

Fride Møller Flatin

Betydning av uthaldstrening og kroppssamansetning på maksimalt oksygenopptak og blodvolum

Samanlikning mellom ei gruppe kondisjonsutøvarar og ei gruppe ikkje kondisjonstrena

Masteroppgave i
Seksjon for fysisk prestasjonsevne
Norges idrettshøgskole, 2023

Samandrag

Bakgrunn:

Både blodvolumet, hemoglobinmassen (Hb-massen), kroppssamansetninga og det maksimale oksygenopptaket (VO_{2maks}) er viktige faktorar for fysisk prestasjonsevne i uthaldsidrettar. Kondisjonsutøvarar har vanlegvis høgare VO_{2maks} , blodvolum, Hb-masse og lågare feittprosent enn ikkje-kondisjonstrena. Ifølgje tidlegare studiar er det ein god samanheng mellom blodvolum, feittfri masse og VO_{2maks} hjå både kvinner og menn i ulike alder. Det er også slik at feittfri masse er ein viktig bestemmende faktor for både VO_{2maks} og blodvolum, uavhengig om ein er kondisjonstrena eller ikkje. Trening påverkar både VO_{2maks} og Hb-masse, og forskjellar mellom trenar og utrenar skuldast i, alle fall delvis, trening. Men sidan trenar også har lågare feittprosent vil ein del av forskjellen i desse variablane relativt til kroppsvekt skuldast kroppssamansetninga. Kor stor betydning trening har og kor stor betydning kroppssamansetninga har, er usikkert. Hensikta med denne studien var derfor å undersøke kva betydning kroppssamansetning og trening har på blodvolumet, Hb-massen og det maksimale oksygenopptaket. Etersom dette er ein tverrsnittstudie, vil ikkje vi kunne skilje om eventuelle forskjellar skuldast trening eller arv.

Metode: Studien bestod av 14 kondisjonstrena kvinner og 28 kondisjonstrena menn, samt 12 ikkje-kondisjonstrena kvinner og 22 ikkje-kondisjonstrena menn i alderen 18-40 år.

Rekruttering av dei kondisjonstrena var gjennom klubbar og utøvarar i andre prosjekt på avdelinga. Dei ikkje-kondisjonstrena var rekruttert gjennom fysiske oppslag og sosiale media blant tilsette og studentar ved Norges idrettshøgskole og kjenningar. Feittfri masse ble målt ved hjelp av DXA-analyse (Dual X-ray Absorptiometry). Blodvolum og Hb-masse ble målt ved hjelp av karbonmonoksid-gjenpustings-metoden og venøs blodprøve, medan testing av VO_{2maks} føregjekk ved springing på tredemølle.

Resultat: Det var ingen forskjellar i høgde og vekt mellom kondisjonstrena og utrenar kvinner. Kondisjonstrena menn var i gjennomsnitt 5,4 kg lettare enn dei utrenar, og det var ingen forskjell i høgde. Feittprosenten til kondisjonstrena kvinner var 71,2% av verdiane til utrenar kvinner ($p < 0,001$), medan kondisjonstrena menn sin feittprosent var 66,8% av verdien

til utrena menn ($p < 0,001$). $VO_{2\text{maks}}$ relativt til KM var høvesvis 42% og 39% høgare hjå kondisjonstrena kvinner og menn samanlikna med dei ikkje-kondisjonstrena ($p < 0,001$). For Hb-massen var forskjellane høvesvis 17% og 15,6% og for blodvolum 18,4% og 16,3% relativt til KM. For Hb-masse relativt til feittfri masse var forskjellen mellom gruppene ikkje signifikant ($p = 0,067$).

Diskusjon: Våre funn viser at forskjellane mellom gruppene er vesentleg høgare når variablane er justert for kroppsmasse samanlikna med feittfri masse. Mellom dei kondisjonstrena og utrena, utgjorde kroppssamansetninga rundt halvparten eller meir av forskjellane i $VO_{2\text{maks}}$, blodvolum og Hb-masse. Årsaka er høgare feittprosent hjå dei utrena gruppene. Resten av forskjellane er på grunn av trening og genetikk, som begge har ein effekt på $VO_{2\text{maks}}$, blodvolum og Hb-masse. Kor stor betydning gena har og trening har er vanskeleg å skilje.

Forkortingar

Forkortingar	Nemningar
VO _{2maks}	Maksimalt oksygenopptak
O ₂	Oksygen
FFM	Feittfri masse
FM	Feittmasse
KM	Kroppsmasse
Hb-masse	Hemoglobinmasse
tHb-masse	Total hemoglobinmasse
[Hb]	Hemoglobinkonsentrasjon
HCT	Hematokrit
HbCO	Karboksyhemoglobin
CO	Karbonmonoksid
BV	Blodvolum
PV	Plasmavolum
EV	Erytrocyttvolum
RCV	Volum av raude blodceller
DXA	Dual-energy x-ray absorptiometry

Forord

Snart 2,5 år har gått som masterstudent ved NIH. Masteroppgåva starta først som eit anna prosjekt ved samarbeid med Sunnaas Sjukehus. Til tross for god hjelp og opplæring frå tilsette i klinisk fysiologisk laboratorium ved Sunnaas Sjukehus kom vi dessverre ikkje i mål med rekruttering av deltakara i tide. Eg fekk straks eit tilbod om å gå over til dette prosjektet, som eg takka ja til. Det har vært ein lærerik og spennande prosess å vere ein del av.

Først og fremt vil eg takke veileidarane mine Jostein Hallén og Vegard Strøm med all hjelp til å kome i mål med masteroppgåva. Med fleire samtalar og e-post meldingar fram og tilbake gjekk prosjektet framover. Ynskjer derfor å gi ein ekstra stor takk til dei for all hjelp og gode tilbakemeldingar. Det har eg satt veldig pris på!

Ynskjer også å takke alle tilsette ved NIH som har hjelpt meg å gjennomføre prosjektet. Vil derfor gi ein takk til Magne Lund-Hansen for å gjennomføre blodvolum målingane på deltakarane, og Svein Leirstein for opplæring og god bistand av $VO_{2\text{maks}}$ målingane. I tillegg vil eg gi ein stor takk til Siri Taxerås Dalen for opplæring og hjelp på DXA-målingane, samt hjelp til å få tak i deltakare. I tillegg vil eg takke tilsette på fysiologisk laboratorium på Sunnaas Sjukehus for den hjelpa eg fekk der på første prosjektet.

Utan deltakarar hadde ikkje det vært mogleg å gjennomføre prosjektet, derfor masse takk til deltakarane som deltok i studien, som stilte opp og var interessert i å delta.

Til slutt vil eg takke nære kjenningar utanfor NIH. Stor takk til familie og samboar for hjelp og støtte undervegs. At dei har stilt opp er noko eg setter stor pris på.

Fride Møller Flatin. Oktober 2023

Innholdsliste

Samandrag

Forkortingar

Forord

Innholdsliste

1.0 Introduksjon	s.8
1.1 Bakgrunn for studien	s.8
1.2 Formål	s.10
1.3 Problemstilling	s.10
2.0 Teori	s.11
2.1 Kroppssamansetning	s.11
2.1.1 Kjønnforskjellar i kroppssamansetning	s.12
2.1.2 Effekten av fysisk aktivitet og inaktivitet på kroppssamansetning	s.12
2.2 Maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks})	s.13
2.2.1 Måling av maksimalt oksygenopptak	s.13
2.2.2 Bestemmande og avgrensande faktorar for VO_{2maks}	s.14
2.2.3 Effekt av uthaldstrening	s.15
2.2.4 Kjønnforskjellar i maksimalt oksygenopptak	s.16
2.3 Hematologi	s.17
2.3.1 Blodet	s.17
2.4 Blodvolum	s.18
2.4.1 Blodvolum, Hb-masse og uthaldstrening	s.18
2.4.2 Hb-masse og oksygentransport i blodet	s.20
2.4.3 Kjønnforskjellar i hemoglobinmasse og blodvolum.....	s.21
2.5 Samanheng mellom blodvolum, VO_{2maks} og kroppsmasse	s.21
2.5.1 Blodvolum, hemoglobinmasse og VO_{2maks}	s.21

