

Sander Krossen

Gir kondisjonstrening hos barn og unge en effekt på hjertets slagvolum utover naturlig vekst og modning?

En 8 ukers treningsintervensjon på 12 år gamle barn og unge

Masteroppgave i idrettsvitenskap
Seksjon for fysisk prestasjonsevne
Norges idrettshøgskole, 2022

Sammendrag

Bakgrunn: En av de viktigste fysiologiske egenskapene for utholdenhetsprestasjon er maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}), der hjertets slagvolum (SV) er mest sentralt. Hos voksne er det vist at SV påvirkes av trening, men dette gjelder ikke nødvendigvis for barn og unge. De naturlige fysiologiske prosessene som forekommer under puberteten kan alene bidra til økt SV, og begrense effekten av kondisjonstrening. Det er derfor omdiskutert hvorvidt kondisjonstrening kan ha en ekstra treningseffekt på SV i perioder med mye vekst og modning. Hensikten med denne studien var å undersøke om 8 uker med systematisk kondisjonstrening ga effekt på SV under submaksimalt arbeid, utover den naturlige effekten av vekst og modning under puberteten.

Metode: Totalt ble 20 barn og unge ($12,3 \pm 0,3$ år; 9 gutter, 11 jenter) inkludert i studien. Intervensjonsgruppen (INT) ble innhentet fra en lokal langrennsklubb ($n = 11$), og kontrollgruppen (KTR) fra en nærliggende barneskole ($n = 9$). INT trente systematisk kondisjonstrening ved løp eller rulleski i 8 uker, der 2 økter i uken bestod av høyintensiv intervalltrening (4-6 drag á 3-4 minutter, $\geq 90\%$ av maksimal hjerterefrekvens). KTR trente ikke systematisk kondisjonstrening. En rekke variabler ble målt før og etter intervensjonen: SV, HF og oksygenopptak ved submaksimale belastninger på ergometersykkel, VO_{2maks} ved løp, blodvariabler og kroppssammensetning.

Resultater: Det var ingen signifikant endring (Δ) i absolutt SV (SV_{abs} ; ved $\approx 70\%$ av VO_{2maks}) verken hos INT ($\Delta 5 \pm 8\%$, $p = 0,189$) eller KTR ($\Delta 6 \pm 13\%$, $p = 0,291$), og det var ingen signifikant forskjell i ΔSV mellom gruppene ($p = 0,962$). SV relativt til kroppsvekt var høyere hos INT enn KTR ($p < 0,001$), men det var ingen forskjell i SV_{abs} ($p = 0,961$) eller SV justert for fettfri masse (FFM) ($p = 0,131$). Det var moderat sammenheng mellom ΔSV og ΔFFM ($r = 0,418$), og ingen sammenhenger ble funnet mellom ΔSV og antall intervalløkter ($r = 0,016$) eller treningstimer ($r = 0,076$).

Konklusjon: Funnene i denne studien indikerer at 8 uker med systematisk kondisjonstrening hos 12 år gamle barn og unge ikke gir ekstra effekt på SV under submaksimalt arbeid, utover effekten av naturlig vekst og modning under puberteten. Ingen signifikante endringer i SV ble funnet, verken hos INT eller KTR. Den moderate sammenhengen mellom ΔSV og ΔFFM indikerer endring i SV som følge av vekst og modning, som støttes av en lav sammenheng mellom ΔSV og treningsvolum med høy intensitet. Med bakgrunn i disse funnene, *kan* det være at barn og unge ikke behøver å trene systematisk kondisjonstrening for å øke SV under puberteten.

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	4
Forord.....	6
1. Introduksjon	7
1.1 Problemstilling.....	8
2. Teori	9
2.1 Slagvolum.....	9
2.1.1 Slagvolum og sentrale mekanismer	9
2.1.2 Slagvolum og naturlige endringer ved vekst og modning	10
2.1.3 Slagvolum og trening hos barn og unge	10
2.1.4 Minuttvolum, og slagvolums innvirkning på minuttvolum	11
2.1.5 Måling av slagvolum.....	11
2.2 Oksygenopptak.....	12
2.2.1 Maksimalt oksygenopptak hos barn og unge.....	12
2.2.2 Begrensninger for maksimalt oksygenopptak.....	12
2.2.3 Trening for økt maksimalt oksygenopptak	13
2.3 Vekst og modning	14
2.3.1 Alder	14
2.3.2 Antropometri.....	14
2.3.3 Langsiktig utvikling av aerob kapasitet hos barn og unge.....	17
3. Metode	18
3.1 Deltagere	18
3.2 Studiedesign	19
3.2.1 Eksperimentelt design.....	19
3.2.2 Treningsintervensjon.....	19
3.3 Testprotokoller og målemetoder.....	20
3.3.1 Før oppmøte	20
3.3.2 Submaksimalt arbeid på ergometersykkel	20
3.3.3 Måling av maksimalt oksygenopptak på tredemølle	21
3.3.4 Blodvolum og hemoglobinmasse.....	22
3.3.5 Kroppssammensetning, antropometri og utviklingsstadium.....	23
3.3.6 Måling av fysisk aktivitet.....	24
3.3.7 Kontroll av treningsintensitet.....	24
3.3.8 Tilvenning av løp på tredemølle	25
3.4 Statistiske analyser	25
3.5 Etikk og forskning på barn og unge	26

4.	Resultater	28
4.1	Karakteristikk.....	28
4.2	Aktivitets- og treningsdata	28
4.2.1	Fysisk aktivitet	28
4.2.2	Treningsmengde.....	28
4.2.3	Treningsintensitet under HIT-økter	29
4.3	Slagvolum.....	30
4.3.1	Endringer fra pre- til posttest	30
4.3.2	Forskjell mellom gruppene under submaksimalt arbeid.....	31
4.3.3	Slagvolum ved $\approx 70\%$ av maksimalt oksygenopptak	32
4.4	Minuttvolum	33
4.5	Arterievenøs oksygendifferanse.....	33
4.6	Hjertefrekvens	34
4.7	Maksimalt oksygenopptak.....	34
4.8	Blodvolum og hemoglobinmasse.....	35
4.9	Sammenhenger	36
5.	Diskusjon	37
5.1	Effekt av kondisjonstrening på slagvolum hos barn og unge	37
5.2	Effekt av naturlig vekst og modning på slagvolum hos barn og unge.....	39
5.3	Slagvolums respons på arbeid hos barn og unge.....	41
5.4	Mekanismer bak endringer av maksimalt oksygenopptak	42
5.5	Hvorfor skal barn og unge bedrive kondisjonstrening?.....	44
5.6	Styrker og svakheter ved studien.....	44
5.6.1	Styrker	44
5.6.2	Svakheter.....	45
6.	Konklusjon og videre anbefalinger	48
	Referanser	49
	Tabelloversikt	61
	Figuroversikt	62
	Forkortelser	64
	Vedlegg	66

Forord

Et femårig langt studieløp på Norges idrettshøgskole nærmer seg slutt. Jeg har hatt en fantastisk tid her, med engasjerte og motiverende **medstudenter**, som har gjort studiehverdagen innholdsrik og morsom. Utrolige mengder med kunnskap er tilegnet, og store deler av det spisses inn mot denne masteroppgaven. Dette er et emne jeg brenner for, og jeg er takknemlig for muligheten til å bruke både praktiske og teoretiske ferdigheter på et så viktig tema. Dette hadde ikke vært mulig uten personene rundt meg, og flere fortjener en stor takk.

Først og fremst vil jeg takke hovedveilederne mine **Øyvind Skattebo** og **Halvard Grendstad**. Halvard, takk for at jeg fikk muligheten til å ta del i ditt PhD-prosjektet. Du har vist tillit og gitt meg ansvar for sentrale deler av prosjektet, både i laboratorium og ved oppfølging av deltagere. Øyvind og Halvard, takk for stort engasjement, gode pedagogiske evner, faglige diskusjoner og grundig veiledning. Dere har vært tilgjengelige hele veien, noe som har gitt grunnlag for kontinuerlig læring og veiledning. Dere har vært inspirerende, og det har vært en fryd å jobbe med dere. Jeg vil også takke prosjektleder **Jostein Hallén**, som gjennom hele prosessen har bidratt med kunnskapsrike innspill og erfaringer underveis. Og selvfølgelig, takk til **alle deltagere** som muliggjorde prosjektet med solid innsats ved krevende tester.

Til sist, men ikke minst, takk til **Nora, familie** og **venner**. Takk for at dere alltid har lyttet, støttet, veiledet og oppmuntret meg de siste årene. Dere har vist forståelse og tålmodighet under krevende perioder, og bidratt til positivitet både i og utenfor studiene.

Sander Krossen

Oslo, juni 2022

1. Introduksjon

En av de viktigste fysiske egenskapene for prestasjonsevnen i mange barne- og ungdomsidretter er kondisjon (Armstrong & Welsman, 2020). Det har det siste tiåret vært økt interesse for et tidlig og langsiktig perspektiv på utøveres utvikling og nødvendigheten av dette som forberedelse til både idrett og aktiv livsstil (Pichardo et al., 2018). Ulike «LTAD-modeller» (Long Term Athletic Development) er utviklet for å gi en generell struktur over utvikling basert på alder og modning, men det er begrenset hvorvidt de ulike modellene beskriver og klargjør kondisjonstrening hos unge under vekst og modning (Pichardo et al., 2018; Harrison et al., 2015). De naturlige fysiologiske prosessene som forekommer i kroppen under puberteten kan bidra til økt kondisjon, og det er derfor omdiskutert om kondisjonstrening kan gi en ekstra effekt utover den normale veksten og modningen som forekommer under puberteten (Harrison et al., 2015).

Maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}) er den vanligste parameteren for å beskrive aerob kapasitet, og er i følge Ficks ligning et produkt av arterievenøs oksygendifferanse ($a\bar{v}O_{2diff}$) og minuttvolum ($MV = \text{slagvolum (SV)} \cdot \text{hjerterefrekvens (HF)}$). Som respons til kondisjonstrening, inkluderer vanlige kardiovaskulære tilpasninger eksentriske endringer i hjertets struktur, økning av blodvolum og hemoglobinmasse. Disse treningsinduserte tilpasningene bidrar til økt VO_{2maks} ved økt hastighet og effektivisering av oksygentilførsel gjennom forhøyet SV og transportkapasitet av arterielt oksygen (Basset & Howley, 2000; Levine, 2008). Treningsindusert økning av SV er altså en av de viktigste årsakene til økt VO_{2maks} .

Som følge av puberteten, ser det ut til at påvirkningene av modning- og kjønnsrelaterte hormoner bidrar til å øke kardiovaskulære tilpasninger (Matos & Winsley, 2007). Treningseffekt av SV for barn og unge i puberteten er lite studert, noe som betyr at trening gjennomføres på grunnlag av kunnskap om effekter for voksne. Hos barn og unge er det nylig funnet indikasjoner på at systematisk kondisjonstrening ikke endrer hjertets dimensjoner utover naturlig vekst og modning (Bjerring et al., 2019), og på bakgrunn av dette kan det være det er gunstig å fokusere på annen type trening under perioder med mye vekst og modning. Det er kun gjennomført et fåtall godt kontrollerte intervensjonsstudier hvor effekten av systematisk kondisjonstrening hos en gruppe barn

og unge er sammenlignet med en lite aktiv kontrollgruppe, og det er derfor usikkert hvordan SV påvirkes av systematisk kondisjonstrening utover de endringene som forekommer grunnet vekst og modning. Det er derfor viktig å skaffe mer kunnskap om trening i barne- og ungdomsårene for å tilrettelegge for riktig og hensiktsmessig trening gjennom puberteten. For å utforske dette ble en 8-ukers intervensjon gjennomført. Intervensjonen bestod av 2 ukentlige høyintensive kondisjonsøkter på allerede aktive 12 år gamle langrennsutøvere, som ble sammenlignet med en jevnaldret og mindre aktiv kontrollgruppe. SV ble målt under submaksimale belastninger på ergometersykkel før og etter intervensjonen.

1.1 Problemstilling

Vil 8 uker med systematisk kondisjonstrening hos allerede aktive barn og unge gi effekt på hjertets slagvolum under submaksimalt arbeid, utover effekten av naturlig vekst og modning under puberteten?

2. Teori

2.1 Slagvolum

2.1.1 Slagvolum og sentrale mekanismer

Blodet transporterer oksygen (O_2) og næringsstoffer til kroppen. Hjertet kontraherer regelmessig, og pumper slik blodet gjennom de kardiovaskulære systemene og sørger for leveranse til bl.a. vitale organer og muskulatur. Ved svært intenst fysisk arbeid vil mengden oksygenrikt blod levert til muskulaturen nå en maksimal verdi. Ved helkroppsarbeid er det vist at muskulaturen evner å utnytte mer O_2 enn blodet klarer å levere, og hjertets pumpeevne er derfor den største begrensningen for den aerobe kapasiteten (Bassett & Howley, 2000). SV representerer mengden blod pumpet per hjerteslag, og er derfor avgjørende for O_2 -leveransen (Bassett & Howley, 2000; Hellsten & Nyberg, 2015). Hos voksne er mekanismene bak treningsinduserte endringer av SV godt dokumentert; elite-utøvere har et større og mer elastisk hjerte som genererer et høyere SV, hvilket kan bidra til økt prestasjon i utholdenhetsidretter (Levine, 2008). Begrepet «*athlete's heart*» beskriver morfologiske og funksjonelle endringer i hjertet hos voksne elite-utøvere, som resulterer i økt SV (Maron, 1986). Disse hjerteendringene inkluderer forstørrede dimensjoner i venstre ventrikkel (VV); masse, veggtykkelse og kammerstørrelse (Nottin et al., 2004). SV reflekterer VV's dimensjoner og endediastolisk fyllingsgrad, som er hovedfaktorene for treningsinduserte endringer i hjertet (Nottin et al., 2004; Rowland, 2013).

SV kan påvirkes av endringer i hjertets dimensjoner, men sannsynligvis også av andre tilpasninger. Det er foreslått at treningsindusert økning i blodvolum (BV) er en viktig faktor bak økt SV (Bonne et al., 2014). Økning i BV fører til økt venøs tilbakestrømming, som videre gir raskere passiv fylling av ventriklene under hjertets diastole. Dette fører til økt endediastolisk volum (EDV; blodmengde i ventrikler ved slutt av diastole), som gir grunnlag for at mer blod kan pumpes ut ved neste hjerteslag. Økt EDV vil også gi hjertemuskulaturen mer strekk og føre muskelcellene nærmere optimal lengde for kraftutvikling, en mekanisme kalt Frank-Starling-mekanismen (Sequeira & van der Velden, 2015). Konsekvensen av større EDV er økt SV både i hvile og under arbeid (Hellsten & Nyberg, 2015). Bonne et al. (2014) fant økt SV som konsekvens av økt BV etter 6 uker med kondisjonstrening, demonstrert ved redusert SV etter tapping av treningsinduserte økninger i BV, som illustrerer viktigheten av BV.

2.1.2 Slagvolum og naturlige endringer ved vekst og modning

Det ble tidlig kjent at SV øker markant i takt med alder fra alderen 9 år, før det ved 18 år når et platå (Miyamura & Honda, 1973). Før puberteten er SV-verdier normalt rundt $40 \text{ mL} \cdot \text{slag}^{-1}$ i hvile, og øker til ca. $60 \text{ mL} \cdot \text{slag}^{-1}$ ved slutten av puberteten (Malina et al., 2004a). De Simone et al. (1998) rapporterte en sterk økning i SV ved høyere kroppsmasse og vekst opp til 18 år, før det flatet ut i voksen alder. Nyere studier støtter dette: Økt SV har sterk sammenheng med høyere metabolske krav, grunnet økning av organstørrelse og muskelmasse under puberteten, uttrykt som fettfri masse (FFM) (Nottin et al., 2004). Gutter har som regel høyere økning i SV enn jenter, men når det kontrolleres for FFM viskes denne forskjellen ut (Armstrong & Welsman, 2019b).

Økning i VV-masse er en av de viktigste mekanismene for økt SV hos både barn og voksne. VV-masse har en sterk sammenheng med høyde, vekt og FFM hos både gutter og jenter, hvor økt FFM er den sterkeste indikatoren for økt VV-masse (Armstrong & Welsman, 2007; de Simone et al., 1998; Janz et al., 2000). Forholdet mellom VV-masse og FFM er sterkest under puberteten, før det mot slutten av puberteten blir svakere grunnet redusert økning i FFM (de Simone et al., 1998; Rowland, 2013). Etter puberteten er det kardiovaskulær trening som i størst grad påvirker til økning i VV-masse (de Simone et al., 1998). BV er en annen sentral faktor som påvirker SV hos barn og unge under puberteten. Økning i FFM ved naturlig vekst og modning fører til økt BV både hos trente og utrente, og denne økningen påvirker til økt SV gjennom puberteten (Landgraff & Hallén, 2020; Steiner & Wehrin, 2011).

2.1.3 Slagvolum og trening hos barn og unge

Endringer i SV og i hjertet er godt dokumentert hos voksne, der endringer avhenger av kardiovaskulær trening: SV og hjertestørrelse øker i takt med økende treningsbelastning (Pelliccia et al., 2018; Wilmore et al., 2001). Hos barn og unge er emnet i mindre grad undersøkt, og resultatene er sprikende. I tverrsnittstudier er det hos trente barn funnet høyere SV og VV-masse enn hos utrente (Ayabakan et al., 2006; Barczuk-Falecka et al., 2018; McNarry et al., 2014), men longitudinelle studier (Bjerring et al., 2019; Valente-Dos-Santos et al., 2015) har ikke funnet en treningseffekt på disse egenskapene. Derimot har de vist at naturlig vekst og modning har en påvirkning. Det er likevel behov for mer forskning om systematisk kondisjonstrening påvirker SV hos barn og unge under puberteten.

2.1.4 Minuttvolum, og slagvolums innvirkning på minuttvolum

SV og HF bestemmer mengden blod som leveres til kretsløpene, og resulterer i MV (McArdle et al., 2015). MV hos barn opptil 12 år er det rapportert verdier på 3,1-4,8 L · min⁻¹ under hvile, og opptil 15,8 L · min⁻¹ under arbeid (Cattermole et al., 2017; McNarry et al., 2014; Tomaske et al., 2008). Økningen av MV under submaksimalt arbeid forekommer grunnet økning i både SV og HF. Ved videre arbeid mot maksimal belastning vil økning i HF være mest sentralt, da SV kan flate ut ved submaksimalt arbeid (Armstrong & Welsman, 2019b). Hos barn opptil 12 år er SV målt fra 40 til 60 mL · slag⁻¹ i hvile, og 80 til 100 mL · slag⁻¹ under arbeid. HF er målt fra 60 til 80 slag · min⁻¹ i hvile, og litt over 200 slag · min⁻¹ under arbeid (Armstrong & Welsman, 2019b; Cattermole et al., 2017; McNarry et al., 2014). Det vil derimot være store individuelle forskjeller i MV, SV og HF. Over tid vil maksimalt MV (MV_{maks}) økes på grunn av økt maksimalt SV (SV_{maks}): Det er veldokumentert at maksimal HF (HF_{maks}) ikke er trenbar, og treningsinduserte endringer som fører til økt MV_{maks} vil derfor være konsekvens av økt SV_{maks} (Levine, 2008; Rowland, 2013). Disse tilpasningene gir i hvile mulighet for samme MV med redusert HF og høyere SV, og høyere MV_{maks} under arbeid på grunn av økt SV_{maks} (McArdle et al., 2015).

2.1.5 Måling av slagvolum

Det finnes ulike metoder for å måle MV og SV, både invasive og ikke-invasive. «Gullstandardene» for måling av MV under hvile og arbeid er direkte Fick og dillusjons-metoder ved farge eller temperatur (Warburton et al., 1999; Welsman et al., 2005). Begge metodene bygger på det samme fysiologiske grunnlaget, og gir reliable målinger av MV og er vist presise inntil $5 \pm 10\%$ (Welsman et al., 2005). Disse metodene er derimot invasive med innleggelse av kateter, noe som utelukker metodene på testing av friske barn og unge. Det er derfor ønskelig med mer praktiske og ikke-invasive metoder. Impedans kardiografi er en slik ikke-invasiv metode, og krever mindre ekspertise ved bruk. PhysioFlowTM er en av de mest brukte apparatene for impedans kardiografi, og kan måle MV kontinuerlig under aktivitet. PhysioFlowTM har vist klinisk akseptabel validitet ved måling av MV hos barn og unge i bevegelse, og er validert mot direkte Fick ($-2,8 \pm 12\%$) (Richard et al., 2001; Welsman et al., 2005).

2.2 Oksygenopptak

2.2.1 Maksimalt oksygenopptak hos barn og unge

Maksimalt oksygenopptak ($VO_{2\text{maks}}$) defineres som den maksimale hastigheten kroppen kan ta opp og utnytte O_2 (Basset & Howley, 2000). $VO_{2\text{maks}}$ er en viktig parameter for helse og prestasjon i utholdenhetsidretter, både hos voksne og barn- og unge (Baquet et al., 2003; Armstrong & Welsman, 2019a; Armstrong & Welsman, 2020). Det er kjent at systematisk kondisjonstrening øker $VO_{2\text{maks}}$ hos voksne (Bacon et al., 2013), men hos barn er dette et mer omdiskutert tema. Det er tidligere vist at barn som trener systematisk kondisjonstrening har høyere $VO_{2\text{maks}}$ enn utrente barn. Mandroukas et al. (2021), McNarry et al. (2012) og Mandigout et al. (2001) fant økt $VO_{2\text{maks}}$ etter systematisk trening, og Bjerring et al. (2018) fant i en tvernsnittsstudie høyere $VO_{2\text{maks}}$ hos trente barn enn utrente. Samtidig har det blitt rapportert motstridende funn de siste årene, hvor systematisk kondisjonstrening ikke har hatt en ekstra effekt på $VO_{2\text{maks}}$ (Landgraff et al., 2021). Trenbarheten av $VO_{2\text{maks}}$, og om eventuell økning skyldes trening, genetik eller seleksjon, forblir omdiskutert. Det er derfor usikkerhet tilknyttet trening av kondisjon hos barn og unge (Landgraff et al., 2021; Matos & Winsley, 2007).

2.2.2 Begrensninger for maksimalt oksygenopptak

Utvikling av $VO_{2\text{maks}}$ hos barn og unge er veldokumentert (Armstrong & Welsman, 2019a; Geithner et al., 2004; Landgraff et al., 2021; Mandroukas et al., 2021; Shao et al., 1997). Med kunnskap om mengden blodleveranse til kroppen per minutt (MV) og utnyttelsesgraden av O_2 i blodet ($a\bar{v} O_{2\text{diff}}$), kan man ved bruk av Ficks ligning kalkulere $VO_{2\text{maks}}$ (Levine, 2008):

$$VO_{2\text{maks}} \text{ (mL} \cdot \text{min}^{-1}\text{)} = MV_{\text{maks}} \text{ (L} \cdot \text{min}^{-1}\text{)} \cdot \text{maksimal } a\bar{v} O_{2\text{diff}} \text{ (mL} \cdot \text{L}^{-1}\text{)}$$

De overordnede begrensende faktorene for $VO_{2\text{maks}}$ er dermed MV og $a\bar{v} O_{2\text{diff}}$, og disse er igjen bestemt av sentrale og perifere faktorer. Ettersom musklenes evne til å utnytte O_2 overgår maksimal O_2 -leveranse, spesielt hos godt utholdenhetstrente, virker det som sentrale faktorer (MV) er mest begrensende for $VO_{2\text{maks}}$ (Basset & Howley, 2000). Ved maksimalt arbeid vil HF_{maks} og maksimal $a\bar{v} O_{2\text{diff}}$ være sentrale for $VO_{2\text{maks}}$, men ikke i like stor grad som SV_{maks} (McNarry et al., 2014; Obert et al., 2003; Rowland et al., 1999). I tillegg er BV og total hemoglobinmasse (tHb) vist å korrelere sterkt med $VO_{2\text{maks}}$, siden den er viktig for O_2 -forsyningen (Schmidt & Prommer, 2008).

2.2.3 Trening for økt maksimalt oksygenopptak

Kondisjonstrening er strukturert og systematisk trening som har til hensikt å øke aerob kapasitet, og stimulere til tilpasninger i de kardiovaskulære og respiratoriske systemene for bedret prestasjon i utholdenhetsidretter (Armstrong & Barker, 2011). Kondisjonstrening foregår med ulik intensitet, der HF er en vanlig indikator for å kontrollere intensiteten. Olympiatoppen har konstruert en 8-trinns intensitetsskala, hvor de 5 første intensitetssonene i hovedsak bedrer aerob kapasitet (figur 2.1).

I-soner	Beskrivelse	% av HF _{maks}	Draglengde	Pausevarighet
I-5	Veldig anstrengende	92 <	30s til 5 min	50 - 75 % av draglengde
I-4	Anstrengende	87-92	3 til 10 min	50 % av draglengde
I-3	Moderat til anstrengende	82-87	8 til 20 min	1 til 3 min
I-2	Lett til moderat	72-82	45 min til flere timer	Ikke nødvendig
I-1	Lett	55-72	Opptil flere timer	Ikke nødvendig

Figur 2.1: Intensitetssoner (I-soner) for aerob trening. Basert på Olympiatoppens intensitets-skala: <https://olt-skala.nif.no>. HF_{maks}; maksimal hjerterefrekvens.

Kondisjonstrening kan utføres som kontinuerlig trening og intervalltrening, som igjen deles i ulike kategorier avhengig av intensitet og tid i intensitet. Kontinuerlig trening (f.eks. langkjøring) foregår ved en intensitet man er i stand til å opprettholde i lengre tid uten pauser (I-1 til I-2), gjerne fra 30 minutter til flere timer. Intervalltrening består av flere kortere drag der intensiteten er så høy at man må ha pauser mellom dragene (I-3 til I-5), typisk fra 30 sekunder til 8 minutter (Jørgensen & Andersen, 2004). Høyintensitets intervalltrening (HIT) er en intens form for intervalltrening, der dragene varierer fra 30 sekunder til noen minutter ved I-5. Hos barn og unge er det dokumentert at HIT gir best treningseffekt på VO_{2maks} , med en intensitet på $> 80\%$ av HF_{maks} (Armstrong & Barker, 2011; Baquet et al., 2003). Det er hos både barn og voksne vist at HIT stimulerer til hypertrofi av hjertet, som resulterer i økt SV (Gatch og Byrd, 1979; Obert et al., 2003; Wisløff et al., 2009). Det er allikevel ikke slik at all trening bør foregå ved HIT, og en stor andel trening foregår ved kontinuerlig langkjøring i lavere I-soner som krever kortere restitusjonstid. I tillegg vil den lavere intensiteten i langkjøring gi mulighet for bedre å fokusere på tekniske ferdigheter til fordel for arbeidsøkonomi, og kan fremme idrettsprestasjon (Jørgensen & Andersen, 2004).

2.3 Vekst og modning

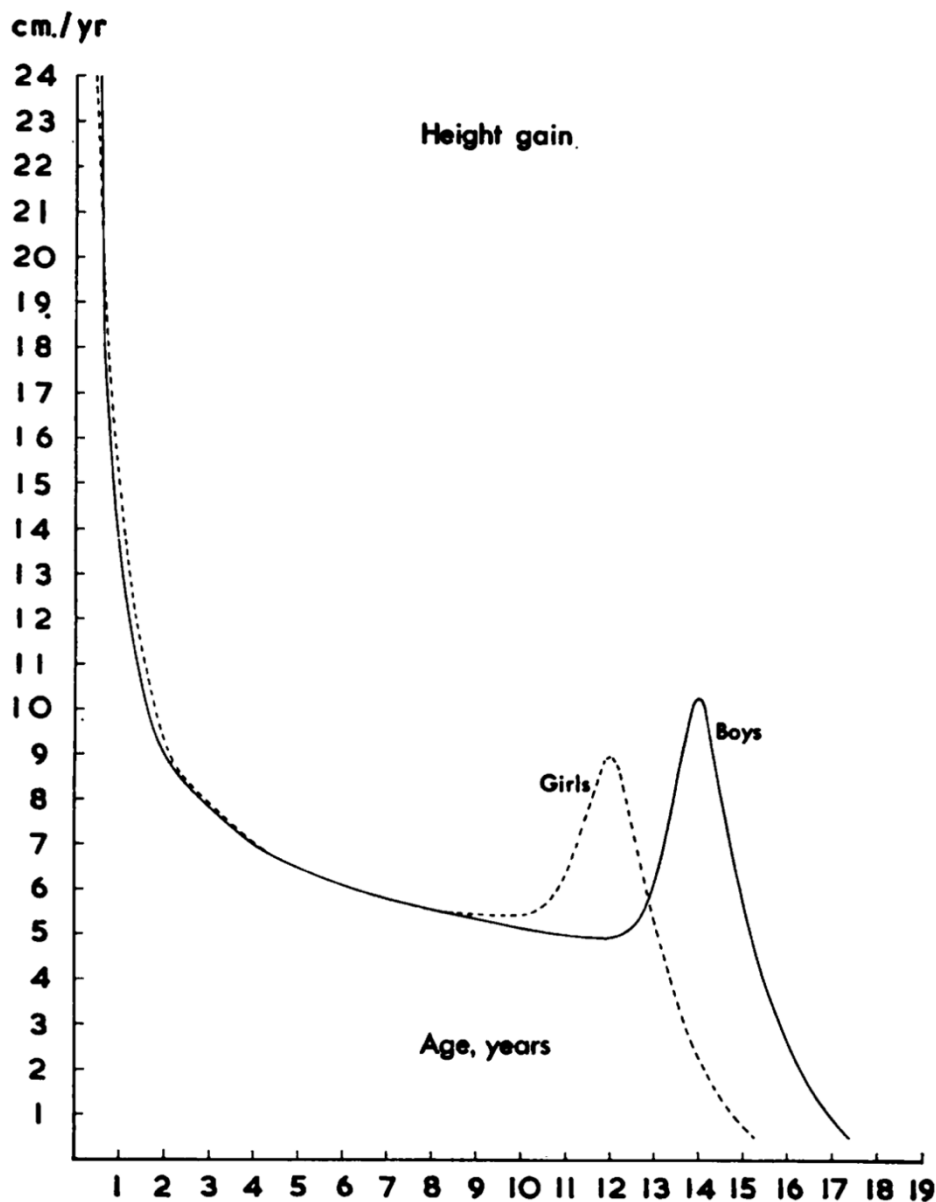
Kroppen er gjennom livet kontinuerlig under fysisk og mental forandring. De mest markante fysiologiske endringene pågår frem til ca. 18 års-alderen, siden puberteten er perioden med mest vekst og modning. Puberteten representerer overgangen fra barn til voksen, og kjennetegnes ved stor utvikling i kroppsstørrelse, -fasong og komposisjon (Rogol et al., 2002). Vekst referer til målbare endringer i størrelse, fysikk og kroppskomposisjon, mens modning referer til utvikling av skjelett, muskulatur, nervesystem og seksualitet (Beunen & Malina, 2005). Vekst og modning er nært sammenhengende, og anses som dynamiske prosesser (Malina et al., 2004a).

