kronologisk alder, slik som figur 2.4 utarbeidet av Malina & Bouchard (1996) viser. Parker et al. (1990) fant at kjønnsforskjellene i muskelstyrke var mest fremtredende i overarmene hos barn mellom 8-18 år, noe også våre resultater viser. Når begge grupper er inkludert er kjønnsforskjellen i benkpress 13% og i kneekstensjon er den kun 0,7%. Dette forsterker antydningen om at gutter er sterkere i overkropp enn jenter i forhold til kronologisk alder, selv hos prepubertale barn.

Selv om vi ikke fant gruppe forskjeller i verken muskelstyrke eller total muskelmasse, er det en signifikant forskjell mellom jentene i muskelmasse i ben. Jentene i langrennsgruppen hadde 10,3% mer muskelmasse i bena enn jentene i kontrollgruppen, noe som kan forklare deres bedre absolutte styrke ved kneekstensjon (8,8% høyere). Det er vanskelig å finne typiske referanseverdier i muskelstyrke, men data fra belgiske, amerikanske og japanske barn indikerer at gripestyrke øker med kroppshøyde og at gripestyrke øker proporsjonalt med kroppsvekt (Malina, 2004). En studie (Raudsepp & Pääsuke, 1995) gjort på 8 år gamle gutter og jenter undersøkte muskelstyrke med lik metode som vi har gjort i vår studie, isometrisk kneekstensjon med 90° i kneleddet. Fra Raudsepp & Pääsuke (1995) sin studie og vår studie skiller det mellom guttene 27,8% i kneekstensjon, og 39,8% mellom jentene. Hvis vi ser

videre på de antropometriske dataene, skiller det i kroppsvekt 28,4% mellom guttene og 34,8% mellom jentene, noe som nesten er identisk med forskjellene funnet i kneekstensjon. Disse resultatene støtter derfor dataene som er funnet i amerikanske barn; at økning i muskelstyrke øker proporsjonelt med kroppsvekt (Malina, 2004) og at også muskelstyrke er sterkt korrelert med kronologisk alder (Meen, 2000), siden man ser en betraktelig økning fra 8-12 år mellom Raudsepp & Pääsuke (1995) sin studie og vår. Det er verdt å nevne at i denne sammenligningen er vår langrennsgruppe og kontrollgruppe begge inkludert og tatt gjennomsnitt av. Dette på grunn av det var svært små forskjeller mellom gruppene. Det kan diskuteres om hvor spesifikk utholdenhetstreningen til langrennsgruppen er, men resultatene antyder allikevel at barn som driver med organisert utholdenhetstrening ikke har noen større økning i muskelstyrke relatert til kronologisk alder eller kroppsvekt enn det barn i vår kontrollgruppe har. Utholdenhetstrening før puberteten ser derfor ut til å ikke ha noe større effekt på muskelstyrke enn det "vanlig" fysisk aktivitet blant barn har.

#### ***5.4 Muskeltykkelse- og pennasjonsvinkel***

Modningsprosessen fra barndom til voksen alder fører i følge Kubo et al. (2001) til økt muskelstørrelse og fasikkellengde, og noen muskler oppnår også en økt pennasjonsvinkel (Binzoni et al., 2001). Muskeltykkelse er påvirket av kjønn, alder og kroppsvekt (Arts et al., 2009), men hos barn ser den kun ut til å bli påvirket av kroppsvekt (Scholten et al., 2003). Kjønnforskjeller oppstår i puberteten, og menn har i voksen alder større muskeltykkelse enn kvinner (Arts et al., 2009).

Ved å sammenligne de to gruppene i vår studie viser det seg at kontrollgruppen har signifikant større muskeltykkelse i BB og VL enn langrennsgruppen med henholdsvis 7,8% og 5%. Dette kan forklares med kontrollgruppens 7,2% større kroppsvekt, noe som i så fall stemmer godt overens med Scholten et al. (2003) sin påstand om at muskeltykkelse blir påvirket av kroppsvekt. Hvorvidt kontrollgruppens større muskeltykkelse er representativ kan allikevel diskuteres, da vi var to testledere som testet hver vår gruppe. Det ble brukt to forskjellige UL-maskiner og det var vanskeligere å analysere UL-bildene av muskeltykkelse i kontrollgruppen. Det er vanskelig å fastslå om dette kan ha forårsaket de signifikante forskjellene som ble observert i kontrollgruppen, men det er viktig å påpeke muligheten. Når det gjelder muskeltykkelse av BB, var den i gjennomsnitt 24,4 mm i vår gruppe, noe som er

21,7% større enn muskeltykkelsen i VL. Det er nevnt i metoddelen, men det er verdt å nevne igjen at analysene av UL-bildene til BB inkluderte flere av arm fleksorane som for eksempel coracobrachialis. Det er derfor vanskelig å nøyaktig fastslå BB tykkelse, da det kun blir en estimering.