2.5.2 Blodvolum, Hb-masse og Kroppsmasse	s.23
2.5.3 Kroppsmasse og VO_{2maks}	s.24
3.0 Metode	s.25
3.1 Design.....	s.25
3.2 Forsøkspersonane	s.25
3.2.1 Rekruttering.....	s.25
3.3 Testprosedyre og målinger.....	s.25
3.3.1 Måling av blodvolum og hemoglobinmasse.....	s.26
3.3.2 Antropometriske målinger (kroppssamansetning, kroppshøgde og kroppsvekt).....	s.27
3.3.3 Måling av maksimalt oksygenopptak.....	s.28
3.4 Statistikk.....	s.29
4.0 Resultat	s.29
4.1 Antropometri	s.29
4.2 Maksimalt oksygenopptak	s.30
4.3 Hematologiske variabler	s.30
5.0 Diskusjon	s.32
5.1 Kroppssamansetning og VO_{2maks}	s.33
5.2 Påverknad av kroppssamansetning på blodvolum og Hb-masse	s.34
5.3 Betydning av gena og trening på VO_{2maks}	s.35
5.4 Gena og trening på blodvolumet og Hb-massen	s.36
5.5 Blodvolum og Hb-masse mellom kondisjonstrena og utrena	s.37
6.0 Konklusjon	s.40
7.0 Referansar	s.41
8.0 Vedlegg	s.49

1.0 Introduksjon

1.1 Bakgrunn for studien

Kroppssamansetning er ein faktor som kan påverke den fysiske prestasjonen (Malina, 2007). Personar som driver med regelmessig fysisk aktivitet har ofte større FFM og mindre kroppsmasse og kroppsfett samanlikna med personar som er inaktive (McArdle, 2015, s. 823). Ein kroppsmasse med høg FFM og lav feittmasse er viktig for god fysisk form i aerobe aktivitetar og betre fysiologisk evna for vevet til å konsumere oksygen (Vargas et.al, 2018). Regelmessig fysisk aktivitet fremma O₂-leveransen og aukar aerob energiomsetning. Dette kjem av tilpassingar som førekjem i det kardiovaskulære systemet (Landgraff, 2009). Etter ein treningsperiode betrar inaktive vaksne sin aerobe kapasitet med 15-25% (Landgraff, 2009). Blodvolum og hemoglobinmasse er også relatert til uthaldsprestasjon og maksimalt oksygenopptak (Lundgren et.al, 2021). Kondisjonsutøvarar har høgare blodvolum samanlikna med mindre trenar kondisjonsutøvarar (Lundgren et.al, 2021). Hemoglobinmassen og blodvolum kan auke over tid med uthaldstrening hjå utrena individ (Aeng, 2014).

Maksimalt oksygenopptak, hemoglobinmasse og blodvolum er sterkt korrelert med antropometriske variablar, spesielt kroppsvekt og feittfri masse (Schmidt & Prommer, 2010). Årsaka for denne fysiologiske assosiasjonen er antatt for å vere knytt til skjelettmuskulatur og kapasiteten den har til å omsetje oksygen (Hunt et.al, 1998). Blodvolum og hemoglobinmasse er faktorar som er relatert til uthaldsprestasjon og VO_{2maks} (Lundgren et.al, 2021).

Kondisjonsutøvarar har større slagvolum, venstre ventrikkelmasse og venstre ventrikkelveggtjukkuleik, samt høgare blodvolum og Hb-masse enn ikkje-utøvarar (Degens et.al, 2019; Lundgren et.al, 2021). Det er vanleg med 20-25% forskjell i BV og Hb-masse mellom trenar og utrena (Heinicke et.al, 2001). Tidlegare studiar på vaksne viser at godt trenar uthaldsutøvarar har opp til 40% høgare hemoglobinmasse og blodvolum samanlikna med ikkje-uthaldstrenar og utrena individ. (Landgraff & Hallén, 2020).

Studiar tyder på at eit komplekst nettverk av genetiske og andre biologiske mekanismar bidreg til prestasjonsnivået til ein kondisjonsutøvar (Konopka et.al, 2022). Maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}) er den vanlegaste fysiologiske variabelen for å forklare

uthaldsprestasjonar (Besson et.al, 2022). Når det blir uttrykt i ml O₂ per minutt per kilo kroppsvekt (ml·min⁻¹·kg⁻¹), vurderast VO_{2maks} som hovudfaktoren som forklarar kjønnsforskjellar i løpsprestasjonar (Besson et.al, 2022). Hovudsakleg på grunn av lågare oksygentransportevne hjå kvinner, som kjem av mindre muskelmasse, lågare blodvolum, slagvolum, minuttvolum og lågare hematokrit (Charkoudian & Joyner, 2004; Besson et.al, 2022). Maksimalt oksygenopptak er vanlegvis meir rapportert per kilo kroppsmasse (KM) enn per mager kroppsmasse, feittfri masse eller skjellettmuskelmasse, for å oppveie kjønnsforskjellar basert på varierende kroppssamansetning mellom kjønna (Lichti et.al, 2023). Måling av VO_{2maks} relativt til FFM er diskutert for å vere den beste normaliserande faktoren for å samanlikne grupper med forskjellig kroppssamansetning (Landgraff, 2020). Intravasale volum er også sterkt relatert til FFM både hjå både menn og kvinner (Chang et.al, 2017).

Endringar i kondisjonsnivå som kjem av uthaldstrening viser store variasjonar ut i frå ein mengde biologiske og metodiske faktorar (Meyler et.al, 2021). Metodiske variasjonane kjem av type, mengde og intensitet av treninga (Meyler et.al, 2021). Det er fleire individ som ikkje oppnår meiningsfulle aukingar i kondisjonsnivå til tross for uthaldstrening (Meyler et.al, 2021). Genetikk har vist seg som den mest avgjerande faktoren for å forklare den varierende effekten av kondisjonstrening, medan alder, kjønn og kondisjonsnivået forklarar ein mindre andel (Meyler et.al, 2021).

VO_{2maks} er avhengig av oksygentransporten til arbeidande musklar (Aeng, 2014).

Hemoglobinet har som oppgåve å transportere oksygenet i blodet, som gjer hemoglobinmassen til ein viktig faktor for VO_{2maks} (Aeng, 2014). Det er kjent at uthaldsutøvarar på høgt nivå har høgare Hb-masse relativt til kroppsvekt samanlikna med utrena og normalt trena personar (Steiner & Wehrin, 2011). Mekanismane bak høgt nivå av Hb-masse er enda ikkje fullt forstått (Landgraff, 2020). Det er uklart om høg Hb-masse kjem av genetisk predisposisjon for uthalsidrett eller av fleire år med uthaldstrening, eller ein kombinasjon av begge (Steiner & Wehrin, 2011). Ifølgje studiar kan arvelege komponentar utgjere opp til 50% av VO_{2maks} hjå vaksne når det er justert for alder, kjønn og kroppsvekt (Bouchard et.al., 1998). Frå tidlegare studiar er det vist at VO_{2maks} og Hb-masse har ein svært

høg korrelasjon med kroppsvekt, og viser også sterk korrelasjon både i absolutte verdiar og kontrollert for kroppsvekt (Aeng, 2014). Det er også observert at det kan førekome høg VO_{2maks} hjå vaksne utan noko treningsbakgrunn (Martino, Gledhill, & Jamnik, 2002). Høg VO_{2maks} utan noko treningsbakgrunn har vist seg å vere på grunn av høgt hemodynamisk aktivt blodvolum hjå unge menn (Lundgren et.al 2021). Den nære relasjonen mellom FFM og dei fysiologiske krava til mange idrettar, har gjort kroppssamansetning eit nyttig verktøy hjå idrettspopulasjonen (Landgraff, 2020).

1.2 Formål

Vi veit at blodvolum, Hb-masse og VO_{2maks} er sterkt assosiert med FFM, og at kondisjonstrening påverkar desse variablane. Formålet med denne studien er å undersøke kor stor forskjell det er mellom kondisjonstrena og ikkje-kondisjonstrena kvinner og menn. Dette som ein indikasjon på kor stor del av blodvolum, Hb-masse og VO_{2maks} som skuldast FFM og kor stor del som skuldast trening.

1.3 Problemstilling

Hovudproblemstillingar:

- Er det forskjell i blodvolum, korrigert for feittfri masse, hjå kondisjonstrena og ikkje-kondisjonstrena kvinner og menn i alderen 18-40 år.
- Er det forskjell i Hb-masse, korrigert for feittfri masse, hjå kondisjonstrena og ikkje-kondisjonstrena kvinner og menn i alderen 18-40 år.
- Er det forskjell i VO_{2maks} , korrigert for feittfri masse, hjå kondisjonstrena og ikkje-kondisjonstrena kvinner og menn i alderen 18-40 år.

2.0 Teori

2.1 Kroppssamansetning

Kroppssamansetning blir definert som kjemiske eller fysiske komponentar som til saman dannar organismens masse (Stewart & Sutton, 2012, s.8). Miljø, genar, alder, kjønn og andre faktorar er med på å påverke kroppssamansetninga (Heymsfield, 2005, s. 241). Kroppsmassen kan bli delt inn i feittmasse og feittfri masse (Landgraff, 2020). Den totale mengda feitt som er i kroppen er kroppens feittmasse (Heyward & Wagner, 2004, s.5). Feittmassen er den mest variable komponenten av kroppssamansetninga (Heymsfield et.al, 2005, s.260). Variasjonen av feittmasse blant ulike individ er rundt 6% opptil meir enn 60% av total kroppsvekt (Heymsfield et.al, 2005, s.260).