2.3.1 Alder

Vekst og modning kan variere for barn i både tidspunkt og hastighet, og bestemmes av individets biologiske klokke. Man skiller ofte mellom kronologisk og biologisk alder: Kronologisk alder følger kalenderen, mens biologisk alder beskriver hvor i vekst- og modningsstadiet man er (Malina et al., 2004a). Kronologisk og biologisk alder følger uavhengig av hverandre, og derfor vil barn ofte konkurrere i idrett i lik kronologisk alder, samtidig som det kan være stor forskjell i deres biologiske alder (Malina et al., 2004a). Jenter entrer puberteten ved 10-12 årsalderen, som i gjennomsnitt er to år tidligere enn guttene (Malina et al., 2004a). Det er store individuelle forskjeller i når puberteten entres, og individer kan være «tidlig eller sent» ute uavhengig av kjønn. Som en konsekvens av dette vil det i en treningsgruppe med kronologisk lik alder være store forskjeller i fysisk prestasjonsevne, der de med høy biologisk alder vil være sterkere, raskere og ha høyere aerob-og anaerob kapasitet (Malina et al., 2004b).

2.3.2 Antropometri

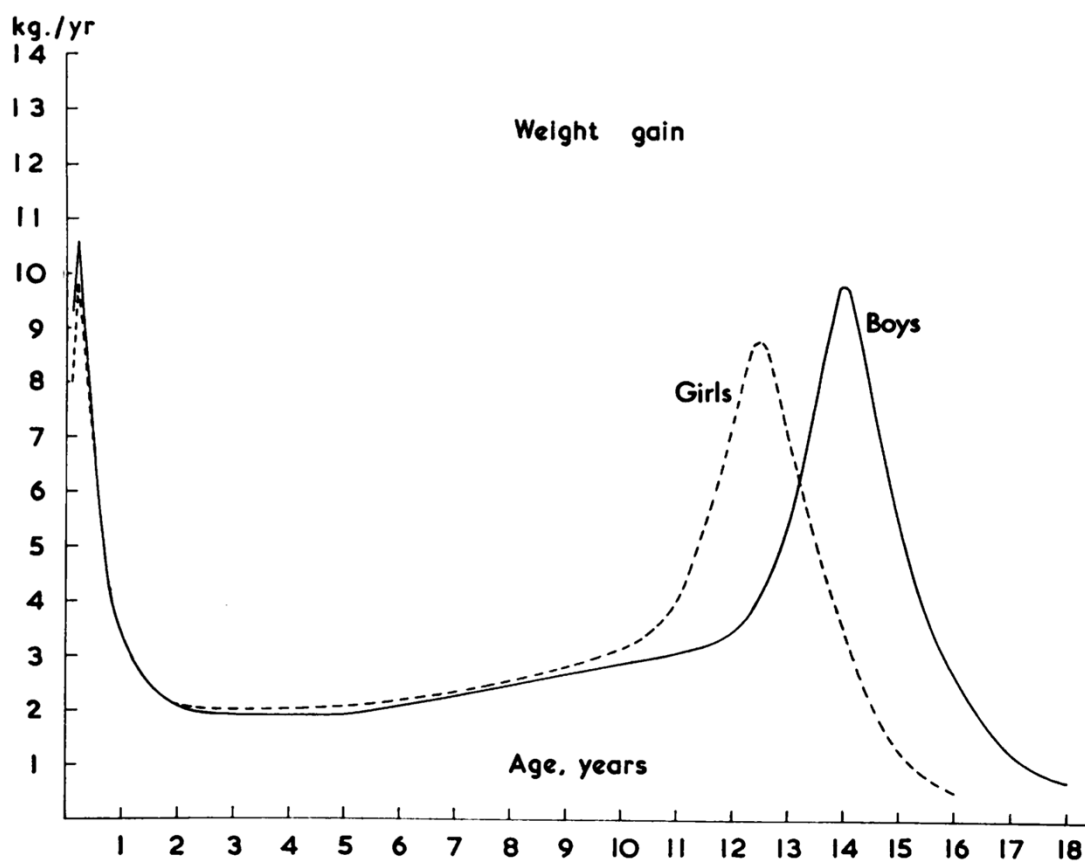
Kroppshøyde utvikles kontinuerlig fra fødsel til voksen alder, der vekstraten er hurtigst de første årene i livet før den synker frem til puberteten (figur 2.2) (Malina et al., 2004a). Rundt to år ut i puberteten nåes et punkt hvor vekstraten igjen øker, fra 10-12 år for jenter og 12-14 år for gutter. Dette punktet kalles «*peak height velocity*» (PHV) (Malina et al., 2004a). For gutter vil PHV oftest være 7 til 15,5 cm · år⁻¹, mens den for jenter vil være lavere; fra 6 til 11 cm · år⁻¹. Det er forskjell mellom kjønnene i når PHV oppnås, men hvor hurtig den er vil være individuelt (Tanner et al., 1966b). Etter PHV vil vekstraten synke betraktelig og etter hvert avsluttes når overgangen til voksen fullføres.



Figur 2.2. Typisk hastighetskurve for kroppshøyde hos jenter og gutter. Hentet fra [Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity and weight velocity: British children, Part I, Tanner et al., 1966a, s. 466, copyright 2022] med tillatelse fra BMJ Publishing Group Ltd.

Kroppsmasse (kg) følger ca. samme utvikling som høyde. «Peak weight velocity» (PWV) nåes omtrent et halvt år etter PHV, og fortsetter å øke inn i voksen alder (figur 2.3) (Malina et al., 2004a). Kroppsmasse er en kombinasjon av FFM og fettmasse (FM). PWV vil hos jenter hovedsakelig forårsakes av økt FM, mens FFM vil utgjøre hovedandelen av PWV hos gutter (Siervogel et al., 2003). FFM inkluderer muskler, bein, ligamenter, sener og indre organer, og som med FM er det store kjønnsforskjeller i utvikling av FFM gjennom puberteten. FFM øker med alder hos begge kjønn, men

gutter vil oppleve en betraktelig større økning i muskel- og skjelettmasse enn jenter (Siervogel et al., 2003). Hos jenter vil FFM øke frem til 15-årsalderen før den forblir ganske uendret, og hos gutter vil FFM øke stabilt frem til 18-årsalderen (Siervogel et al., 2003; Veldhuis et al., 2005). Både gutter og jenter opplever en plutselig økning i FM, selv om forskjellen mellom kjønnene er store. Hos jenter er det funnet nokså konstant økning i FM fra gjennomsnittlig 5,5 kg ved 8 år til 15 kg ved 16 år, før økningen fortsetter med lavere rate. Hos gutter øker FM fra gjennomsnittlig 5 kg ved 8 år til 11 kg ved 14 år, før økningen når et platå (Siervogel et al., 2003). Fettprosent (%FM) øker gradvis med alder frem til puberteten hos begge kjønn. Hos gutter vil økningen avta ved PHV og synke frem til voksen alder ved ca. 17 år, mens den hos jenter fortsetter å øke gjennom PHV og inn i voksen alder (Veldhuis et al., 2005).



Figur 2.3. Typisk hastighetskurve for kroppshøyde hos jenter og gutter. Hentet fra [Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity and weight velocity: British children, Part I, Tanner et al., 1966a, s. 466, copyright 2022] med tillatelse fra BMJ Publishing Group Ltd.

2.3.3 Langsiktig utvikling av aerob kapasitet hos barn og unge

Ifølge Katch (1983) finnes det et «triggerpunkt» i ungdoms vekst og modning, der kondisjonstrening før dette punktet gir liten effekt. Katch beskrev en endring i fysisk kapasitet disse årene, men at endringer er resultat av puberteten og ikke trening. For å balansere vekst og modning med langsiktig og gunstig utvikling av fysiske egenskaper for best mulig helse og idrettsprestasjon i voksen alder, har ulike langsiktige utviklingsmodeller blitt utviklet det siste tiåret. De tre som har fått mest oppmerksomhet er «*Development Model of Sports Participation*» (DMSP), «*Youth Physical Development*» (YPD) og Balyi og Hamilton's «*Long Term Athletic Development*» (LTAD) (Pichardo et al., 2018). Disse modellene har til hensikt å balansere trening av ulike fysiske egenskaper med variasjon i utvikling av anatomiske, nevrologiske, muskulære, metabolske og hormonelle endringer gjennom barne- og ungdomsårene (Harrison et al., 2015). Ved å undersøke objektive parametere gjennom puberteten (f.eks. PHV), kan trenere beregne individuell modning hos utøvere, og skreddersy individuelle treningsprogram som samsvarer med hvor i modningsløpet utøvere befinner seg. I DMSP, YPD og LTAD finnes anbefalte retningslinjer for utvikling av hurtighet, eksplosivitet og styrke. I modellene er det derimot lite fokus på når i utviklingen aerob kapasitet bør vektlegges. YPD, som er spesifisert mot barne- og ungdomsårene, foreslår at det bør gis mer oppmerksomhet til aerob kapasitet mot voksen alder, men heller ikke her er det vektlagt en spesifikk periode (Lloyd & Oliver, 2012). De begrunner dette med en antagelse om at utøvere vil bli eksponert for tilfredsstillende mengde aerob trening gjennom idrettsspesifikk trening- og konkurranseaktivitet.

Harrison et al. (2015) gjennomførte en meta-analyse av 16 studier med totalt 361 lagsportutøvere i alderen 11-17 år. Som resultat av analysene foreslår de at aerob trening aktivt bør trenes gjennom utviklingsårene, og ikke kun under spesifikke perioder av modningsfasen. Det anbefales HIT 1-3 ganger i uka ved $\geq 85\%$ av HF_{maks} . Dette bør først implementeres i den idrettsspesifikke treningen, før kondisjonstrening utenom idrettsspesifikk trening fokuseres på ved økende alder (Harrison et al., 2015 Pichardo et al., 2018). Det er allikevel stor usikkerhet tilknyttet trenbarheten av VO_{2maks} gjennom puberteten, og det er nødvendig med mer forskning for bedre og mer presise anbefalinger av kondisjonstrening for barn og unge.

3. Metode

Denne studien er en del av det longitudinelle PhD-prosjektet «Vekst, modning og trening» som gjennomføres ved Norges idrettshøgskole fra 2020 til 2023. Målet med prosjektet er å undersøke om systematisk kondisjonstrening gir en ekstra effekt utover naturlig vekst og modning hos barn og unge under puberteten. Det ble rekruttert 50 barn og unge (INT: 21; KTR: 29) som gjennomførte en rekke fysiske tester og målinger, bl.a.: VO_{2maks} , blodverdier, ekkokardiografi, MV, kroppssammensetning og antropometri. Ikke alle deltagere gjennomførte test på ergometersykkel, og denne masteroppgaven inkluderer kun deltagere som utførte dette ($n = 29$). Av inkluderte målinger utførte disse deltagerne målinger av MV, VO_{2maks} , BV, tHb og antropometri, samt spørreskjema for kartlegging av fysisk aktivitet, treningsdagbok og aktivitetsmåling.

3.1 Deltagere

Totalt ble 29 deltagere i alderen 12 år rekruttert og inkludert i denne studien. Deltagere ble naturlig delt inn i treningsgruppe (INT) og kontrollgruppe (KTR). Barna i INT ($n = 16$) ble rekruttert fra en langrennklubb i Oslo, mens barna i KTR ($n = 13$) ble rekruttert fra en skole litt utenfor Oslo. Kun 20 deltagere ble inkludert i analysene (INT: 11; KTR: 9), da kun de som gjennomførte test på ergometersykkel med godkjente målinger ble analysert.

Tabell 3.1. Deltagernes karakteristikk ved pretest hos intervensjonsgruppen (INT) og kontrollgruppen (KTR).

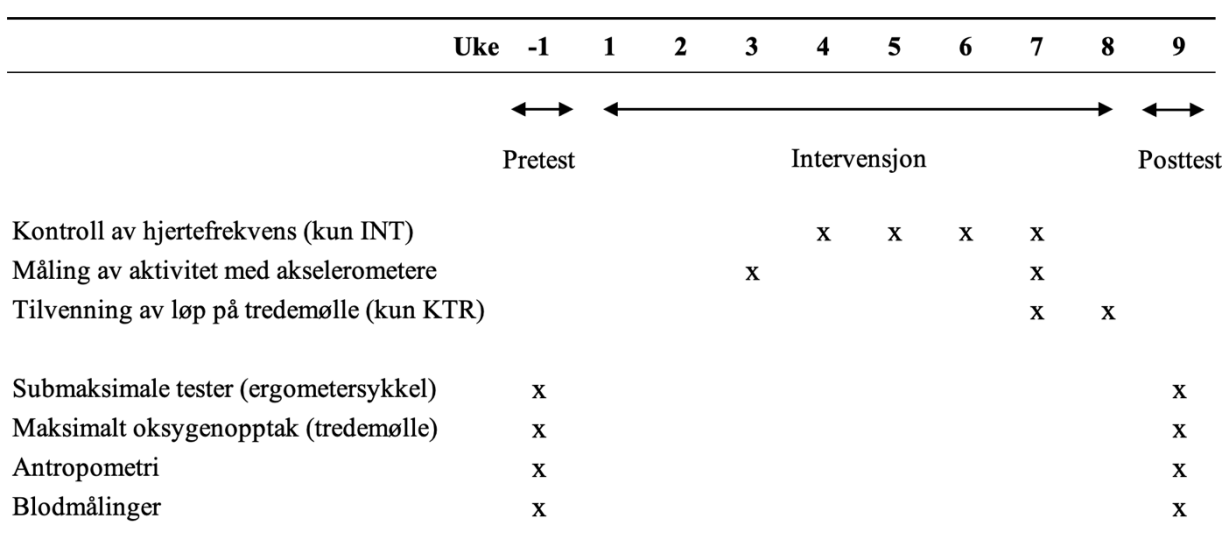
Variabel	INT (n = 11)	KTR (n = 9)
Gutter, n (%)	4 (36)	5 (55)
Alder (år)	12,2 ± 0,2	12,38 ± 0,2
Avvik PHV (år)	-0,35 ± 1,1	-0,37 ± 1,0
Høyde (cm)	154,9 ± 7,6	160,1 ± 7,4
Vekt (kg)	42,9 ± 6,5	53,1 ± 12,6 *
FFM (kg)	30,7 ± 4,5	33,4 ± 4,6
Fettmasse (%)	24,5 ± 3,8	31,8 ± 8,2 *

Data er presentert som gjennomsnitt ± SD. * Signifikant forskjell mellom grupper ($p < 0,05$). Avvik fra PHV, alder (år) fra peak height velocity; FFM, fettfri masse; W, watt.

3.2 Studiedesign

3.2.1 Eksperimentelt design

For å svare på problemstillingen var det behov for å måle SV både før og etter en treningsintervensjon, og i tillegg kontrollere for vekst og modning ved å inkludere en kontrollgruppe. Begge grupper møtte opp til 2 testdager med 8 ukers mellomrom, der målinger på Norges idrettshøgskole ble utført (figur 3.1). Det ble målt en rekke variabler ved oppmøtene, men denne studien inkluderer kun MV og VO₂ ved submaksimale belastninger på ergometersykkel, VO_{2maks} ved løping, BV, tHb og antropometri.



Figur 3.1. Eksperimentelt design i tidsperspektiv. INT, intervensjonsgruppe; KTR kontrollgruppe

3.2.2 Treningsintervensjon

INT gjennomførte 4 organiserte treningsøkter per uke i 8 uker med sin vanlige langrennsklubb. 2 av disse var høyintensive intervalløkter (HIT), og de 2 andre bestod av lekbasert teknikk-, hurtighet- og styrketrening. HIT-øktene inneholdt minst 10 minutter med høy-intenst arbeid ved løp eller rulleski, med målet om HF på 90% av HF_{maks}. HIT-øktene hadde en varighet på totalt 75 minutter, inkludert 20 minutter oppvarming før intervallene. Typiske HIT-økter inneholdt par-stafetter med arbeidsperioder på 3-4 minutter x 4-6 repetisjoner, eller motbakk løp i 3 minutter x 4-6 repetisjoner. KTR var mindre og gjennomførte ikke systematisk kondisjonstrening under intervensjonsperioden. Både KTR og INT deltok i tillegg på kroppsøving på de respektive barneskolene.

3.3 Testprotokoller og målemetoder

3.3.1 Før oppmøte

Informasjonsskriv til både deltagere og foresatte ble sendt ut på forhånd (V-VIII). Deltagere som ønsket å være med hadde før de fysiske testene fylt ut (sammen med foresatte) et egenerklæringsskjema der nødvendig informasjon om nåværende og tidligere helse ble registrert (vedlegg IX).

3.3.2 Submaksimalt arbeid på ergometersykkel

SV, HF og VO_2 ble målt under hvile og submaksimalt arbeid på ergometersykkel (Lode Excalibur, Groningen, Nederland) (figur 3.2). Etter 2 minutter sittende hvilemåling startet deltager direkte på submaksimale belastninger relativt beregnet i watt (W) per kg kroppsvekt. Det ble syklet 3 serier á 4 minutter med 1 minutt sittende hvile mellom seriene; på 1 W, 2 W og 2,5 W per kg kroppsvekt. Belastningen ble ikke endret fra pre-til posttest selv med endring i kroppsvekt. Belastningene var 43 ± 6 W, 85 ± 13 W og 107 ± 16 W for INT og 53 ± 12 W, 103 ± 26 W og 132 ± 31 W for KTR ved henholdsvis belastning 1, 2 og 3. Belastning 3 ble ikke gjennomført av alle deltagere i KTR, og det er derfor ikke mulig å sammenligne gruppene ved 2,5W per kg. Derimot viste det seg at KTR syklet på 66 ± 3 (pre) og $71 \pm 6\%$ (post) av VO_{2maks} ved 2W per kg, og INT syklet på 70 ± 7 (pre) og $66 \pm 5\%$ (post) av VO_{2maks} ved 2,5W per kg. Det er derfor mulig å sammenligne SV for gruppene ved $\approx 70\%$ av VO_{2maks} . Det er i derimot viktig å legge merke til den relative forskjellen ved belastningene: KTR veide mer enn INT grunnet høyere %FM, og syklet derfor på en tyngre relativ belastning til FFM enn INT.

Målinger av SV, HF og VO_2 ble utført hvert 10. sekund både under hvile og submaksimale belastninger. Høyeste snitt over 1 minutt ble brukt som verdi ved belastningen, men ved noen tilfeller var det nødvendig å senke dette kravet til 30 sekunder grunnet ustabile målinger. For SV ble absolutt SV målt i milliliter (SV_{abs}), og senere justert for total kroppsvekt (SV_{kg} , $mL \cdot \text{slag}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) og fettfri masse (SV_{FFM} , $mL \cdot \text{slag}^{-1} \cdot \text{FFM}^{-1}$).

SV ble estimert ved bruk av impedans kardiografi med PhysioFlow™ (PhysioFlow™, Enduro/Lab, Manatech Biomedical, Frankrike). Denne metoden har tidligere blitt sammenlignet med den invasive gullstandarden «direkte Fick» i både hvile og arbeid,

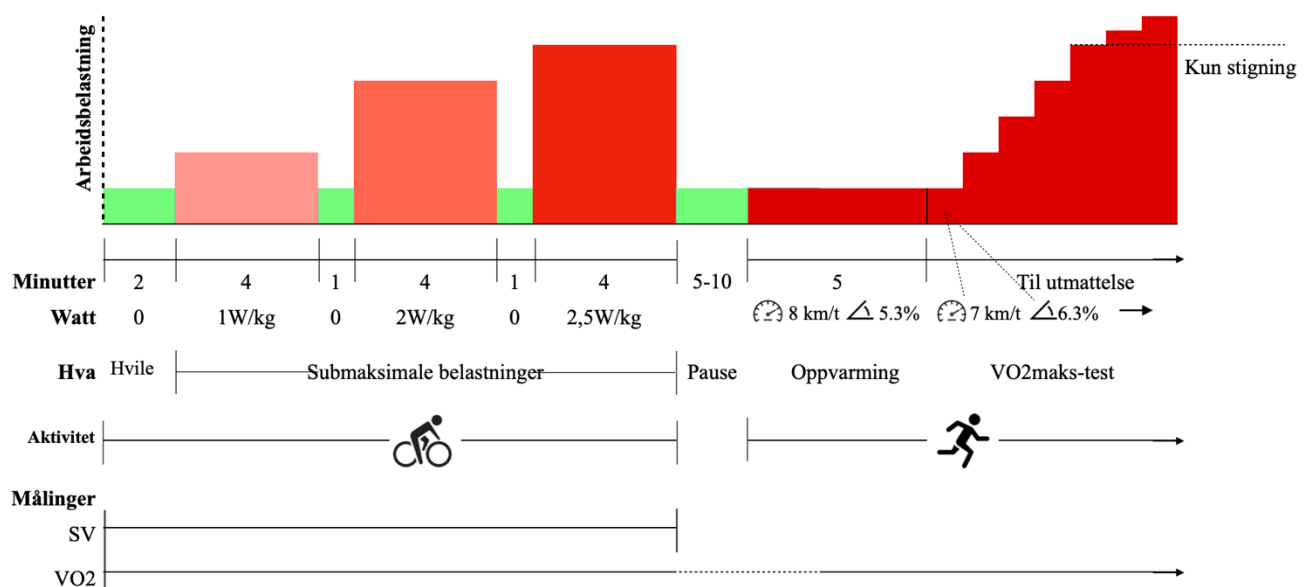
og både validitet og reliabilitet har vist seg å være klinisk godkjent (Charloux et al. 2000, s. 313; Richard et al., 2001, s. 207). I tillegg er den mer praktisk: Ikke-invasiv, krever mindre opplæring, er rimeligere og gir kontinuerlige målinger gjennom arbeid (Welsman et al., 2005, s. 229). Her sendes pulser med umerkelig strøm gjennom elektroder (Silvertrace ECG, CareFusion, Finland) plassert på overkropp og beregner sykliske variasjoner i motstanden i overkroppen. Disse endringene i motstand reflekterer væskestrømmer i overkroppen og kan benyttes for å estimere hjertets SV. Totalt ble 6 elektroder festet på overkroppen, der plassering ble optimalisert til barnas mindre overkropp for å styrke signalene. Studier har vist at plassering ikke er kritisk for impedansmåling så lenge det er minst én på nakken og én på toraks (Welsman et al., 2005). Plasseringene var som følger: Én sentralt på h. clavícula, én anterior del av v. ribbein 6, to overlappende på øvre del av v. m. sternocleidomastoideus og to ikke-overlappende på rygg til v. for ryggrad der høyeste elektrode var på høyde med sternums nederste punkt. Elektroder på clavícula og ribbein målte elektrokardiogram (EKG), mens de resterende målte SV. 2-3 blodtrykksmålinger (ProBP 3400 series, Welch Allyn, USA) ble utført og gjennomsnittlige verdier av systolisk og diastolisk trykk ble registrert i programvare før kalibrering ble utført i henhold til manual.

VO₂ ble målt ved bruk av automatisk ergospirometriutstyr (Oxycon Pro, Jaeger-Toennis, Hochberg, Tyskland) og metoden «pust-til-pust» med maske (Hans Rudolph Instr., USA). Volumtransduser målte ventilasjon, der det ble trukket ut litt ekspirasjonsluft ved hvert pust for analyse av O₂ og CO₂. Utstyret ble kalibrert i henhold til manual mellom hver deltager. Gassanalysator ble kalibrert mot uteluft og sertifisert kalibreringsgass (5,9% CO₂, 14,9% O₂ og restgass nitrogen; AGA, Oslo, Norge). Turbin ble kalibrert manuelt med 3L håndpumpe (Calibration Syringe, modellserie 5530, Hans Rudolph Inc., Shawnee, USA). Oxycon Pro med «pust-til-pust» er tidligere vist reliabel og presis for måling av ventilerende egenskaper under arbeid (Rietjens et al., 2001, s. 291). $\bar{a}v \text{ O}_{2\text{diff}}$ ble beregnet ved Ficks ligning: $\bar{a}v \text{ O}_{2\text{diff}} = \text{VO}_2 / \text{MV}$ (Levine, 2008, s. 25).

3.3.3 Måling av maksimalt oksygenopptak på tredemølle

Etter gjennomførte submaksimale belastninger på ergometersykkel ble deltagere umiddelbart sendt til testing av VO_{2maks} (figur 3.2). Dette ble gjort på tredemølle (Woodway Elg 70, Weil am Rhein, Tyskland) og under hele testen ble VO₂ og HF

(Polar RS800; Polar Electro Oy, Kempele, Finland) registrert. Etter 5 minutter oppvarming på 8 km/t og 5,3% stigning begynte testen der fart i utgangspunktet var satt til 7 km/t og stigning til 6,3%. Det ble løpt 1 minutt med dette før både fart og stigning økte med henholdsvis 1 km/t og 1% hvert minutt inntil en hastighet på 11 km/t. Deretter økte kun stigning med 1% hvert minutt til deltager var utmattet eller VO_2 -verdier flatet ut. Andre indikasjoner ved utmattelse var tung pust, ufullstendig prating og ustabile løpssteg. Ved posttest ble protokollen noe individuelt tilpasset for å sikre et større antall gjennomføringer. Under denne testen ble VO_2 registrert hvert 30. sekund, og snittet av de to høyeste påfølgende målte VO_2 -verdiene ble satt som VO_{2maks} . VO_{2maks} ble oppgitt både absolutt ($VO_{2maks-abs}$; $L \cdot \text{min}^{-1}$), relativt til FFM ($VO_{2maks-FFM}$; $\text{mL} \cdot \text{FFM}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) og relativt til total kroppsvekt ($VO_{2maks-rel}$; $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). HF ble målt kontinuerlig, og høyeste verdi ble registrert som HF_{maks} . Noen deltagere målte høyere HF_{maks} ved trening enn ved VO_{2maks} -test, og høyeste verdi fra trening ble da brukt isteden.



Figur 3.2. Protokoll for submaksimale belastninger på ergometersykel og VO_{2maks} -test på tredemølle. SV, slagvolum; VO_2 , oksygenopptak; W, watt.

3.3.4 Blodvolum og hemoglobinmasse

Veneprov ble analysert for [Hb] og hematokrit, og hemoglobinmassen ble målt gjennom den optimaliserte « CO_2 -gjenpustningsmetoden» (Schmidt og Prommer, 2005). Hele prosedyren begynte med fingerstikk (Accu-Check Soft Clix Pro, Roche Diagnostics, Sveits) for å fylle to kapillærrør (55 μL , Radiometer København, Danmark) med blod. Blodet ble analysert på blodgassapparat (ABL 80 FLEX CO-OX; Radiometer A/S, Danmark) umiddelbart for andel av karboksyhemoglobin (%HbCO) og [Hb]. Deretter ble det gjenpustet en forhåndskjent mengde CO -gass i 2 minutter i glass-

spirometer (Bloodtec Gbr., Tyskland) som var koblet til 3-liters anestetisk bag fylt med ren O₂ (Vacumed, Ventura, USA; AGA, medisinsk oksygen komprimert, 50 liter). Mengden av CO ble bestemt av deltagers vekt og kjønn (ca. 1 mL CO/kg kroppsvekt for gutter og 0,8 ml/kg for jenter). CO-mengden resulterte i at HbCO økte med 4-7%, som var god margin mot skadelige nivåer på > 20%. Deretter ble ett kapillærrør fylt med blod ved 6 og 8 minutter etter start av gjenpusting som ble analysert for %HbCO. Ved å bruke %HbCO fra før til etter opptak av kjent mengde CO-gass kunne hemoglobinmasse bli beregnet. BV ble beregnet ut ifra hemoglobinmasse, [Hb] og hematokrit, som er en sensitiv og reliabel metode (Burge & Skinner, 1995).

3.3.5 Kroppssammensetning, antropometri og utviklingsstadium

Kroppssammensetning ble estimert med DXA (dual-energy x-ray absorptiometry), hvor data for FFM og %FM ble benyttet. Deltager lå i ro på ryggen i DXA-maskinen (Lunar iDXA; GE Healthcare, Chicago, Illinois, USA) i 8-12 minutter. Deltagere hadde på treningstøy uten metallgjenstander. Metoden er sett på som valid, reliabel og trygg: Den er ikke-invasiv og gir lav eksponering av røntgenstråling da verdier ved DXA-måling er minimale (<5 mrem) (Kiratli et al., 1992). Målinger av %FM og FFM ble registrert.

Kroppsvekt, høyde og sittende høyde ble målt ved teststart (Seca, Hamburg, Tyskland) uten sko og med lette klær. Vekt ble notert til nærmeste 0,1 kg, og 0,5 kg ble trukket fra for vekt av klær. Høyde ble notert til nærmeste 0,1 cm. Ved måling av sitthøyde satt deltagere med 90 grader i hofte-, kne- og ankelledd.

Utviklingsstadium ble definert ved «år fra PHV», en ofte benyttet indikator på utvikling- og modningstatus som beskriver antall år før PHV inntreffer, eller har blitt forbigått. For å beregne år fra PHV ble validerte formler benyttet (Moore et al., 2015). Formlene er revidert med bakgrunn i originalformelen til Mirwald et al. (2002), og tar i bruk mindre kompliserte antropometriske mål for alder, høyde og sittende høyde:

Jenter: År fra PHV = $-7,709133 + (0,0042232 \times (\text{alder} \times \text{høyde}))$.

Gutter: År fra PHV = $-8,128741 + (0,0070346 \times (\text{alder} \times \text{sitthøyde}))$.

3.3.6 Måling av fysisk aktivitet

Fysisk aktivitet ble målt med akselerometer (ActiGraph GT3X/GT3X+/GT1M, ActiGraph, LLC, Pensacola, Florida, USA). Deltagere fikk muntlig og skriftlig informasjon om hvordan dette skulle brukes, og mottok et spørreskjema (vedlegg XII) som ble brukt for å kontrollere aktivitetsdata ved analyse. Deltagerne ble instruert om å gå med akselerometeret i 7 sammenhengende dager festet rundt hoften. Aktivitet skulle ikke måles ved soving eller ved vannaktiviteter. I analysene ble kun våken aktivitet inkludert (06:00-24:00). For å få en godkjent dag måtte deltager bruke akselerometer i minimum 8 timer. Deltagere med minst 3 godkjente ukedager og 1 helgedag ble inkludert i analysene. Minimum 20 minutter med kontinuerlige nullmålinger ble definert som tid hvor måler ikke var i bruk, og ble ekskludert fra de individuelle målingene. Det ble brukt epok på 10 sekunder, og normal filterfunksjon ble brukt i analysene. Aktivitetsdata ble delt inn i 3 ulike intensitetssoner etter følgende: (1) Sedat tid (<100 tellinger/minutt (tpm)), (2) lett fysisk aktivitet (100-2000 tpm) og (3) moderat til høy fysisk aktivitet (> 2000 tpm). Aktivitetssonene ble oppgitt som antall daglige minutter i hver sone. Disse grensene er brukt i tidligere studier på norske barn og unge (Eklund et al., 2004; Grydeland et al., 2013; Kolle et al., 2010). Akselerometerdata ble analysert med “CSA analyzer” og “Propero” (University of Southern Denmark, Odense, Denmark).

Spørreskjema (vedlegg XI) kartla hvor mange ukentlige treningsøkter som ble utført, hvor mange av disse som var HIT-økter, antall treningstimer og hvor lenge deltagerne har vært aktive i en idrett. INT loggførte treningsdagbok kontinuerlig gjennom intervensjonen, hvor de rapporterte antall treningstimer og antall HIT-økter. KTR ble i spørreskjema ved posttest spurt om antall treningsøkter og treningstimer de siste 8 ukene, i tillegg til muntlig spørsmål om hvor mange av disse som var HIT-økter.