Når det kommer til pennasjonsvinkel var det ingen signifikant forskjell mellom gruppene. Referanseverdier for muskeltykkelse og pennasjonsvinkel er vanskelig å fastslå. Hvis man sammenligner resultatene fra Kurihara et al. (2007) sin studie som inkluderte 12,8 år gamle gutter og vår studie har vi funnet liknende verdier. I Kurihara et al. (2007) sin studie var muskeltykkelse og pennasjonsvinkel i gastrocnemius henholdsvis 18 mm og 17,5°, mens i vår studie var muskeltykkelse og pennasjonsvinkel i VL henholdsvis 19,1 mm og 17,9°. Det kan derfor virke som om barn i 12 års alderen har  $\pm 18$  mm muskeltykkelse og  $\pm 17^\circ$  pennasjonsvinkel i pennate muskler. O'Brian et al. (2010) fant også tilsvarende resultater hos barn rundt 9 års alder av pennasjonsvinkel i VL som i studien vår, med et gjennomsnitt som tilsvarte 17,1°. Dette indikerer at prepubertale barn mellom 9-12 år så å si har lik pennasjonsvinkel, og at de signifikant større verdiene funnet blant voksne (Kurihara et al., 2007) mest sannsynlig oppstår etter vekstspurtene i puberteten. Dette bekreftes også av Binzoni et al. (2013) som hittil er den første studien publisert som har undersøkt utvikling av pennasjonsvinkel fra man er nyfødt til man er eldre.

Binzoni et al. (2013) hadde stor spredning i sine pennasjonsvinkel verdier, noe som forklares av fysiologiske forskjeller. På grunn av et lineært forhold mellom lengden av tibia og muskeltykkelse (gastrocnemius) og mellom muskeltykkelse og pennasjonsvinkel er det mulig at pennasjonsvinkel følger samme trend i vekst som benutvikling. Vår studie har også funnet en positiv korrelasjon mellom muskeltykkelse og pennasjonsvinkel av VL ( $r=0,31$ ) og mellom lengde av femur og pennasjonsvinkel av VL ( $r=0,33$ ), men i motsetning til den sterke korrelasjonen i Binzoni et al. (2013) er vår svak. En mulig årsak til Binzoni et al. (2013) sin bedre korrelasjon er at de hadde større spredning på dataene.



### ***5.5 Er det noen sammenheng mellom muskeltykkelse- og arkitektur og muskelstyrke?***

Fordi det er noe usikkerhet om forholdet mellom muskelstørrelse og muskelstyrke forandres under vekst og modning, gjorde Tonson et al. (2008) en studie av prepubertale (11,3 år), tenåringer (13,3 år) og voksne (35,4 år) gutter og menn. Resultatene av studien viste at maksimal isometrisk styrke av underarms fleksorne og muskelstørrelse økte signifikant fra barndom til voksen alder, og at maksimal isometrisk styrke økte hovedsakelig proporsjonelt til muskelstørrelse, uansett alder.

På bakgrunn av dette er det grunn til å tro at kontrollgruppens større muskeltykkelse kom til å resultere i en større muskelstyrke enn langrennsgruppen. Dette ble ikke observert, heller tvert i mot, da gruppene hadde så og si identiske styrkeresultater med kun 2% forskjell i kneekstensjon i favør langrennsgruppen og 1,2% i benkpress i favør kontrollgruppen. Basert på de nesten ikke-eksisterende forskjellene i muskelstyrke mellom gruppene er de derfor inkludert i samme analyser.

Vi fant svake korrelasjoner mellom tykkelse av BB og prestasjon i benkpress ( $r=0,40$ ), tykkelse av VL og kneekstensjon ( $r=0,36$ ). Når det kommer til muskelmasse ble det heller ikke her funnet sterke korrelasjoner til prestasjon i styrke. Det ble funnet en moderat korrelasjon mellom muskelmasse i arm og benkpress ( $r=0,51$ ) og en svak korrelasjon mellom muskelmasse i ben og kneekstensjon ( $r=0,35$ ). Til tross for at muskelstyrke stort sett er bestemt av muskelvolum, kan man ikke avvise andre faktorer (Tonson et al., 2008). Nevromuskulære årsaker og motorisk koordinasjon kan være mulige årsaker til at muskelstyrke øker til tross for at ikke muskelvolum gjør det. Ser man på forskjellene mellom gruppene er det derfor en mulighet at langrennsgruppen har bedre nevralt og motoriske egenskaper enn kontrollgruppen, noe som gjør at de til tross for mindre muskeltykkelse har lik muskulær styrke. Muntlige tilbakemeldinger fra FP i langrennsgruppen forteller at flere av de hadde styrketrening inkludert i skitreningen, noe som kan gjøre de mer vant til styrkeøvelser. Dette er bare en antakelse, da også kontrollgruppen deltok i nesten like mye organisert fysisk aktivitet. Hvorvidt styrketrening var inkludert her, er vi uvitende om.

Litteraturen er sprikende når det kommer til om muskeltykkelse i vekstperioden er et resultat av økt pennasjonsvinkel eller økt fasikkellengde (Kurihara et al., 2007). Det er generelt vanskelig å finne studier som har undersøkt utvikling av fasikkellengde hos friske barn, da et flertall av studiene tilgjengelig enten er styrketreningsintervensjoner eller er gjort på barn med cerebral parese. Dersom det er tilfelle at økt pennasjonsvinkel er årsak til økt muskeltykkelse, burde kontrollgruppen i vår studie hatt en større pennasjonsvinkel enn langrennsgruppen. Dette var ikke tilfelle, noe som kan tyde på at det er hold i O'Brian et al. (2010) sin resultater. Til tross for at voksne har større muskeltykkelse enn barn, fant O'Brian et al. (2010) i sin studie ut at barn og voksne hadde tilnærmet lik pennasjonsvinkel distalt av VL, men at det var en signifikant forskjell i fasikkellengde. Siden vår kontrollgruppe hadde 2,8% mindre pennasjonsvinkel enn langrennsgruppen, er det trolig ikke dette som er årsaken til den økte muskeltykkelsen. Fordi vi ikke beregnet fasikkellengde eller muskeltvernsnitt, er det vanskelig å fastslå om årsakene kan være dette eller om det er et resultat av feil i analysene som er nevnt tidligere.