FFM er summen av musklar, bein, vev, bindevev og indre organa, og består i hovudsak av mineral, protein og vatn (Landgraff, 2020; Heymsfield, s. 324, 2005). Skjelettmuskulaturen utgjer meir en halvparten av (~55%) av total FFM (Johnson & Coward-McKenzie, 2001). Feittfri masse er den primære determinanten for totalt energiforbruk i alle aldersgrupper, og er det metabolske aktive vevet i kroppen (Johnson & Coward-McKenzie, 2001). Derfor kan det meste av variasjonen i kvilemetabolismen mellom menneskjer forklarast med variasjonen deira i FFM (Johnson & Coward-McKenzie, 2001). FFM blir igjen påverka av faktorar som alder, kjønn og fysisk form (Johnson & Coward-McKenzie, 2001). Den kjemiske samansetninga av FFM forandrar seg ved alder og modning, der prosenten av protein og beinmineralar aukar og prosenten av vatn minkar (Landgraff, 2020).

Muskelvevet utgjer opptil 40% av kroppsvekta hjå gjennomsnittsmenneske, og spela ein viktig rolle i energiomsetninga då den har som oppgåve å skape bevegelse (Dahl, 2008, s.48-49). Muskulaturen består av to hovudgrupper; skjelettmuskulaturen og hjartemuskulaturen (Mukund & Subramaniam, 2019). Sidan skjelettmuskulaturen er med på å skape kroppens bevegelsar blir estimering av muskelmasse mykje brukt i idrettsforskning for å studere effekten opp mot fysisk prestasjonen i ulike aerobe og anaerobe idrettsprestasjonar (Heymsfield et.al, 2005, s. 203).

2.1.1 Kjønnsforskjellar i kroppssamansetning

Kroppssamansetninga er forskjellig frå menn og kvinner (Bredella, 2017). Kvinner er i gjennomsnitt mindre enn menn og har mindre muskelmasse og meir feittmasse ut i frå ein gitt kroppsstørrelse. Dette har ført til tanken om at det er kjønnsforskjellar for gitte treningsprestasjonar om det er korrigert for kroppsstørrelse og kroppssamansetning (Charkoudian & Joyner, 2004).

Gjennom slutten av barneåra, ungdomstida og tidleg vaksen alder utviklar kroppen seg ulikt for kvinner og menn. Både feittfri masse (FFM), feittmasse (FM) og feittprosent utviklar seg forskjellig (Malina, 2007). I slutten av ungdomsåra og ung vaksen alder har menn i gjennomsnitt omtrent 1,5 gongar større FFM enn kvinner (Malina, 2007). Gjennomsnittleg FFM for unge kvinner er omtrent 70% av gjennomsnittsverdien frå menn. Forskjellen oppstår under ungdomstida når menn utviklar større muskelmasse (Malina, 2007). Estimert feittmasse aukar raskare hjå kvinner enn hjå menn frå sein barndom gjennom ungdomsåra (Malina, 2007). I motsetning til FFM har kvinner i gjennomsnitt omtrent 1,5 gongar feittmasse enn menn i slutten av ungdomsåra og ung vaksen alder (Malina, 2007). Antatt feittprosent er også større hjå kvinner enn hjå menn (Malina, 2007). Feittprosenten aukar gradvis gjennom ungdomsåra på same måte som FM hjå kvinner (Malina, 2007). Det aukar også hjå menn like før ungdomstida, men minka undervegs i ungdomstida (Malina, 2007). Årsaka til dette er den raske veksten av feittfri masse og langsamare akkumulering av feittmasse på dette tidspunktet (Malina, 2007).

2.1.2 Effekten av fysisk aktivitet og inaktivitet på kroppssamansetninga

Kroppssamansetninga er ein faktor som kan påverke den fysiske prestasjonen (Malina, 2007). Personar som driver med regelmessig fysisk aktivitet har ofte større FFM og mindre kroppsmasse og kroppsfett samanlikna med personar som er inaktive (McArdle, 2015, s. 823). Fysisk aktivitet sin effekt på kroppssamansetninga kjem an på fleire faktorar som til dømes kosthald, treningsform, treningsintensitet og treningsmengd (Heymsfield, 2005, s.313-314). Styrketrening kan bidra til å redusere feittmasse og auke FFM, medan uthaldstrening

kan bidra til reduksjon i feittmasse, men ikkje auke i FFM (Heymsfield, 2005, s.314). Ifølgje ein studie som undersøkte kor mykje trening som skal til for å gå ned i vekt og påverke kroppssamansetninga krev det 3-4 gongar med trening i veka (McArdle, 2015. s. 826). Forsøkspersonane trena i 30 til 47 minutt i 20 veker med å springe eller gå ein intensitet på 80-90 % av maksimal hjardefrekvens (McArdle, 2015. s. 826). Dei som trena to gongar i veka fekk ingen endring i kroppssamansetning, medan trening i 3-4 gongar i veka hadde effekt på både kroppsvekt og feittprosent (McArdle, 2015. s. 826).

2.2 Maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks})

VO_{2maks} er definert som den høgaste hastigheita oksygen blitt tatt opp og utnytta i kroppen per tidseining, og er avhengig av alder, kjønn, genetikk, kroppsvekt, helse, treningsmodus og treningsstatus (Skattebo, 2020). VO_{2maks} blir som oftast uttrykt som milliliter oksygen tatt opp per minutt per kilogram kroppsvekt ($ml \cdot kg \cdot min$) (Frøyd et.al, s.26, 2010). Ifølgje fleire studiar spelar arv og miljø ein viktig rolle i utviklinga av VO_{2maks} , men kor stor utviklinga er, kjem an på personens genetiske potensial (Landgraff, 2009). Det blir antatt at den generelle arvelege komponenten utgjer i underkant av 50% av VO_{2maks} hjå vaksne når kroppssamansetning, etnisitet, kjønn, alder og kroppsmasse er justert for (Bouchard, et.al, 1998). Høg VO_{2maks} er også sett hjå vaksne utan nokon treningsbakgrunn (Martino, Gledhill, & Jamnik, 2002).

2.2.1 Måling av maksimalt oksygenopptak

Gullstandarden når det gjelder å bestemme aerob kapasitet er ansett for å være direkte måling av maksimalt oksygenopptak (Landgraff, 2009). Måling av maksimalt oksygenopptak viser kroppens evne til aerob resyntese av ATP (Dahl, s.168, 2015). Variasjonar kan oppstå på det maksimale oksygenopptaket ut i frå kva arbeidsmodell som blir brukt (Landgraff, 2009). Springing på tredemølle med ein stigningsvinkel på 3 grader gir 5-11% høgare resultat enn springing på horisontal tredemølle og sykling i oppreist posisjon (Landgraff, 2009). Når vi måler VO_{2maks} er det oksygenopptaket i lungene vi måler, samtidig som forsøkspersonen til dømes sykklar eller spring på tredemølle med trinnvis hastigheit og/eller helning (Dahl, s.168,

2015). VO_{2maks} blir oppnådd når forsøkspersonen har nådd utmatting i aktiviteten som blir gjennomført, som ofte tar 4-6 minutt (Frøyd et.al, s. 26, 2010). Kvar gang hastigheita aukar vil oksygenopptakskurven auke inntil den flater ut. Når kurven flater ut har vi mål på det maksimale oksygenopptaket (Dahl, s.168, 2015). Felleskriteria for dei ulike prosedyrane for måling av VO_{2maks} er at belastninga aukast gradvis inntil man har nådd ein intensitet som resulterer til oksygenopptaket flatar ut (Landgraff, 2009). Ein samling av sekundære kriteria som respiratory exchange ratio (RER), maksimal hjardefrekvens, og blodlaktat har blitt foreslått for å sikre at VO_{2maks} er nådd (Landgraff, 2020).

2.2.2 Bestemmande og avgrensande faktorar for VO_{2maks}

Faktorane som bestemmer VO_{2maks} kan forklarast med Fick's likning, som beskriver VO_{2maks} sin avhengigheit av minuttvolum (MV) og arteriovenøs oksygendifferanse (a-v O_2 differanse) (Landgraff, 2009).

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

SV-maks er det maksimale slagvolumet og HF-maks er maksimal hjardefrekvens, som til saman utgjer maksimalt minuttvolum (MV) (Landgraff, 2009). Minuttvolumet er mengda blod hjarte klarer å pumpe under kvart minutt, og er dermed produktet av slagvolumet og hjardefrekvensen (Landgraff, 2009). Arteriovenøs O_2 -differanse (a-v O_2 differanse) er forskjellen mellom oksygeninnhaldet i arterie og veneblodet (Landgraff, 2009). Denne differansen fortelje kor mykje O_2 som blir tatt opp i vev og musklar per liter blod som sirkulera rundt om i kroppen (Landgraff, 2009).