3.3.7 Kontroll av treningsintensitet

Det ble gjort pulsmålinger av INT 4 ganger under intervensjonen for å kontrollere intensitet (HF) på HIT-øktene. Kontrollene ble spredt utover hele perioden, og på typiske kondisjonsøkter som tidligere beskrevet. Måler benyttet var Polar OH1 optisk pulsmåler (Polar Electro Oy, Kempele, Finland) plassert proksimalt på underarm. Sensorer ble klargjort, startet og stoppet av prosjektarbeider, og HF ble målt kontinuerlig gjennom øktene.

3.3.8 Tilvenning av løp på tredemølle

Det ble gjennomført to tilvenninger for KTR ved løp på tredemølle. Tredemøllen ble kjørt til skolen sammen med oksygenmasker, slik at deltagerne kunne øve seg litt på mølle og bli trygg på bruk av maske. Det var lett belastning på protokollen som varte i 2 minutter. De første 90s inneholdt ingen stigning og økende hastighet fra 4 til 8-10 km/t, før stigning ble økt til 6-7% med hastighet 8-10 km/t de siste 30s. Deltagerne brukte maske uten måling av oksygenopptak gjennom hele protokollen.

Systematisering av data og statistiske analyser ble gjort i henholdsvis Microsoft Office Excel (versjon 16.61, 2022, Microsoft, Redmond, USA) og GraphPad Prism (versjon 9.3.1., GraphPad, San Diego, USA). Disse ble også brukt for fremstilling av tabeller og figurer.

3.4 Statistiske analyser

Normalfordeling ble undersøkt med Shapiro-Wilk-test. Selv om utvalget er lite ble data funnet normalfordelt, med unntak av BV og tHb for KTR der utvalg er for lite ($n = 4$). Ved normalfordelt data ble endringer fra pre- til posttest innen gruppe undersøkt med parett-test, mens uparett-test ble brukt for forskjell i endringer mellom gruppene. Ved skjevfordelt data ble endringer fra pre- til posttest innen gruppe undersøkt med Wilcoxon, mens Mann-Whitney U-test ble brukt for forskjell i endringer mellom gruppene. Forskjell mellom gruppene ved ulike belastninger under pre- og posttest ble undersøkt med treveis variansanalyse (ANOVA) for repeterte målinger, og post-hoc (Fisher's LSD) der det ble funnet forskjell. Sammenheng mellom variabler ble analysert ved Pearsons korrelasjonskoeffisient (Pearson's r). Korrelasjonskoeffisient ble vurdert som ingen (0-0,1), svak (0,1-0,4), moderat (0,4-0,7), sterk (0,7-0,9) eller veldig sterk korrelasjon (0,9 – 1) (Schober et al., 2018). Korrelasjon uttrykkes i denne oppgaven med begrepet «sammenheng».

Signifikansnivået de statistiske analysene ble satt til $p < 0,05$. Verdier er presentert som gjennomsnitt \pm standardavvik (SD), med unntak av prosentvise endringer hvor data er presentert som gjennomsnitt \pm 95% konfidensintervall (KI).

3.5 Etikk og forskning på barn og unge

Ved forskning på barn og unge skal formelle etiske godkjenninger innhentes på forhånd (Winter & Cobb, 2008). Som en del av et pågående doktorgrad-prosjekt var godkjenning fra Norges idrettshøgskoles lokale etiske komité, Regional komite for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk og Norsk Senter for Forskningsdata allerede innhentet før oppstart (vedlegg IV og V).

Deltagere i dette prosjektet var fra 12 år gamle. Ved forskning på barn og unge følger det en rekke etiske og praktiske utfordringer med forskningen. Dette innebærer at barn ikke skal utsettes for unødig press, og deltagelse skal være frivillig samt av egeninteresse (Winter & Cobb, 2008). Ettersom deltagerne ikke er myndige, stiltes det krav til foreldres samtykke ved påmelding (REK, 2022). Det ble gitt ut alderstilpasset informasjon (vedlegg VI og VIII) i forkant der nødvendige detaljer for testing, risiko, datahåndtering og annen nødvendig informasjon ble beskrevet, noe som er i tråd med etiske retningslinjer (Winter & Cobb, 2008). Det ble tydeliggjort at deltagelse er frivillig, og at deltager når som helt kunne trekke seg eller ikke gjennomføre utvalgte tester dersom de ønsket det.

Det er viktig å være klar over konsekvenser og risiko ved målingene man velger å benytte seg av (Winter & Cobb, 2008). Metodene i dette prosjektet er gjennomprøvd, samt at laboratoriet på instituttet har god erfaring med testing av barn og unge. Testene vil normalt ikke gi ubehag og prosjektet ga lite belastning på deltagerne. Det ble benyttet blodprøver og fingerstikk, og kan for barn oppleves som ubehagelig. Det ble tatt høyde for dette ved å tilby bedøvelsesplaster før veneprøver, og antall fingerstikk ble redusert så mye som mulig. Med unntak av enkle blodprøver ble ikke-invasive og velprøvde metoder valgt. Testing av VO_{2maks} kunne for enkelte av deltagerne oppleves som en hardere fysisk belastning enn de normalt blir utsatt for, men de ble ikke utsatt for ekstra risiko og de stoppet/ble stoppet ved behov. CO-gjenpustning ble benyttet for estimering av tHb og BV. CO er en giftig gass og kan være dødelig ved for høy dosering. Barn skal ikke utsettes for unødvendig risiko, men risiko for kullsforgiftning ved testing var lav: Sprøyten med CO-gass benyttet i testingen inneholdt en betydelig mindre mengde enn det som er dødelig.

Det var også en etisk vurdering om det var riktig å endre barnas normale trening. Det var for INT under intervensjonsperioden mer systematisk trening enn de ellers ville utført ved normale treninger med langrennklubben. Dette kan ta bort lekpreget fra treningene, og øktene kan oppleves hardere enn de ellers ville gjort. Det var derimot god kontroll på treningsintensitet og -volum, og treningsformene skilte seg lite fra deres normale trening. Det var i tillegg mulighet for å lære seg nye treningsmetoder og som de kan ta med seg i videre idrettskarriere. Når det gjelder KTR, ble ingen endringer i deres normale hverdag gjort.

Data ble aidentifisert og en ID-nøkkel ble oppbevart innlåst separat fra datamaskin og filer brukt for dataanalyse i prosjektet. Dette sikret deltagers personvern i tråd med retningslinjene ved at opplysningene ble behandlet forsvarlig, og at identifiserbare opplysninger ble behandlet av så få involverte som mulig (Winter & Cobb, 2008).

4. Resultater

4.1 Karakteristikker

Det var ikke forskjell i alder ved PHV ved pretest mellom gruppene ($p = 0,788$). Både INT og KTR økte høyde fra pre- til posttest (INT: $p < 0,001$; KTR: $p < 0,001$). Kun INT endret vekt (INT: $p = 0,022$; KTR: $p = 0,523$), FFM (INT: $p < 0,001$; KTR: $p = 0,155$) og %FM (INT: $p = 0,009$; KTR: $p = 0,116$). KTR hadde signifikant høyere vekt og %FM i forhold til INT både ved pre- ($p = 0,031$) og posttest ($p = 0,044$).

Tabell 4.1. Fysiologiske data for intervensjons- (INT) og kontrollgruppe (KTR) ved pre- og post-test.

	INT (n = 11)			KTR (n = 9)		
	Pre	Post	Endring	Pre	Post	Endring
Høyde (cm)	154,9 ± 7,6	156,1 ± 7,8	1,2 ± 0,4 †	160,1 ± 7,4	161,8 ± 7,6	1,8 ± 0,9 †
Vekt (kg)	42,9 ± 6,5	43,6 ± 6,7	0,7 ± 0,9 †	52,7 ± 12,0 *	53,1 ± 12,6 *	0,4 ± 1,8
FFM (kg)	30,7 ± 4,5	31,8 ± 4,6	1,1 ± 0,7 †	33,4 ± 4,6	34,0 ± 5,2	0,7 ± 1,3
FM (%)	24,5 ± 3,8	23,5 ± 3,5	-1,0 ± 1,0 †	31,8 ± 8,2 *	31,0 ± 8,4 *	-0,8 ± 1,4

Data er presentert som gjennomsnitt ± SD. *Signifikant forskjell mellom grupper ($p < 0,05$). †Signifikant endring innen gruppe ($p < 0,05$). FFM, fettfri masse; FM, fettmasse

4.2 Aktivitets- og treningsdata

4.2.1 Fysisk aktivitet

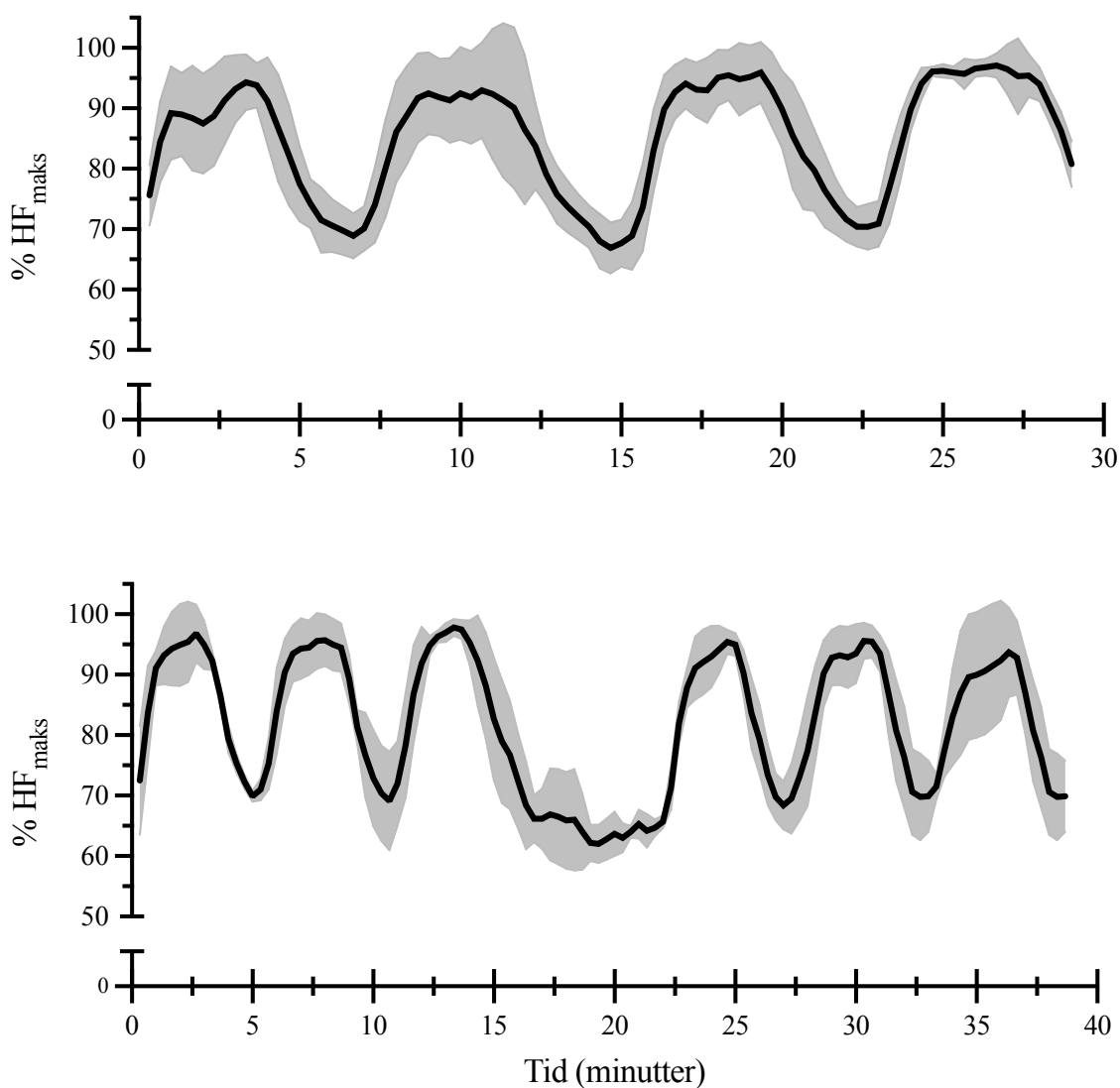
Kun 13 deltagere fikk godkjent akselerometerdata (INT: 10; KTR: 3). Det var antydning til forskjell mellom gruppene i sedat tid ($p = 0,056$), hvor INT tilbragte 484 ± 40 og KTR 540 ± 37 minutter. Det var ingen signifikant forskjell i lett fysisk aktivitet ($p = 0,901$), hvor INT tilbragte 178 ± 40 og KTR 181 ± 26 minutter. I moderat til høy fysisk aktivitet tilbragte INT signifikant mer tid enn KTR ($p = 0,35$), hvor INT tilbragte 95 ± 24 og KTR 61 ± 3 minutter.

4.2.2 Treningsmengde

Det var tydelige forskjeller mellom gruppene i ukentlig treningsvolum. INT utførte flere ukentlige treningsøkter (INT: $4,1 \pm 0,9$; KTR: $1,2 \pm 2,1$; $p = 0,005$), HIT-økter (INT: $2 \pm 0,2$; KTR: 0 ± 0 ; $p < 0,001$) og treningstimer (INT: $4,6 \pm 0,9$; KTR: $2,4 \pm 2,8$; $p = 0,039$) enn KTR. I tillegg oppga INT lenger trenings-bakgrunn enn KTR ($p = 0,013$), der INT oppga ≥ 4 år ($n = 8$) og KTR 0-5 år ($n = 4: \geq 4$ år; $n = 5: \leq 5$ år).

4.2.3 Treningsintensitet under HIT-økter

To pulsgrafer er fremstilt av HF-målinger fra to av HIT-øktene til INT (figur 4.1): 4 intervaller á 4 minutter (a), og 6 intervaller á 3 minutter (b). Totalt tilbragte deltagerne i gjennomsnitt 10 ± 3 og 11 ± 5 minutter i intensitet på minimum 90% av HF_{maks} under øktene, ved henholdsvis 4 x 4 og 6 x 3. Intervalldelene hadde i begge øktene gjennomsnittlig intensitet på $95 \pm 4\%$ av HF_{maks} .

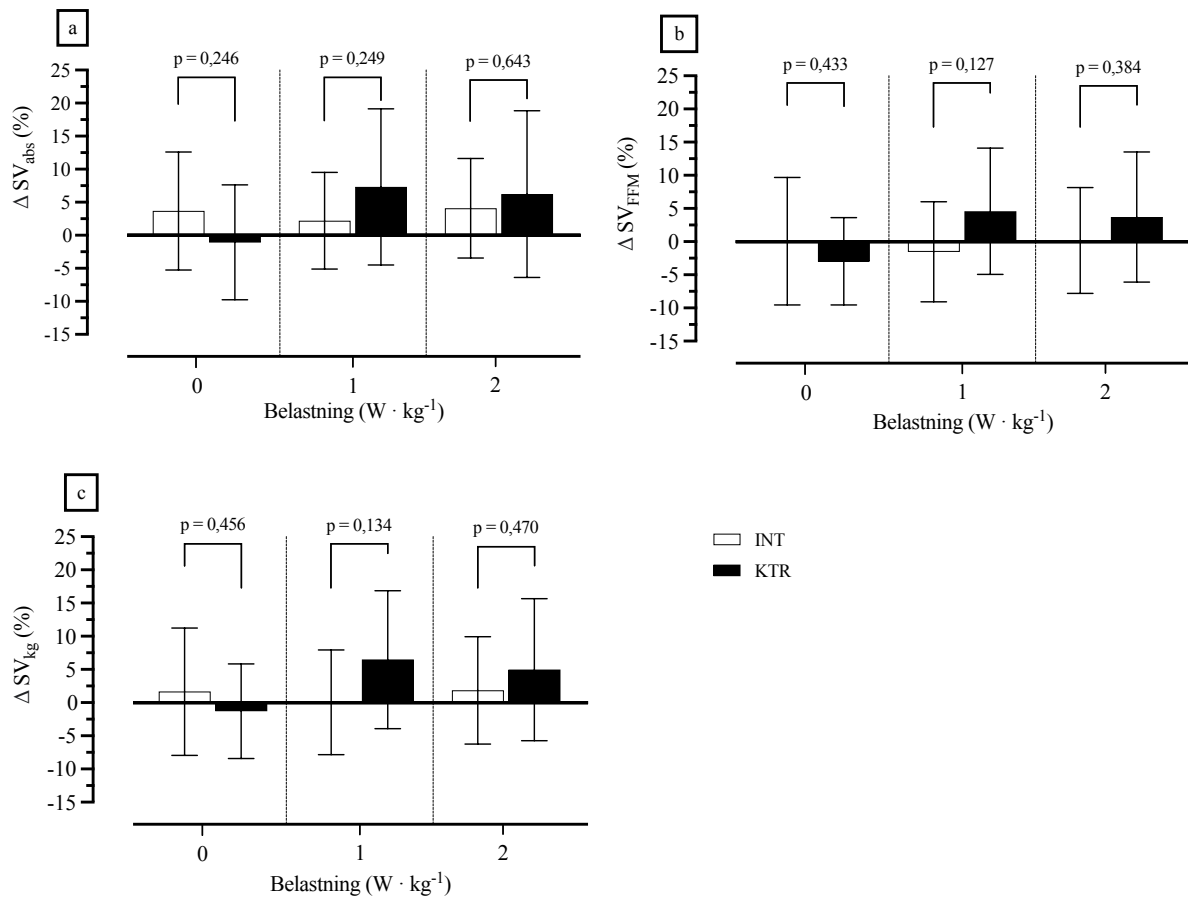


Figur 4.1. Visualisering av typiske høyintensive intervalløkter for intervensjonsgruppen. Illustrert fra stikkprøver i treningsintensitet ved 4 x 4 minutter (a) og 6 x 3 minutter (b). Sort linje representerer gjennomsnittlig verdi, grått felt SD ved % av maksimal hjertefrekvens. HF_{maks} , maksimal hjertefrekvens.

4.3 Slagvolum

4.3.1 Endringer fra pre- til posttest

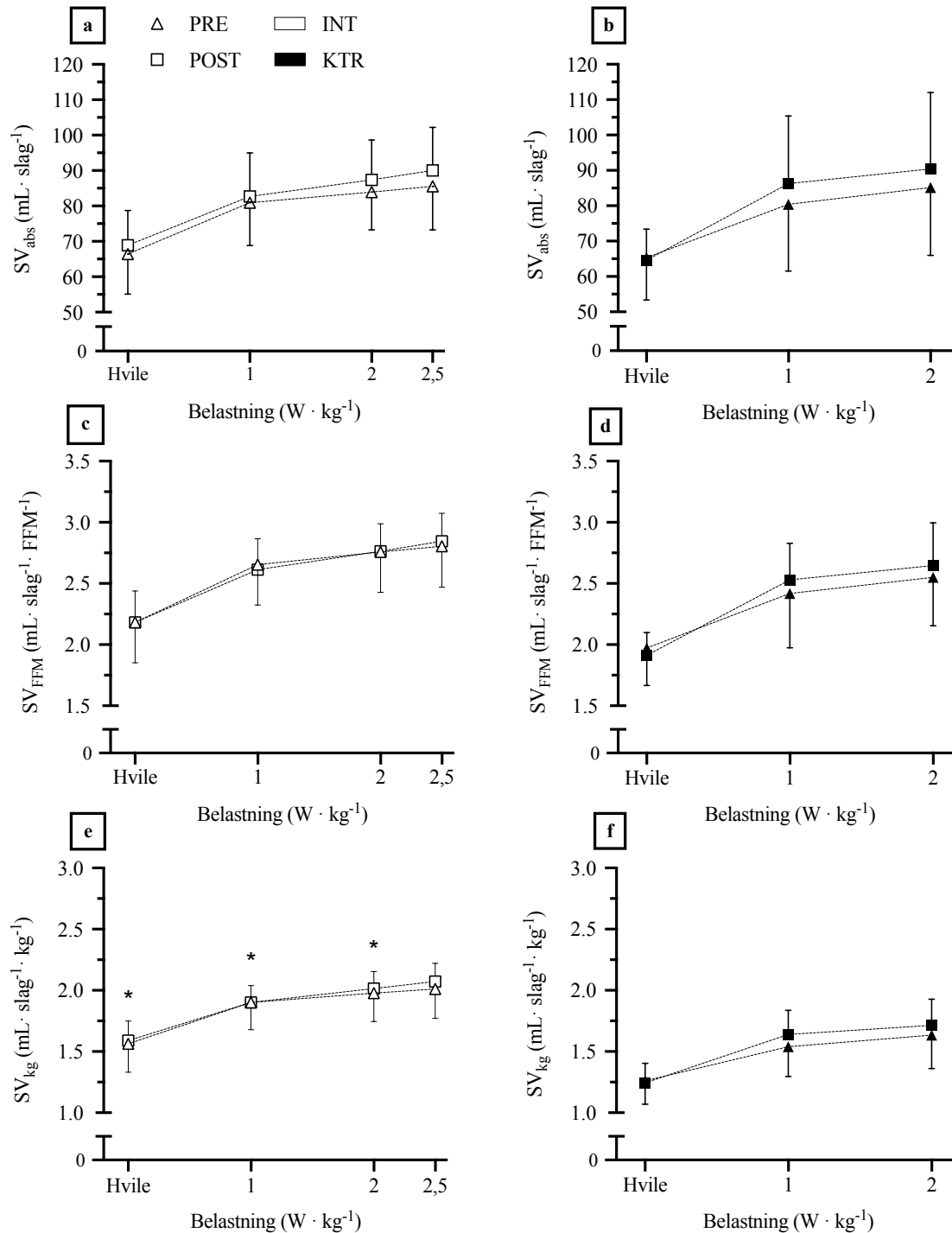
Det var ingen signifikant endring i SV for INT og KTR i løpet av intervensjonen, verken ved SV_{abs} , SV_{kg} eller SV_{FFM} (figur 4.2). Det var ingen signifikant forskjell i endring mellom gruppene fra pre- til posttest, verken ved SV_{abs} , SV_{kg} eller SV_{FFM} .



Figur 4.2. Prosentvis endring (Δ) av slagvolum i absolutte verdier (SV_{abs} , a), justert for FFM (SV_{FFM} , b) og justert for kroppsvekt (SV_{kg} , c) ved submaksimale belastninger fra pre- til post hos intervensjonsgruppen (INT, $n = 11$) og kontrollgruppen (KTR, $n = 9$). Verdier er oppgitt som prosentvis endring $\pm 95\%$ KI. FFM, fettfri masse; W , watt.

4.3.2 Forskjell mellom gruppene under submaksimalt arbeid

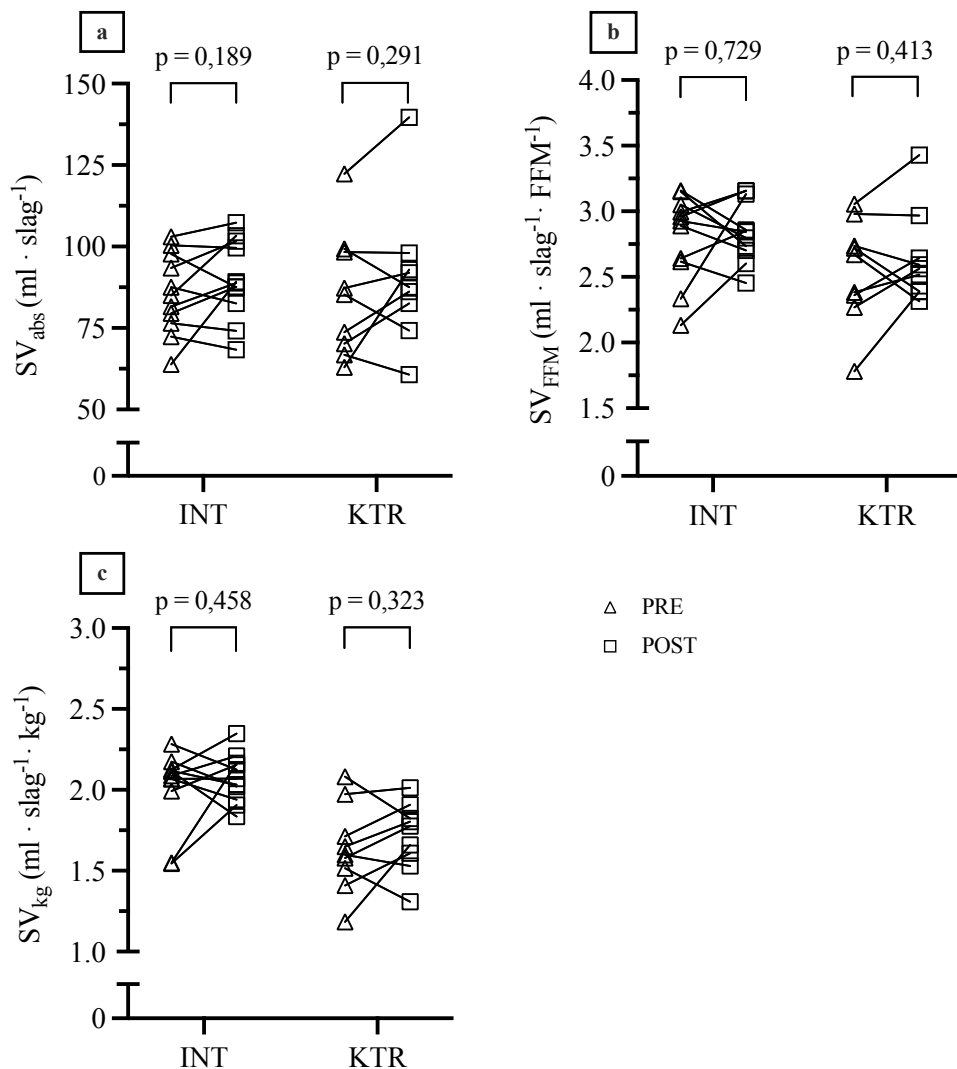
Det var ingen signifikant forskjell i SV_{abs} mellom gruppene under noen av belastningene ved pre- og posttest. SV_{kg} var signifikant høyere hos INT ved alle belastninger ved pre- og posttest ($p < 0,010$) (figur 4.3). Imidlertid var SV_{FFM} kun signifikant høyere hos INT ved hvile under post-test ($p = 0,013$). For eksakte p-verdier for forskjeller i endring mellom gruppene, se vedlegg I (gjelder også i videre avsnitt).



Figur 4.3. Utvikling i slagvolum i absolutte verdier (SV_{abs} , a, b), justert for FFM (SV_{FFM} , c, d) og justert for kroppsvekt (SV_{kg} , e, f) ved submaksimale belastninger fra pre- til post hos intervensjonsgruppen (INT, $n = 11$) og kontrollgruppen (KTR, $n = 9$). Verdier er oppgitt som gjennomsnitt \pm SD. *Høyere slagvolum hos INT enn KTR ($p < 0,05$). FFM, fettfri masse; W, watt.

4.3.3 Slagvolum ved $\approx 70\%$ av maksimalt oksygenopptak

Mellom gruppene var det ingen signifikante forskjeller i SV_{abs} eller SV_{FFM} verken ved pre- eller posttest ($p > 0,05$) (figur 4.4). Derimot var SV_{kg} signifikant høyere hos INT både ved pre- ($p = 0,003$) og posttest ($p < 0,001$). Det var ingen signifikant endring (Δ) i SV_{abs} fra pre- til posttest hos verken INT ($\Delta 5 \pm 8\%$) eller KTR ($\Delta 6 \pm 12\%$), og det var ingen forskjell i endring mellom gruppene ($p = 0,881$). I SV_{kg} var det ingen signifikant endring i fra pre- til posttest hos verken INT ($\Delta 2 \pm 18\%$) eller KTR ($\Delta 5 \pm 10\%$), og det var ingen forskjell i endring mellom gruppene ($p = 0,847$). Det var heller ingen endring i SV_{FFM} pre- til posttest hos verken INT ($\Delta 1 \pm 17\%$) eller KTR ($\Delta 4 \pm 9\%$), og det var ingen forskjell i endring mellom gruppene ($p = 0,962$).

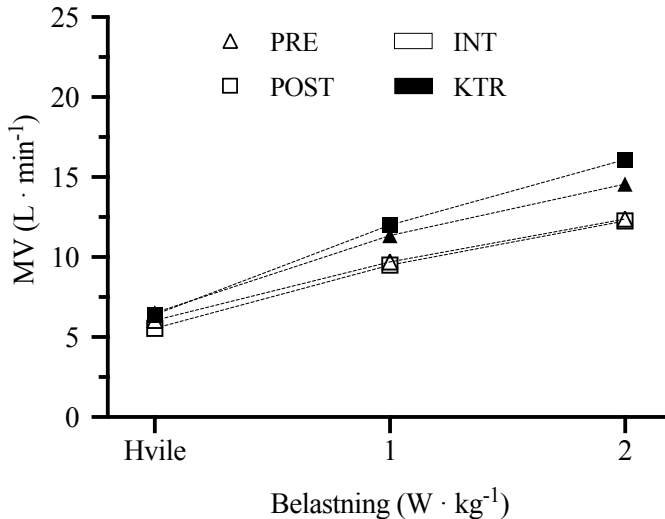


Figur 4.4. Individuelle verdier i slagvolum ($\approx 70\%$ av VO_2 maks) i absolutte verdier (SV_{abs} , a), justert for FFM (SV_{FFM} , b) og justert for kroppsvekt (SV_{kg} , c) ved pre- og posttest hos intervensjonsgruppen (INT, $n = 11$) og kontrollgruppen (KTR, $n = 9$). FFM, fettfri masse; VO_2 maks, maksimalt oksygenopptak.

4.4 Minuttvolum

Ved pretest var det ingen signifikant forskjell i MV mellom gruppene, mens ved posttest var MV signifikant høyere i KTR ved hvile og 2W per kg ($p < 0,05$) (figur 4.5).

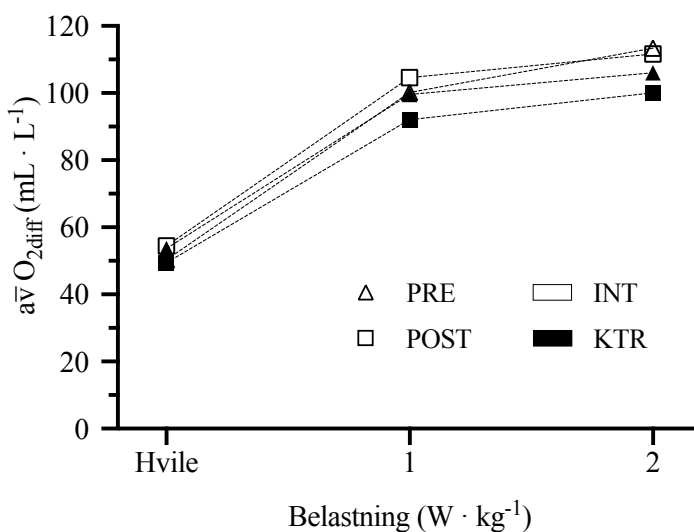
Fra pre- til posttest var det ingen endring i MV innen gruppene ($p > 0,1$).



Figur 4.5. Utvikling i minuttvolum (MV) i absolute verdier ved økende submaksimale belastninger ved pre- og post hos intervensjonsgruppen (INT, $n = 11$) og kontrollgruppen (KTR, $n = 9$). Verdier er oppgitt som gjennomsnitt. W , watt.

4.5 Arterievenøs oksygendifferanse

Det var ingen signifikant forskjell i $\bar{a}v O_{2diff}$ mellom gruppene ved pre ($p > 0,07$), men ved post var det signifikant høyere i INT ved 1W ($p = 0,011$) og 2W per kg ($p = 0,022$) (figur 4.6). $\bar{a}v O_{2diff}$ endret seg ikke fra pre- til posttest, verken for INT ($p > 0,4$) eller KTR ($p > 0,07$).