Det kan diskuteres om vår kontrollgruppe er representativ i syn av et nasjonalt perspektiv. I vår kontrollgruppe var det kun et par stykker som ikke deltok i noe form for fysisk aktivitet. Det hadde derfor vært interessant å se flere av disse tilfellene som mye mulig velger, av ulike grunner, mer stillesittende aktiviteter i en kontrollgruppe. En kontrollgruppe som er mer stillesittende, vil høyst sannsynlig få en høyere kroppsvekt og fettprosent enn det FP hadde i vår studie, og resultatene kan mulig ha sett annerledes ut mellom gruppene.

## ***5.6 Etikk og forskning på barn***

FNs barnekonvensjon ble vedtatt i 1989, og en hjørnesteinene i konvensjonen er barns rett til deltakelse i forskning. På grunn av barns alder og behov er det visse forhåndsregler som må tas til følge når de involveres i forskning. Barn skal ikke settes i unødig fare, og skal skånes for ubehag og risiko som er større enn det de opplever i det daglige (Armstrong & Welsman, 2000). Samtykke fra foreldre er vanligvis nødvendig frem til barnet er 15 år, men like viktig er det at barnet blir sett på som et eget individ. Derfor er samtykke fra barn nødvendig fra de er gamle nok til å uttrykke det. Hensyn til sårbare grupper står sterkt i Helsinkideklarasjonen, og disse trenger særlig beskyttelse. Forskning på barn og andre sårbare grupper krever at nødvendig kunnskap ikke kan innhentes fra andre steder, og at forskningen er til direkte nytte for barnet og gruppen. Det er også krav til forskeren, både når det kommer til tilpasning av metode, informasjon til barnet og ikke minst, utvikle et tillitsforhold til barnet (etikkorm, 2013).

Når det gjelder deltakelse i denne studien var risikoen svært liten og ikke regnet for å være større enn daglig aktivitet til disse barna. Det eneste ubehagelige kan ha vært samtalen med lege hvor FP svarte på noen korte spørsmål om pubertetsutvikling. Dette kan for noen oppleves som flaut, men tilbakemeldingene som har kommet fra legen har vært at det generelt har vært få eller ingen pinlige situasjoner å rapportere. Tilbakemeldinger vi har fått er at barna som deltok syntes det både var gøy og spennende. Et utsagt er til og med at vedkomne følte seg ”utvalgt”. Siden det også var relativt enkelt å få 17 FP tilbake for retesting, viser det at barna syns dette var gøy å delta på. I følge Van Praagh & Doré (2002) har barn dårligere evne til å legge press på seg selv enn voksne i tester som foregår innenfor laboratorier. Vi opplevde ikke dette i våre tester, heller tvert i mot. Vi ser derfor ingen begrensninger ved å benytte barn og unge i idrettsvitenskapelig forskning, så lenge det ikke er etiske eller vitenskapelige grunner til at man skal la være.

### **5.7 Konklusjon**

Denne studien hadde til hensikt å undersøke sammenhengen mellom muskelstørrelse, pennasjonsvinkel og funksjon hos prepubertale barn.

Vi fant som forventet en sterk sammenheng mellom spenst og hurtighet, og variasjon i spenst kan forklare 65% av variasjon i hurtighet. Variasjon i relativ styrke ved kneekstensjon kan forklare 39% av variasjon i spenst og 25% av variasjon i hurtighet, noe som er moderate sammenhenger. Vi fant ingen sammenhenger mellom muskelarkitektur, spenst, hurtighet og isometrisk styrke.

Muskeltykkelsen var 4-9 % større hos kontrollgruppen enn hos langrennsløperne, men det var ingen vesentlige forskjeller i verken funksjonelle eller strukturelle variabler mellom jenter og gutter i denne gruppen med prepubertale barn.

Vi fant ingen kjønnsforskjeller i verken absolutt eller relativ styrke, men prepubertale gutter ser ut til å være litt sterkere enn prepubertale jenter, spesielt i overkropp. Når det kommer til de funksjonelle testene hadde langrennsjentene bedre spenst enn kontrollgruppen, noe som kanskje kan forklares med deres lavere kroppsvekt uten at styrken i beina var lavere. Kontrollgruppen var noe tyngre på grunn av høyere fettprosent, mens fettfrimasse var den samme.

Hovedfunnene i denne studien var at 12 år gamle utholdenhetstrengte langrennsløpere som driver allsidig idrett i tillegg, ikke skiller seg så mye ut i fra vanlige skolebarn verken i de funksjonelle eller strukturelle variablene inkludert i denne oppgaven.

### ***5.8 Videre studier***

Denne studien er en del av en longitudinell studie, som inkluderer flere barn fra flere miljøer. Dette er positivt med tanke på et mer representativt datasett. For å utelukke arv og effekt av trening, bør studier lik denne inkludere en kontrollgruppe som ikke driver organisert fysisk aktivitet bortsett fra det som er i kroppsøvingstimene på skolen. Fremtidige studier bør inkludere barn med lik biologisk alder, fasikkellengde, muskeltverrsnitt og nøyaktig mål av BB. Et ideelt studie hadde inkludert muskelfiber sammensetning (Tomson et al., 2008), men på grunn av etiske dilemmaer er dette uansett vanskelig hos barn da biopsi er nødvendig. Fokus på biologisk alder fremfor kronologisk alder er også noe som bør inkluderes i videre studier, da biologisk alder tar mer hensyn til den enkeltes modenhet.