Faktorane som er med på å avgrense VO_{2maks} er perifere og sentrale faktorar (Frøyd et.al, s. 26, 2010). Dei sentrale faktorane bidrar til å frakte oksygen til muskelfibrane i kroppen. Det består av hjartets minuttvolum (slagvolum· hjardefrekvens), lungenes diffusjonskapasitet og blodets bindingskapasitet for oksygen, som er bestemt av mengda hemoglobin (Hb) per liter blod i kroppen (Frøyd et.al, s. 26, 2010).

Perifere faktorar er med på å påverke oksygen-differansen i blodet, som vil si differansen i oksygeninnhald mellom venøst og arterielt blod. Dette styrast av kapillærtettleiken, distribusjonen av blodstraumen til aktiv muskulatur, storleiken på muskelfibrane, mengde og storleik på mitokondriane, muskelfibertype og mengde myoglobin (Frøyd et.al, s. 26, 2010).

2.2.3 Effekt av uthaldstrening

Regelmessig fysisk aktivitet fremmar O₂-leveransen og aukar aerob energiomsetning (Landgraff, 2009). Dette kjem av tilpassingar som førekjem i det kardiovaskulære systemet (Landgraff, 2009). Etter ein treningsperiode betrar inaktive vaksne sin aerobe kapasitet med 15-25% (Landgraff, 2009). Den arteriovenøse O₂-differansen aukar ved aerob trening, som resultat av auka kapasitet i muskelfibrar til å ta opp og omsetje tilgjengeleg oksygen og distribusjon av MV til aktive musklar (Landgraff, 2009). Uthaldstrening bidreg til kraftigare hjartemuskel og auka volum av hjartekammera (Gjerset et.al, 2006, s.548-549). Når hjarte blir større aukar også slagvolumet, som gjer at hjarte pumpar ut meir blod per slag (Gjerset et.al, 2006, s.548-549). Mengda myoglobin aukar også ved uthaldstrening, som betra transporten av oksygen til mitokondriane (Gjerset et.al, 2006, s.548-549). I tillegg aukar det totale blodvolumet og kapillærtettleiken, som fører til auka blodtilførsel til hjarte og arbeidande muskulatur (Gjerset et.al, 2006, s.548-549).

Endringar i kondisjonsnivå som kjem av uthaldstrening viser store variasjonar ut i frå ein mengde biologiske og metodiske faktorar (Meyler et.al, 2021). Det er fleire individ som ikkje oppnår meiningsfull auke i kondisjonsnivå til tross for uthaldstrening (Meyler et.al, 2021). Genetikk har vist seg som den mest avgjerande faktoren for å forklare responsvariasjonen av kondisjonstrening, medan alder, kjønn og kondisjonsnivået forklara ein mindre andel (Meyler et.al, 2021). Metodiske variasjonane kjem av type, mengde og intensitet av treninga (Meyler et.al, 2021).

2.2.4 Kjønnsforskjellar i maksimalt oksygenopptak

Maksimalt oksygenopptak er den mest typiske fysiologiske variabelen for å forklare uthaldsprestasjonar (Besson et.al, 2022). Når det blir uttrykt i $\text{mlO}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ (av kroppsmasse), vurderast $\text{VO}_{2\text{maks}}$ som hovudfaktor som forklara kjønnsforskjellar i løpsprestasjonar (Besson et.al, 2022). $\text{VO}_{2\text{maks}}$ er vanlegvis 5-15% lågare hjå kvinner enn menn med liknande treningsstatus (Charkoudian & Joyner, 2004). Fleire anatomiske og fysiologiske eigenskapar skil ut kvinners reaksjon på trening samanlikna med menn (Charkoudian & Joyner, 2004). Lågare $\text{VO}_{2\text{maks}}$ hjå kvinner kjem hovudsakleg på grunn av høgare prosentdel av kroppsfett og lågare nivå av hematokrit (Besson et.al, 2022). Kvinner har også mindre muskelmasse, lågare blodvolum, slagvolum og minuttvolum enn det menn vanlegvis har, som resulterer til lågare oksygentransportevne hjå kvinner (Charkoudian & Joyner, 2004; Besson et.al, 2022). Når $\text{VO}_{2\text{maks}}$ hjå kvinner og menn er justert for feittfri masse viser nokon studiar ingen kjønnsforskjellar, medan andre rapportera høgare $\text{VO}_{2\text{maks}}$ hjå menn (Besson et.al, 2022). Desse og andre faktorar bidreg til lågare maksimal aerob kapasitet hjå kvinner (Charkoudian & Joyner, 2004). I tillegg kan reproduktive hormon, østrogen og progesteron også ha ein innverknad på ventilasjonen (Charkoudian & Joyner, 2004). Fram til 16-17 års alderen hjå jenter og 18-20 års alderen hjå gutar aukar $\text{VO}_{2\text{maks}}$, og går ned med 1% per år frå 25 års alderen (Landgraff, 2009). $\text{VO}_{2\text{maks}}$ vil gå ned med auka alder, men høgt aktivitetsnivå vil bidra til å oppretthalde eit relativt høg $\text{VO}_{2\text{maks}}$ i auka alder og motvirke nedgangen (Landgraff, 2009). Jenter har heile tida noko lågare $\text{VO}_{2\text{maks}}$ enn gutar, og forskjellen blir størst frå 14-15 års alderen. Noko av årsaka til dette er auke i muskelmasse og hemoglobin hjå gutar i puberteten (Landgraff, 2009).

2.3 Hematologi

Blodet spiller ein viktig rolle i kroppen, og har tre viktige funksjonar; transport, regulering og beskyttelse (Moschandreou, 2012). Dei ulike komponentane i blodet er raude blodceller (erythrocytes), kvite blodceller (leukocytes), blodplater og plasma (Sharma & Sharma, 2023). Plasma utgjer cirka 60% av det totale blodvolumet, medan erythrocytes utgjer ca. 40%, ilag med leukocytes og blodplater (Sharma & Sharma, 2023). Dei raude blodcellene har som funksjon å transportere oksygen og karbonmonoksid. Blodplatene er viktig i hemostasen og dei kvite blodcellene har ein sentral rolle kroppens immunsystem (Haug et.al, 1992, s. 302).

2.3.1 Blodet

Hovudoppgåva til blodet er å transportere oksygen og karbonmonoksid, næringsstoff, feittstoff og avfallsstoff rundt om i kroppen (Haug et.al, 1992, s.302). Oksygenet vi pustar inn blir transportert av blodet frå lungene til cellene i kroppen for metabolismen (Moschandreou, 2012). Karbondioksidet som blir produsert gjennom metabolismen blir frakta tilbake til lungene av blodet, og blir pusta ut (Moschandreou, 2012). Hemoglobin (Hb) er det som bærer oksygenmolekyla på dei raude blodcellene, og har som oppgåve å transportere oksygenet frå lungene til vevet og transportera karbondioksid tilbake (Moschandreou, 2012). Til kvart gram Hb bindes ein viss mengde O_2 , som gjer kapasiteten blodet har til å frakte oksygen, avhengig av oksygenmetninga av Hb og hemoglobinkonsentrasjonen i blodet (Landgraff, 2009). Oksygenet binder seg i ein reversibelbinding til det jernhaldige jernatomet i kvar hemgruppe (Marengo-Rowe, 2006). Oksygentransporten er avhengig av jerninnhaldet (Fe^{2+}) i hemoglobin (Moschandreou, 2012).

Blodet bringer også næringsstoff til cellene og byggesteinar som glukose og transporterar hormon som blir spreidd til kroppens celler (Haug, 1992). Det fjerna også avfallsstoff, frå organ som levera, nyrene og tarmen (Moschandreou, 2012). Blodet bidreg også til at delar av kroppen held seg i balanse, som til dømes å regulere kroppstemperaturen (Moschandreou, 2012). Dette skjer både ved at plasma absorberer eller gir vekk varme, og ved rask

blodgjennomstrøyming (Moschandreou, 2012). Når blodårene ekspandera strøymet blodet seinare, som gjer at varmen kan forsvinne (Moschandreou, 2012). Blodårene kan trekke seg saman for å redusere mengde varme som forsvinne når temperaturen på utsida av kroppen er låg (Moschandreou, 2012).