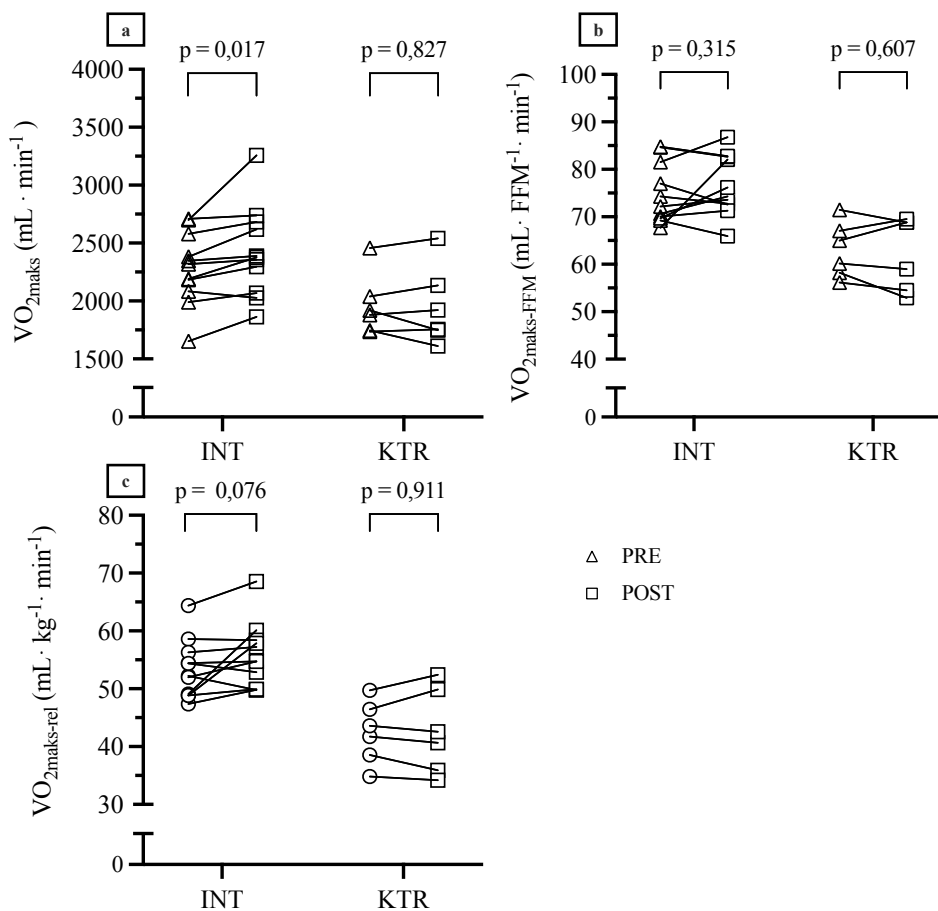
Figur 4.6. Utvikling i arterievenøs oksygendifferanse ($\bar{a}v O_{2diff}$) i absolute verdier ved økende submaksimale belastninger ved pre- og post hos intervensjonsgruppen (INT, $n = 11$) og kontrollgruppen (KTR, $n = 9$). Verdier er oppgitt som gjennomsnitt. W , watt.

4.6 Hjerterefrekvens

Ved pretest var HF kun forskjellig mellom gruppene ved 1. belastning hvor KTR hadde forhøyet HF ($p = 0,002$), mens ved posttest hadde KTR signifikant høyere HF ved alle belastninger ($p < 0,05$) (figur 4.6). Fra pre- til posttest sank HF signifikant ved hver belastning for INT ($p < 0,05$), mens det var ingen endring hos KTR ($p > 0,33$).

4.7 Maksimalt oksygenopptak

$VO_{2maks-rel}$ var signifikant høyere hos INT både ved pre- og posttest ($p < 0,001$), og endret seg ikke verken for INT ($\Delta 4,6 \pm 5,2\%$) eller KTR ($\Delta 0,3 \pm 5,9\%$) (figur 4.7). I $VO_{2maks-abs}$ var det ingen signifikante forskjeller mellom gruppene ved pretest ($p = 0,052$), men ved posttest var det signifikant høyere hos INT ($p = 0,025$). $VO_{2maks-abs}$ økte signifikant for INT ($\Delta 6,1 \pm 4,8\%$), mens det for KTR forble uendret ($\Delta -0,54 \pm 6,1\%$). $VO_{2maks-FFM}$ var signifikant høyere hos INT ved pre- og posttest ($p < 0,005$). Det var ingen endring i $VO_{2maks-FFM}$, verken for INT ($\Delta 2,3 \pm 9,8\%$) eller KTR ($\Delta -1,2 \pm 11,3\%$).

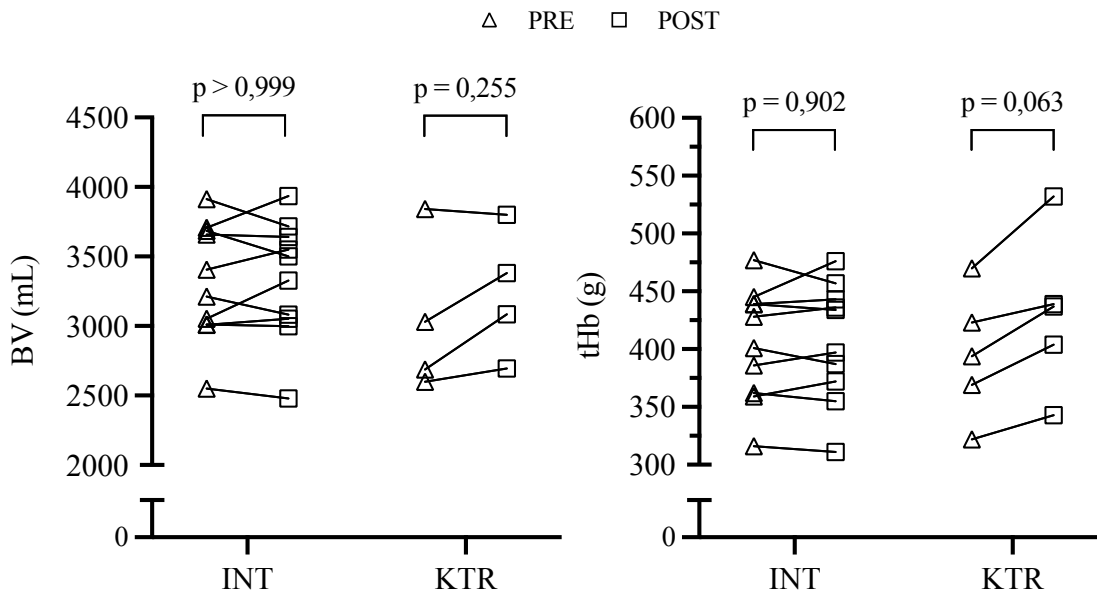


Figur 4.7. Individuelle verdier for maksimalt oksygenopptak i absolutte verdier (a) og justert for FFM (b) fra pre- til post hos intervensjonsgruppen (INT, $n = 11$) og kontrollgruppen (KTR, $n = 6$). VO_{2maks} , maksimalt oksygenopptak; FFM, fettfri masse

4.8 Blodvolum og hemoglobinmasse

Det var ingen forskjell mellom gruppene i BV ved pre- ($p = 0,453$) eller posttest ($p = 0,945$; figur 4.8). BV endret seg ikke fra pre- til posttest, verken for INT ($\Delta 0,2 \pm 3,4\%$) eller KTR ($\Delta 6,6 \pm 10,9\%$).

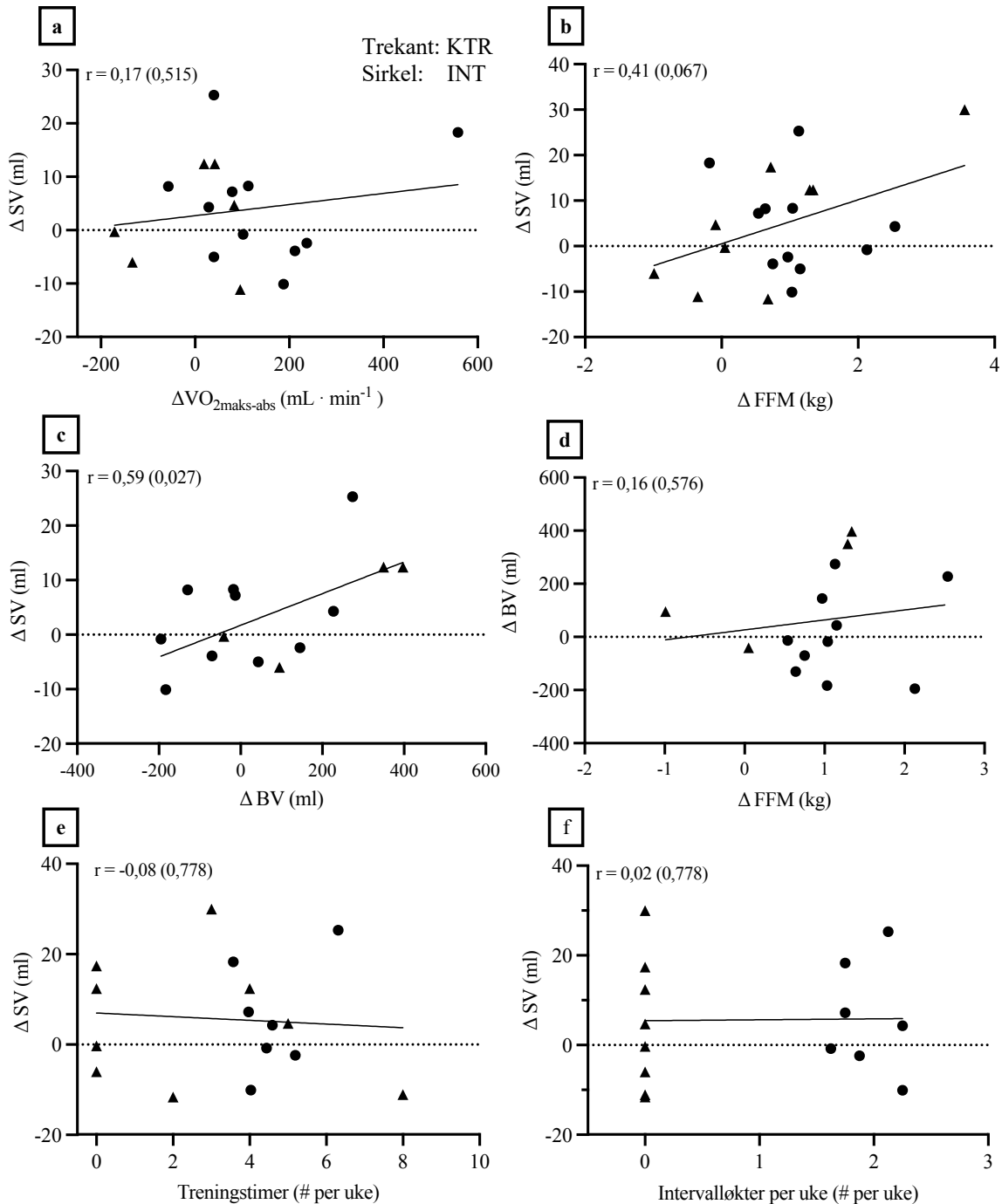
Det var ingen forskjell mellom gruppene i tHb ved pre- ($p = 0,565$) eller posttest ($p = 0,313$; figur 4.8). tHb endret seg ikke fra pre- til posttest, verken for INT ($\Delta 0,4 \pm 5,1\%$) eller KTR ($\Delta 9,0 \pm 11,5\%$).



Figur 4.8. Individuelle verdier for blodvolum (BV, a) og total hemoglobinmasse (tHb, b) ved pre- til post hos intervensjonsgruppen (INT) og kontrollgruppen (KTR). BV: $n = \text{INT}: 10$; $\text{KTR}: 4$. tHb: $n = \text{INT}: 10$; $\text{KTR}: 5$.

4.9 Sammenhenger

Δ SV (ved 70% av VO_{2maks}) hadde moderat sammenheng med Δ BV, moderat med Δ FFM, og lav med $\Delta VO_{2maks-abs}$ (figur 4.9). Δ SV hadde lav sammenheng med antall treningstimer og intervalløkter/uke. Det var lav sammenheng mellom Δ BV og Δ FFM. For sammenhenger i absolutte verdier ved pre- og posttest, se vedlegg III.



Figur 4.9. Sammenhenger i endringsverdier (Δ) mellom: Δ SV- $\Delta VO_{2maks-abs}$ (a), Δ SV- Δ FFM (b), Δ SV- Δ BV (c), Δ BV- Δ FFM (d), Δ SV-#treningstimer per uke (e) og Δ SV-#intervalløkter per uke (f). Verdier er oppgitt som Pearsons r (p -verdi). SV, absolutt slagvolum ved 70% av VO_{2maks} ; FFM, fettfri masse; BV, blodvolum; #, antall.

5. Diskusjon

Hensikten med studien var å undersøke om systematisk kondisjonstrening påvirker utvikling av SV ved submaksimalt arbeid hos barn og unge, utover effekten av naturlig vekst og modning under puberteten. Hovedfunnene viste at ingen av gruppene økte SV signifikant i løpet av intervensjonsperioden, verken i absolutte verdier eller justert for FFM og kroppsvekt. Ved både pre- og posttest var SV justert for kroppsvekt høyere hos INT enn KTR, men justert for FFM og i absolutte verdier var det ingen forskjell mellom gruppene. Dette indikerer at SV ikke påvirkes av systematisk kondisjonstrening hos barn og unge, men isteden har sammenheng med FFM. Derfor kan vekst og modning i seg selv være tilstrekkelig for økt SV under puberteten.

5.1 *Effekt av kondisjonstrening på slagvolum hos barn og unge*

Vår studie fant ingen signifikant endring (Δ) i SV_{abs} , SV_{kg} eller SV_{FFM} verken hos INT eller KTR ($\Delta 2-7\%$; figur. 4.2). Det er få sammenlignbare studier som har sett på effekt av kondisjonstrening på SV ved hjelp av treningsintervensjoner hos barn og unge, som i tillegg inkluderer lite aktive kontrollgrupper. Gatch og Byrd (1979), Jokar et al. (2021) og Obert et al. (2003) fant økt SV hos barn og unge, som utførte 8-13 ukers systematisk kondisjonstrening ved henholdsvis sykling, svømming og løping. Treningsintervensjonen til Gatch og Byrd (1979) inneholdt et meget høyt volum (4 x 4 min, > 80% HF_{maks}) med 5 økter per uke i 8 uker, som ga 6,5% økning i SV_{maks} hos intervensjonsgruppen. Obert et al. (2003) hadde et lavere ukentlig treningsvolum der intervensjonsgruppen løp 3 økter per uke i 13 uker (1 time, > 80% HF_{maks}), noe som resulterte i en økning på opptil 15% hos intervensjonsgruppen, men ingen økning i kontrollgruppen. Jokar et al. (2021) kjørte den mildeste treningsintervensjonen, der 12 uker med 3 økter per uke (75 min, > 60% HF_{maks}) resulterte i 3,5% større økning i SV hos intervensjonsgruppen enn kontrollgruppen. Derimot motstrider funnene til Mahon og Vaccaro (1994) de overnevnte: Ingen endringer ble funnet i SV etter 14 ukers kondisjonstrening ved løp, verken hos intervensjonsgruppen eller kontrollgruppen. Dette samsvarer med våre funn. I vår studie utførte INT fire ukentlige økter: To var intervalløkter ved løp eller rulleski, med typisk 4-6 drag á 3-4 minutter ($\geq 90\% HF_{maks}$), mens de to andre ukentlige øktene inneholdt lekbasert teknikk-, hurtighets- og styrketrening. KTR var lite fysisk aktive: De fleste med 0-2 ukentlige økter, og ingen

form for intervalltrening ble utført. Det var ingen signifikante endringer i SV for noen av gruppene. Dette tyder på at kondisjonstreningen ikke hadde ekstra effekt på SV hos barn i puberteten, utover effekten av vekst og modning. Dette støttes av liten sammenheng mellom ΔSV (SV_{abs} ved $\approx 70\%$ av $VO_{2\text{maks}}$) og antall intervalløkter per uke ($r = 0,02$), og ΔSV og antall treningstimer per uke ($r = -0,08$) (figur 4.9).

Det kan diskuteres hvorvidt tidligere treningsintervensjoner som har funnet økning i SV, kan si noe om endring utover effekt av det naturlig vekst og modning har på SV. Det er få studier som har en lite aktiv kontrollgruppe, og som har hatt lite kontroll på treningsbelastning og fysisk aktivitet hos gruppene. Det er i tillegg stor aldersforskjell på deltagerne mellom studiene, noe som skaper usikkert sammenligningsgrunnlag da effekten av kondisjonstrening kan være forskjellige ved ulike aldersgrupper. Jenter entrer puberteten først i 10-12 årsalderen og gutter i 12-14 årsalderen, i tillegg kan det være store individuelle forskjeller innad kjønnene. Derfor kan selv barn på samme alder og av samme kjønn være på ulike stadium i puberteten (Malina et al., 2004a). Gatch og Byrd (1979) og Obert et al. (2003) fant økning (6-15%) i SV, kun hos intervensjonsgruppen, men de undersøkte relativt unge barn (9-11 år) og det er ikke sikkert at denne gruppen hadde begynt den mest betydningsfulle modningen. Derimot undersøkte Jokar et al. (2021) 14-15 år gamle gutter, hvor økningen hos intervensjonsgruppen var langt mindre. Intervensjonen i studien vår ble mest sannsynlig gjennomført i en periode med mye vekst og modning på grunn av puberteten, da utvalget kun var 0,4 «år fra PHV» før treningsperioden. Det var ingen forskjell mellom gruppene i endring i SV, enten ved trening eller lite aktivitet. Sammen med funnene til Jokar et al. (2021) viser dette at trening kan ha redusert effekt på SV for barn og unge under puberteten. Dette kan komme av de naturlige biologiske endringene som forekommer fordi vekst og modning er dominerende, og gjør kroppen mindre mottagelig for ekstra kardiovaskulære tilpasninger som følge av kondisjonstrening (Malina et al., 2004a). Dette kan forklare de sprikende funnene i tidligere studier: Ikke alle studier oppgir «år fra PHV» for deltagerne, og derfor er det iblant usikkert om deltagerne kan være prepubertale, pubertale eller postpubertale. I motsetning til tidligere studier, var det i vår studie god kontroll på aktivitet og trening. Selv om det ikke var signifikant forskjell i endring mellom gruppene, var det antydning til en større økning i SV hos KTR enn INT, noe som motstrider tidligere funn av kondisjonstrenings positive effekt på SV hos barn og unge i puberteten.

Resultater fra tverrsnittstudier rapporterer høyere SV hos trente barn sammenlignet med utrente, både ved hvile og under arbeid (McNarry et al., 2011; Nottin et al., 2002; Rowland et al., 2000; Rowland et al., 1999; Unnithan et al., 2018), men det er også vist motstridende funn (Ayabakan et al., 2006). Felles for tverrsnittstudiene er risiko for seleksjonsbias og lite kontroll på treningsmengde årene før testing, noe som utelukker muligheten til å finne kausale årsakssammenhenger. Longitudinelle studier rapporterer motstridende funn når det gjelder kondisjonstreningens effekt på endring i SV hos barn og unge. McNarry et al. (2014) fant høyere SV hos trente barn sammenlignet med utrente, både ved 10 og 12 år, men ikke ved 11 år. Bjerring et al. (2019) fulgte både aktive og tidligere aktive langrennsutøvere fra alderen 12 til 15 år. Der rapporterte de like tilpasninger i VV hos både treningsgruppe og kontrollgruppe, men ettersom kontrollgruppen var tidligere utøvere kan de ha hatt fordel av tidligere trening.

Vår studie indikerer ingen effekt av kondisjonstrening på SV hos barn og unge under puberteten, men ikke alle studier er enige. Dette kan skyldes variasjon i alder og treningsvolum hos deltagerne. For bedre å forstå eventuelle endringer og mekanismer bak SV og trening hos barn og unge, er det behov for flere longitudinelle kontrollerte studier der det kontrolleres for treningsvolum og -intensitet.

5.2 Effekt av naturlig vekst og modning på slagvolum hos barn og unge

Resultatene viser høyere SV_{kg} hos INT ved begge testtidspunkter, som følge av forhøyet %FM hos KTR (tabell 4.1). Når SV ble justert for FFM ble denne forskjellen visket ut, og dette reflekterer endringer i SV som følge av vekst og modning. Det ble i tillegg funnet en moderat sammenheng mellom ΔFFM og ΔSV . Det ble ikke funnet forskjell eller endring i gruppene i BV (figur 4.8), men det var derimot en moderat sammenheng mellom ΔSV og ΔBV (figur 4.9).

Det er velkjent at puberteten påvirker til markante fysiologiske endringer, hovedsakelig på grunn av økning i hormoner (Baxter-Jones, 2017). Økning i FFM stimulerer til økt BV, som resulterer i økt SV (Bonne et al., 2014; Landgraff & Hallén, 2020; Landgraff et al., 2021; Mancera-Stoto et al., 2021; Perkins et al., 2022). Tidligere studier som undersøker mekanismene bak økning i SV har funnet sammenhenger mellom SV og FFM hos barn og unge (Armstrong & Welsman, 2019b; Nottin et al., 2004). Dette

samsvarer med funn i vår studie, og indikerer endringer i SV relatert til økt FFM, som følge av naturlig vekst og modning. Det er kjent at kondisjonstrening hos voksne øker BV, og dette påvirker SV (Schmidt & Prommer, 2008; Steiner & Wehrin, 2011), men for barn er det funnet lavere treningseffekt (Landgraff & Hallén, 2020; Prommer et al, 2018). Velkjent litteratur beskriver en økning i BV i takt med alder og FFM før det når et plata ved ung voksen alder (Malina et al., 2004a). Både Landgraff og Hallén (2020) og Prommer et al. (2018) støttet nylig forholdet mellom alder, FFM og BV, da de fant økning i BV som følge av økt FFM med alder hos barn i puberteten ved henholdsvis 12-15 og 8-14 år. Denne økningen forekom hos både trente og mindre trente barn, og indikerer at BV påvirkes i større grad av naturlig vekst og modning enn av kondisjonstrening i denne alderen, som kan føre til økt SV. Vår studie viser sterke sammenhenger i absolutte verdier mellom FFM og BV (vedlegg III), som indikerer at FFM kan påvirke BV. Derimot var det lav sammenheng mellom endringsverdier av disse variablene. Ved undersøkelse av denne sammenhengen, viste det seg at to ytterpunkt påvirket til lav sammenheng, og med disse ekskludert ble det isteden funnet en moderat sammenheng mellom Δ FFM og Δ BV. Δ SV hadde moderat sammenheng med både Δ BV og Δ FFM, men i absolutte verdier var sammenhengen sterk. Dette indikerer at det er sammenheng mellom økning i SV som følge av FFM og BV. Samtidig kan det ikke konkluderes med treningseffekt av BV basert på sammenhenger, i tillegg til at kun fire deltagere fra KTR gjennomførte disse målingene både ved pre- og posttest. Det kan også diskuteres hvorvidt INT kan ha fått en allerede effekt av tidligere trening. Potensielt kan de ha økt SV og BV ved tidligere kondisjonstrening, og at en ytterligere økning ikke fremkommer i vår studie. INT har høyere VO_{2maks} , noe økt SV og BV kan stimulere til.

FFM er tidligere vist å være en sterk bestemmende faktor for morfologiske endringer i hjertet (Janz et al., 2000). Morfologiske endringer i hjertet ble ikke undersøkt i vår studie, men er viktige mekanismer for SV hos både unge og voksne (Rowland, 2013). Tidligere studier har vist at vekst og modning påvirker hjertet uavhengig av trening. Janz et al. (2000) fulgte 125 barn gjennom puberteten i 5 år, og så en sammenheng mellom vekst og eksentrisk hypertrofi hos både gutter og jenter. I tillegg fant Bjerring et al. (2020) i sin longitudinelle studie eksentrisk hypertrofi hos både trente og utrente barn og unge i alderen 12-15 år. I tverrsnittstudier er det vist motstridende funn: Flere studier viser at trente barn og unge har et sterkere og større hjerte enn utrente (McNarry

et al., 2014; Unnithan et al., 2018), der fellestrekk er økt eksentrisk hypertrofi, mens andre studier konkluderer med at vekst og modning påvirker hjertet (Ayabakan et al., 2006; Valente-Dos-Santos et al., 2015). Det kan ikke konkluderes med endringer av hjertet i vår studie, men det kan være at begge grupper gjennomgikk endringer i hjertet. 8 uker er en relativt kort periode, men det er tidligere funnet økt SV som følge av økning i ventrikel-masse etter kun 8 uker hos voksne (Vogelsang et al., 2008). Selv om endringer i FFM kun var signifikante hos INT ($\Delta 1,1$ kg), var det antydning til økning også hos KTR ($\Delta 0,7$ kg). Dette kan ha induisert til økt VV-masse og -dimensjoner hos både INT og KTR, som kan ha forårsaket de ikke-signifikante økningene i SV.

5.3 Slagvolums respons på arbeid hos barn og unge

I vår studie var det ingen forskjell i SV's respons til den økende belastningen mellom trente og utrente barn: SV økte fra hvile til arbeid og flatet ut etter omtrent 70% av VO_{2maks} både hos INT og KTR (figur 4.3). Økningen er naturligvis signifikant og størst fra hvile til 1 W per kg (INT: 22%; KTR: 23%), men fra 1 W til 2 W per kg er økningen avtagende og ikke-signifikant (INT: 4%; KTR: 6%). For INT avtar økningen ytterligere fra 2 W til 2,5 W per kg (2%).

Tidligere studier viser varierende forskjeller i SV under arbeid hos trente og utrente barn. McNarry et al. (2014), Nottin et al. (2002), Obert et al. (2003), Rowland et al. (2000) og Rowland et al. (2002) fant ved svømmere, løpere og syklister en forskjell mellom trente og utrente barn: De trente barna hadde en forhøyet SV i forhold til utrente under arbeid fra hvile til maksimalt arbeid. McNarry et al. (2014) fant i tillegg en progressiv og lineær økning av SV ved økende belastning hos trente barn. Dette støttes av Rowland et al. (1999), som etter et platå i SV fant en videre progressiv økning mot maksimalt arbeid kun hos de trente barna. Også motstridende funn er gjort når det gjelder denne progressive økningen: Selv om Nottin et al., (2002), Obert et al. (2003), Rowland et al. (2000) og Rowland et al. (2002) fant en forskjell i SV's respons til belastning mellom utholdenhetstrente og utrente barn, fant de ikke en videre progressiv økning av SV etter platå ved ca. 50% av VO_{2maks} hos de trente barna. Resultatene i vår studie viser verken forhøyet SV eller progressiv økning i SV hos trente barn, noe som støttes av Mahon og Vaccaro (1994). Dette støtter en uendret treningsrespons i SV ved submaksimale belastninger. Derimot er det ikke, både i vår studie og Mahon og Vaccaro (1994), grunnlag for å konkludere med hvordan SV's respons til arbeid mot maksimal

anstrengelse er, da SV kun ble målt opp 70% VO_{2maks} . I vår studie skulle deltagerne umiddelbart videre på test av VO_{2maks} , ved løping, og det var derfor ikke mulighet for å måle SV ved maksimal anstrengelse på ergometersykkel før dette. Om en progressiv økning forekom hos treningsgruppen i studien vår er derfor ikke mulig å si.

I vår studie arbeidet INT på 41% og 61% av VO_{2maks} , og KTR på 50% og 67% av VO_{2maks} , ved henholdsvis 1 W og 2 W per kg. I tillegg arbeidet INT på 71% av VO_{2maks} ved 2,5 W per kg. Dette viser at de submaksimale belastningene var harde nok til å undersøke SV's respons til belastning opptil og over 50% av VO_{2maks} . Tidligere studier på barn og unge har vist en umiddelbar økning i SV fra hvile til arbeid opptil $\approx 50\%$ av VO_{2maks} , før det oftest forblir nokså konstant ved økende belastning mot maksimalt arbeid (Nottin et al., 2002; Obert et al., 2003; Rowland et al. 2000, Rowland et al., 2002). Dette samsvarer med funn i vår studie, og støtter funn om et platå i SV ved submaksimale belastninger.

5.4 Mekanismer bak endringer av maksimalt oksygenopptak

INT økte $VO_{2maks-abs}$ signifikant gjennom perioden ($\Delta 6,1\%$), mens i $VO_{2maks-FFM}$ ble ingen signifikant endring funnet ($\Delta 2,3\%$) (figur 4.7). For KTR var det ingen endring i VO_{2maks} , verken absolutt ($\Delta -0,5\%$) eller relativt til FFM ($\Delta -1,2\%$). På grunn av stor forskjell i gruppene i kroppsvekt (≈ 10 kg) og %FM ($\approx 7\%$), er det lite hensiktsmessig å undersøke $VO_{2maks-rel}$ da den vil reflektere forskjell i kroppsvekt og ikke forskjeller knyttet til vekst og modning.

Selv om funn er omdiskutert og de bakenforliggende mekanismene er lite studert, er det tidligere vist at kondisjon er mindre trenbar for barn og unge enn for voksne (Bacon et al., 2013; Baquet et al., 2003). Selv om Baquet et al. (2003) i sin metaanalyse rapporterer typisk 5-6% økning i VO_{2maks} ved kondisjonstrening hos barn, er det store forskjeller i protokoller, type trening, varighet og metoder. Derimot rapporteres lavere økninger enn det som er beskrevet hos voksne (Bacon et al., 2013) Det kan virke som om kondisjonstrening gir mindre effekt hos barn og unge under puberteten (Baquet et al., 2003), noe Armstrong og Welsman (2001) begrunner med økt FFM denne perioden. VO_{2maks} bestemmes av MV_{maks} og maksimalt $\bar{a}V_{O_2-diff}$, der MV er den mest sentrale faktoren (Levine, 2008). Tidligere studier har funnet høyere $VO_{2maks-abs}$ hos trente barn som følge av høyere MV_{maks} med høyere SV_{maks} som bakenforliggende faktor, noe som

også har vist seg ved submaksimale belastninger i forkant av maksimalt arbeid (McNarry et al., 2014; Obert et al., 2003; Rowland et al., 2000). Vår studie målte ikke SV_{maks} , men det ble ikke funnet signifikante endringer i SV under submaksimalt arbeid innen gruppene. Som tidligere diskutert kan uendret SV under submaksimalt arbeid indikere uendret SV_{maks} (Nottin et al., 2002; Obert et al., 2003; Rowland et al., 2000; og Rowland et al., 2002). Sammen med uforandret HF_{maks} , kan dette indikerer at MV_{maks} ikke endret seg stort og derfor ikke påvirket til økt VO_{2maks} hos INT. Men, siden SV_{maks} ikke ble målt, kan det ikke utelukkes at dette økte hos INT, og at økt MV_{maks} gjennom økt SV_{maks} kan ha vært en årsak til økt VO_{2maks} .