## 7. Referanser

- Anderssen, S.A., Kolle, E., Steene-Johannessen, J., Ommundsen, Y. & Andersen, L.B.. (2009). *Fysisk aktivitet blant barn og ungdom*. Hentet ut 03.05.16 fra [www.helsedirektoratet.no](http://www.helsedirektoratet.no)
- Andrèn & Holm (2009). Kunnskapsöversikt: styrketrening för barn och ungdom. *FoU-rapport Riksidrottsförbundet*, Stockholm.
- Armstrong, N. & McManus, M.A. (2011). Physiology of Elite Young Male Athletes. *Med Sport Sci*. Basel Karger, 56: 1-22.
- Armstrong, N. & Welsman, J. (2000). *Young people and physical activity*. Oxford: Oxford University Press
- Armstrong, N. & Van Mechelen, W. (2008). *Paediatric Exercise Science and Medicine*. (2<sup>nd</sup> edition). Oxford University Press, New York.
- Arts, I.M.P., Pillen, S., Schelhaas, J., Overeem, S. & Zwarts, M.J. (2009). Normal values for quantitative muscle ultrasonography in adults. *Muscle & Nerve*, 41(1): 32-41
- Behm, D.G., Faigenbaum, A.D., Falk, B. & Klentrou, P. (2008). Canadian Society for Exercise Physiology position paper: training in children and adolescents. *Appl. Physiol. Nutr. Metab*, 33: 547-561
- Behringer, M., von Heede, A., Yue, Z. & Mester, J. (2010). Effects of Resistance Training in Children and Adolescents: A Meta-analysis. *Pediatrics*, 126(5): 1199-1210
- Beunen, R.P., Malina, R.M., Renson, R., Simons, J., Ostyn, M. & Lefevre, J. (1992). Physical activity and growth, maturation and performance: a longitudinal study. *Medicine and science in sport and exercise*, 24(5): 576-585
- Binzoni, T., Bianchi, S., Hanquinet, S., Kaelin, A., Sayegh, Y., Dumont, M. & Jéguier, S. (2001). Human gastrocnemius medialis Pennation Angle as a

Function of Age: From Newborn to the Elderly. *Journal of Physiological Anthropology*, 20(5): 293-298

Bobbert, M.F., Gerritsen, K.G., Litjens, M.C. & Van Soest, A.J. (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height? *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 28(11): 1402-1412

Boisseau, N. & Delamarche, P. (2000). Metabolic and Hormonal Responses to Exercise in Children and Adolescents. *Sports Med*, 30(6): 405-422

Chumlea, W.C., Schubert, C.M., Roche, A.F., Kulin, H.E., Lee, P.A., Himes, J.H & Sun, S.S. (2003). Age at menarche and racial comparison in US girls. *Pediatrics*, 111(1): 110-113

Colling-Saltin, A.-S. (1980). Skeletal muscle development in the human fetus and during childhood. I: K. Berg & B.O. Eriksson (Eds). *Children and Exercise IX*. Baltimore, MD, University Park Press

Comfort, P., Stewart, A., Bloom, L. & Clarkson, B. (2014). [Abstract]. Relationship Between Strength, Sprint, and Jump Performance in Well-Trained Youth Soccer Players. *Journal of Strength & Conditioning*, 28(1): 173-177

Cunha, G.S., Santana, M.M., Cadore, E.L., de Oliveira, N.L., dos Santos, C.B., Pinto, R.S. & Reischak-Oliveira, A. (2014). Physiological Adaptations to Resistance Training in Prepubertal Boys. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 00: 1-10

Dahl, H.A. (2007). *Mest om muskel. Essensiell muskelbiologi*. Oslo: Cappelen akademisk forlag

Dahl, H.A. & Rinvik, E. (2007). *Menneskets funksjonelle anatomi* (2.utgave). J.W. Cappelens Forlag AS, Oslo

Dotan, R., Mitchell, C., Cohen, R., Klentrou, P., Gabriel, D & Falk, B. (2012). Child – Adult Differences in Muscle Activation – A Review. *Pediatric Exercise Science*, 24(1): 2-21

- etikkorm. (2013). Barns krav på beskyttelse. Lastet ned 22.april fra <https://www.etikkorm.no/forskningsetiske-retningslinjer/Samfunnsvitenskap-jus-og-humaniora/B-Hensyn-til-personer-5---19/12-Barns-krav-pa-beskyttelse/>
- etikkorm. (2013). Forskning på bestemte grupper. Lastet ned 22.april fra <https://www.etikkorm.no/FBIB/Temaer/Forskning-pa-bestemte-grupper/Barn/>
- Fechner, P.Y (2002). Gender Differences in Puberty. *Journal of adolescent health*, 30: 44-48
- Granacher, U., Goesele, A., Roggo, K., Wischer, T., Fischer, S., Zuerny, C... Kriemler, S. (2011). Effect and Mechanisms of Strength Training in Children. *International Journal of Sports Med*, 32: 357-364
- Green, S. & Dawson, B. (1993). Measurement of Anaerobic Capacities in Humans: Definitions, Limitations and Unsolved Problems. *Sports Medicine*, 15(5): 312-327
- Hansen, L., Bangsbo, J., Twisk, J. & Klausen, K. (1999). Development of muscle strength in relation to training level and testosterone in young male soccer players. *Journal of Applied Physiology*, 87(3): 1141-1147
- Halil, T., Nurtekin, E., Dede, B., Amze, G. & Mine, T. (2013). Effect of vertical jump on quickness, agility, acceleration and speed performance in children swimmer. *Science, Movement and Health*, 13(2): 347-351
- Hudgins, B., Scharfenberg, J., Triplett, N.T. & McBride, J.M. (2013). Relationship between jumping ability and running performance in events of varying distance. *Journal of strength and conditioning*, 27(3): 563-567
- Jones, D., Round, J. & de Haan, A. (2009) *Skeletal muscle from molecules to movement*. Churchill Livingstone, London.
- Kotzamanidis, C. (2006). Effect of Plyometric Training on Running Performance and Vertical Jumping in Prepubertal Boys. *Journal of Strength and Conditioning*, 20(2): 441-445