2.4 Blodvolum

Blodvolum blir beskrive som den totale mengda væske som sirkulera gjennom arteriane, kappilærene, venane, venolane og hjartekammeret til ei kvar tid (Sharma & Sharma, 2023). Mengda blod som sirkulerer i kroppen kjem an på kjønn, høgde og vekt (Sharma & Sharma, 2023). Den gjennomsnittlege vaksne mennesket har omtrent 5 liter sirkulerande blod i kroppen (Sharma & Sharma, 2023). Blodvolumet utgjer som regel 7-8% av kroppsvekta (Haug et.al, 1992, s.302). Endringar i blodvolum heng som regel saman med endring av hemoglobinmasse (Heinicke et.al., 2001). Fleire organsystem er involvert i produksjon av blod og regulering av blodvolum (Sharma & Sharma, 2023). Nyrene har i hovudsak ansvar for regulering av blodvolum, og skil ut proteinet erythropoietin (EPO) som gir signal til beinmargen for å produsere raude blodceller (Sharma & Sharma, 2023). Volumandelen av raude blodceller i blodvolumet er hematokrit (HCT), som er pakket volum av blod og består av intakte raude blodceller uttrykt i prosent (Hematocrit, 2020). Normale verdiar hjå kvinner er mellom 36% til 48%, medan hjå menn er normalverdiane mellom 42% til 52% (Hematocrit, 2020).

2.4.1 Blodvolum, hemoglobin og uthaldstrening

Både blodvolum og hemoglobinmasse er relatert til uthaldsprestasjon og maksimalt oksygenopptak (Lundgren et.al, 2021). Uthaldsutøvarar har høgare blodvolum samanlikna med mindre trenar uthaldsutøvarar (Lundgren et.al, 2021). Hemoglobinmassen og blodvolum kan auke over tid med uthaldstrening hjå utrena individ (Aeng, 2014). Det er normalt å seie at det førekjem mellom 20-25% forskjell i HB-masse og BV hjå trenar og utrena, men forskjellar kan førekome opp til 40% (Heinicke et.al, 2001). Uthaldstrening har også vist seg å auke Hb-massen og BV hjå allereie godt trenar uthaldsutøvarar (Aeng, 2014). Samtidig er det

dokumentert at godt trena allereie har nådd sitt fysiologiske plata, og dermed ikkje har evna til å kunne auke sine verdiar ytleigare (Aeng, 2014). Det bør likevel vere fleire årsaka som førar til store forskjellar mellom trena og utrena, sjølv om uthaldstrening har vist seg å auke Hb-massen og BV hjå utrena (Aeng, 2014). Tidlegare studiar har konkludert med at det må førekome genetiske forskjellar mellom personane (Prommer et.al, 2008).

I følgje ein rekke bevis henta frå ulike vitenskapelig litteratur i forskingsartikkelen til Victor Convertino blir sirkulerande blodvolum påverka av fysisk aktivitet og inaktivitet (Convertino, 2007). I løpet av første til andre veke med endra aktivitetsmønster kan ekspansjon eller samantrekning av plasmavolum forklare det meste av endringa i sirkulerande blodvolum. Etter den tid kan endra blodvolum fordelast likt mellom plasma- og raude blodlegemer (Convertino, 2007). Endringar i sirkulerande blodvolum som følger med endringar i fysisk aktivitet representera ei nettoendring i totalt kroppsvann og oppløyse stoffar i blodet, som er assosiert med auka eller redusert inntak av vatn, urinvolum og produksjon av oppløyse stoff (Convertino, 2007). Auka blodvolum kjem spesielt ved uthaldstrening, som førar til akutt reduksjon i plasmavolum etter ei treningsøkt, og vidare skjer det ein auke i blodets osmolaritet. På grunn av ein auke i osmolariteten skjer renin-angiotensin-aldosteron kaskaden, og det blir auka utskiljing av vasopressin (Convertino, 2007; Heinicke et.al; Sand et.al, 2001). Steroidehormonet aldosteron førar til reabsorpsjon av natrium i nyrene auka, som resultera til mindre natrium og vatn blir skilt ut av urinen. Denne reduksjonen blir kompensert undervegs i restitusjonsperioda etter treningsøkta (Convertino, 2007; Heinicke et.al; Sand et.al, 2001). Blodvolumet aukar når vasopressin sikrar reabsorpsjon av vatn, som aukar det ekstracellulære volumet (Convertino, 2007; Heinicke et.al; Sand et.al, 2001). Ein annan mekanisme som er med på å auke blodvolumet er ein auke i sirkulerande protein i blodbana. Proteina blir ikkje filtrert ut av kappelæra på grunn av størrelsen på proteinet. Dette førar til auka osmotisk trykk i blodbana, som igjen førar til at proteina trekker til seg meir ekstracellulærvæske i blodet, som resultera til auka blodvolum (Convertino, 2007; Heinicke et.al; Sand et.al, 2001).

Utvidinga av blodvolum som følger med fysisk aktivitet gir fordelar med større kroppsvæske for varmeavleiing og termoregulerande stabilitet (Convertino, 2007). Andre fordelar er større vaskulært volum for større hjartefylling, slagvolum og kardiovaskulær stabilitet under trening og ortostatisk utfordringar (Convertino, 2007). I periodar med fysisk inaktivitet vil blodvolum reduserast og det motsette vil vere tilfelle (Convertino, 2007).

I følge ein studie som undersøkte forskjellen av totalt blodvolum og hemoglobinmasse mellom personar med ryggmargsskade og individ med funksjonsdyktig kropp, vil totalt blodvolum auke med høgare aktivitetsnivå hjå desse deltakarane (Houtman, 2000). Rapportert i andre studiar er stillesittande livsstil assosiert med lågare totalt blodvolum (Houtman, 2000).

2.4.2 Hemoglobin og oksygentransport i blodet

Oksygentransporten i blodet startar ved at oksygenmolekyla ein pustar inn passerer lungeblærene til blodet. På grunn av høgare oksygenkonsentrasjon i lufta enn i blodet vil det passere gjennom det tynne laga med plateepitel, som skil lufta i lungeblærene frå blodet i lungekapillærene (Dahl, 2015, s.169,). Når oksygenmolekyla er nådd inn til blodet er det først fysisk løyst i blodplasma (Dahl, 2015, s.169). Evna oksygenet har til å løyse seg i plasma er avgrensa, derfor binder oksygenet til seg hemoglobinet på dei raude blodcellene. Dette er ein reversibel binding, som gjer at oksygenet lett frigjerast frå hemoglobinet når blodet strøymer til vevsområde som har lågare konsentrasjon av oksygen enn i blodet (Dahl, 2015, s.169). Kvart hemoglobinmolekyl kan binde seg til fire oksygenmolekyl, som gjer at kapasiteten til blodets oksygentransport avhengig av hemoglobinmengda i blodet (Dahl, 2015, s.168). Høg hemoglobinkonsentrasjon gir god oksygentransportkapasitet og godt uthald, medan lav hemoglobinkonsentrasjon har motsett effekt (Dahl, 2015, s.168,). Dersom ein har normale variasjonar i hemoglobinverdier har det likevel ein liten betydning for uthaldet (Dahl, 2015, s. 170). Med mindre ein har låg blodprosent, som vil ha ein negativ innverknad på uthaldet (Dahl, 2015, s. 170).

2.4.3 Kjønnsforskjellar i hemoglobinmasse og blodvolum

Kvinner har lågare blodvolum enn menn (Sharma & Sharma, 2023). Normale hemoglobinverdiar er cirka frå 14 til 16 g/100ml blod, noko lågare for kvinner enn menn. (Dahl, 2015, s.170). Noko lågare blodprosent vert ofte nemnt som ein av årsakene kvinner har lågare uthald enn menn (Dahl, 2015, s.170). Hemoglobinmasse og totalt blodvolum bestemmer oksygeninnhaldet i blodet (Flaz et.al, 2019). Varierende antropometriske verdiar blir brukt for å standardisere blodvolum og hemoglobinmasse (Flaz et.al, 2019). Ein studie som undersøkte normalverdiar av hemoglobinmasse og blodvolum hjå friske aktive menn og kvinner, viste at kvinnene hadde ein signifikant lågare Hb-masse per kg mager kroppsmasse samanlikna med menn (Flaz et.al, 2019).

2.5 Samanheng mellom blodvolum, VO_{2maks} og kroppsmasse

Maksimalt oksygenopptak, hemoglobinmasse og blodvolum er sterkt korrelert med antropometriske variablar, spesielt kroppsvekt og feittfri masse (Schmidt & Prommer, 2010). Blodvolum og hemoglobinmasse har ein viktig betydning for VO_{2maks} (Skattebo, 2020), VO_{2maks} er også relatert til feittfri masse (Mondal & Mishra, 2017). I tillegg har blodvolum ein samanheng med feittfri masse (Sawka et.al 1992).