Forhøyet VO_{2maks} hos INT kan være en refleksjon av perifere tilpasninger, som fører til mer effektiv utnyttelse av O_2 i blodet hos arbeidende muskler (McNarry et al., 2014). Det var antydninger til høyere $\bar{a}V_{O_{2-diff}}$ hos INT enn KTR ved pretest, og ved posttest var det signifikant høyere (figur 4.6). Forskjellen mellom gruppene kom ikke av en økning hos INT, men en reduksjon hos KTR. Det er i tidligere studier ikke funnet forhøyet $\bar{a}V_{O_{2-diff}}$ hos trente barn som følge av en kort periode trening (Obert et al., 2003; Rowland et al., 2000), men funnene i vår studie støtter en bedret perifer tilpasning hos trente barn under submaksimale belastninger ved forhøyet $\bar{a}V_{O_{2-diff}}$ hos INT. Selv om ikke $\bar{a}V_{O_{2-diff}}$ ble utregnet ved maksimal anstrengelse, kan det være forklarende for høyere VO_{2maks} hos INT. $\bar{a}V_{O_{2-diff}}$ ble kalkulert ved hjelp av Ficks ligning (VO_2/MV). Reduksjonen i $\bar{a}V_{O_{2-diff}}$ hos KTR skyldes antydning til redusert O_2 -opptak og økt MV, noe som resulterer i redusert $\bar{a}V_{O_{2-diff}}$. Redusert O_2 -opptak kan tyde på en bedret arbeidsøkonomi, da KTR kunne arbeide på samme belastning som tidligere med mindre O_2 -kostnad (Basset & Howley, 2000).

Det er fortsatt usikkert hvordan INT økte VO_{2maks} i løpet av perioden, men en grunn kan være idrettsspesifikk trening (McArdle et al., 2015). Det var ulike bevegelsesformer ved testene; ergometersykkel for submaksimale belastninger og løp for VO_{2maks} . INT er skiløpere, som både under intervensjonen og tidligere, har trent mer løping enn KTR. Tilpasninger som følge av trening kan være perifere og spesifikke for arbeidende muskler ved idretten, og viser seg først ved aktivering av disse musklene (Basset & Howley, 2000; McArdle et al., 2015). Eksempler på slike tilpasninger er økt antall mitokondrier i muskelcellene, økt antall kapillærer i musklene, økt mikrosirkulasjon og mer effektiv fordeling av MV til arbeidende muskler (Basset & Howley, 2000; McArdle

et al., 2015). Dette kan gjenspeiles i VO_{2maks} under løp, men ikke vise seg under submaksimale belastninger på ergometersykkel. Ingen av gruppene trente sykkel til vanlig, som kan forklare hvorfor det er lite forskjeller i oksygenopptak mellom gruppene ved ergometersykling og større forskjeller ved løp. Selv om det ikke ble målt i vår studie, beskriver litteratur i tillegg tilpasninger i laktatnivå, lunger, ventilasjon og muskelfibertype som fordelaktig hos trente individer (McArdle et al., 2014), noe som kan ha påvirket til ulik og økt VO_{2maks} som følge av trening hos barn og unge.

5.5 Hvorfor skal barn og unge bedrive kondisjonstrening?

Selv om det i vår studie ikke ble funnet økning i SV ved trening i 8 uker, er det som tidligere nevnt funnet motstridende funn som viser økt SV ved korte perioder trening (Gatch og Byrd, 1979; Jokar et al. 2021; Obert et al., 2003). Det kreves videre forskning for å eventuelt utelukke effekten av kondisjonstrening på SV hos barn og unge. Det er i tillegg, både i denne og tidligere studier, vist forhøyet VO_{2maks} og $\bar{a}V_{O_2-diff}$ hos trente barn, noe som indikerer en perifer og lokal tilpasning i trent muskulatur (Basset & Howley, 2000; McArdle et al., 2015). Spesifikk kondisjonstrening for idretten vil også bedre arbeidsøkonomi gjennom redusert O_2 -kostnad og bedre teknisk utførelse, og dermed bedre idrettslig prestasjonsevne (Basset & Howley; McArdle et al., 2015).

Det er ikke bare i lys av prestasjon det kan være gunstig å bedrive kondisjonstrening under puberteten. Selv om forholdet er komplekst (Barnekow-Bergkvist et al., 2011), er det tidligere vist en sammenheng mellom fysisk aktivitet i ung alder og voksen alder (Telama et al., 2005). Voksne som har vært aktive under barne- og ungdomsårene er som regel aktive i senere alder, noe som kan gi helsefremmende effekt ved mindre risiko for hjerte- og karsykdommer og bedre mental helse (Gianfredi et al., 2020; Raitakan et al., 1994). Det er i tillegg funnet indikasjoner på at kondisjonstrening har en positiv påvirkning på akademisk utvikling hos skoleungdom (Hillman et al., 2008; Solberg et al., 2021), og utvikling av motoriske ferdigheter (Statton et al., 2015).

5.6 Styrker og svakheter ved studien

5.6.1 Styrker

Det er få kontrollerte studier som har studert effekten av systematisk kondisjonstrening på SV hos barn og unge, utover effekt av vekst og modning under puberteten. En av styrkene til vår studie er kontrollen på aktivitets- og treningsdata gjennom

intervensjonen. Istedenfor kun å basere aktivitetsdata på subjektive spørreskjemaer, er det benyttet en objektiv målemetode i form av akselerometer. Akselerometer har tidligere vist god validitet, og grensene brukt i vår studie er tidligere brukt hos norske barn (Eklund et al., 2004; Grydeland et al., 2013; Kolle et al., 2010). Denne metoden gir oss muligheten til å kontrollere at gruppene faktisk er ulike. I tillegg til god kontroll på aktivitet, er treningsintervensjonen til INT fulgt nøye opp. Det er tett samarbeid mellom trenere i langrennklubben og Norges idrettshøgskole, noe som bidrar til tett oppfølging og gjennomføring av treningsplanene. Treningsdagbøkene ble skrevet kontinuerlig, og det er derfor større sannsynlighet for at utøverne husker hva som ble gjort og hvor tungt det var. I tillegg til treningsdagbøker ble det tatt objektive stikkprøver av HF under treningsøktene, for å kontrollere at intensiteten er høy nok.

For å kontrollere de individuelle modningsforskjellene hos deltagerne ble år fra PHV regnet ut (Moore et al., 2015). Det er mangel på utregning av modningstatus i studier i emnet. Vår studie bidrar med kontroll på deltagernes biologiske alder, slik at resultatene bedre kan sammenlignes med senere studier.

For å måle SV ble det benyttet impedans kardiografi ved PhysioFlow™, en metode som er enkel, praktisk og gir kontinuerlige målinger. Den er klinisk godkjent valid og reliabel sammenlignet med invasiv gullstandarder (Charloux et al. 2000; Del Torto et al., 2019; Richard et al., 2001; Welsman et al., 2005). I tillegg indikerer moderate til sterke absolutte sammenhenger mellom BV og MV indikerer at impedans kardiografi ved bruk av PhysioFlow™ gir valide målinger av MV.

5.6.2 Svakheter

Datamaterialet om trenings- og aktivitetsdata har svakheter. Det var kun 3 deltagere fra KTR med godkjente akselerometermålinger, i motsetning til 10 hos INT. Resultatene ble derimot sjekket opp mot helheten i gruppen som er med på PhD-prosjektet (ikke kun denne studien), og KTR i studien vår var ≈ 10 minutter kortere i moderat til fysisk høy aktivitet enn den helhetlige gruppen. Når det kommer til treningsdagbok om treningstimer og -økter hos INT knyttes det usikkerhet til over- eller underestimering av antall treningstimer, i tillegg til «få» leverte treningsdagbøker ($n = 7$ av 11). Ved spørreskjema om treningsbakgrunn og aktivitet siste 8 uker, er det usikkerhet i hvor langt tilbake deltagerne husker. Det er mindre sannsynlig at barn klarer å huske presist

hva de har gjort en stund tilbake, og det er ikke funnet god validitet av spørreskjemaer hos barn og unge under 18 år (Adamo et al., 2009; Hidding et al., 2018). For bedre kontroll og presisjon av svar, ble spørreskjemaene gjennomgått med deltagerne, og de skulle kun huske 8 uker tilbake ved spørsmål om trening under intervensjonen.

Selv om PhysioFlow har klinisk godkjent validitet og reliabel, er det allikevel noen feilkilder man bør være oppmerksom på. Selv om funn i tidligere studier er inkonsekvente, har metoden tidligere vist en overestimert av MV på opptil 30% (Siebenmann, 2014). Det er også rapportert høyere varians både mellom og innen deltagere ved bruk av PhysioFlowTM enn andre metoder (Del Torto et al., 2019; Siebenmann, 2014), noe som kan være resultat av signalforstyrrelser grunnet overkroppsbevegelse, forhøyet fettvev, ujevn åndedrett og akkumulasjon av væske i lungene (Siebenmann, 2014). Elektrodeplassering er også kritisk, spesielt når det kommer til barn som har begrenset plass til elektroder på nakken (Welsman et al., 2005). Barn kan også ha lettere for å bevege nakken ved arbeid, noe som kan føre til signalforstyrrende bretter i elektrodene. For å forebygge feilmålinger ble flere tiltak gjort: Deltagere ble instruert å sykle med stabil overkropp og nakke, med en jevn tråkkfrekvens. Ved ustabile signaler grep testleder inn og styrket signaler, ved å stabilisere aktuelle elektroder. Målingene foregikk ved submaksimalt arbeid, noe som reduserer bevegelse av overkropp enn ved maksimalt arbeid. I dataanalysen ble alle målinger manuelt sjekket, og målinger som var ustabile eller ufullstendige ble ekskludert (INT: 4; KTR: 4). Med bakgrunn i tidligere studier, forebygging av kjente feilkilder og grundige analyse, kan det påstås at metoden gir valide mål på SV og HF for barn under submaksimalt arbeid i vår studie.

Det er viktig å legge merke til at VO_{2maks} -test ble utført på tredemølle, mens submaksimale belastninger ble utført på ergometersykkel. Det er tidligere vist at kardiiovaskulære responser kan være ulike ved disse metodene, og kan forklare avvik i resultatene (Forbregd et al., 2019). Andre forklarende faktorer for høyere VO_{2maks} hos INT ved begge testtidspunkt, kan være motivasjon under testen og bedre evne til å presse seg ved høy belastning. Læringseffekt er også en mulig begrensning, men vil mest sannsynlig være lik mellom gruppene. Siden flere i KTR aldri hadde prøvd tredemølle før, ble de gitt en kortvarig og relativt rolig tilvenning av løp på tredemølle i løpet av intervensjonen. Dette var for å begrense feilkilder ved posttest, og ga risiko for

økt VO_{2maks} som følge av læringseffekt. I tillegg ble VO_{2maks} -protokollen ved posttest noe individuelt tilpasset for å forebygge frafall under test. Det virket som om deltagere i KTR klarte å motivere seg til ytterligere utmattelse som følge av tiltakene, men som resultatene viser var det ikke endring verken ved relativt eller absolutt VO_{2maks} . Dette kan være med på å validere at VO_{2maks} -verdier ved pretest ikke er begrenset grunnet læringseffekt. INT var vant med å presse seg til utmattelse, og økt VO_{2maks} som følge av læringseffekt av testen er derfor lite sannsynlig.

En annen begrensning i studien er antall deltagere som ikke gjennomførte visse målinger. Dette gjaldt i hovedsak KTR, der mange opplevde 2,5 W per kg på ergometersykel, VO_{2maks} på tredemølle og CO-gjenpustning som ubehagelig. Når det gjelder ergometersyklingen måtte 2,5 W/kg hos KTR ekskluderes fra analysene på grunn av for få gjennomførte ($n = 2$). Siden KTR hadde forhøyet kroppsvekt og %FM enn INT, ble de submaksimale belastningene hardere, og det er derfor ikke overraskende at KTR opplevde dette som en større anstrengelse enn INT. Det var også få fra KTR som gjennomførte test av VO_{2maks} ($n = 6$) og CO-gjenpustning ($n = 4$), noe som begrenser sammenligningsgrunnlaget og den statistiske styrken.

Det var skjevfordeling mellom kjønn innen gruppene, der 36% ($n = 4$) i INT og 55% ($n = 5$) i KTR var gutter. Det var også forskjell i modningen mellom kjønnene innen gruppene ($p < 0,001$), der jentene hadde gjennomgått PHV (INT: + 0,4 år; KTR: + 0,5 år) mens guttene enda ikke hadde nådd PHV (INT: -1,6 år; KTR: -1,1 år). Siden INT hadde en større andel jenter enn KTR, kan dette ha påvirket resultatene ved sammenligningene mellom gruppene.

6. Konklusjon og videre anbefalinger

Funnene i denne studien indikerer at 8 uker med systematisk kondisjonstrening ikke ga en ekstra effekt på submaksimalt SV hos 12 år gamle barn og unge, utover effekten av naturlig vekst og modning under puberteten. Det var ingen signifikante endringer i SV i løpet av perioden, verken hos INT eller KTR. Ved både pre- og posttest var det ingen forskjell mellom gruppene i SV_{abs} . Derimot var SV_{kg} høyere hos INT enn KTR, men denne forskjellen ble visket ut når SV ble justert for FFM. I tillegg var det en moderat sammenheng mellom endring i SV og FFM. Disse funnene indikerer at SV blir påvirket av FFM ved vekst og modning under puberteten. Det var ingen sammenheng mellom endring i SV med antall intervalløkter eller treningstimer, som indikerer at systematisk kondisjonstrening ikke hadde effekt på SV.

Med bakgrunn i disse funnene *kan* det være at barn og unge nødvendigvis ikke behøver å trene systematisk kondisjonstrening under puberteten for å øke SV. Det kan være gunstig å fokusere på teknikk- og koordinasjonstrening under perioder med mye vekst og modning, og heller implementere kondisjonstrening i idrettsspesifikk trening. Samtidig har tidligere studier funnet sprikende funn, og det er behov for mer forskning for bedre å forstå mekanismer bak økt SV i denne sammenhengen. Det bør fokuseres på inkludering av inaktive kontrollgrupper, samt god kontroll på kondisjonstreningen til treningsgruppen. Det kan også være gunstig å kontrollere for modningstatus under periodene med mest vekst og modning. Flere tidligere studier undersøker SV på potensielle pre- og postpubertale utvalg, men uten kontroll for modning blir det vanskelig å sammenligne barn og unge ved ulike aldre.

Referanser

- Adamo, K. B., Prince, S. A., Tricco, A. C., Connor-Gorber, S., & Tremblay, M. (2009). A comparison of indirect versus direct measures for assessing physical activity in the pediatric population: A systematic review. *International Journal of Pediatric Obesity*, 4(1), 2–27. <https://doi.org/10.1080/17477160802315010>
- Armstrong, N. & Barker, A. R. (2011). Endurance Training and Elite Young Athletes. *The Elite Young Athlete*, 56, 59–83. <https://doi.org/10.1159/000320633>
- Armstrong, N. & Welsman, J. (2001). Peak oxygen uptake in relation to growth and maturation in 11- to 17-year-old humans. *European Journal of Applied Physiology*, 85(6), 546–551. <https://doi.org/10.1007/s004210100485>
- Armstrong, N., & Welsman, J. (2007). Cardiovascular responses to submaximal treadmill running in 11 to 13 year olds. *Acta Paediatrica*, 91(2), 125–131. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2002.tb01682.x>
- Armstrong, N., & Welsman, J. (2019a). Development of peak oxygen uptake from 11–16 years determined using both treadmill and cycle ergometry. *European Journal of Applied Physiology*, 119(3), 801–812. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04071-3>
- Armstrong, N., & Welsman, J. (2019b). Multilevel allometric modelling of maximal stroke volume and peak oxygen uptake in 11–13-year-olds. *European Journal of Applied Physiology*, 119(12), 2629–2639. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04241-3>
- Armstrong, N., & Welsman, J. (2020). The Development of Aerobic and Anaerobic Fitness with Reference to Youth Athletes. *Journal of Science in Sport and Exercise*, 2(4), 275–286. <https://doi.org/10.1007/s42978-020-00070-5>
- Ayabakan, C., Akalin, F., Mengütay, S., Çotuk, B., Odabaş, L., & Özüak, A. (2006). Athlete's heart in prepubertal male swimmers. *Cardiology in the Young*, 16(1), 61–66. <https://doi.org/10.1017/s1047951105002106>
- Bacon, A. P., Carter, R. E., Ogle, E. A., & Joyner, M. J. (2013). VO₂max Trainability and High Intensity Interval Training in Humans: A Meta-Analysis. *PLoS ONE*, 8(9), e73182. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073182>

- Baquet, G., Van Praagh, E. & Berthoin, S. (2003). Endurance Training and Aerobic Fitness in Young People. *Sports Medicine*, 33(15), 1127–1143.
<https://doi.org/10.2165/00007256-200333150-00004>
- Barczuk-Falęcka, M., Małek, U. A., Krysztofiak, H., Roik, D., & Brzewski, M. (2018). Cardiac Magnetic Resonance Assessment of the Structural and Functional Cardiac Adaptations to Soccer Training in School-Aged Male Children. *Pediatric Cardiology*, 39(5), 948–954. <https://doi.org/10.1007/s00246-018-1844-5>
- Barnekow-Bergkvist, M., Hedberg, G., Janlert, U., & Jansson, E. (2011). Prediction of physical fitness and physical activity level in adulthood by physical performance and physical activity in adolescence - An 18-year follow-up study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 8(5), 299–308.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1998.tb00486.x>
- Bassett, D. R. & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(1), 70–84. <https://doi.org/10.1097/00005768-200001000-00012>
- Baxter-Jones, A. (2017). Growth and Maturation. I N. Armstrong & W. Van Mechelen (Red.), *Oxford Textbook of Children's Sport and Exercise Medicine* (3. utg. s. 13-24): Oxford University Press.
- Beunen, G., & Malina, R. M. (2008). Growth and biological maturation: Relevance to athletic performance. I H. Hebestreit & O. Bar-Or (Red.), *The Young Athlete* (1. utg., s. 3–17). Wiley-Blackwell.
- Bjerring, A. W., Landgraff, H. E., Leirstein, S., Aaeng, A., Ansari, H. Z., Saberniak, J., Murbræch, K., Bruun, H., Stokke, T. M., Haugaa, K. H., Hallén, J., Edvardsen, T., & Sarvari, S. I. (2018). Morphological changes and myocardial function assessed by traditional and novel echocardiographic methods in preadolescent athlete's heart. *European Journal of Preventive Cardiology*, 25(9), 1000–1007.
<https://doi.org/10.1177/2047487318776079>
- Bjerring, A. W. Landgraff, H. E., Leirstein, S., Haugaa, K. H., Edvardsen, T., Sarvari, S. I., & Hallén, J. (2020). From talented child to elite athlete: The development of cardiac morphology and function in a cohort of endurance athletes from age

- 12 to 18. *European Journal of Preventive Cardiology*, 28(10), 1061-1067.
<https://doi.org/10.1177/2047487320921317>
- Bjerring, A. W., Landgraff, H. E., Stokke, T. M., Murbræch, K., Leirstein, S., Aeng, A., Brun, H., Haugaa, K. H., Hallén, J., Edvardsen, T., & Sarvari, S. I. (2019). The developing athlete's heart: a cohort study in young athletes transitioning through adolescence. *European journal of preventive cardiology*, 26(18), 2001–2008. <https://doi.org/10.1177/2047487319862061>
- Bonne, T. C., Doucende, G., Flück, D., Jacobs, R. A., Nordsborg, N. B., Robach, P., Walther, G. & Lundby, C. (2014). Phlebotomy eliminates the maximal cardiac output response to six weeks of exercise training. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 306(10), 752–760. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00028.2014>
- Burge, C. M., & Skinner, S. L. (1995). Determination of hemoglobin mass and blood volume with CO: evaluation and application of a method. *Journal of Applied Physiology*, 79(2), 623–631. <https://doi.org/10.1152/jappl.1995.79.2.623>
- Cattermole, G. N., Leung, P. Y. M., Ho, G. Y. L., Lau, P. W. S., Chan, C. P. Y., Chan, S. S. W., Smith, B. E., Graham, C. A., & Rainer, T. H. (2017). The normal ranges of cardiovascular parameters measured using the ultrasonic cardiac output monitor. *Physiological Reports*, 5(6), 1-9.
<https://doi.org/10.14814/phy2.13195>
- Charloux, A., Lonsdorfer-Wolf, E., Richard, R., Lampert, E., Oswald-Mammosser, M., Mettauer, B., Geny, B. & Lonsdorfer, J. (2000). A new impedance cardiograph device for the non-invasive evaluation of cardiac output at rest and during exercise: comparison with the 'direct' Fick method. *European Journal of Applied Physiology*, 82(4), 313–320. <https://doi.org/10.1007/s004210000226>
- Del Torto, A., Skattebo, Ø., Hallén, J., & Capelli, C. (2019). Cardiac output with modified cardio-impedance against inert gas rebreathing during sub-maximal and maximal cycling exercise in healthy and fit subjects. *European journal of applied physiology*, 119(1), 163–170. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-4011-z>
- de Simone, G., Devereux, R. B., Kimball, T. R., Mureddu, G. F., Roman, M. J., Contaldo, F., & Daniels, S. R. (1998). Interaction Between Body Size and

Cardiac Workload. *Hypertension*, 31(5), 1077–1082.

<https://doi.org/10.1161/01.hyp.31.5.1077>

- Ekelund, U., Sardinha, L. B., Anderssen, S. A., Harro, M., Franks, P. W., Brage, S., Cooper, A. R., Andersen, L. B., Riddoch, C., & Froberg, K. (2004). Associations between objectively assessed physical activity and indicators of body fatness in 9- to 10-y-old European children: a population-based study from 4 distinct regions in Europe (the European Youth Heart Study). *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80(3), 584–590. <https://doi.org/10.1093/ajcn/80.3.584>
- Forbregd, T. R., Aloyseus, M. A., Berg, A., & Greve, G. (2019). Cardiopulmonary Capacity in Children During Exercise Testing: The Differences Between Treadmill and Upright and Supine Cycle Ergometry. *Frontiers in physiology*, 10, 1440. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01440>
- Gatch, W., & Byrd, R. (1979). Endurance training and cardiovascular function in 9-and 10-year-old boys. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 60(12), 574–577.
- Geithner, C. A., Thomis, M. A., Eynde, B. V., Maes, H. H. M., Loos, R. J. F., Peeters, M., Claessens, A. L. M., Vlietnick, R., Malina, R. M., & Beunen, G. P. (2004). Growth in Peak Aerobic Power during Adolescence. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(9), 1616–1624. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000139807.72229.41>
- Gianfredi, V., Blandi, L., Cacitti, S., Minelli, M., Signorelli, C., Amerio, A., & Odone, A. (2020). Depression and Objectively Measured Physical Activity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(10), 3738. <https://doi.org/10.3390/ijerph17103738>
- Grydeland, M., Bergh, I. H., Bjelland, M., Lien, N., Andersen, L. F., Ommundsen, Y., Klepp, K. I., & Anderssen, S. A. (2013). Intervention effects on physical activity: the HEIA study - a cluster randomized controlled trial. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 10(17). <https://doi.org/10.1186/1479-5868-10-17>

- Harrison, C. B., Gill, N. D., Kinugasa, T., & Kilding, A. E. (2015). Development of Aerobic Fitness in Young Team Sport Athletes. *Sports Medicine*, 45(7), 969–983. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0330-y>
- Hellsten, Y., & Nyberg, M. (2015). Cardiovascular Adaptations to Exercise Training. *Comprehensive Physiology*, 6(1), 1–32. <https://doi.org/10.1002/cphy.c140080>
- Hidding, L. M., Chinapaw, M. J. M., van Poppel, M. N. M., Mokkink, L. B., & Altenburg, T. M. (2018). An Updated Systematic Review of Childhood Physical Activity Questionnaires. *Sports Medicine*, 48(12), 2797–2842. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0987-0>
- Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature reviews. Neuroscience*, 9(1), 58–65. <https://doi.org/10.1038/nrn2298>
- Janz, K. F., Dawson, J. D. & Mahoney, L. T. (2000). Predicting Heart Growth During Puberty: The Muscatine Study. *Pediatrics*, 105(5), 1–8. <https://doi.org/10.1542/peds.105.5.e63>
- Jokar, P., Behpoor, N., Fasihi, L., Fasihi, A., & Ebrahimi Torkamani, B. (2021). The Effect of a Twelve-week Endurance Swimming Training on Structural and Functional Features of Heart in Inactive Male Adolescents. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*, 10(4), 756–767. <https://doi.org/10.32598/sjrm.10.4.11>
- Jørgensen, A. & Andersen, Ø. (2004). Langrennstrening. I: L. I. Tjelta & E. Enoksen (Red.), *Utholdenhetstrening: løping, sykling, langrenn* (s. 172-181). Høyskoleforlaget.
- Katch, V. L. (1983). Physical conditioning of children. *Journal of Adolescent Health Care*, 3(4), 241–246. [https://doi.org/10.1016/S0197-0070\(83\)80245-9](https://doi.org/10.1016/S0197-0070(83)80245-9)
- Kiratli, B. J., Heiner, J. P., McBeath, A. A. & Wilson, M. A. (1992). Determination of bone mineral density by dual X-ray absorptiometry in patients with uncemented total hip arthroplasty. *Journal of Orthopaedic Research*, 10(6), 836–844. <https://doi.org/10.1002/jor.1100100613>
- Kolle, E., Steene-Johannessen, J., Andersen, L. B., & Anderssen, S. A. (2010). Objectively assessed physical activity and aerobic fitness in a population-based sample of Norwegian 9- and 15-year-olds. *Scandinavian Journal of Medicine &*

Science in Sports, 20(1), 41–47. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00892.x>

Landgraff, H. W., & Hallén, J. (2020). Longitudinal Training-related Hematological Changes in Boys and Girls from Ages 12 to 15 yr. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 52(9), 1940–1947. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000002338>

Landgraff, H. W., Riiser, A., Lihagen, M., Skei, M., Leirstein, S., & Hallén, J. (2021). Longitudinal changes in maximal oxygen uptake in adolescent girls and boys with different training backgrounds. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31(S1), 65–72. <https://doi.org/10.1111/sms.13765>

Levine, B. D. (2008). What do we know, and what do we still need to know? *The Journal of Physiology*, 586(1), 25–34. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.147629>

Lloyd, Rhodri & Oliver, Jon. (2012). The Youth Physical Development Model. *Strength and Conditioning Journal*, 34(3), 61-72. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31825760ea>

Mahon, A. D., & Vaccaro, P. (1994). Cardiovascular Adaptations in 8- to 12-Year-Old Boys Following a 14-Week Running Program. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 19(2), 139–150. <https://doi.org/10.1139/h94-011>

Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004a). *Growth, Maturation, and Physical Activity* (2. utg.). Human Kinetics.

Mancera-Soto, E., Ramos-Caballero, D. M., Magalhaes, J., Chaves Gomez, S., Schmidt, W. F. J., & Cristancho-Mejía, E. (2021). Quantification of testosterone-dependent erythropoiesis during male puberty. *Experimental Physiology*, 106(7). <https://doi.org/10.1113/EP089433>

Mandigout, S., Lecoq, A. M., Courteix, D., Guenon, P., & Obert, P. (2001). Effect of gender in response to an aerobic training programme in prepubertal children. *Acta paediatrica* 90(1), 9–15. <https://doi.org/10.1080/080352501750064815>

Mandroukas, A., Metaxas, T. I., Michailidis, Y., Christoulas, K., & Heller, J. (2021). The effects of soccer training in aerobic capacity between trained and untrained adolescent boys of the same biological age. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 61(2), 252–260. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.20.11117-4>

- Maron, B. J. (1986). Structural features of the athlete heart as defined by echocardiography. *Journal of the American College of Cardiology*, 7(1), 190–203. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(86\)80282-0](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(86)80282-0)
- Matos, N., Winsley, R. J. (2007). Trainability of young athletes and overtraining. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(3), 353-367.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2015). *Exercise physiology: nutrition, energy and human performance* (8. utg. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins.
- McNarry, M. A., Mackintosh, K. A., & Stoedefalke, K. (2014). Longitudinal investigation of training status and cardiopulmonary responses in pre- and early-pubertal children. *European Journal of Applied Physiology*, 114(8), 1573–1580. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2890-1>
- McNarry, M. A., Welsman, J. R., & Jones, A. M. (2011). Influence of training and maturity status on the cardiopulmonary responses to ramp incremental cycle and upper body exercise in girls. *Journal of Applied Physiology*, 110(2), 375–381. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00988.2010>
- McNarry, M. A., Welsman, J. R., & Jones, A. M. (2012). Influence of Training Status and Maturity on Pulmonary O₂ Uptake Recovery Kinetics Following Cycle and Upper Body Exercise in Girls. *Pediatric Exercise Science*, 24(2), 246–261. <https://doi.org/10.1123/pes.24.2.246>
- Miyamura, M., & Honda, Y. (1973). Maximum cardiac output related to sex and age. *The Japanese journal of physiology*, 23(6), 645–656. <https://doi.org/10.2170/jjphysiol.23.645>
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(4), 689–694. <https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00020>
- Moore, S. A., McKay, H. A., Macdonald, H., Nettlefold, L., Baxter-Jones, A. D., Cameron, N., & Brasher, P. M. (2015). Enhancing a Somatic Maturity Prediction Model. *Medicine and science in sports and exercise*, 47(8), 1755–1764. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000588>

- Nottin, S., Nguyen, L. D., Terbah, M. & Obert, P. (2004). Left Ventricular Function in Endurance-Trained Children by Tissue Doppler Imaging. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(9), 1507–1513.
<https://doi.org/10.1249/01.mss.0000139900.67704.07>
- Nottin, S., Vinet, A., Stecken, F., N'guyen, L. D., Ounissi, F., Lecoq, A. M., & Obert, P. (2002). Central and peripheral cardiovascular adaptations to exercise in endurance-trained children. *Acta Physiologica Scandinavica*, 175(2), 85–92.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-201x.2002.00975.x>
- Obert, P., Mandigouts, S., Nottin, S., Vinet, A., N'Guyen, L. D., & Lecoq, A. M. (2003). Cardiovascular responses to endurance training in children: effect of gender. *European Journal of Clinical Investigation*, 33(3), 199–208.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2362.2003.01118.x>
- Pelliccia, A., Caselli, S., Sharma, S., Basso, C., Bax, J. J., Corrado, D., D'Andrea, A., D'Ascenzi, F., di Paolo, F. M., Edvardsen, T., Gati, S., Galderisi, M., Heidbuchel, H., Nchimi, A., Nieman, K., Papadakis, M., Pisicchio, C., Schmied, C., Popescu, B. A., . . . Cardim, N. (2018). European Association of Preventive Cardiology (EAPC) and European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) joint position statement: recommendations for the indication and interpretation of cardiovascular imaging in the evaluation of the athlete's heart. *European Heart Journal*, 39(21), 1949–1969.
<https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx532>
- Perkins, D. R., Talbot, J. S., Lord, R. N., Dawkins, T. G., Baggish, A. L., Zaidi, A., Uzun, O., Mackintosh, K. A., McNarry, M. A., Cooper, S.-M., Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Shave, R. E., & Stembridge, M. (2022). The influence of maturation on exercise-induced cardiac remodelling and haematological adaptation. *The Journal of physiology*, 600(3), 583–601.
<https://doi.org/10.1113/JP282282>
- Pichardo, A. W., Oliver, J. L., Harrison, C. B., Maulder, P. S., & Lloyd, R. S. (2018). Integrating models of long-term athletic development to maximize the physical development of youth. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 13(6), 1189–1199. <https://doi.org/10.1177/1747954118785503>