- Krahenbuhl, G.S., Skinner, J.S. & Kohrt, W.M. Developmental aspects of maximal aerobic power in children. *Exercise and Sport Science Reviews*, 13(1): 503-538
- Kraemer, W.J., Fry, A.C., Frykman, P.N., Conroy, B. & Hoffman, J. (1989). Resistance Training and Youth. *Pediatric Exercise Science*, 1: 336-350
- Kubo, K., Kanehisa, H. & Kawakami, Y. & Fukunaga, T. (2001). Growth changes in the elastic properties of human tendon structures. *Int. Journal of Sports Med*, 22(2): 138-143
- Kurihara, T., Kanehisa, H., Abe, T., Tsunoda, N., Fukunaga, T. & Kawakami, Y. (2007). Gastrocnemius muscle architecture and external tendon length in young boys. *Journal of Biomechanics*, 40: 690
- Lieber, R.L. & Fridén, J. (2000). Functional and Clinical Significance of Skeletal Muscle Architecture. *Muscle & Nerve*, 23:1647-1666
- Malina, R.M. (2004). Secular trends in growth, maturation and physical performance: A review. *Prz. Antropol.-Antropol. Rev*, 67: 3-31
- Malina, R.M. (2006). Weight Training in Youth-Growth, Maturation, and Safety: An Evidence-Based Review. *Clinical Journal of Sport Science*, 16:478-487
- Malina, R.M. & Beunen, G. (2005). Matching of Opponents in Youth Sports. I: O. Bar-Or, (ed.). *The Child and Adolescent Athlete. The Encyclopaedia of Sports Medicine*. Malden MA: Blackwell Publishing
- Malina, R.M., Bouchard, C. & Bar-Or, O. (2004). *Growth, Maturation, and Physical Activity* (2<sup>nd</sup> ed.). Campaign, IL: Human Kinetics
- Martini, F.M. & Nath, J.L. (2009). *Fundamentals of Anatomy & Physiology* (8<sup>th</sup> edition). San Francisco: Benjamin Cummings

- Matsudo, V.K.R. (2005). Prediction of future Athletic excellence. I: O. Bar-Or, (ed.). *The Child and Adolescent Athlete. The Encyclopaedia of Sports Medicine.* Malden MA: Blackwell Publishing
- Maurits, N.M., Beenakker, E.A.C., van Schaik, D.E.C., Fock, J.M. & van der Hoeven, J.H. (2004). Muscle ultrasound in children: normal values and application to neuromuscular disorders. *Ultrasound in Medicine and Biology*, 30:1017-1027.
- McArdle, B., Katch, F. & Katch, V. (2010). *Exercise Physiology. Nutrition, Energy and Human Performance.* (7<sup>th</sup> ed). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins
- McFarland, I.T., Dawes, J.J., Elder, C.L. & Lockie, R.G. (2016). Relationship of Two Vertical Jumping Tests to Sprint and Change of Direction Speed among Male and Female Collegiate Soccer Players. *Sports*, 4(11): 2-7
- Meen, H.D. (2000). Fysisk aktivitet hos barn og unge i relasjon til vekst og utvikling. *Tidsskrift for Den norske legeforening*, 24, 120, 2908-2914
- Mendez-Villanueva, A., Buchheit, M., Kuitunen, S., Douglas, A., Peltola, E. & Bourdon, P. (2011). Age-related differences in acceleration, maximum running speed, and repeated-sprint performance in young soccer players. *Journal of Sport Science*, 29(5): 477-484
- Michailidis, Y. (2015). Effect of plyometric training on athletic performance in preadolescent soccer players. *Journal of Human Sport & Exercise*, 10(1): 15-23
- Mirwald, R.L., Baxter-Jones, A.D.G., Bailey, D.A & Beunen, G.P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med. Sci. Sports Exercise*, 34(4): 689-694
- O, Brian, T.D., Reeves, N.D., Baltzopoulos, V., Jones, D.A & Maganaris, C.N. (2009). Strong relationships exist between muscle volume, joint power and whole-body external mechanical power in adults and children. *Exp Physiol*, 94: 731-642