2.5.1 Blodvolum, hemoglobinmasse og VO_{2maks}

Prestasjon i uthaldsidrett er avhengig av kroppens kapasitet til å frakte oksygen til aktive muskelgrupper og evna muskelen har til å utnytte oksygenet (Steiner & Wehrin, 2011). For ein kondisjonsutøvar er oksygentransport til aktiv muskulatur den mest avgrensande faktoren for maksimalt oksygenopptak (Steiner & Wehrin, 2011). Oksygentransport er i hovudsak transportert av hemoglobin, og den totale mengda hemoglobin bestemmer store delar av kapasiteten av oksygentransport i blodet (Steiner & Wehrin, 2011). Det er kjent at topp-uthaldsutøvarar er karakterisert med høgare level av hemoglobinmasse i forhold til eigen kroppsvekt samanlikna med ikkje-kondisjonstrena individ (Steiner & Wehrin, 2011). Det er derimot uklart om det er høgare hemoglobinmasse på grunn av mykje uthaldstrening over

lengre tid, eller på grunn av genetikk eller ein kombinasjon av begge (Steiner & Wehrin, 2011).

Hemoglobin masse og blodvolum er sterkt relatert til maksimalt oksygenopptak og prestasjon i uthaldsidrett (Landgraff & Hallén, 2020). Tidlegare studiar på vaksne viser at godt trena uthaldsutøvarar har opp til 40% høgare hemoglobinmasse og blodvolum samanlikna med ikkje-kondisjonstrena og utrena individ. (Landgraff & Hallén, 2020). Total hemoglobinmasse er ein viktig faktor for aerob kapasitet med sterke positive korrelasjonar mellom total hemoglobin masse og VO_{2maks} hjå vaksne (Ulrich et.al, 2011). Signifikant større total hemoglobinmasse er observert hjå kondisjonstrena versus ikkje-kondisjonstrena (Ulrich et.al, 2011). Hjå kondisjonstrena vaksne idrettsutøvarar med høg aerob kapasitet er fysiologiske variasjonar i total hemoglobinmasse ved vanleg trening små (Ulrich et.al, 2011).

Studiar viser at maksimalt oksygenopptak er nært knytta til total hemoglobinmasse og blodvolum, men ikkje til hemoglobinkonsentrasjon (Schmidt & Prommer, 2010). Det kardiovaskulære systemet spelar ei viktig rolle for omsetjing av oksygen, og spelar dermed ein viktig rolle i å bestemme VO_{2maks} (Skattebo, 2020). Observasjonen av at underliggende mekanismar for endring i blodvolum med fysisk aktivitet og inaktivitet er like, men reagerer direkte motsett (Convertino, 2007). Denne samanhengen vise eit resultat av at fysisk aktivitet og kondisjon kan vere beskyttande mot redusert blodvolum og påfølgande utvikling av hjarte- og karsjukdommar (Convertino, 2007). I følgje ein studie som handlar om ulike treningsformer på blodvolumet kan det sjå ut som uthaldstrening kan auke hemoglobinmassen og blodvolum over tid hjå utrena (Prommer et.al, 2008). Dette gjelder også for personar som er god fysisk form, men i motsetning til utrena har personane i god fysisk form nådd sitt fysiologiske platå, og har derfor ikkje evna til å auke sine verdiar ytterlegare (Prommer et.al, 2008).

2.5.2 Blodvolum, Hb-masse og kroppsmasse

Intravasale volum er sterkt relatert til FFM både hjå menn og kvinner (Chang et.al, 2017). FFM er sterkt relatert til totalt blodvolum (BV), volum av raude blodceller (RCV) og plasmavolum (PV), og det nære forholdet mellom det intravasale volumet og FFM kan være via totalt kroppsvann (Chang et.al, 2017). Personar som utviklar overvekt får auka totalt blodvolum, men har lågare totalt blodvolum per KM enn magre individ fordi feittmassen er underperfundert samanlikna med feittfri masse (Vricella et.al, 2015). Tidlegare studie har vist at blodvolum er påvist best ut i frå feittfri masse, på grunn av nærmast korrelasjon til vaskulære volum (Sawka et.al, 1992).

Studie av Landgraff & Hallén (2020) undersøkte auke i hemoglobinmasse og blodvolum hjå barn under puberteten, og konkluderte med at auke i Hb-massen i hovudsak var relatert til auke i FFM, uavhengig av kjønn og mengde uthaldstrening (Landgraff & Hallén, 2020). Deltakarane i studien bestod av både uthaldstrena og ikkje-uthaldstrena jenter og gutar (Landgraff & Hallén, 2020). PV relativt til FFM var høgare og volum av raude blodceller (RCV) relativt til FFM var lågare i uthaldsgruppa samanlikna med ikkje-uthaldsgruppa (Landgraff & Hallén, 2020).

Ein tidlegare studie testa hypotesen om at FFM utøve sin innflytelse på maksimal aerob kapasitet delvis via ein assosiasjon med sentral sirkulasjonsfunksjon. Dei gjennomførte studien på 103 inaktive vaksne mellom 18-75 år (Hunt et.al, 1998). I følgje resultata var FFM sterkt relatert til maksimalt oksygenforbruk, samt sterk relasjon til liggande kvilenivå av blodvolum (Hunt et.al, 1998). Ein statistisk kontroll for den felles påverknaden av blodvolum og slagvolum oppheva det tette forholdet mellom FFM og maksimalt oksygenforbruk (Hunt et.al, 1998). Resultata indikerte at FFM kan vere ein viktig fysiologisk determinant for blodvolum og slagvolum blant friske, inaktive vaksne menneskjer (Hunt et.al, 1998). Samanhengen mellom FFM og sentral sirkulasjonsfunksjon såg også ut til å representere det primære fysiologiske grunnlaget for den sterke assosiasjonen mellom FFM og maksimal aerob kapasitet i denne populasjonen (Hunt et.al, 1998). Ifølgje Hunt (1998) sin studie tyder

funna på at aldersrelatert nedgang i maksimal aerob kapasitet kjem primært av reduksjon i blodvolum og slagvolum på grunn av tap av skjellettmuskelmasse.

2.5.3 Kroppsmasse og VO_{2maks}

Fysiologiske kapasitetar er avhengig kroppen og kroppens system, og VO_{2maks} og storleiken på kroppen har ein nær samanheng (Landgraff, 2020). Å finne riktig kroppsmassekomponent relatert til VO_{2maks} kjem an på faktorar som kroppsmasse, kroppssamansetning, alder og kjønn (Landgraff, 2020). Relasjonen mellom VO_{2maks} og dei ulike faktorane kan variere (Landgraff, 2020). På grunn av denne variasjonen har det blitt anbefalt å utrykke VO_{2maks} relativt til FFM (Landgraff, 2020). Kroppsmassen består i hovudsak av FFM og FM, der FFM er metabolsk aktiv og bidrar aktivt i oksygenopptaket, medan FM er sett på som «dødvekt» (Landgraff, 2020). Måling av VO_{2maks} relativt til FFM er diskutert for å vere den beste normaliserande faktoren for å samanlikne grupper med forskjellig kroppssamansetning (Landgraff, 2020).

Feittfri masse er sterkt relatert til maksimal aerob kapasitet blant friske vaksne menneskjer (Hunt et.al, 1998; Landgraff, 2020). Bakgrunnen for denne fysiologiske assosiasjonen er antatt for å vere ein direkte samanheng mellom skjellettmuskelmassen og evna den har til å konsumere oksygen (Hunt et.al, 1998). Den nære relasjonen til FFM og dei fysiske krava til mange idretter, har gjort kroppssamansetning til eit nyttig verktøy i idrettspopulasjonen (Landgraff, 2020).

Eliteutøvera i uthaldsidrett har ofte eit stort ettergivande hjarte med eit ettergivande perkardium, som rommar mykje blod for å generere eit stort slagvolum (Landgraff, 2020). Eit stort slagvolum reflektera storleiken til den venstre ventrikkelen og endediastoliske fyllingsvolumet (Landgraff, 2020). I følgje ein tidlegare studie er det funnet at massen til den venstre ventrikkelen er relatert til forandring i høgde, vekt og FFM hjå jenter og gutar (Landgraff, 2020). Auke i FFM var funnet for å vere den største determinanten for vekst av hjarte (Landgraff, 2020). FFM er derfor relatert til slagvolumet til hjarte (Hunt, 1998).

3.0 Metode

3.1 Design

Designet for denne studien er ei laboratorie-undersøking av maksimalt oksygenopptak, feittfri masse og hematologiske variablar av total hemoglobinmasse (tHb-masse), blodvolum (BV) og hemoglobinkonsentrasjon hjå kondisjonstrena og ikkje kondisjonstrenta kvinner og menn

3.2 Forsøkspersonane

Forsøkspersonane bestod av 12 utrena kvinner og 22 utrena menn, samt 14 kondisjonstrena kvinner og 28 kondisjonstrena menn i alderen mellom 18-40 år. Inklusjonskriteriane for dei kondisjonstrena var at dei trena minst 5 økter veka med uthaldstrening (langtur eller intervalltrening). Hjå dei ikkje-kondisjonstrena var inklusjonskriteria at dei ikkje har drevet tidlegare med uthaldsidrett eller ikkje har trena uthaldstrening meir enn en gang per veke det siste året.