- Prommer, N., Wachsmuth, N., Thieme, I., Wachsmuth, C., Mancera-Soto, E. M., Hohmann, A., & Schmidt, W. F. J. (2018). Influence of Endurance Training During Childhood on Total Hemoglobin Mass. *Frontiers in Physiology*, *9*. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00251>
- Raitakan, O. T., Porkka, K. V. K., Taimela, S., Telama, R., Räsänen, L., & Vllkari, J. S. (1994). Effects of Persistent Physical Activity and Inactivity on Coronary Risk Factors in Children and Young Adults The Cardiovascular Risk in Young Finns Study. *American Journal of Epidemiology*, *140*(3), 195–205. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a117239>
- REK (2022). *Informasjonsskriv ungdom mellom 12 og 16 (Under 18 år)*. rekportalen.no. <https://rekportalen.no/#hjem/informasjonskriv>.
- Richard, R., Lonsdorfer-Wolf, E., Charloux, A., Doutreleau, S., Buchheit, M., Oswald-Mammosser, M., Lampert, E., Mettauer, B., Geny, B. & Lonsdorfer, J. (2001). Non-invasive cardiac output evaluation during a maximal progressive exercise test, using a new impedance cardiograph device. *European Journal of Applied Physiology*, *85*(3), 202–207. <https://doi.org/10.1007/s004210100458>
- Rietjens, G. J., Kuipers, H., Kester, A. D., & Keizer, H. A. (2001). Validation of a Computerized Metabolic Measurement System (Oxycon-Pro®) During Low and High Intensity Exercise¹. *International Journal of Sports Medicine*, *22*(4), 291–294. <https://doi.org/10.1055/s-2001-14342>
- Rogol, A. D., Roemmich, J. N., & Clark, P. A. (2002). Growth at puberty. *Journal of Adolescent Health*, *31*(6), 192–200. [https://doi.org/10.1016/s1054-139x\(02\)00485-8](https://doi.org/10.1016/s1054-139x(02)00485-8)
- Rowland, T. (2013). Oxygen Uptake and Endurance Fitness in Children, Revisited. *Pediatric Exercise Science*, *25*(4), 508–514. <https://doi.org/10.1123/pes.25.4.508>
- Rowland, T., Kline, G., Goff, D., Martel, L., & Ferrone, L. (1999). One-Mile Run Performance and Cardiovascular Fitness in Children. *Archives of Pediatrics; Adolescent Medicine*, *153*(8), 845. <https://doi.org/10.1001/archpedi.153.8.845>
- Rowland, T., Unnithan, V., Fernhall, B., Baynard, T., & Lange, C. (2002). Left ventricular response to dynamic exercise in young cyclists. *Medicine and science in sports and exercise*, *34*(4), 637–642. <https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00012>

- Rowland, T., Wehnert, M., & Miller, K. (2000). Cardiac responses to exercise in competitive child cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(4), 747–752. <https://doi.org/10.1097/00005768-200004000-00005>
- Schmidt, W. & Prommer, N. (2005). The optimised CO-rebreathing method: a new tool to determine total haemoglobin mass routinely. *European Journal of Applied Physiology*, 95(5–6), 486–495. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-0050-3>
- Schmidt, W., & Prommer, N. (2008). Effects of various training modalities on blood volume. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 18(1), 57–69. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00833.x>
- Schober, P., Boer, C., & Schwarte, L. A. (2018). Correlation Coefficients. Appropriate Use and Interpretation. *Anesthesia & Analgesia*, 126(5), 1763–1768. <https://doi.org/10.1213/ane.0000000000002864>
- Sequeira, V., & van der Velden, J. (2015). Historical perspective on heart function: the Frank–Starling Law. *Biophysical Reviews*, 7(4), 421–447. <https://doi.org/10.1007/s12551-015-0184-4>
- Shao, L., Lin, W.S., Yi, C. & Zhang, Y. (1997). Maximal aerobic capacity and its relationship with physical growth in Chinese children. *Coll Antropol.*, 21(1), 109-116.
- Siebenmann, C., Rasmussen, P., Sørensen, H., Zaar, M., Hvidtfeldt, M., Pichon, A., Secher, N. H. & Lundby, C. (2015). Cardiac output during exercise: A comparison of four methods. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(1), 20–27. <https://doi.org/10.1111/sms.12201>
- Siervogel, R. M., Demerath, E. W., Schubert, C., Remsberg, K. E., Chumlea, W. C., Sun, S., Czerwinski, S. A., & Towne, B. (2003). Puberty and Body Composition. *Hormone Research in Paediatrics*, 60(1), 36–45. <https://doi.org/10.1159/000071224>
- Solberg, R. B., Steene-Johannessen, J., Wang Fagerland, M., Anderssen, S. A., Berntsen, S., Resaland, G. K., van Sluijs, E., Ekelund, U., & Kolle, E. (2021). Aerobic fitness mediates the intervention effects of a school-based physical activity intervention on academic performance. The school in Motion study - A cluster randomized controlled trial. *Preventive medicine reports*, 24(2021). <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2021.101648>

- Steiner, T., & Wehrlin, J. P. (2011). Does Hemoglobin Mass Increase from Age 16 to 21 and 28 in Elite Endurance Athletes? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(9), 1735–1743. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3182118760>
- Statton, M. A., Encarnacion, M., Celnik, P., & Bastian, A. J. (2015). A Single Bout of Moderate Aerobic Exercise Improves Motor Skill Acquisition. *PloS one*, 10(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141393>
- Tanner, J. M., Whitehouse, R. H., & Takaishi, M. (1966a). Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity: British children, 1965. Part I. *Archives of Disease in Childhood*, 41(219), 454–471. <https://doi.org/10.1136/adc.41.219.454>
- Tanner, J. M., Whitehouse, R. H., & Takaishi, M. (1966b). Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity: British children, 1965. Part II. *Archives of Disease in Childhood*, 41(220), 613–635. <https://doi.org/10.1136/adc.41.220.613>
- Telama, R., Yang, X., Viikari, J., Välimäki, I., Wanne, O., & Raitakari, O. (2005). Physical activity from childhood to adulthood. *American Journal of Preventive Medicine*, 28(3), 267–273. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2004.12.003>
- Tomaske, M., Knirsch, W., Kretschmar, O., Woitzek, K., Balmer, C., Schmitz, A., Bauersfeld, U., & Weiss, M. (2008). Cardiac output measurement in children: comparison of Aesculon ® cardiac output monitor and thermodilution. *British Journal of Anaesthesia*, 100(4), 517–520. <https://doi.org/10.1093/bja/aen024>
- Unnithan, V. B., Rowland, T. W., George, K., Lord, R., & Oxborough, D. (2018). Left ventricular function during exercise in trained pre-adolescent soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(11), 2330–2338. <https://doi.org/10.1111/sms.13258>
- Valente-Dos-Santos, J., Coelho-E-Silva, M. J., Castanheira, J., Machado-Rodrigues, A. M., Cyrino, E. S., Sherar, L. B., Esliger, D. W., Elferink-Gemser, M. T. & Malina, R. M. (2015). The effects of sports participation on the development of left ventricular mass in adolescent boys. *American Journal of Human Biology*, 27(4), 530–537. <https://doi.org/10.1002/ajhb.22681>
- Veldhuis, J. D., Roemmich, J. N., Richmond, E. J., Rogol, A. D., Lovejoy, J. C., Sheffield-Moore, M., Mauras, N., & Bowers, C. Y. (2005). Endocrine Control of

Body Composition in Infancy, Childhood, and Puberty. *Endocrine Reviews*, 26(1), 114–146. <https://doi.org/10.1210/er.2003-0038>

- Vogelsang, T. W., Hanel, B., Kristoffersen, U. S., Petersen, C. L., Mehlsen, J., Holmquist, N., Larsson, B., & Kjaer, A. (2008). Effect of eight weeks of endurance exercise training on right and left ventricular volume and mass in untrained obese subjects: a longitudinal MRI study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 18(3), 354–359. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2007.00706.x>
- Warburton, D. E., Haykowsky, M. J., Quinney, H. A., Humen, D. P., & Teo, K. K. (1999). Reliability and validity of measures of cardiac output during incremental to maximal aerobic exercise. Part I: Conventional techniques. *Sports medicine*, 27(1), 23–41. <https://doi.org/10.2165/00007256-199927010-00003>
- Welsman, J., Bywater, K., Farr, C., Welford, D. & Armstrong, N. (2005). Reliability of peak VO₂ and maximal cardiac output assessed using thoracic bioimpedance in children. *European Journal of Applied Physiology*, 94(3), 228–234. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1300-5>
- Wilmore, J. H., Stanforth, P. R., Gagnon, J., Rice, T., Mandel, S., Leon, A. S., Rao, D. C., Skinner, J. S., & Bouchard, C. (2001). Cardiac output and stroke volume changes with endurance training: The HERITAGE Family Study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(1), 99–106. <https://doi.org/10.1097/00005768-200101000-00016>
- Wisløff, U., Ellingsen, Ø., & Kemi, O. J. (2009). High-intensity interval training to maximize cardiac benefits of exercise training? *Exercise and sport sciences reviews*, 37(3), 139–146. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e3181aa65fc>
- Winter, E. M. & Cobb, M. (2008). Ethics in Paediatric research: principles and processes. I N. Armstrong & W. van Mechelen (Red.), *Paediatric Exercise Science and Medicine* (2. utg., s. 3-11). Oxford, NY: Oxford University Press.

Tabelloversikt

Tabell 3.1. Deltagernes karakteristikk ved pretest hos intervensjonsgruppen (INT) og kontrollgruppen (KTR)..... 18

Tabell 4.1. Fysiologiske data for intervensjons- (INT) og kontrollgruppe (KTR) ved pre- og post-test. 28

Figuroversikt

Figur 2.1: Intensitetssoner (I-sone) for aerob trening. Basert på Olympiatoppens intensitets-skala: <https://olt-skala.nif.no>. HFmaks; maksimal hjerterefrekvens. 13

Figur 2.2. Typisk hastighetskurve for kroppshøyde hos jenter og gutter. Hentet fra [Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity and weight velocity: British children, Part I, Tanner et al., 1966a, s. 466, copyright 2022] med tillatelse fra BMJ Publishing Group Ltd..... 15

Figur 2.3. Typisk hastighetskurve for kroppshøyde hos jenter og gutter. Hentet fra [Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity and weight velocity: British children, Part I, Tanner et al., 1966a, s. 466, copyright 2022] med tillatelse fra BMJ Publishing Group Ltd..... 16

Figur 3.1. Eksperimentelt design i tidsperspektiv. INT, intervensjonsgruppe; KTR kontrollgruppe 19

Figur 3.2. Protokoll for submaksimale belastninger på ergometersykkel og VO_{2maks} -test på tredemølle. SV, slagvolum; VO_2 , oksygenopptak; W, watt. 22

Figur 4.1. Visualisering av typiske høyintensive intervalløker for intervensjonsgruppen. Illustrert fra stikkprøver i treningsintensitet ved 4 x 4 minutter (a) og 6 x 3 minutter (b). Sort linje representerer gjennomsnittlig verdi, grått felt SD ved % av maksimal hjerterefrekvens. HF_{maks}, maksimal hjerterefrekvens..... 29

Figur 4.2. Prosentvis endring (Δ) av slagvolum i absolutte verdier (SV_{abs} , a), justert for FFM (SV_{FFM} , b) og justert for kroppsvekt (SV_{kg} , c) ved submaksimale belastninger fra pre- til post hos intervensjonsgruppen (INT, n = 11) og kontrollgruppen (KTR, n = 9). Verdier er oppgitt som prosentvis endring \pm 95% KI. FFM, fettfri masse; W, watt..... 30

Figur 4.3. Utvikling i slagvolum i absolutte verdier (SV_{abs} , a, b), justert for FFM (SV_{FFM} , c, d) og justert for kroppsvekt (SV_{kg} , e, f) ved submaksimale belastninger fra pre- til post hos intervensjonsgruppen (INT, n = 11) og kontrollgruppen (KTR, n = 9). Verdier er oppgitt som gjennomsnitt \pm SD. *Høyere slagvolum hos INT enn KTR ($p < 0,05$). FFM, fettfri masse; W, watt. 31

Figur 4.4. Individuelle verdier i slagvolum ($\approx 70\%$ av VO_{2maks}) i absolutte verdier (SV_{abs} , a), justert for FFM (SV_{FFM} , b) og justert for kroppsvekt (SV_{kg} , c) ved pre- og posttest hos intervensjonsgruppen (INT, n = 11) og kontrollgruppen (KTR, n = 9). FFM, fettfri masse; VO_{2maks} , maksimalt oksygenopptak. 32

Figur 4.5. Utvikling i minuttvolum (MV) i absolutte verdier ved økende submaksimale belastninger ved pre- og post hos intervensjonsgruppen (INT, n = 11) og kontrollgruppen (KTR, n = 9). Verdier er oppgitt som gjennomsnitt. W, watt..... 33

Figur 4.6. Utvikling i arterievenøs oksygendifferanse ($\bar{a}v O_2diff$) i absolutte verdier ved økende submaksimale belastninger ved pre- og post hos intervensjonsgruppen (INT, n = 11) og kontrollgruppen (KTR, n = 9). Verdier er oppgitt som gjennomsnitt. W, watt. . 33

Figur 4.7. Individuelle verdier for maksimalt oksygenopptak i absolutte verdier (a) og justert for FFM (b) fra pre- til post hos intervensjonsgruppen (INT, n = 11) og kontrollgruppen (KTR, n = 6). VO₂maks, maksimalt oksygenopptak; FFM, fettfri masse 34

Figur 4.8. Individuelle verdier for blodvolum (BV, a) og total hemoglobinmasse (tHb,b) ved pre- til post hos intervensjonsgruppen (INT) og kontrollgruppen (KTR). BV: n = INT: 10; KTR: 4. tHb: n = INT: 10; KTR: 5..... 35

Figur 4.9. Sammenhenger i endringsverdier (Δ) mellom: Δ SV- Δ VO₂maks-abs (a), Δ SV- Δ FFM (b), Δ SV- Δ BV (c), Δ BV- Δ FFM (d), Δ SV-#treningstimer per uke (e) og Δ SV-#intervalløkter per uke (f). Verdier er oppgitt som Pearsons r (p-verdi). SV, absolutt slagvolum ved 70% av VO₂maks; FFM, fettfri masse; BV, blodvolum; #, antall. 36

Forkortelser

$A\bar{v} O_{2\text{diff}}$	Arterievenøs oksygendifferanse
BV	Blodvolum
CO ₂	Karbondioksid
EDV	Endediastolisk volum
EKG	Elektrokardiogram
FFM	Fettfri masse
FM	Fettmasse
HF	Hjertefrekvens
HF _{maks}	Maksimal hjertefrekvens
HIT-økter	Høyintensive intervalløkter
INT	Intervensjonsgruppen
KTR	Kontrollgruppen
MV	Minuttvolum
MV _{maks}	Maksimalt minuttvolum
O ₂	Oksygen
PHV	Peak height velocity
PWV	Peak weight velocity
SV	Slagvolum
SV _{abs}	Absolutt slagvolum
SV _{FFM}	Slagvolum justert for fettfri masse
SV _{kg}	Slagvolum justert for kroppsvekt
SV _{maks}	Maksimalt slagvolum
tHb	Total hemoglobinmasse

VO_2	Oksygenopptak
VO_{2maks}	Maksimalt oksygenopptak
$VO_{2maks-abs}$	Maksimalt oksygenopptak i absolutte verdier
$VO_{2maks-FFM}$	Maksimalt oksygenopptak justert for fettfri masse
$VO_{2maks-rel}$	Maksimalt oksygenopptak justert for kroppsvekt
VV	Venstre ventrikkel
W	Watt
%FM	Fettprosent
Δ	Endring

Vedlegg

- I. Kardiiovaskulære og respiratoriske verdier under submaksimale belastninger.
- II. Fysiologiske endringer fra pre- til posttest.
- III. Sammenhenger i absolutte verdier
- IV. Godkjenning, Regional Etisk Komité (2020)
- V. Godkjenning av endringsmelding, Regional Etisk Komité (2021)
- VI. Informasjonsskriv til barn i treningsgruppe
- VII. Informasjonsskriv til foresatte av barn i treningsgruppe
- VIII. Informasjonsskriv til barn i kontrollgruppe
- IX. Informasjonsskriv til foresatte i kontrollgruppe
- X. Egenerklæring for forsøkspersoner
- XI. Spørreskjema for kartlegging av idrettsaktivitet og fysisk aktivitet
- XII. Informasjonsskriv og registreringsskjema for akselerometer
- XIII. Lisens for bruk og publisering for figur 2.2 og 2.3.

Vedlegg I:**Kardiovaskulære og respiratoriske verdier under submaksimale belastninger**

Vedlegg I. Kardiovaskulære og respiratoriske verdier under submaksimale belastninger på ergometersykkel ved pre- og posttest for INT og KTR.

	INT (n = 11)		KTR (n = 9)		p-verdi (Δ INT vs Δ KTR)
	Pre	Post	Pre	Post	
SV_{abs} (mL · slag⁻¹)					
Hvile	66,5 ± 11,4	68,9 ± 9,8	65,3 ± 12,0	64,6 ± 8,8	0,406
1. bel.	80,9 ± 12,1	82,7 ± 12,3	80,4 ± 18,8	86,3 ± 19,1	0,398
2. bel.	83,9 ± 10,7	87,4 ± 11,3	85,1 ± 19,2	90,4 ± 21,6	0,727
SV_{kg} (mL · slag⁻¹ · kg⁻¹)					
Hvile	1,6 ± 0,2	1,6 ± 0,2	1,3 ± 0,2	1,2 ± 0,2	0,564
1. bel.	1,9 ± 0,2	1,9 ± 0,1	1,5 ± 0,2	1,6 ± 0,2	0,316
2. bel.	2,0 ± 0,2	2,0 ± 0,1	1,6 ± 0,3	1,7 ± 0,2	0,701
SV_{FFM} (mL · slag⁻¹ · FFM⁻¹)					
Hvile	2,2 ± 0,3	2,2 ± 0,3	2,0 ± 0,3	1,9 ± 0,2	0,611
1. bel.	2,7 ± 0,3	2,6 ± 0,3	2,4 ± 0,4	2,5 ± 0,3	0,281
2. bel.	2,8 ± 0,3	2,8 ± 0,2	2,6 ± 0,4	2,6 ± 0,4	0,552
HF (slag · min⁻¹)					
Hvile	90,8 ± 11,1	79,3 ± 7,8*	101,0 ± 15,2	96,1 ± 9,2	0,006
1. bel.	120,2 ± 9,9	114,8 ± 7,2*	140,9 ± 14,0	139,2 ± 13,7	< 0,001
2. bel.	146,7 ± 10,4	139,4 ± 6,5*	169,9 ± 31,5	174,2 ± 11,2	0,079
MV (L · min⁻¹)					
Hvile	6,1 ± 1,4	5,5 ± 0,8	6,5 ± 1,0	6,4 ± 0,9	0,048
1. bel.	9,7 ± 1,4	9,5 ± 1,6	11,3 ± 3,0	12,0 ± 3,4	< 0,001
2. bel.	12,4 ± 1,9	12,3 ± 2,0	14,6 ± 4,5	16,1 ± 4,3	< 0,001
VO_{2rel} (mL · kg⁻¹ · min⁻¹)					
Hvile	6,9 ± 1,1	7,5 ± 1,1	6,7 ± 1,1	5,8 ± 1,1	0,156
1. bel.	22,6 ± 2,2	22,9 ± 1,1	21,1 ± 1,2	20,8 ± 1,2	0,035
2. bel.	32,3 ± 2,2	31,5 ± 1,1	29,3 ± 7,3	29,3 ± 2,6	0,341
VO_{2abs} (mL · min⁻¹)					
Hvile	293,7 ± 53,1	326,8 ± 37,0	349,3 ± 79,6	300,1 ± 43,6	0,381
1. bel.	954,5 ± 172,8	993,3 ± 141,8	1112,0 ± 250,1	1084,0 ± 210,9	0,331
2. bel.	1378,7 ± 210,3	1368,9 ± 197,1	1548,4 ± 516,6	1545,3 ± 320,3	0,442
A\bar{v} O_{2-diff} (mL · L⁻¹)					
Hvile	50,3 ± 11,2	54,5 ± 21,8	53,7 ± 9,8	49,5 ± 9,8	0,185
1. bel.	100,2 ± 17,5	104,6 ± 9,4	99,6 ± 14,6	92,1 ± 9,4	0,046
2. bel.	113,4 ± 17,4	111,7 ± 9,1	106,1 ± 17,0	100,1 ± 10,4	0,368

Data er presentert som gjennomsnitt ± SD. *: signifikant forskjell fra pre til posttest innen gruppe ($p < 0,05$), p-verdi; forskjell mellom grupper i endring fra pre- til posttest ($p < 0,05$). Hvile; $0W \cdot kg^{-1}$, 1. bel.; $1W \cdot kg^{-1}$, 2. bel.; $2W \cdot kg^{-1}$, SV; slagvolum, HF; hjertefrekvens, MV; minuttvolum, VO₂; oksygenopptak, A \bar{v} O_{2-diff}; arterievenøs oksygendifferanse.

Vedlegg II: Fysiologiske endringer fra pre- til posttest.

Vedlegg II. Fysiologiske endringer fra pre- til posttest for INT og KTR.

	n	Pre	Post	p-verdi (Δ INT vs Δ KTR)
VO₂maks (mL · min⁻¹)				
INT	11	2285,3 ± 316,6	2425,4 ± 390,0*	0,065
KTR	6	1963,2 ± 267,3	1952,5 ± 339,4	
VO₂maks (mL · FFM⁻¹ · min⁻¹)				
INT	11	74,7 ± 6,3	76,5 ± 6,3	0,328
KTR	6	63,0 ± 5,8	62,3 ± 7,7	
VO₂maks (mL · kg⁻¹ · min⁻¹)				
INT	11	53,6 ± 4,9	55,8 ± 5,6	0,242
KTR	6	42,5 ± 5,4	42,6 ± 7,3	
BV (ml)				
INT	10	3405,9 ± 492,9	3328,4 ± 429,7	0,090
KTR	4	3039,5 ± 596,5	3239,7 ± 584,3	
tHb (g)				
INT	10	417,0 ± 49,5	407,0 ± 51,3	0,003
KTR	5	377,0 ± 42,8	406,0 ± 44,8	

Data er presentert som gjennomsnitt ± SD. *; signifikant forskjell pre til posttest innen gruppe ($p < 0,05$), p-verdi; forskjell mellom grupper i endring pre- til posttest. VO₂maks; maksimalt oksygenopptak, BV; blodvolum, tHb; total hemoglobinmasse.

Vedlegg III: Sammenhenger i absolutte verdier

Vedlegg III: Sammenhenger i absolutte verdier for begge grupper samlet.

	Absolutt slagvolum		Blodvolum		Fettfri masse	
	(mL · slag ⁻¹)		(mL)		(kg)	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Minuttvolum (L · min ⁻¹)	0,88 (<0,001)	0,87 (<0,001)	0,67 (0,005)	0,68 (0,004)	0,66 (0,002)	0,79 (<0,001)
Blodvolum (mL)	0,74 (0,001)	0,61 (0,013)	-	-	-	-
Hemoglobinmasse (g)	0,59 (0,015)	0,56 (0,024)	0,96 (<0,001)	0,98 (<0,001)	0,85 (<0,01)	0,81 (<0,001)
Fettfri masse (kg)	0,61 (0,005)	0,77 (<0,001)	0,87 (<0,001)	0,86 (<0,001)	-	-
VO_{2maks-abs} (mL · min ⁻¹)	0,44 (0,649)	0,57 (0,016)	0,75 (<0,001)	0,58 (0,029)	0,69 (0,002)	0,70 (0,002)

Data er presentert som Pearsons r (p-verdi). VO_{2maks-abs}, absolutt maksimalt oksygenopptak; absolutt slagvolum, absolutt slagvolum ved 70% av VO_{2maks}; Minuttvolum, minuttvolum ved 70% av VO_{2maks}.

Region: Saksbehandler: Telefon: Vår dato: Vår referanse:
REK sør-øst A Hanne Johansen Pekovic 22845501 03.07.2020 140090

Deres referanse:

Jostein Hallén

140090 Vekst, modning og trening

Forskningsansvarlig: Norges idrettshøgskole

Søker: Jostein Hallén

Søkers beskrivelse av formål:

Formål

Denne studien har et langsiktig perspektiv, og har til hensikt å undersøke hvordan ulik type og volum av fysisk aktivitet påvirker kondisjon (maksimalt oksygenopptak) mens barn gjennomgår puberteten. Vi vet at barn utvikler kondisjon som en naturlig konsekvens av at de vokser i puberteten, men det er ikke tilstrekkelig godt nok kjent hvordan fysisk aktivitet og trening påvirker kondisjon utover vekst og modning. Mange barn i tenårene er aktiv i idrett, og noen trener med ønske om å bli toppidrettsutøver og andre for lek og moro. Hvordan ungdom i puberteten bør trene for å utvikle seg best mulig er derimot uklart. Mye av treningen barn i typiske kondisjonsidretter gjennomfører baserer seg på resultater fra studier på voksne eller beste praksis. Fordi barns fysiologi ikke direkte kan sammenlignes med voksne, er det nødvendig å få mer innsikt i hvordan barn responderer på trening for å kunne tilrettelegge for hensiktsmessig trening i tenårene. Vi ønsker derfor å undersøke sammenhengen mellom vekst og modning, fysisk trening og kondisjon, og samtidig forklare de bakenforliggende fysiologiske mekanismene som kan forklare utvikling av kondisjon gjennom puberteten.

Utvelgelse av forsøkspersoner

Vi ønsker å følge to utvalg fra de er 13 til 15 år gamle. Det ene utvalget (utvalg 1) er en gruppe langrennsløpere som er svært aktiv og trener mye. Det andre utvalget (utvalg 2) er e-sport utøvere som er lite fysisk aktiv. Utvalg 2 fungerer som en kontrollgruppe for å undersøke om hele effekten på kondisjon skyldes vekst og modning. Ulike klubber i Oslo-området blir forespurt.

Metoder

Målinger gjennomføres tre ganger i året for utvalg 1, og to ganger i året for utvalg 2. Utvalg 1 gjennomfører normal trening i hele perioden, utenom en 8-ukers treningsintervensjon i starten av studien. I treningsintervensjonen skal utøverne deles i to grupper; én gruppe med økt fokus på kondisjonstrening, og én gruppe med økt fokus på balanse- og koordinasjonstrening. Vi skal gjennomføre ulike målinger for å undersøke vekst, modning og kondisjon. Målinger som gjennomføres for å undersøke vekst og modning er høyde, sittehøyde, vekt, kroppssammensetning og bilde av venstre hånd. For å undersøke de fysiologiske mekanismene bak utvikling av kondisjon, ønsker vi å følge oksygenets vei fra luft til muskler. Målinger som gjennomføres er lungefunksjon, blodprøve (analyse av hematologiske verdier, jernstatus og hormon), blodvolum- og hemoglobinmasse, hjertets størrelse og slagvolum under arbeid, muskelens oksygenering og en løpstest på tredemølle for å teste maksimalt oksygenopptak (kondisjon). Som en del

av treningsintervensjonen skal også en enkel test for balanse og en test for skøyteteknikk på ski gjennomføres. Alle testene er rutine og gjennomføres jevnlig ved Institutt for fysisk prestasjonsevne.

Hypotese

Økt kondisjonstrening og stor treningsmengde har ingen signifikant effekt utover vekst og modning på utvikling av kondisjon hos fysisk aktive barn i puberteten.

Nytteverdi

Dataene vil gi ny kunnskap om trening i puberteten, både innen fagfeltet og praksisfeltet. Fagfeltet vil få mer innsikt i hvordan trening virker på kondisjon i puberteten, og hvordan de bakenforliggende fysiologiske mekanismene for kondisjon blir påvirket av fysisk trening i puberteten. Denne informasjon er mangelfull i dag.

Resultatene vil også gi nyttig informasjon til praksisfeltet om hvordan utøvere, trenere og klubber bør tilnærme seg trening i puberteten. I dag deltar 60% av barn på ungdomstrinnet i organisert idrettsaktivitet. Bedre kunnskap om hvordan trening virker på barn og unge er viktig for å både utvikle toppidrettsutøvere, men også holde på flest barn lengst mulig.

REKs vurdering

Vi viser til tilbakemelding i ovennevnte forskningsprosjekt mottatt 01.07.2020. Tilbakemeldingen er behandlet av leder i REK sør-øst A på fullmakt. Vurderingen er gjort med hjemmel i helseforskningslovens § 10.

Saksgang

Søknad om forhåndsgodkjenning ble behandlet av komiteen i møte 11.06.2020. Det ble besluttet å utsette vedtak i saken. Følgende inngikk i komiteens vurdering jf. brev av 29.06.2020:

«Formålet med prosjektet, slik komiteen forstår søknad og protokoll, er å undersøke hvordan ulik type og volum av fysisk aktivitet påvirker kondisjon (maksimalt oksygenopptak) mens barn gjennomgår puberteten. Ved å undersøke sammenhengen mellom vekst og modning, fysisk trening og kondisjon ønsker man å kartlegge de bakenforliggende fysiologiske mekanismene som kan forklare utvikling av kondisjon gjennom puberteten.

I prosjektet skal 90 ungdommer følges fra de er 13 til 15 år gamle. Det ene utvalget (utvalg 1) vil bestå av 60 langrennsløpere, vurdert som svært aktiv da de trener mye. Det andre utvalget (utvalg 2) vil bestå av 30 e-sport utøvere vurdert som å være lite fysisk aktiv. Utvalg 2 skal fungere som en kontrollgruppe for å undersøke om eventuell effekt på kondisjon hovedsakelig skyldes vekst og modning. Deltakerne skal være friske ved inklusjonstidspunkt, og ikke ha kroniske sykdommer som kan påvirke resultatene. Ulike klubber i Oslo-området vil bli forespurt, og foreldre og barn skal gis informasjon i møte og informasjonsskriv før de samtykker til deltakelse.

Utvalg 1 skal gjennomføre en åtte ukers treningsintervensjon. Halvparten av gruppen skal ha økt fokus på kondisjonstrening, og andre gruppen vil ha økt fokus på balanse- og koordinasjonstrening. Som en del av treningsintervensjonen skal alle deltaker i utvalg 1 også gjennomføre test for balanse og skøyteteknikk.

Før oppstart skal alle deltakere fylle ut et egenerklærings skjema om egen helse, hvor deltaker skal krysse av for hvorvidt de har helseproblemer eller symptomer på helseproblemer. Skjemaet skal gjennomgå av lege ved en helseundersøkelse. Her skal det også utføres sjekk av lunger og hjerte, og måling av blodtrykk.

Alle deltakere skal gjennomgå følgende fysiske tester og undersøkelser:

- **Lungefunksjon:** maksimal ekspiratorisk flow volum kurve måles med MasterscreenPFT. For deltaker vil dette innebære å sitte på en stol og puste så hardt vedkommende kan inn og ut av et munnstykke.
- **Blodprøve (venepunksjon):** For måling av hematologiske variabler, jernstatus og hormoner.
- **Spirometri for måling av hemoglobinsmasse og blodvolum:** Deltaker skal gjenpuste en kjent mengde karbonmonoksidgass (COgass) i 2 minutter i et glass-spirometer. Blodprøve ved stikk i finger skal gjennomføres før pusteprosedyre, samt etter 6 og 8 minutter, for å måle HbCO%.
- **Ekkokardiografi av hjertet.**
- **Hjertets slagvolum under arbeid og AVO₂ differanse skal måles ved sykling på ergometersyssel, 2 x 5 minutter.**
- **Maksimalt oksygenopptak skal måles ved løp på tredemølle til utmattelse.**
- **DEXAscan og røntgen av hånd for å måle kroppssammensetning og skjelettalder:** Deltaker må ligge i ro på ryggen i 8 til 12 minutter når røntgen tas.