- O'Brian, T.D., Reeves, N.D., Baltzopoulos, V., Jones, D.A & Maganaris, C.N. (2010). Muscle-tendon structure and dimensions in adults and children. *Journal of Anatomy*, 216(5): 631-642
- O'Donoghue, P. (2012). *Statistics for Sport and Exercise Studies*. New York: Routledge
- Ortega, F.B., Ruiz, J.R., Castillo, M.J. & Sjöström. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int. Journal of Obesity*, 32: 1-11
- Ozmun, J.C., Mikesky, A.E. & Surburg, P.E. (1994). Neuromuscular adaptations following prepubescent strength training. *Official Journal of the American Collage of Sports Medicine*, 26(4): 510-514
- Papaiakovou, G., Giannakos, A., Michailidis, C., Patikas, D., Bassa, E., Kalopisis, V...,Kotzamanidis, C. (2009). The Effect of Chronological Age and Gender on the Development of Sprint Performance During Childhood and Puberty. *Journal of Strength & Conditioning*, 23(9): 2568-2573
- Parker, D.F., Round, J.M., Sacco, P. & Jones, D.A. (1990). [Abstract]. A cross-sectional survey of upper and lower limb strength in boys and girls during childhood and adolescence. *Annals of human biology*, 7(3): 199-211
- Philippaerts, R.M., Vaeyens, R., Janssens, M., Van Renterghem, B., Matthys, D., Craen, R, Bourgois, J... Malina, R.M. (2007). The relationships between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *Journal of Sports Science*, 24(3): 221-230
- Raudsepp, L. & Pääsuke, M. (1995). Gender Differences in Fundamental Movement Patterns, Motor Performances, and Strength Measurements of Prepubertal Children. *Pediatric Exercise Science*, 7: 294-304
- Rippe, J.M. (2012). *Encyclopedia of Lifestyle Medicine and Health*. Sage Publications Inc.

- Rogol, A.D. (2002). Androgens and puberty. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 198: 25-29
- Rogol, A.D., Roemmich, J.N. & Clark, P.A. (2002). Growth at Puberty. *Journal of Adolescent Health*, 31: 192-200
- Rogol, A.D., Clark, P.A. & Roemmich, J.N. (2000). Growth and pubertal development in children and adolescents: effects of diet and physical activity. *Am J Clin Nutr*, 72(2): 521-528
- Round, J.M., Jones, D.A., Honour, and J.W. & Nevill, A.M. (1999). Hormonal factors in the development of differences in strength between boys and girls during adolescence: a longitudinal study. *Annals of human biology*, 26(1): 49-62
- Sand, O., Sjaastad, Ø.V., Haug, E. (2005). *Menneskets fysiologi*. (1. Utg 3. oppl.). Oslo: Gyldendal Akademisk
- Scholten, R.R., Pillen, S., Verrips, A. & Zwarts, M.J. (2003). Quantitative ultrasonography of skeletal muscles in children: normal values. *Muscle Nerve*, 27: 693-698
- Shalfawi, S.A.I., Sabbah, A., Kailani, G., Tønnessen, E. & Enoksen, E. (2011). The Relationship Between Running Speed and Measures of Vertical Jump in Professionals Basketball Players: A field-test approach. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(11): 3088-3092
- Simoneau, E.M., Longo, S., Seynnes, O.R. & Narici, M.V. (2011). Human muscle fascicle behaviour in agonist and antagonist isometric contractions. *Muscle Nerve*, 45: 92-99
- Spear, B.A. (2002). Adolescent growth and development. *Journal of the American Dietetic Association, suppl. Adolescent Nutrition*, 23-9
- Tanner, J.M. (1981). Growth and Maturation during Adolescence. *Nutr Rev*, 39(2): 43-55

- Tanner, J.M., Whitehouse, R.H. & Takaishi, M. (1966). Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity: British children, 1965. II. *Arch Dis Child*, 41(220): 613-635
- Temfemo, A., Hugues, J., Chardon, K., Mandengue, S-H. & Ahmaidi, S. (2009). Relationship between vertical jump performance and anthropometric characteristics during growth in boys and girls. *European Journal of Pediatric*, 68: 457-464
- Tonson, A., Ratel, S., Le Fur, Y., Cozzone, P. & Bendahan. D. (2008). Effect of Maturation on the Relationship between Muscle Size and Force Production. *Med. Sci. Sports Exercise*, 40(5): 918-925
- Tønnessen, E., Alnes, L.A. & Aasen, S. (2013). Hurtighetstrening i fotball. Lastet ned 7.mai 2016.  
[http://www.olympiatoppen.no/fagomraader/trening/spenst\\_og\\_hurtighet/hurtighet/fagartikler/Fotballhurtighet/treningsmetoder/page2867.html](http://www.olympiatoppen.no/fagomraader/trening/spenst_og_hurtighet/hurtighet/fagartikler/Fotballhurtighet/treningsmetoder/page2867.html)
- Van Praagh, E. & Doré, E. (2002). Short Term Muscle Power During Growth and Maturation. *Sports Medicine*, 32(11): 710-728
- Vingren, J.L., Kraemer, W.J., Ratamess, N.A., Anderson, J.M., Volek, J.S. & Maresh, C.M. (2010). Testosterone Physiology in Resistance Exercise and Training. *Journal of Sports Med*, 40(12): 1037-105
- Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R. & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal performance and vertical jump height in elite soccer players. *British journal of Sport Medicine*, 38: 285-288