3.2.1 Rekruttering

Kondisjonsutøvarane vart rekruttert gjennom klubbar og utøvarar som var med på andre prosjekt på avdelinga. Dei ikkje-kondisjonstrena var rekruttert ved fysiske oppslag, sosiale media, blant studentar og tilsette ved Norges Idrettshøgskole (NIH) og kjenningar.

3.3 Testprosedyre og målingar

Variablane som ble målt i studien er feittfri masse, blodvolum, hemoglobinmasse og maksimalt oksygenopptak. Feittfri masse ble målt gjennom DXA-analyse (Dual X-ray Absorptiometry). Estimering av blodvolum ble målt gjennom total hemoglobinmasse (tHb-masse) og hemoglobinkonsentrasjonen. Hemoglobinkonsentrasjonen fekk vi gjennom ein blodprøve og estimering av total hemoglobinmasse fekk vi gjennom karbonmonoksid-gjenpustings-metoden. Testing av $VO_{2\text{maks}}$ føregjekk ved springing på tredemølle med gradvis aukande belastning kvart minutt inntil utmatting.

Etter deltakarane skreiv under samtykkeskjema og medisinsk klarering for å utøve fysisk testing avtalte vi tid for testing. Når forsøkspersonane møtte opp til testing målte vi først kroppssamansetning, deretter maksimalt oksygenopptak og til slutt blodvolum. Nokre av forsøkspersonane fekk fullført testane på ulike dagar. Desse testane er undersøkt i laboratoria på NIH.

3.3.1 Måling av blodvolum og hemoglobinmasse

Blodvolum, plasmavolum, hematokrit (HCT), hemoglobinkonsentrasjon og hemoglobinmasse blei målt gjennom karbonmonoksid-gjenpustningmetoden og blodprøve. Karbonmonoksid-gjenpustningsmetoden går ut på å inhalere karbonmonoksid og puste inn på nytt i to minutt gjennom ein lukka krets bestående av eit glassspirometer og ein 3-L anestesipose som inneheld 100% oksygen (Landgraff & Hallén, 2020). Administrert mengde karbonmonoksid (CO) som er pusta inn er individuelt berekna til 1,0 mL·/kg kroppsmasse. Blodprøvene blir tatt frå ein fingertupp før og etter pustinga og er analysert to gongar for prosent karboksyhemoglobin (%HbCO) ved bruk av diodegruppe spektrofotometer (Landgraff & Hallén, 2020). Frå forskjellen i % HbCO før og etter CO-påføringa blir Hb-massen berekna (Landgraff & Hallén, 2020). HCT kan bli målt direkte etter sentrifugering av ein blodprøve eller bereknast ved hjelp av formelen: $HCT = (RBC \times MCV)/10$ (Hematocrit, 2020).

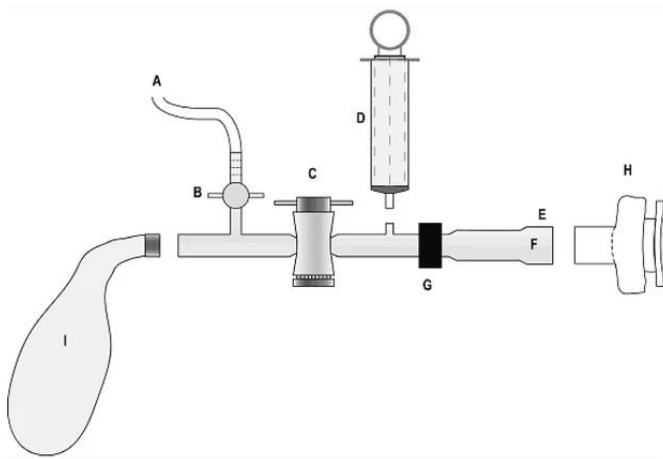


Fig. 1: Spirometer for å måle hemoglobinmasse. A: O₂ -rør, B: O₂ port (stengt under testing), C: Ventilen til O₂ .reservoaret (open under testing), D: O₂-sprøyte, E: adapter for tilkopling av

munnstykke, F: kammer for soda lime, G: erme, H: munnstykke, I: Anestetisk bag (Schmidt & Prommer, 2005).

Prosedyren føregjekk som følgande; Forsøkspersonane starta med ein blodprøve frå armvene, for måle hemoglobinkonsentrasjon [Hb] og hematokrit (Hct). Vidare drog forsøksperson for å gjennomføre karbonmonoksid-gjenpustningsmetoden. Blodprøve frå fingertuppen var tatt før og etter testen. Mengda karbonmonoksid forsøksperson skulle puste inn vart individuelt berekna ut i frå kroppsvekt med formelen $1.0 \text{ and } 0.8 \text{ mL. kg}^{-1}$. Vidare ekshalerte forsøkspersonen luft frå lungene følgt opp med inhalering av ein mengde av 99,9% karbonmonoksid frå eit spirometeroppsett (Fig.2) i 2 minuttar. Hb-massen vart kalkulert ut i frå forskjellen i %HbCO før og etter påføring av karbonmonoksid. Plasmavolum (PV), blodvolum (BV), erytrocyttvolum (EV) vart kalkulert frå Hb-massen ved bruk av venøs hemoglobin konsentrasjon [Hb] og venøs hematokritt (Hct).

3.3.2 Antropometriske målingar (kroppssamansetning, kroppshøgde og kroppsvekt)

Kroppssamansetninga vart målt gjennom DXA-analyse ved bruk av Lunar iDXA (GE Healthcare, Madison, Wisconsin, USA) og kroppshøgde og vekt vart målt gjennom digitalvekt med stadiometer (Seca, Hamburg, Germany). DXA-analyse blir brukt for å kvantifisere påliteleg og nøyaktige resultat av den regionale kroppssamansetninga, inkludert estimering av mager kroppsmasse, feittfri masse (FFM), og feittmasse (FM), og beintettheit (McArdle, 2015, s.761). To distinkte lågenergi røntgenstrålar med kort eksponering av stråling trekker seg gjennom bein og områdar med bløytvev på ein djupne på ca. 30 cm med DXA (McArdle, 2015, s.761). Forsøkspersonen ligger på ryggen rundt ein 12 minuttars periode, medan detektoren beveger seg over kroppen (McArdle, 2015, s.761). Ein programvare på data rekonstruerar dei låge røntgenstrålane for å produsere eit bilete av det underliggande vevet og kvantifiserer beinmineralinnhald, total FM og FFM (McArdle, 2015, s.761).

Prosedyren føregjekk som følgande; Forsøkspersonane fekk først beskjed om å ta av eventuelt metall som kunne forstyrre DXA-målingane. Vidare målte vi høgde og vekt, før vi satt i gang

sjølve DXA-målinga. Kroppsvekta og kroppshøgda vart målt samtidig gjennom ein digitalvekt med stadiometer. Forsøksperson fikk beskjed om å ta av sko før målingen, og gikk deretter på vekta. Kroppshøgda vart målt etter nærmaste 0,5 cm etter stadiometeret var justert, og kroppsvekta vart notert til nærmaste 0,1 kg ut i frå kva digitalvekta viste. Vidare fekk forsøksperson beskjed om å legge seg på matta i DXA-maskina i ein bestemt posisjon. Når forsøksperson vart plassert riktig på matta starta vi målinga. DXA-målinga føregjekk mellom 8-12 minutt, medan FP heldt kroppen heilt i ro i same posisjon inntil målinga var ferdig. Når scan-arma hadde bevegde seg gradvis frå hovudet til tærne var målinga unnagjort. Når DXA-scanen var ferdig vart resultatet automatisk analysert gjennom programvara enCORE versjon 14.10.022 (GE).

3.3.3 Måling av maksimalt oksygenopptak

VO_{2maks} vart målt gjennom springing på tredemølle med gradvis aukande belastning kvart minutt inntil utmatting. Under testen målast oksygenopptaket ved at testpersonen er tilkoppa utstyr via ein ansiktmaske (el. eit munnstykke). Utstyret som vart tatt i bruk i testinga var tredemølla Woodway Elg 70, Weil am Rhein, Germany og oksygenopptaket vart målt via miksekammer ved bruk av munnstykke.

Prosedyren forgjekk som følgande; FP steig på tredemølla der forsøksperson vart tilkoppa eit munnstykke og ei nesklype. Tredemølla var satt på 5,3% stigning og FP løp først ein submaksimal test på 5 minutt med tilpassa hastigheit. Etter FP fekk ein liten pause blei sjølve VO_{2maks} testinga starta. Stigningsgraden var fast på 5,3% og FP løp med hastigheit som økte 1 km/t for kvart minutt inntil utmatting. Mot slutten av testen kunne forsøkspersonane bestemme om dei ville behalde same fart eller auke farta for å kunne oppnå full utmatting. FP ble motivert undervegs til å springe til kvar måling var målt. Målingane på VO_{2maks} var målt kvart 30. sekund, og VO_{2maks} testen varte totalt 4-7 minutt på forsøkspersonane. VO_{2maks} til forsøkspersonane ble definert som gjennomsnittet av dei to høgste målingane av VO_{2maks} milliliter per minutt.