Testene skal utføres ved Norges Idrettshøgskole, og skal gjennomføres tidlig høst og i desember.

Deltakere i utvalg 1 skal i tillegg utføre testene etter sesongslutt.

For å kartlegge generelt aktivitets- og treningsnivå skal alle deltakere fylle ut et spørreskjema for å registrere treningen de gjør i løpet av året, samt gå med et akselerometer i fem hele dager.

Komiteen mener dette er et nyttig prosjekt som vil kunne gi kunnskap om trening i puberteten, og hvordan ungdom best kan tilnærme seg trening i puberteten. Komiteen har imidlertid en del spørsmål og merknader til prosjektet slik det foreligger.

Da pubertet er en sentral variabel i prosjektet lurer komiteen på om den kliniske undersøkelsen med lege vil inkludere vurdering av pubertet, og ønsker en tilbakemelding på hvorfor dette eventuelt er utelatt. Videre ønsker komiteen tilbakemelding på hvilke hormoner som skal analyseres fra blodprøven.

I informasjonsskrivet til foreldre er det oppgitt at blodprøvene skal lagres i biobanken «Vekst, modning og trening», med prosjektleder som ansvarshavende. I søknadsskjema er det oppgitt at serum og fullblod skal destrueres to måneder etter prøvetaking. Komiteen ber om en tilbakemelding på hvorvidt det skal opprettes en prosjektspesifikk biobank eller ikke.

I informasjonsskrivene er det oppgitt at prosjektslutt er 2022, og at datamaterialet skal lagres i 5 år etter dette av kontrollhensyn. I søknad er dato for prosjektslutt oppgitt til 31.12.2027. Komiteen ber om en avklaring på hva som er riktig dato for prosjektslutt, og at korrekt årstall oppgis i informasjonsskrivene.

Informasjonsskrivene til ungdommene er generelt sett mangelfulle når det kommer til å gi ungdommene fullgod informasjon om hva deltakelse vil kreve av dem. Etter komiteens syn bør informasjonen i skrevet reflektere ungdommenes ambisjonsnivå og innsatsen det kreves av dem for å delta. Informasjonsskrivene må derfor revideres for følgende:

- *Det må gis lettfattet og tydelig informasjon om alle undersøkelsene som deltaker vil bli bedt om å delta på.*
- *For utvalg 1 må den åtte ukers treningsintervensjonen og hva denne vil innebære for deres trening forklares bedre.*
- *Det må gis en presentasjon av ulemper og fordeler ved deltakelse (eksempelvis ubehag ved blodprøve og tidsbruk).*

Infoskrivene til foreldre må redigeres for følgende :

- *Under ulemper må venepunksjon (blodprøve) inkluderes.*
- *Det må gis informasjon om hvilke hormoner som skal analyseres i blodprøven.*
- *Det må fremkomme om undersøkelsene vil foregå i barnets skoletid eller ikke.*
- *Det må spesifiseres hvorvidt forskere ved Rikshospitalet kun skal bruke opplysninger i dette prosjektet, eller til andre formål. Dersom opplysningene skal anvendes til andre formål må det fremkomme hvorvidt dette er en forutsetning for deltakelse eller om det er et frivillig tillegg til deltakelse.*
- *Riktig årstall for prosjektslutt må føres inn.*
- *Avkrysningsalternativet for å lagre datamaterialet 5 år etter prosjektslutt må fjernes fra skrivets samtykkedel.*

Komiteen utsetter å fatte vedtak i saken til det foreligger tilbakemelding på nevnte merknader:

- *Hvorvidt pubertet skal undersøkes klinisk, og eventuelt hvorfor dette er utelatt.*
- *Hvilke hormoner som skal analyseres fra blodprøven.*
- *Avklaring av hvorvidt det skal opprettes prosjektspesifikk biobank.*
- *Avklaring av korrekt årstall for prosjektslutt.*
- *Reviderte informasjonsskriv til ungdommer og foreldre i henhold til ovennevnte kommentarer.»*

Prosjektleder sendte tilbakemelding mottatt 01.07.2020. Vedlagt tilbakemeldingen var redigerte informasjonsskriv til foreldre og ungdommer, totalt fire stykk.

Ny vurdering

I sin tilbakemelding oppgir prosjektleder at det ikke skal gjennomføres en klinisk undersøkelse av pubertet da nøyaktig bestemmelse av pubertetsstatus ikke er vurdert som viktig for prosjektet. Fokus er på de kroppslige endringene som skjer i puberteten (økning i muskel og fettmasse) som påvirker de strukturelle (muskelmasse, hjertestørrelse og

blodvolum) og de funksjonelle (maksimalt oksygenopptak og slagvolum) variablene. Videre kan det oppleves sjenerende å utføre en slik undersøkelse for barn i den alderen, og da undersøkelsen ikke er nødvendig for å undersøke mål i prosjektet, er den utelatt.

Prosjektleder oppgir at følgende hormoner skal undersøkes for gutter: Testosteron, LH, FSH. For jenter skal følgende hormoner undersøkes: Testosteron, LH, FSH, østradiol og progesteron.

Vedrørende biobank så avklarer prosjektleder at dette ikke skal opprettes. De biologiske prøvene skal derfor destrueres senest to måneder etter prøvetaking.

De fire reviderte informasjonsskrivene er redigert i henhold til komiteens merknader og tilbakemelding fra prosjektleder. Komiteens vurdering er at disse nå er godt utformet og gir god informasjon om hva prosjektet innebærer. Til de unge gis det en lettfattet og oversiktlig fremstilling av hva undersøkelsene og deltakelse innebærer.

Komiteens leder har vurdert tilbakemeldingen, og mener prosjektleder har svart tilfredsstillende på komiteens spørsmål. Informasjonsskrivene er revidert i henhold til komiteens merknader, og prosjektet kan nå godkjennes.

Vedtak

Godkjent

REK har gjort en helhetlig forskningsetisk vurdering av alle prosjektets sider. Prosjektet godkjennes med hjemmel i helseforskningsloven § 10.

Vi gjør samtidig oppmerksom på at etter ny personopplysningslov må det også foreligge et behandlingsgrunnlag etter personvernforordningen. Det må forankres i egen institusjon.

Godkjenningen gjelder til 31.12.2027.

Komiteens avgjørelse var enstemmig.

Av dokumentasjonshensyn skal opplysningene oppbevares i 5 år etter prosjektslutt. Opplysningene skal oppbevares aidentifisert, dvs. atskilt i en nøkkel- og en datafil. Opplysningene skal deretter slettes eller anonymiseres.

Prosjektet skal sende sluttmelding på eget skjema, jf. helseforskningsloven § 12, senest et halvt år etter prosjektslutt.

Dersom det skal gjøres endringer i prosjektet i forhold til de opplysninger som er gitt i søknaden, må prosjektleder sende endringsmelding til REK, jf. helseforskningsloven § 11.

Klageadgang

Komiteens vedtak kan påklages til Den nasjonale forskningsetiske komité for medisin og helsefag, jf. helseforskningsloven § 10 tredje ledd og forvaltningsloven § 28. En eventuell klage sendes til REK sør-øst A. Klagefristen er tre uker fra mottak av dette brevet, jf. forvaltningsloven § 29.

Vennlig hilsen

Knut Engedal
Professor dr. med.
Leder REK sør-øst A

Hanne Johansen Pekovic
Rådgiver
REK sør-øst

Kopi til forskningsansvarlig institusjon(er) og medbruker(e).

Sluttmelding

Søker skal sende sluttmelding til REK sør-øst A på eget skjema senest seks måneder etter godkjenningsperioden er utløpt, jf. hfl. § 12.

Søknad om å foreta vesentlige endringer

Dersom man ønsker å foreta vesentlige endringer i forhold til formål, metode, tidsløp eller organisering, skal søknad sendes til den regionale komiteen for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk som har gitt forhåndsgodkjenning. Søknaden skal beskrive hvilke endringer som ønskes foretatt og begrunnelsen for disse, jf. hfl. § 11.

Region:

REK sør-øst A

Saksbehandler:

Elin Evju Sagbakken

Telefon:

22845502

Vår dato:

18.08.2021

Vår referanse:

140090

Jostein Hallén

Prosjektsøknad: Vekst, modning og trening

Søknadsnummer: 140090

Forskningsansvarlig institusjon: Norges idrettshøgskole

Prosjektsøknad: Endring godkjennes.

Søkers beskrivelse

Formål

Denne studien har et langsiktig perspektiv, og har til hensikt å undersøke hvordan ulik type og volum av fysisk aktivitet påvirker kondisjon (maksimalt oksygenopptak) mens barn gjennomgår puberteten. Vi vet at barn utvikler kondisjon som en naturlig konsekvens av at de vokser i puberteten, men det er ikke tilstrekkelig godt nok kjent hvordan fysisk aktivitet og trening påvirker kondisjon utover vekst og modning. Mange barn i tenårene er aktiv i idrett, og noen trener med ønske om å bli toppidrettsutøver og andre for lek og moro. Hvordan ungdom i puberteten bør trene for å utvikle seg best mulig er derimot uklart. Mye av treningen barn i typiske kondisjonsidretter gjennomfører baserer seg på resultater fra studier på voksne eller beste praksis. Fordi barns fysiologi ikke direkte kan sammenlignes med voksne, er det nødvendig å få mer innsikt i hvordan barn responderer på trening for å kunne tilrettelegge for hensiktsmessig trening i tenårene. Vi ønsker derfor å undersøke sammenhengen mellom vekst og modning, fysisk trening og kondisjon, og samtidig forklare de bakenforliggende fysiologiske mekanismene som kan forklare utvikling av kondisjon gjennom puberteten.

Utvelgelse av forsøkspersoner

Vi ønsker å følge to utvalg fra de er 13 til 15 år gamle. Det ene utvalget (utvalg 1) er en gruppe langrennsløpere som er svært aktiv og trener mye. Det andre utvalget (utvalg 2) er e-sport utøvere som er lite fysisk aktiv. Utvalg 2 fungerer som en kontrollgruppe for å undersøke om hele effekten på kondisjon skyldes vekst og modning. Ulike klubber i Oslo-området blir forespurt.

Metoder

Målinger gjennomføres tre ganger i året for utvalg 1, og to ganger i året for utvalg 2. Utvalg 1 gjennomfører normal trening i hele perioden, utenom en 8-ukers treningsintervensjon i starten av studien. I treningsintervensjonen skal utøverne deles i to grupper; én gruppe med økt fokus på kondisjonstrening, og én gruppe med økt fokus på balanse- og koordinasjonstrening. Vi skal gjennomføre ulike målinger for å undersøke vekst, modning og kondisjon. Målinger som gjennomføres for å undersøke vekst og modning er høyde, sittehøyde, vekt, kroppssammensetning og bilde av venstre hånd. For å undersøke de fysiologiske mekanismene bak utvikling av kondisjon, ønsker vi å følge

oksygenets vei fra luft til muskler. Målinger som gjennomføres er lungefunksjon, blodprøve (analyse av hematologiske verdier, jernstatus og hormon), blodvolum- og hemoglobinmasse, hjertets størrelse og slagvolum under arbeid, muskelens oksygenering og en løpstest på tredemølle for å teste maksimalt oksygenopptak (kondisjon). Som en del av treningsintervensjonen skal også en enkel test for balanse og en test for skøyteteknikk på ski gjennomføres. Alle testene er rutine og gjennomføres jevnlig ved Institutt for fysisk prestasjonsevne.

Hypotese

Økt kondisjonstrening og stor treningsmengde har ingen signifikant effekt utover vekst og modning på utvikling av kondisjon hos fysisk aktive barn i puberteten.

Nytteverdi

Dataene vil gi ny kunnskap om trening i puberteten, både innen fagfeltet og praksisfeltet. Fagfeltet vil få mer innsikt i hvordan trening virker på kondisjon i puberteten, og hvordan de bakenforliggende fysiologiske mekanismene for kondisjon blir påvirket av fysisk trening i puberteten. Denne informasjon er mangelfull i dag.

Resultatene vil også gi nyttig informasjon til praksisfeltet om hvordan utøvere, trenere og klubber bør tilnærme seg trening i puberteten. I dag deltar 60% av barn på ungdomstrinnet i organisert idrettsaktivitet. Bedre kunnskap om hvordan trening virker på barn og unge er viktig for å både utvikle toppidrettsutøvere, men også holde på flest barn lengst mulig.

Vi viser til søknad om prosjektendring mottatt 03.07.2021 for ovennevnte forskningsprosjekt. Søknaden er behandlet av leder for REK A på delegert fullmakt fra komiteen, med hjemmel i forskningsetikkforskriften § 7, første ledd, tredje punktum.

Søknaden er vurdert med hjemmel i helseforskningsloven § 11.

REKs vurdering

REK har vurdert følgende endringer:

1) Ny og endret forespørsel om deltakelse.

Prosjektleder har erfart at det har vært svært vanskelig å rekruttere tilstrekkelig antall deltakere fra e-sport klubber og vil derfor endre Utvalg 2 til skoleungdom. Dette kan medføre at noen barn i en klasse er svært aktive tilsvarende Utvalg 1. I dette prosjektet registrer vi deltakelse i idrett (spørreskjema) og daglig fysisk aktivitet (7 dagers aktivitetsmålere) og vil kunne ekskludere disse fra Utvalg 2. Gjennomføringen vil være i samarbeid med skolen og vi vil derfor ikke i utgangspunktet bare spørre barn som ikke er aktive/er inaktive.

2) Endring i prosjektmedarbeidere; Øyvind Skattebo og Sander Sveia Krossen, begge fra Norges idrettshøgskole.

REK har vurdert de omsøkte endringene og har stiller følgende vilkår til en godkjenning:

- Informasjonsskrivene bør språkvaskes da de de inneholder noe skrivefeil.

Informasjonsskrivet må innsendes REK med markerte endringer via skjema "endring og/eller henvendelse" i <https://rekportalen.no/>

Vedtak

REK godkjenner med hjemmel i helseforskningsloven § 11 annet ledd at prosjektet videreføres i samsvar med det som fremgår av søknaden om prosjektendring og i samsvar med de bestemmelser som følger av helseforskningsloven med forskrifter, under forutsetning av at ovennevnte vilkår er oppfylt.

Prosjektet er godkjent frem til sluttdato 31.12.2027.

Etter prosjektslutt skal opplysningene oppbevares i fem år for dokumentasjonshensyn. Enhver tilgang til prosjektdataene skal da være knyttet til behovet for etterkontroll. Prosjektdata skal således ikke være tilgjengelig for prosjektet.

Prosjektleder og forskningsansvarlig institusjon er ansvarlig for at opplysningene oppbevares indirekte personidentifiserbart i denne perioden, dvs. atskilt i en nøkkel- og en datafil. Etter disse fem årene skal data slettes eller anonymiseres.

Vi gjør oppmerksom på at anonymisering kan være mer omfattende enn å kun slette koblingsnøkkelen, jf. Datatilsynets veileder om anonymiserings-teknikker. Vi gjør samtidig oppmerksom på at det også må foreligge et behandlingsgrunnlag etter personvernforordningen. Dette må forankres i egen institusjon.

Vi ber om at alle henvendelser sendes inn via vår saksportal: : <https://rekportalen.no>

Vennligst oppgi vårt referansenummer i korrespondansen.

Sluttmelding

Prosjektleder skal sende sluttmelding til REK på eget skjema via REK-portalen senest senest 6 måneder etter sluttdato 31.12.2027, jf. helseforskningsloven § 12. Dersom prosjektet ikke starter opp eller gjennomføres meldes dette også via skjemaet for sluttmelding.

Søknad om endring

Dersom man ønsker å foreta vesentlige endringer i formål, metode, tidsløp eller organisering må prosjektleder sende søknad om endring via portalen på eget skjema til REK, jf. helseforskningsloven § 11.

Klageadgang

Du kan klage på REKs vedtak, jf. forvaltningsloven § 28 flg. Klagen sendes på eget skjema via REK portalen. Klagefristen er tre uker fra du mottar dette brevet. Dersom REK opprettholder vedtaket, sender REK klagen videre til Den nasjonale forskningsetiske komité for medisin og helsefag (NEM) for endelig vurdering, jf. forskningsetikkloven § 10 og helseforskningsloven § 10.

Med vennlig hilsen

Kristian Bjøro

Professor dr. med.

Leder REK sør-øst A

Elin Evju Sagbakken

Seniorrådgiver

REK sør-øst A

Kopi til:

Norges idrettshøgskole

VEKST, MODNING OG TRENING

BAKGRUNN OG HENSIKT

Du blir spurt om å være med i et forskningsprosjekt ved Norges idrettshøgskole fordi du driver med langrenn i en klubb. Vi vil undersøke hvordan treningen du gjør virker på kroppen din for å bedre forstå hvordan barn og ungdom skal trene når de vokser i tenårene. Om du synes dette høres interessant og gøy ut vil vi spørre deg om du har lyst å være med.

HVA INNEBÆRER STUDIEN?

Du må møte to ganger på Norges idrettshøgskole i september og to ganger i november og én gang i april for å gjennomføre noen tester. Hver gang tar mellom 1-2 timer. Du skal trene som vanlig med klubben din, men i perioden september-oktober vil dere på noen treningsøkter bli delt i to grupper. Da vil den ene gruppen trene ekstra utholdenhetstrening (ekstra intervall) og den andre gruppen vil trene ekstra balanse- og skiteknikktraining. Det meste av treningen vil likevel være felles for alle. Om du driver med andre idretter kan du fortsette med det som normalt.

På Idrettshøgskolen skal vi måle mange ting. Vi skal måle høyde og vekt på vanlig måte og vi skal måle hvor mye muskler du har. Da ligger du på en benk mens et røntgenapparat gjør målingene (bilde). Du kjenner ingen ting.

Vi skal undersøke hjertet ditt ved at lydbølger sendes gjennom kroppen. Du kjenner ingenting til disse lydbølgene. Du ligger på en benk mens legen fører et lite apparat over brystkassen (bilde).

Vi skal også måle hvordan hjertet ditt fungerer når du sykler i 8 minutter på en ergometersyssel. Det kan føles litt slitsomt, men ikke slik at du blir utmattet. Ved hjelp av elektroder på overkroppen vil måle hvor mye blod hjertet pumper.

Kondisjon blir målt ved at du løper på en tredemølle mens du puster gjennom en maske (bilde). Vi måler hvor mye oksygen du bruker, det som kalles det maksimale oksygenopptaket. Denne testen starter på en rolig fart som økes hvert minutt til du blir ganske andpusten og sliten, omtrent som når du løper hardt på trening eller i en konkurranse. Testen varer maksimalt i 10 minutter

Vi skal måle hvor store lunger du har, og hvor mye blod du har. Du sitter på en stol og puster gjennom et munnstykke inn i et apparat (bilde). Ved den ene testen skal du puste hardt noen ganger. Ved den andre testen



Måling av muskelmasse



Måling av hjertet



Måling av blodvolum



Måling av oksygenopptak

skal du puste rolig i 2 minutter. Ved denne testen tar vi noen blodprøver fra en finger. Du vil kjenne et lite stikk.

Vi skal ta en blodprøve fra armen din. Før blodprøven vil du få en krem som bedøver huden slik at det ikke skal gjøre vondt.

Vi skal teste balansen din ved at du hopper på et bein. Til slutt skal du skøyte på rulleski med og uten staver så fort du kan i 40 m.

I en uke vil vi at du skal ha på deg en aktivitetsmåler som festes i et belte på hofta. Den måler hvor mye du beveger deg. Du skal også fylle ut et kort spørreskjema om hvilke idretter du driver med og hvor ofte du er på trening. Dette kan du gjøre hjemme for du kommer til test eller i pausene mellom undersøkelsene.

MULIGE FORDELER OG ULEMPER

Ved å være med på denne undersøkelsen vil du lære litt om kroppen din, hvordan forskning foregår og også lære litt nye treningsøvelser. Kanskje du vil synes det er spennende.

Når vi skal måle hvor mye blod du har, vil vi stikke deg i en finger. Dette kan gjøre litt vondt. Ved blodprøven i armen bedøver vi huden og det vil normalt ikke gjøre vondt. Ingen av de andre undersøkelser er forbundet med smerte. Måling av maksimalt oksygenopptak ved løp på tredemølle er litt slitsomt mot slutten, omtrent som når du løper hardt på trening eller i en konkurranse. Sykkeltesten er mindre hard, men du kan bli litt sliten i beina, spesielt om du ikke sykler mye ellers.

Å være med på dette prosjektet vil kreve litt tid. Du skal møte 4 ganger på Idrettshøgskolen til testing i høst og en gang etter skisesongen. Mellom testene skal du delta på treningene i skiklubben som vanlig med de vanlige trenerne. Du kan også delta på andre treninger i andre idretter, men du må fortelle oss hvilke treninger du er med på ved hjelp av et spørreskjema. I en uke skal du ha på deg en liten boks som måler aktiviteten din. Du skal gjøre akkurat som du pleier bortsett fra at du tar av boksen når du bader og om natten.

HVA SKJER MED PRØVENE OG INFORMASJON OM DEG?

Prøvene og informasjonen vi samler inn vi vi bruke til å finne ut hvordan den treningen du gjør virker på kroppen samtidig med at du vokser. Om du ønsker kan du få alle resultatene dine fra oss. Vi vil også sende deg noen resultater etter at innsamlingen er ferdig. Ingen andre enn du og noen få av oss forskere vil kunne vite hvilke data som tilhører deg. Du blir tildelt et deltaker-nummer og når dataene lagres hos oss vil bare dette nummeret vises sammen med dataene dine. Vi har en liste der vi kan finne ut hvilket nummer som tilhører deg om det skulle bli nødvendig, for eksempel om du vil ha noen av resultatene dine. Når prosjektet er slutt, vil vi også makulere denne listen.

FRIVILLIG Å DELTA

Det er selvsagt frivillig å delta. Du kan når som helst selv bestemme om du ikke vil være med lenger. Du trenger ikke oppi noen grunn for dette. Hvis du lurer på noe kan du spørre trenerne eller forsker Halvard Grendstad (telefon 23 26 23 55, e-post: halvard.grendstad@nih.no).



NORGES
IDRETTSHØGSKOLE

FORESPØRSEL OM DELTAKELSE I FORSKNINGSPROSJEKT OM TRENING I PUBERTETEN

VEKST, MODNING OG TRENING

BAKGRUNN OG HENSIKT

Dette er et spørsmål til deg som foresatt om ditt barn kan delta i et forskningsprosjekt som skal undersøke hvordan trening gjennom puberteten påvirker utvikling av kondisjon. Ditt barn blir forespurt å være med fordi barnet driver med langrenn på fritiden.

Det er mange talentfulle barn- og ungdom som driver aktivt med idrett, og flere har lyst å bli idrettsutøver som voksen. I tenårene er det derfor mange som trener mye for å bli så god som mulig. I samme periode inntreffer puberteten og ungdom vokser veldig fort – de blir høyere, tyngre og sterkere. Hvordan trening virker i denne alderen er fortsatt litt usikkert. Gjennom puberteten utvikler ungdom blant annet bedre kondisjon (maksimalt oksygenopptak), men vi ikke hvor mye av disse endringene som skyldes trening og hva som er et resultat av naturlige kroppslige endringer. Vi har nylig gjennomført en studie som viste at trening selvsagt er viktig, men at trening kanskje virker på en annen måte enn hos voksne.

Vi ønsker derfor i denne studien å undersøke effekten av typisk kondisjonstrening sammenlignet med trening rettet mot balanse- og koordinasjonstrening. Denne delen vil foregå over en kortere del av sesongen, men vi vil også følge barna gjennom hele sesongen for å se på utviklingen i forhold til trening og vekst. Målet vårt er å finne mer ut av hvordan man på best mulig måte kan trene i perioden når kroppen vokser mye, enten ungdom har lyst å bli veldig god eller bare har lyst å drive med idrett for moro skyld.

HVA INNEBÆRER STUDIEN?

Deltakelse i studien innebærer at barnet må gjennomføre tester og målinger på Idrettshøgskolen 3 ganger i løpet av sesongen; tidlig på høsten, i desember og etter sesongslutt. Testene vil foregå etter skoletid i tidsrommet ca 15 til kl 21 (1 - 2 timer hver gang). I perioden mellom de to første testene (ca 8 uker) vil barnet ha fellestreninger *enten* med økt fokus på kondisjonstrening *eller* økt fokus på balanse- og koordinasjonstrening.

På testtidspunktene skal de gjennomføre tester og målinger på hvordan de vokser, hvordan hjertet deres og blodet utvikler seg, og hvordan deres kondisjon utvikler seg. Testene blir gjennomført på Norges idrettshøgskole, og de må komme innom 2 - 3 ganger. Den ene dagen skal vi måle deres

høyde og vekt, og vi skal beregne deres muskelmasse med en røntgenmetode som kalles «DEXA» (Dual-energy X-ray absorptiometry). Med hjelp av DEXA skal vi også ta et bilde av barnets venstre hånd, som blir brukt til å estimere hvor langt de er kommet i puberteten.

Vi skal også undersøke størrelsen på hjertet med ultralyd (ekkokardiografi). Dette gjøres når barnet ligger i ro på en benk. Vi skal også måle hvordan hjertet fungerer når de sykler på en lett og litt tyngre belastning i 4 minutter hver. Dette gjøres ved hjelp av at pulser med umerkelig strøm sendes mellom elektroder festet til kroppen og motstanden beregnes. Endringen i motstand er et mål på hvor mye blod hjertet pumper.

Kondisjon blir målt ved at barnet løper på en tredemølle, og vi måler hvor mye oksygen de bruker. På denne testen løper de til de blir ganske andpusten og sliten, men testen varer ikke mer enn maksimalt 10 minutter (starter lett og gradvis økende belastning). I tillegg skal de gjennomføre en lungefunksjonstest, som gir et mål på størrelsen og hvordan lungene fungerer. Barnet skal sitte i ro på en stol og puste rolig inn og ut av et munnstykke et par ganger før lungene fylles maksimalt med luft, for så å puste hardt og lenge ut.

Vi skal også måle hvor mange liter blod barnet har. Det gjøres ved at barnet puster i et munnstykke forbundet med et kammer med oksygen tilsatt en liten mengde CO-gass. Samtidig med testen skal det tas blodprøver fra stikk i fingeren. Vi skal også ta en blodprøve fra en armvene for måling av «blodprosent» (hemoglobinkonsentrasjon), jernstatus og kjønnshormoner (For gutter og jenter: testosteron, luteiniserende hormon, follikkelstimulerende hormon. I tillegg for jenter: Østradiol og progesteron).

Vi vil også teste barnet sin balanse og koordinasjon. Dette gjøres ved en kort hoppetest på ett og ett bein, og en rulleskitest innendørs der de skal skøyte en kort distanse med og uten staver så raskt de kan.

På høsten skal barna altså deles i to grupper med litt ulikt treningsfokus. Under disse 8 ukene skal de likevel trene med treningsgruppen sin som vanlig, men det vil være ekstra trenere for å sørge for en god organisering av de litt ulike oppleggene. Den ene treningsgruppen skal gjennomføre ekstra trening med intervaller mens den andre gruppen skal ha ekstra fokus på balanse, koordinasjon, styrke og skiteknikk. Under 7 kontinuerlige dager i løpet av disse ukene vil vi også kontrollere barnas fysiske aktivitet ved hjelp av et akselerometer, som er et lite belte de har på seg rundt livet. Vi vil også registrere puls under utvalgte treninger, for å kontrollere intensiteten i treningsøktene.

Til slutt vil vi ved hjelp av spørreskjemaer registrere treningen barnet gjør gjennom sesongen.

All testing og trening gjennomføres på eller ved Norges idrettshøgskole.

MULIGE FORDELER OG ULEMPER

Ved å være med i studien vil barnet lære litt om hvordan forskning foregår. Kanskje de vil synes det er spennende. Du og barnet vil få vite mye om hvordan kroppen deres vokser og hvordan deres kondisjon utvikler seg i perioden de er med i studien. Barnet vil kanskje også lære litt om andre treningsformer som kan være gunstig for skiteknikk, og de vil få ekstra tett oppfølging på trening av trener og instruktører i de 8 ukene treningsforsøket varer.

Måling av kondisjon på tredemølle medfører at barnet må løpe til de blir ganske sliten, men for barn og unge er dette sannsynligvis ikke en ukjent følelse. De skal tas en blodprøve fra en armvene. Dette kan oppleves som skremmende for barna, men huden bedøves med krem slik at de ikke vil kjenne smerte. Stikk i huden kan potensielt gi betennelse i huden. Prøven blir tatt av trent personell og standard rutiner for utstyr og prøvetaking blir fulgt og infeksjoner er svært sjeldne. De øvrige testene er uten vesentlig ubehag eller anstrengelse. DEXA er en røntgenmetode med svært lav strålebelastning, og representerer en ubetydelig ekstra stråledose i forhold til hva man utsettes for ellers. Om det blir gjort tilfeldige funn ved undersøkelsene som kan gi mistanke om sykdom, vil dere bli informert og henvist til videre undersøkelser hos lege eller sykehus.

FRIVILLIG DELTAKELSE OG MULIGHET FOR Å TREKKE SEG FRA STUDIEN

Det er frivillig å delta i prosjektet. Dersom du og barnet ønsker å delta, undertegner du samtykkeerklæringen på siste side. Du kan når som helst og uten å oppgi noen grunn trekke ditt samtykke. Dersom du trekker barnet fra prosjektet, kan du kreve å få slettet innsamlede prøver og opplysninger, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner. Dersom du senere ønsker å trekke samtykket til deltagelse eller har spørsmål til studien, kan du kontakte Halvard Grendstad (telefon 23 26 23 55, e-post: halvard.grendstad@nih.no) eller Jostein Hallén (telefon 23 26 23 14/9703 9433, e-post: jostein.hallen@nih.no)

DITT PERSONVERN – HVORDAN VI OPPBEVARER OG BRUKER BARNETS OPPLYSNINGER?

Vi vil bare bruke opplysningene om barnet til formålene vi har fortalt om i dette skrevet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket.

Alle opplysningene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjenkende opplysninger. En kode knytter barnet til opplysninger gjennom en navneliste som oppbevares innelåst og adskilt fra øvrige data. Det er kun autorisert personell knyttet til prosjektet som har adgang til navnelisten og som kan finne tilbake til barnet. Det vil ikke være mulig å identifisere barnet i resultatene av studien når disse publiseres.

Prosjektet skal etter planen avsluttes 31/12-2027. Dette inkluderer at informasjon om barnet vil bli oppbevart i 5 år på forskningsserver ved NIH etter at den er samlet inn for etterprøvbarehet og kontroll før de slettes.

Spesialister fra Rikshospitalet vil gjennomføre undersøkelsene av hjertet. Ved å delta i prosjektet, samtykker du også til at vi deler opplysningene vi har samlet inn om barnet knyttet til formålet med dette prosjektet til våre medarbeidere ved Rikshospitalet. Forskerne ved sykehuset skal bare bruke opplysningene til dette prosjektet slik oppgitt i dette skrevet. Opplysningene blir overført aidentifisert og det er bare våre registrerte forskningsmedarbeidere som vil ha tilgang til dataene, og opplysningene blir ikke journalført ved sykehuset.