## 8. Tabelloversikt

<i>Tabell 3.1: Alder og antropometriske data for 12 år gamle skiløpere og skolebarn.</i>	36
<i>Tabell 3.2: Antall treningstimer pr. uke for 12 år gamle skiløpere og skolebarn.</i>	36
<i>Tabell 3.3: Antropometriske data for test- og retest gruppen.</i>	44
<i>Tabell 3.4: Spenst, hurtighet og styrke data for test- og retest gruppen.</i>	44
<i>Tabell 3.5: Muskelarkitektur for test- og retest gruppen.</i>	45
<i>Tabell 3.6: Variasjonskoeffisient (CV) til antropometriske data, funksjon og muskelarkitektur.</i>	45
<i>Tabell 4.1: Alder og antropometriske data for 12 år gamle barn rekruttert fra langrennklubber og skoleklasse.</i>	49
<i>Tabell 4.2: Skjelettlengde og muskelarkitektur for 12 år gamle barn rekruttert fra langrennklubber og skoleklasse.</i>	51
<i>Tabell 4.3: Spenst, hurtighet og styrke for 12 år gamle barn rekruttert fra langrennklubber og skoleklasse.</i>	54
<i>Tabell 5.1: Et utvalg av studier som har målt spenst og hurtighet på barn.</i>	60

## 9. Figuroversikt

- Figur 2.2:** Veksthastighetskurve (kroppshøyde  $\text{cm}\cdot\text{år}^{-1}$ ) for jenter og gutter utarbeidet på grunnlag av standarder for britiske barn 1965 (Modifisert fra Tanner, Whitehouse & Takaiishi). Figuren er hentet fra Tanner, 1989..... 14
- Figur 2.3:** Hastighetskurve for kroppsvekt hos gutter og jenter. Figuren er hentet fra Malina, Bouchard & Bar-Or (2004). ..... 16
- Figur 2.3:** Femtrinnskala av seksuell modenhet for gutter og jenter (Tanners skala). Utarbeidet av Tanner 1962. .... 18
- Figur 2.4:** Muskelmasse (kg) i forhold til kronologisk alder hos gutter og jenter, estimert fra kreatinutskilling. Kurvene er utarbeidet av Malina & Bouchard (1996), hentet fra Meen (2000). ..... 21
- Figur 2.5:** Muskelfiber i quadriceps vokser i størrelse. A, 8 mnd. etter fødsel. B, 5 år og C, 14 år. Alle bildene er tatt med samme forstørrelse. Bildet er hentet fra Jones, Round & de Haan (2009). ..... 22
- Figur 2.6:** Styrke i håndgrepet (kg) hos gutter og jenter i forhold til kronologisk alder, utarbeidet av Malina & Bouchard (1996), hentet fra Meen (2000). ..... 27
- Figur 2.7:** Når en utrent begynner å trene styrke kommer den første fremgangen uten tegn til hypertrofi av muskelfibrene. Hentet fra Dahl & Rinvik (2007). ..... 30
- Figur 3.1:** Impedansmåling. Bildet viser elektrodene, og modellen viser ståstillingen som var viktig å holde gjennom hele testen. .... 39
- Figur 3.2:** Proben holdes vertikalt for muskeltykkelse og tiltes proksimalt for pennasjonsvinkel av VL. .... 40
- Figur 3.3:** Modell viser stilling som kreves for at testen skal bli godkjent i isometrisk kneekstensjon. .... 42
- Figur 3.4:** Modell viser stillingen som kreves for at testen skal bli godkjent i isometrisk benkpress. .... 42
- Figur 4.1:** Sammenheng mellom alder og kroppsvekt (blått,  $Y = 4,6x - 12,6$ ) og alder og kroppshøyde (rødt,  $Y = 3,8x + 107,2$ ) for alle FP (langrennsgruppen og kontrollgruppen slått sammen,  $n = 95$ ). ..... 48
- Figur 4.2:** Sammenheng mellom kroppshøyde og total muskelmasse. Begge gruppene er inkludert i analysen. .... 48

<b>Figur 4.3:</b> Sammenheng mellom muskeltykkelse og pennasjonsvinkel av VL. Begge grupper er inkludert i analysen.....	50
<b>Figur 4.4:</b> Sammenheng mellom spenst og hurtighet. Begge grupper er inkludert i analysen. ....	52
<b>Figur 4.5:</b> Sammenheng mellom relativ styrke i ben og spenst. Begge grupper er inkludert i analysen. ....	53
<b>Figur 4.6:</b> Sammenheng mellom relativ styrke i ben og hurtighet. Begge grupper er inkludert i analysen. ....	53
<b>Figur 4.7:</b> Sammenheng mellom muskelmasse i ben og prestasjon i kneekstensjon. Begge grupper er inkludert i analysen.....	55
<b>Figur 4.8:</b> Sammenheng mellom VL tykkelse og kneekstensjon. Begge grupper er inkludert i analysen. ....	56



## 10. Vedlegg

### *Vedlegg 1*

#### **Fysisk utvikling hos unge utholdenhetsutøvere**

##### **Bakgrunn og hensikt**

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

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

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

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

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

målingene. Det er som sagt like interessant for oss om barnet fortsetter med idrett eller ikke.

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

### **Hva innebærer studien?**

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

### **Mulige fordeler og ulemper**

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

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

Prøvene tatt av deltagerne i prosjektet og informasjonen som registreres om dem skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med studien. Alle opplysningene og prøvene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte

gjenkjennende opplysninger. En kode knytter deltageren til opplysninger og prøver gjennom en navneliste. Det er kun autorisert personell knyttet til prosjektet som har adgang til navnelisten og som kan finne tilbake til den enkelte deltager. Det vil ikke være mulig og identifisere den enkelte deltager i resultatene i studien når disse publiseres.

Når studien er ferdig og vi ikke trenger å kontakte deg mer, vil navnelistene som knytter deltageren til forsøket bli slettet.