Prosjektleder har ansvar for den daglige driften av forskningsprosjektet og at opplysninger om deg blir behandlet på en sikker måte.

DERES RETTIGHETER

Så lenge barnet kan identifiseres i datamaterialet, har dere rett til:

- innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om barnet,
- om det er aktuelt, å få rettet personopplysninger,
- få slettet personopplysninger om barnet,
- få utlevert en kopi av dine personopplysninger (dataportabilitet), og
- å sende klage til personvernombudet eller Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger.

FORSIKRING

Alle deltakerne er forsikret ved at NIH og som statlig institusjon er selvassurandør.

OPPFØLGINGSPROSJEKT

Vi planlegger å gjennomføre et lignende prosjekt påfølgende sesong (2021-2022). Da vil barnet få tilbud om å få gjentatt alle eller noen av målingene. Vi understreker dog at selv om barnet deltar nå er det ikke forpliktet til å være med senere.

HVA GIR OSS RETT TIL Å BEHANDLE PERSONOPPLYSNINGER OM DEG?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra Norges idrettshøgskole har NSD – Norsk senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

HVOR KAN JEG FINNE UT MER?

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- Prosjektansvarlig: Jostein Hallén (telefon 23 26 23 14/9703 9433, e- post: jostein.hallen@nih.no) eller stipendiat Halvard Grendstad (telefon 23 26 23 55, e-post: halvard.grendstad@nih.no).
- Vårt personvernombud: Karine Justad (karine.justad@nih.no; telefon: 23 26 20 89/975 36 704).
- Norsk senter for forskningsdata AS, epost (personverntjenester@nsd.no) eller telefon: 55 58 21 17.

HVA SKJER MED PRØVER SOM BLIR TATT AV BARNET?

Blodprøvene som tas av barnet skal destrueres like etter analyse, senest 2 måneder etter at prøven er tatt.

GODKJENNING

Prosjektet er godkjent av Regional komite for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk, saksnummer 140090 (2020).

SAMTYKKE TIL DELTAKELSE I PROSJEKTET

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «Vekst, modning og trening», og har fått anledning til å stille spørsmål.

Jeg samtykker til at barnet mitt kan delta i datainnsamlingen som er beskrevet ovenfor.

Jeg samtykker også til at barnets opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet, ca. 31/12 2027

Navn på barnet: _____

Som foresatte til barnet samtykker vi til at han/hun kan delta i prosjektet

Sted og dato

Foresattes signatur

Foresattes navn med trykte bokstaver

Sted og dato

Foresattes signatur

Foresattes navn med trykte bokstaver

INFORMASJON TIL DELTAKERE I FORSKNINGSPROSJEKTET

VEKST, MODNING OG TRENING

BAKGRUNN OG HENSIKT

Du blir spurt om å være med i et forskningsprosjekt ved Norges idrettshøgskole fordi vi vil undersøke hvordan kroppen din og din kondisjon utvikler seg mens du vokser. Vi ønsker å vite mer om dette for å forstå litt mer om hvordan ungdom som driver med ulike aktiviteter i tenårene utvikler seg. Om du synes dette høres interessant og gøy ut vil vi senere spørre deg om du har lyst å være med.

HVA INNEBÆRER STUDIEN?

Du må møte én gang på Norges idrettshøgskole i september og én gang i for å gjennomføre noen tester. Hver gang tar omtrent 2 timer.

På Idrettshøgskolen skal vi måle mange ting. Vi skal måle høyde og vekt på vanlig måte og vi skal måle hvor mye muskler du har. Da ligger du på en benk mens et røntgenapparat gjør målingene (bilde). Du kjenner ingen ting.

Vi skal undersøke hjertet ditt ved at lydbølger sendes gjennom kroppen. Du kjenner ingenting til disse lydbølgene. Du ligger på en benk mens legen fører et lite apparat over brystkassen (bilde).

Vi skal også måle hvordan hjertet ditt fungerer når du sykler i 8 minutter på en ergometersyssel. Det kan føles litt slitsomt, men ikke slik at du blir utmattet. Ved hjelp av elektroder på overkroppen vil vi måle hvor mye blod hjertet ditt pumper.

Kondisjon blir målt ved at du løper på en tredemølle mens du puster gjennom en maske (bilde). Vi måler hvor mye oksygen du bruker, det som kalles det maksimale oksygenopptaket. Denne testen starter på en rolig fart som økes hvert minutt til du blir ganske andpusten og sliten, omtrent som når du løper hardt på trening eller i en konkurranse. Testen varer maksimalt i 10 minutter

Vi skal måle hvor store lunger du har, og hvor mye blod du har. Du sitter på en stol og puster gjennom et munnstykke inn i et apparat (bilde). Ved den ene testen skal du puste hardt noen ganger. Ved den andre testen



Måling av muskelmasse



Måling av hjertet



Måling av blodvolum



Måling av oksygenopptak

skal du puste rolig i 2 minutter. Ved denne testen tar vi noen blodprøver fra en finger. Du vil kjenne et lite stikk.

Vi skal ta en blodprøve fra armen din. Før blodprøven vil du få en krem som bedøver huden slik at det ikke skal gjøre vondt.

I en uke vil vi at du skal ha på deg en aktivitetsmåler som festes i et belte på hofta. Den måler hvor mye du beveger deg. Du skal også fylle ut et kort spørreskjema om hvilke idretter du driver med og hvor ofte du er på trening. Dette kan du gjøre hjemme for du kommer til test eller i pausene mellom undersøkelsene

MULIGE FORDELER OG ULEMPER

Ved å være med på denne undersøkelsen vil du lære litt om kroppen din og hvordan forskning foregår. Kanskje du vil synes det er spennende.

Når vi skal måle hvor mye blod du har, vil vi stikke deg i en finger. Dette kan gjøre litt vondt. Ved blodprøven i armen bedøver vi huden og det vil normalt ikke gjøre vondt. Ingen av de andre undersøkelsene er forbundet med smerte. Måling av maksimalt oksygenopptak ved løp på tredemølle er litt slitsomt mot slutten, omtrent som når du løper hardt på trening eller i en konkurranse. Sykkeltesten er mindre hard, men du kan bli litt sliten i beina, spesielt om du ikke sykler mye ellers.

Å være med på dette prosjektet vil kreve litt tid. Du skal møte 2 ganger på Idrettshøgskolen til testing i høst. Det meste vil foregå i skoletiden. Mellom testene skal du delta på de aktivitetene du vil, men du må fortelle oss hvilke treninger du er med på ved hjelp av et spørreskjema. I en uke skal du ha på deg en liten boks som måler aktiviteten din. Du skal gjøre akkurat som du pleier bortsett fra at du tar av boksen når du bader og om natten.

HVA SKJER MED PRØVENE OG INFORMASJON OM DEG?

Prøvene og informasjonen vi samler inn vi vi bruke til å finne ut hvordan den treningen du gjør virker på kroppen samtidig med at du vokser. Om du ønsker kan du få alle resultatene dine fra oss. Vi vil også sende deg noen resultater etter at innsamlingen er ferdig. Ingen andre enn du og noen få av oss forskere vil kunne vite hvilke data som tilhører deg. Du blir tildelt et deltaker-nummer, og når dataene lagres hos oss vil bare dette nummeret vises sammen med dataene dine. Vi har en liste der vi kan finne ut hvilket nummer som tilhører deg om det skulle bli nødvendig, for eksempel om du vil ha noen av resultatene dine. Når prosjektet er slutt, vil vi også makulere denne listen.

FRIVILLIG Å DELTA

Det er selvsagt frivillig å delta. Du kan når som helst selv bestemme om du ikke vil være med lenger. Du trenger ikke oppi noen grunn for dette. Hvis du lurer på noe kan du spørre Halvard Grendstad (telefon 23 26 23 55, e-post: halvard.grendstad@nih.no).



FORESPØRSEL OM DELTAKELSE I FORSKNINGSPROSJEKT OM FYSISK AKTIVITET OG UTVIKLING I PUBERTETEN

VEKST, MODNING OG TRENING

BAKGRUNN OG HENSIKT

Dette er et spørsmål til deg som foresatt om ditt barn kan delta i et forskningsprosjekt som skal undersøke hvordan fysisk aktivitet gjennom puberteten påvirker utvikling av kondisjon (maksimalt oksygenopptak).

I tenårene er det mange barn og unge som velger mer stillesittende aktivitet framfor mer «typisk» organisert idrett. Fysisk aktivitet blir ansett som viktig for barns generelle fysiske form og helse, men det er fortsatt usikkert hvordan ulikt fysisk aktivitetsnivå påvirker utvikling av kondisjon mens barna gjennomgår puberteten. I denne perioden vokser ungdom veldig fort – de blir høyere, sterkere og tyngre på kort tid. Kondisjonen utvikler seg mens de vokser, men vi vet ikke hvor mye av kondisjonen som bestemmes av vekst og modning, eller trening og fysisk aktivitet. Dette har sammenheng med at det i denne perioden skjer mange naturlige endringer i kroppen som kan innvirke på barnas kondisjon.

Vi ønsker derfor i denne studien å undersøke hvordan kondisjonen til vanlig skoleungdom utvikler seg sammenlignet med ungdom som driver med svært mye fysisk aktivitet. Det gjør ingenting om barnet ditt trener utenom skoletid. Vi vil registrere aktiviteten og gruppere ungdommene etterpå. Målet vårt er å finne mer ut av hvor stor betydning fysisk aktivitet har for utvikling av kondisjon i denne perioden.

HVA INNEBÆRER STUDIEN?

Deltakelse i studien innebærer at barnet må gjennomføre tester og målinger på Idrettshøgskolen 2 ganger i løpet av året; tidlig på høsten og i desember.

På testtidspunktene skal de gjennomføre tester og målinger på hvordan de vokser, hvordan hjertet deres og blodet utvikler seg, og hvordan deres kondisjon utvikler seg. Testene blir gjennomført på Norges idrettshøgskole, og de må komme innom én dag med varighet på 2-3 timer hver gang. Vi skal måle deres høyde og vekt, og vi skal beregne deres muskelmasse med en røntgenmetode som kalles «DEXA» (Dual-energy X-ray absorptiometry). Med hjelp av DEXA skal vi også ta et bilde av barnets venstre hånd, som blir brukt til å estimere hvor langt de er kommet i puberteten.

Vi skal også undersøke størrelsen på hjertet med ultralyd (ekkokardiografi). Dette gjøres når barnet ligger i ro på en benk. Vi skal også måle hvordan hjertet fungerer når de sykler på en lett og litt tyngre belastning i 4 minutter hver. Dette gjøres ved hjelp av at pulser med umerkelig strøm sendes mellom elektroder festet til kroppen og motstanden beregnes. Endringen i motstand er et mål på hvor mye blod hjertet pumper.

Kondisjon blir målt ved at barnet løper på en tredemølle, og vi måler hvor mye oksygen de bruker. På denne testen løper de til de blir ganske andpusten og sliten, men testen varer ikke mer enn maksimalt 10 minutter (starter lett og gradvis økende belastning). I tillegg skal de gjennomføre en lungefunksjonstest, som gir et mål på størrelsen og hvordan lungene fungerer. Barnet skal sitte i ro på en stol og puste rolig inn og ut av et munnstykke et par ganger før lungene fylles maksimalt med luft, for så å puste hardt og lenge ut.

Vi skal også måle hvor mange liter blod barnet har. Det gjøres ved at barnet puster i et munnstykke forbundet med et kammer med oksygen tilsatt en liten mengde CO-gass. Samtidig med testen skal det tas blodprøver fra stikk i fingeren. Vi skal også ta en blodprøve fra en armvene for måling av «blodprosent» (hemoglobinkonsentrasjon), jernstatus og kjønns hormoner (For gutter og jenter: testosteron, luteiniserende hormon, follikkelstimulerende hormon. I tillegg for jenter: Østradiol og progesteron).

Under 7 kontinuerlige dager i løpet av høsten 2021 skal vi også kontrollere barnas fysiske aktivitet ved hjelp av et akselerometer, som er et lite belte de har på seg rundt livet. Barnet skal da gå med beltet på seg hele dagen.

Til slutt vil vi ved hjelp av et spørreskjema registrere treningen barnet gjør gjennom året.

All testing og trening gjennomføres på eller ved Norges idrettshøgskole.

MULIGE FORDELER OG ULEMPER

Ved å være med i studien vil barnet lære litt om hvordan forskning foregår. Kanskje de vil synes det er spennende. Du og barnet vil få vite mye om hvordan kroppen deres vokser og hvordan deres kondisjon utvikler seg i perioden de er med i studien.

Måling av kondisjon på tredemølle medfører at barnet må løpe til de blir ganske sliten, men for barn og unge er dette sannsynligvis ikke en ukjent følelse. De skal tas en blodprøve fra en armvene. Dette kan oppleves som skremmende for barna, men huden bedøves med krem slik at de ikke vil kjenne smerte. Stikk i huden kan potensielt gi betennelse i huden. Prøven blir tatt av trent personell og standard rutiner for utstyr og prøvetaking blir fulgt og infeksjoner er svært sjeldne. De øvrige testene er uten vesentlig ubehag eller anstrengelse. DEXA er en røntgenmetode med svært lav strålebelastning, og representerer en ubetydelig ekstra stråledose i forhold til hva man utsettes for til daglig. Om det blir gjort tilfeldige funn ved undersøkelsene som kan gi mistanke om sykdom, vil dere bli informert og henvist til videre undersøkelser hos lege eller sykehus.

FRIVILLIG DELTAKELSE OG MULIGHET FOR Å TREKKE SEG FRA STUDIEN

Det er frivillig å delta i prosjektet. Dersom du og barnet ønsker å delta, undertegner du samtykkeerklæringen på siste side. Du kan når som helst og uten å oppgi noen grunn trekke ditt samtykke. Dersom du trekker barnet fra prosjektet, kan du kreve å få slettet innsamlede prøver og

opplysninger, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner. Dersom du senere ønsker å trekke samtykket til deltagelse eller har spørsmål til studien, kan du kontakte Halvard Grendstad (telefon 23 26 23 55, e-post: halvard.grendstad@nih.no) eller Jostein Hallén (telefon 23 26 23 14/9703 9433, e-post: jostein.hallen@nih.no)

DITT PERSONVERN – HVORDAN VI OPPBEVARER OG BRUKER BARNETS OPPLYSNINGER?

Vi vil bare bruke opplysningene om barnet til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket.

Alle opplysningene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjenkende opplysninger. En kode knytter barnet til opplysninger gjennom en navneliste som oppbevares innelåst og adskilt fra øvrige data. Det er kun autorisert personell knyttet til prosjektet som har adgang til navnelisten og som kan finne tilbake til barnet. Det vil ikke være mulig å identifisere barnet i resultatene av studien når disse publiseres.

Prosjektet skal etter planen avsluttes 31/12-2027. Dette inkluderer at informasjon om barnet vil bli oppbevart i 5 år på forskningsserver ved NIH etter at den er samlet inn for etterprøvbarehet og kontroll før de slettes.

Spesialister fra Rikshospitalet vil gjennomføre undersøkelsene av hjertet. Ved å delta i prosjektet, samtykker du også til at vi deler opplysningene vi har samlet inn om barnet knyttet til formålet med dette prosjektet til våre medarbeidere ved Rikshospitalet. Forskerne ved sykehuset skal bare bruke opplysningene til dette prosjektet slik oppgitt i dette skrivet. Opplysningene blir overført avidentifisert og det er bare våre registrerte forskningsmedarbeidere som vil ha tilgang til dataene, og opplysningene blir ikke journalført ved sykehuset.

Prosjektleder har ansvar for den daglige driften av forskningsprosjektet og at opplysninger om deg blir behandlet på en sikker måte.

DERES RETTIGHETER

Så lenge barnet kan identifiseres i datamaterialet, har dere rett til:

- innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om barnet,
- om det er aktuelt, å få rettet personopplysninger,
- få slettet personopplysninger om barnet,
- få utlevert en kopi av dine personopplysninger (dataportabilitet), og
- å sende klage til personvernombudet eller Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger.

FORSIKRING

Alle deltakerne er forsikret ved at NIH og som statlig institusjon er selvsassurandør.

OPPFØLGINGSPROSJEKT

Vi planlegger å gjennomføre et lignende prosjekt påfølgende år (2022-2023). Da vil barnet få tilbud om å få gjentatt alle eller noen av målingene. Vi understreker dog at selv om barnet deltar nå er det ikke forpliktet til å være med senere.

HVA GIR OSS RETT TIL Å BEHANDLE PERSONOPPLYSNINGER OM DEG?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra Norges idrettshøgskole har NSD – Norsk senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

HVOR KAN JEG FINNE UT MER?

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- Prosjektansvarlig: Jostein Hallén (jostein.hallen@nih.no; tlf.: 23 26 23 14/9703 9433) eller stipendiat Halvard Grendstad (halvard.grendstad@nih.no; tlf.: 23 26 23 55).
- Vårt personvernombud: Karine Justad (karine.justad@nih.no; tlf.: 23 26 20 89/975 36 704).
- Norsk senter for forskningsdata AS, epost (personverntjenester@nsd.no); tlf.: 55 58 21 17.

HVA SKJER MED PRØVER SOM BLIR TATT AV BARNET?

Blodprøvene som tas av barnet skal destrueres like etter analyse, senest 2 måneder etter at prøven er tatt.

GODKJENNING

Prosjektet er godkjent av Regional komite for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk, saksnummer 140090 (2020).

SAMTYKKE TIL DELTAKELSE I PROSJEKTET

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «Vekst, modning og trening», og har fått anledning til å stille spørsmål.

Jeg samtykker til at barnet mitt kan delta i datainnsamlingen som er beskrevet ovenfor.

Jeg samtykker også til at barnets opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet, ca. 31/12 2027.

Navn på barnet: _____

Som foresatte til barnet samtykker vi til at han/hun kan delta i prosjektet

Sted og dato

Foresattes signatur

Foresattes navn med trykte bokstaver

Sted og dato

Foresattes signatur

Foresattes navn med trykte bokstaver

Egenerklæring for forsøkspersoner prosjektet: Vekst, modning og trening

Etternavn:	Fornavn:
------------	----------

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.

Spørsmål	JA	NEI
1. Kjenner du til at du har en hjertesjukdom?		
2. Hender det du får brystmerter i hvile eller i forbindelse med fysisk aktivitet?		
3. Kjenner du til at du har høyt blodtrykk?		
4. Bruker du for tiden medisiner for høyt blodtrykk eller hjertesjukdom? (f.eks. vanndrivende midler)?		
5. Har noen av dine foreldre, søsken eller barn fått hjerteinfarkt eller dødd plutselig (før fylte 55 år for menn og 65 år for kvinner)?		
6. Røyker du?		
7. Har du besvimt i løpet av de siste seks månedene?		
8. Hender det du mister balansen på grunn av svimmelhet?		
9. Har du sukkersjuka (diabetes)?		
10. Får du allergiske eller hypersensitive reaksjoner av bedøvelse?		
11. Kjenner du til noen annen grunn 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 eller får feber.

Lunger: _____

Hjerte: _____

Blodtrykk: _____

Sign. lege: _____

Fornavn: _____



Kartlegging av idrettsaktivitet/fysisk aktivitet i «Vekst, modning og trening» (2 sider).

Høst 2021 – august 2021 til november 2021

1. Omtrent hvor mange ganger har du trent hver uke i høst (**inkludert** konkurranser/kamper)?

Trener ikke ukentlig	1 gang per uke	2-3 ganger per uke	4-6 ganger per uke	>6 ganger per uke

2. Hvilke idretter/mosjonsaktiviteter har du drevet med i høst og hvor mange ganger i uken har du i gjennomsnitt gjort hver idrett?

Type idrett/mosjonsaktivitet	1 gang per uke	2-3 ganger per uke	4-6 ganger per uke	>6 ganger per uke

3. Har du startet med noen nye idretter/mosjonsaktiviteter høsten 2021? I så fall hvilke?

Svar: _____

4. Omtrent hvor mange timer har du trent hver uke i høst (**inkludert** konkurranser/kamper)?

Type trening	Timer
Styrketrening	
Utholdhetstrening (f.eks. løping, rulleski eller sykling)	
Ballidrett (f.eks. fotball eller håndball)	
Annet	
Totalt antall timer per uke	

5. I en **gjennomsnittlig uke i høst**, hvor mange av de oppførte timene har bestått av langkjøring (f.eks. lange løpeturer eller sykkelturer) eller intervalltrening?

Type trening	Langkjøring	Intervaller
Timer		

6. Har du trent mer i høst enn du gjorde på samme tid i fjor?

	Ja, trent mer	Omtrent det samme	Nei, trent mindre
Sett kryss			

7. Har du vært syk/skadet i høst slik at du ikke har fått trent? Hvis ja, sett kryss for hvor lenge? Legg ved evt. kommentar hvis du vil utdype.

	1 uke eller mindre	1-2 uker	2 uker eller mer
Sett kryss			

Evt. kommentar til spm. 7: _____

Takk for at du tok deg tid til å fylle ut skjemaet! 😊

Måling av fysisk aktivitet i studien «Vekst, modning og trening»

Vi er interesserte i barnas fysiske aktivitetsnivå. Vi ber derfor ditt barn gå med en aktivitetsmåler, et akselerometer, i en uke (onsdag-onsdag). Under følger viktig informasjon angående bruken av denne. Barna får også denne informasjonen muntlig når vi deler ut akselerometer på trening, men fint om dere kan gå igjennom denne med dem.

Det elastiske beltet skal festes rundt hoftene slik at måleren sitter tett inntil kroppen på **høyre side**. Den **svarte knappen** på måleren skal peke **oppover**. Måleren registrerer automatisk, og det er ingen av/på-knapp.



Barna skal ta måleren av seg om natten når de skal sove, og når de skal dusje/bade (**den er ikke vanntett**). De skal ellers bruke den til trening som normalt, selv om de blir svett eller litt våt.



Barna skal ha måleren på seg fra de står opp om morgenen til de legger seg om kvelden. De må også huske å fylle ut litt informasjon om dagens aktivitetsnivå i plakaten de får utdelt (og som også ligger som kopi i epost). Ta godt vare på måleren.

Hvis dere lurer på noe, ta kontakt på epost (halvardg@nih.no) eller telefon (kontor: 232 62 355, mobil: 975 05 974). **Vi samler inn måleren på trening (evt. ta måleren med hvis barna har testing) onsdag 3. november.** Hvis ditt barn ikke kan stille da ta kontakt.



NORGES IDRETTSHØGSKOLE

Fornavn: _____

Heng meg opp på ett sted hvor jeg er synlig!
(på kjøleskapet, dodøra eller liknende)

Har du husket aktivitetsmåleren i dag?



	DAG	DATO	Skoledag?	Hvor aktiv har du vært i løpet av dagen? (tenk på det du har gjort utenom organisert trening)		
1	____ dag	___/___	JA / NEI	Litt	Moderat (en del)	Veldig
2	____ dag	___/___	JA / NEI	Litt	Moderat (en del)	Veldig
3	____ dag	___/___	JA / NEI	Litt	Moderat (en del)	Veldig
4	____ dag	___/___	JA / NEI	Litt	Moderat (en del)	Veldig
5	____ dag	___/___	JA / NEI	Litt	Moderat (en del)	Veldig
6	____ dag	___/___	JA / NEI	Litt	Moderat (en del)	Veldig
7	____ dag	___/___	JA / NEI	Litt	Moderat (en del)	Veldig

Fyll ut informasjon over for hver dag. Ta måleren og dette arket med på trening
onsdag 3. november, så samler vi det inn etter økten ☺

Send epost eller ring om du har spørsmål (halvardg@nih.no, 975 05 974)

Tusen takk for hjelpen!

Måler nr: _____

BMJ PUBLISHING GROUP LTD. LICENSE
TERMS AND CONDITIONS

May 31, 2022

This Agreement between Norwegian School of Sports Sciences -- Sander Krossen ("You") and BMJ Publishing Group Ltd. ("BMJ Publishing Group Ltd.") consists of your license details and the terms and conditions provided by BMJ Publishing Group Ltd. and Copyright Clearance Center.

License Number	5318251038432
License date	May 29, 2022
Licensed Content Publisher	BMJ Publishing Group Ltd.
Licensed Content Publication	Archives of Disease in Childhood
Licensed Content Title	Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity: British children, 1965. I.
Licensed Content Author	J. M. Tanner,R. H. Whitehouse,M. Takaishi
Licensed Content Date	Jan 1, 1966
Licensed Content Volume	41
Licensed Content Issue	219
Type of Use	Dissertation/Thesis

<https://s100.copyright.com/CustomerAdmin/PLF.jsp?ref=d784779e-630d-4041-9c7c-7d37ad1570af>

Slide 1 av 5

<https://s100.copyright.com/CustomerAdmin/PLF.jsp?ref=d784779e-630d-4041-9c7c-7d37ad1570af>

Slide 2 av 5

Requestor type	Individual
Format	Print and electronic
Portion	Figure/table/extract
Number of figure/table/extracts	2
Description of figure/table/extracts	Figure 8. and 9.
Will you be translating?	No
Circulation/distribution	2
Title	Master thesis: Kondisjonstrening hos barn og unge: Gir det effekt på hjertets slagvolum utover normal vekst og modning?
Institution name	Norwegian School of Sport Sciences
Expected presentation date	Jun 2022
Portions	Figure 8. and 9.
Requestor Location	Norwegian School of Sports Sciences Hasleveien 14
Publisher Tax ID	Oslo, Oslo 0571 Norway Attn: Norwegian School of Sports Sciences GB674738491

Total 0.00 GBP

Terms and Conditions

BMJ Terms and Conditions for Permissions

When you submit your order you are subject to the terms and conditions set out below. You will also have agreed to the Copyright Clearance Center's ("CCC") terms and conditions regarding billing and payment <https://s100.copyright.com/App/PaymentTermsAndConditions.jsp>. CCC are acting as BMJ Publishing Group Limited's ("BMJs") agent.

Subject to the terms set out herein, BMJ hereby grants to you (the Licensee) a non-exclusive, non-transferable licence to re-use material as detailed in your request for this/those purpose(s) only and in accordance with the following conditions:

- 1) Scope of Licence:** Use of the Licensed Material(s) is restricted to the ways specified by you during the order process and any additional use(s) outside of those specified in that request, require a further grant of permission.
- 2) Acknowledgement:** In all cases, due acknowledgement to the original publication with permission from BMJ should be stated adjacent to the reproduced Licensed Material. The format of such acknowledgement should read as follows: "Reproduced from [publication title, author(s), volume number, page numbers, copyright notice year] with permission from BMJ Publishing Group Ltd."
- 3) Third Party Material:** BMJ acknowledges to the best of its knowledge, it has the rights to licence your reuse of the Licensed Material, subject always to the caveat that images/diagrams, tables and other illustrative material included within, which have a separate copyright notice, are presumed as excluded from the licence. Therefore, you should ensure that the Licensed Material you are requesting is original to BMJ and does not carry the copyright of another entity (as credited in the published version). If the credit line on any part of the material you have requested in any way indicates that it was reprinted or adapted by BMJ with permission from another source, then you should seek permission from that source directly to re-use the Licensed Material, as this is outside of the licence granted herein.
- 4) Altering/Modifying Material:** The text of any material for which a licence is granted may not be altered in any way without the prior express permission of BMJ. If adaptation of the material has been approved via bmj.permissions@bmj.com you must include the disclaimer: "Adapted by permission from BMJ Publishing Group Limited. [publication title, author, volume number, page numbers, copyright notice year]"
- 5) Reservation of Rights:** BMJ reserves all rights not specifically granted in the combination of (i) the licence details provided by you and accepted in the course of this licensing transaction, (ii) these terms and conditions and (iii) CCC's Billing and Payment Terms and Conditions.
- 6) Timing of Use:** First use of the Licensed Material must take place within 12 months of the grant of permission.
- 7) Creation of Contract and Termination:** Once you have submitted an order via RightsLink and this is received by CCC, and subject to you completing accurate details of your proposed use, this is when a binding contract is in effect and our acceptance occurs. As

<https://s100.copyright.com/CustomerAdmin/PLF.jsp?ref=d784779e-630d-4041-9c7c-7d37ad1570af>

Slide 3 av 5

- you are ordering rights from a periodical, to the fullest extent permitted by law, you will have no right to cancel the contract from this point other than for BMJ's material breach or fraudulent misrepresentation or as otherwise permitted under a statutory right. Payment must be made in accordance with CCC's Billing and Payment Terms and conditions. In the event that you breach any material condition of these terms and condition or any of CCC's Billing and Payment Terms and Conditions, the license is automatically terminated upon written notice from BMJ or CCC or as otherwise provided for in CCC's Billing and Payment Terms and Conditions, where these apply. Continued use of materials where a licence has been terminated, as well as any use of the Licensed Materials beyond the scope of an unrevoked licence, may constitute intellectual property rights infringement and BMJ reserves the right to take any and all action to protect its intellectual property rights in the Licensed Materials.
- 8) Warranties:** BMJ makes no express or implied representations or warranties with respect to the Licensed Material and to the fullest extent permitted by law this is provided on an "as is" basis. For the avoidance of doubt BMJ does not warrant that the Licensed Material is accurate or fit for any particular purpose.
 - 9) Limitation of Liability:** To the fullest extent permitted by law, BMJ disclaims all liability for any indirect, consequential or incidental damages (including without limitation, damages for loss of profits, information or interruption) arising out of the use or inability to use the Licensed Material or the inability to obtain additional rights to use the Licensed Material. To the fullest extent permitted by law, the maximum aggregate liability of BMJ for any claims, costs, proceedings and demands for direct losses caused by BMJ's breaches of its obligations herein shall be limited to twice the amount paid by you to CCC for the licence granted herein.
 - 10) Indemnity:** You hereby indemnify and hold harmless BMJ and their respective officers, directors, employees and agents, from and against any and all claims, costs, proceeding or demands arising out of your unauthorised use of the Licensed Material.
 - 11) No Transfer of Licence:** This licence is personal to you, and may not be assigned or transferred by you without prior written consent from BMJ or its authorised agent(s). BMJ may assign or transfer any of its rights and obligations under this Agreement, upon written notice to you.
 - 12) No Amendment Except in Writing:** This licence may not be amended except in a writing signed by both parties (or, in the case of BMJ, by CCC on BMJ's behalf).
 - 13) Objection to Contrary terms:** BMJ hereby objects to any terms contained in any purchase order, acknowledgment, check endorsement or other writing prepared by you, which terms are inconsistent with these terms and conditions or CCC's Billing and Payment Terms and Conditions. These terms and conditions, together with CCC's Billing and Payment Terms and Conditions (which to the extent they are consistent are incorporated herein), comprise the entire agreement between you and BMJ (and CCC) and the Licensee concerning this licensing transaction. In the event of any conflict between your obligations established by these terms and conditions and those established by CCC's Billing and Payment Terms and Conditions, these terms and conditions shall control.
 - 14) Revocation:** BMJ or CCC may, within 30 days of issuance of this licence, deny the permissions described in this licence at their sole discretion, for any reason or no reason, with a full refund payable to you should you have not been able to exercise your rights in full. Notice of such denial will be made using the contact information provided by you. Failure to receive such notice from BMJ or CCC will not, to the fullest extent permitted by law alter or invalidate the denial. For the fullest extent permitted by law in no event will BMJ or CCC be responsible or liable for any costs, expenses or damage incurred by you as a

<https://s100.copyright.com/CustomerAdmin/PLF.jsp?ref=d784779e-630d-4041-9c7c-7d37ad1570af>

Slide 4 av 5