### **Frivillig deltakelse**

Det er selvsagt frivillig å delta. Du kan når som helst og uten å oppgi noen grunn trekke samtykke til at ditt barn skal delta i studien. Dersom du ønsker at ditt barn skal delta, undertegner du samtykkeerklæringen på siste side. Dersom du senere ønsker å trekke samtykket til deltagelse for ditt barn eller har spørsmål til studien, kan du kontakte Hege Wilson Landgraff (93437711) eller Jostein Hallén (telefon 23 26 23 14, e-post: jostein.hallen@nih.no).

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

#### **Kriterier for deltagelse**

Tolv år gamle utøvere fra langrennklubber skal rekrutteres til studien. Totalt skal det rekrutteres 50 forsøkspersoner, og begge kjønn skal være representert.

Forsøkspersonene må være friske på inklusjonstidspunktet og ikke ha kroniske sykdommer som kan påvirke resultatene.

#### **Undersøkelser og blodprøver**

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

benyttet.

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

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

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

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

De første målingene planlegges gjennomført høsten 2015. Alle som deltar i prosjektet må møte til testing én ettermiddag på Idrettshøgskolen og eventuelt én gang på Rikshospitalet. I forkant av selve testene må alle gjennom en enkel legeundersøkelse og vekt og høyde vil bli registrert.

#### **Mulige ubehag/ulemp**

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

#### **Personvern, biobank, økonomi og forsikring**

##### **Personvern**

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

Norges idrettshøgskole ved administrerende direktør er databehandlingsansvarlig.

### **Biobank**

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

### **Retten til innsyn og sletting av opplysninger om deg**

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

### **Forsikring**

Alle forsøkspersonene er forsikret ved NIHs forsøkspersonforsikring.

### **Informasjon om utfallet av studien**

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

## Vedlegg 2

### EGENERKLÆRING FOR FORSØKSPERSONER

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

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

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

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

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

---

Sted - dato

---

Underskrift

*Vedlegg 3*

## **Samtykke til deltakelse i studien**

### **Fysisk utvikling hos unge utholdenhetsutøvere**

Jeg er villig til at mitt barn kan delta i studien

-----  
Navn på barnet

Foresattes samtykke

-----  
(Signert av nærstående, dato)

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om studien

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



#### Vedlegg 4

#### Kartlegging av idrettsaktivitet/fysisk aktivitet (I)      Navn:

1. Hva slags form for fysisk aktivitet du driver med? (Sett kryss for alle de alternativene som passer).

Organisert trening i idrettslag	
Treningscenter (Sats eller lignende)	
Trener/mosjonerer for meg selv	
Sykle/gå til skolen	
Annet (spesifiser)	

2. Hvilke idretter/mosjonsaktiviteter driver du med, og varierer det med årstid?  
(Her kan du sette flere kryss for hver idrett/mosjonsaktivitet)

Type idrett/mosjonsaktivitet	Vinter	Sommer	Vår	Høst

*Eksempel på hvordan det kan fylles ut*

Type idrett/aktivitet/mosjon	Vinter	Sommer	Vår	Høst
Langrenn	x			x
Fotball	x	x	x	x
Sykler til skolen			x	x

3. Anser du en av dem som din hovedidrett/-aktivitet?

Ja	
Nei	

Hvis **ja**, kan du oppgi hvilken idrett/aktivitet?

---

4. Hvor lenge (år) har du vært aktiv i de forskjellige idrettene/mosjonsaktivitetene? Ta med både nåværende og tidligere aktiviteter som du driver/har drevet med. (Sett kryss for det alternativet som passer best for hver idrett/aktivitet)

Type idrett/mosjonsaktivitet	> 5 år	3-4 år	1-2 år	< 1 år



5. Hvor mange ganger trener/mosjonerer du vanligvis per uke (**inkludert** konkurranser/kamper)? (Sett kryss for det alternativet som passer best)

1 gang per uke	2-3 ganger per uke	4-6 ganger per uke	>6 ganger per uke

6. Omtrent hvor mange timer trener/mosjonerer du vanligvis per uke (**inkludert** konkurranser/kamper)?

Type trening	Timer
Utholdenhetstrening	
Styrketrening	
Annet	
<b>Totalt antall timer per uke</b>	

## Vedlegg 5

   
13077

**JENTE - PUBERTETSUTVIKLING**

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

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

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

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

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

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

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

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

6. Har du fått menstruasjon (mensen)?

Ja  
 Nei

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

år



SEDEC

### GUTT - PUBERTETSUTVIKLING

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

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

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

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

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

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

5. Har du kommet i stemmeskiftet?

- Har ikke kommet i stemmeskiftet ennå
- Har så vidt begynt å komme i stemmeskiftet
- Har absolutt kommet i stemmeskiftet
- Tror at stemmeskiftet er avsluttet
- Vet ikke

6. Har du begynt å få bart/hår på overleppen?

- Har ikke begynt å få bart/hår på overleppen
- Har så vidt begynt å få bart/hår på overleppen
- Har absolutt begynt å få bart/hår på overleppen
- Tror at veksten av bart/hår på overleppen er avsluttet

---

*Vedlegg 6*

**Tillatelse til fotografering og bruk av bilder**

Jeg gir med dette tillatelse til fotografering av mitt barn til bruk i NIHs profileringsmateriell på nett og på trykk. Barnets navn skal ikke oppgis og bildene kan ikke brukes i andre sammenhenger uten mitt samtykke.

\_\_\_\_\_, den \_\_\_\_\_

Sted

Dato

\_\_\_\_\_  
Barnets navn

\_\_\_\_\_  
Navn

\_\_\_\_\_  
Signatur