3.4 Statistikk

Analysing av data vart gjort gjennom programvara Excel (Microsoft 365). Data presenterast som gjennomsnitt og standardavvik. T-test vart brukt for å samanlikne gjennomsnittsverdiane mellom gruppene.

4.0 Resultat

4.1 Antropometri

Det var ingen forskjell i vekt eller høgde mellom kondisjonstrena kvinner (KT-K) og utrena kvinner (UT-K) (tabell 1), men KT-K hadde signifikant høgare FFM ($p=0.015$), medan FM ($p<0.010$) og FM% ($p<0.001$) til KT-K var om lag 70% av verdiane til UT-K. Det var ingen forskjell i høgde mellom kondisjonstrena menn (KT-M) og utrena menn (UT-M) (tabell 1). KT-M var i gjennomsnitt 5,4 kg lettare enn UT-M ($p=0,44$), men det var ingen forskjell i FFM. FM til KT-M var i gjennomsnitt 59% av FM til UT-M og FM% var følgeleg lågare ($p<0,001$).

Tabell 4.1: Antropometri

	UT-K (n=12)	KT-K (n=14)	p-verdi Kvinner	UT-M (n=22)	KT-M (n=28)	p-verdi Menn
Alder (år)	30 (4,8)	23,1 (3,8)	<0,001	26,7 (4,5)	25 (3,3)	0,115
Vekt (kg)	61,7 (9,5)	62,0 (4,3)	0,922	82,5 (12,1)	77,1 (7,3)	0,044
Høgde (cm)	165,8 (6,9)	169,4 (6,9)	0,196	182,2 (7,6)	183,4 (6,3)	0,537
FFM (kg)	44,8 (5,4)	50,0 (4,7)	0,015	66,7 (9,2)	68,3 (5,8)	0,422
FM (kg)	17,3 (6,6)	12,1 (2,4)	0,010	16,4 (7,6)	9,7 (3,5)	<0,001
FM% (%)	28,5 (6,7)	20,3 (3,9)	<0,001	19,3 (6,2)	12,9 (3,6)	<0,001

Talla er presentert som gjennomsnitt (standardavvik) og p-verdi. FFM er feitt fri masse, FM er feittmasse, FM% er feittprosent.

4.2 Maksimale oksygenopptak

VO_{2maks} var høgare hjå dei kondisjonstrena gruppene (kvinner og menn) samanlikna med dei utrena både i absolutte verdiar, -justert for kroppsmasse og feittfri masse (alle p<0,001) (Tabell 2). VO_{2maks} justert for kroppsmasse (KM) hadde KT-K 42 % høgare og 20,6 % høgare VO_{2maks} justert for FFM enn UT-K. KT-M hadde 39,2% høgare VO_{2maks} justert for kroppsmasse og 23,7% høgare VO_{2maks} justert for feittfri masse enn UT-M.

Tabell 4.2: Maksimale oksygenopptak

	UT-K (n=12)	KT-K (n=14)	p-verdi kvinner	UT-M (n=22)	KT-M (n=28)	p-verdi menn
VO _{2maks} (ml/min)	2821 (410)	4024 (397)	<0,001	4428 (655)	5787 (559)	<0,001
VO _{2maks} (ml kg _{KM} ⁻¹ min ⁻¹)	45,7 (6,6)	64,9 (4,8)	<0,001	54,0 (6,4)	75,2 (6,4)	<0,001
VO _{2maks} (ml kg _{FFM} ⁻¹ min ⁻¹)	66,8 (6,28)	80,6 (6,08)	<0,001	66,5 (4,77)	82,3 (15,96)	<0,001

Talla er presentert som gjennomsnitt (standardavvik) og p-verdi. FFM er feittfri masse og KM er kroppsmasse.

4.3 Hematologiske variablar

Hjå kondisjonsgruppene og dei utrena (både for kvinner og menn) var det ingen signifikant forskjell (p<0,05) i hemoglobinkonsentrasjon og hematokrit (Tabell 3).

Tabell 4.3: Hematologiske variablar

	UT-K (n=12)	KT-K (n=14)	p-verdi kvinner	UT-M (n=22)	KT-M (n=28)	p-verdi menn
[Hb] (g/dl)	13,9 (1,3)	13,6 (0,8)	0,562	15,7 (1,0)	16,6 (8,5)	0,608
HCT (%)	42,6 (1,9)	41,7 (2,1)	0,274	46 (2,9)	41,8 (10,7)	0,083

Talla presentert som gjennomsnitt (standardavvik) og p-verdi. [Hb] er hemoglobinkonsentrasjon og HCT er hematokrit.

Det var forskjell i Hb-masse mellom KT-K og UT-K i absolutte verdier ($p=0,004$) og justert for KM ($p=0,001$), men ikkje justert for FFM ($p=0,067$) (tabell 4). Mellom KT-M og UT-M var det forskjell både i absolutte verdier ($p=0,007$) og justert for KM ($p<0,001$) og FFM ($p<0,001$). Blodvolum og plasmavolum i absolutte verdier, justert for KM og FFM var høgare hjå dei kondisjonstrena enn dei utrena (både for kvinner og menn), men for BV justert for FFM mellom KT-M og UT-M var forskjellen ikkje statistisk signifikant ($p=0,077$). UT-K hadde gjennomsnittlig lågare erytrocyttvolum i absolutte verdier (15,2%) og justert for KM (13,7%) samanlikna med KT-K, men ingen forskjell justert for FFM ($p=0,053$). EV i absolutte verdier og justert for FFM skilte lite mellom UT-M og KT-M (EV=8%, EV_{FFM}=5,8%), medan EV justert for kroppsmasse var 12,5% høgare hjå KT-M enn UT-M.

Tabell 4.4: hematologiske variablar

	UT-K (n=12)	KT-K (n=14)	p-verdi kvinner	UT-M (n=22)	KT-M (n=28)	p-verdi menn
Hb-m (g)	575 (86,9)	681 (82,5)	0,004	940 (156)	1039 (106)	0,007
Hb-m (g/kg)	9,4 (1,1)	11 (1,1)	0,001	11,5 (1,1)	13,3 (1,0)	<0,001
Hb-m (g kg _{FFM} ⁻¹)	12,8 (1,0)	13,6 (1,1)	0,067	14,1 (1,0)	15,2 (1,0)	<0,001
BV (ml)	4549 (534)	5488 (606)	<0,001	6595 (1113)	7564 (841)	0,001
BV (ml/kg)	74,7 (9,0)	88,5 (8,1)	<0,001	80,5 (9,6)	93,7 (18,2)	0,003
BV (ml kg _{FFM} ⁻¹)	102 (4,94)	110 (8,2)	0,006	98,8 (8,1)	107 (20,3)	0,077
PV (ml)	2786 (332)	3411 (432)	<0,001	3824 (656)	4334 (975)	0,036

PV (g/kg)	45,8 (6,2)	54,9 (5,7)	0,001	46,7 (6,6)	55,3 (11,3)	0,002
PV (ml kg_{FFM}⁻¹)	62,3 (4,3)	68,2 (5,9)	0,009	57,4 (6,1)	63,2 (12,6)	0,049
EV (ml)	1762 (224,1)	2078 (211)	0,001	2761 (515)	3000 (633)	0,146
EV (g/kg)	28,9 (3,1)	33,5 (3,2)	0,001	33,6 (4,0)	38,4 (7,7)	0,010
EV (ml kg_{FFM}⁻¹)	39,4 (1,9)	41,6 (3,5)	0,053	41,3 (3,6)	43,8 (8,6)	0,192

Talla er presentert som gjennomsnitt (standardavvik) og p-verdi. Hb-m er hemoglobinmasse, BV er blodvolum, PV er plasmavolum og EV er erytrocyttvolum.

5.0 Diskusjon

Hensikta med studien var å undersøke kor stor betydning trening og kroppssamansetning har på det maksimale oksygenopptaket, blodvolumet og Hb-massen. For å undersøke dette samanlikna vi ei gruppe kondisjonsutøvarar og ei gruppe ikkje-kondisjonstrena. Forskjellane mellom desse gruppene kan vere ein konsekvens av trening, men det kan også vere ein konsekvens av medfødde eigenskapar. Denne undersøkinga kan ikkje skilje mellom desse to årsakene, derfor vil både effekt av trening og arv bli diskutert.

Som forventa hadde dei kondisjonstrena deltakarane betydeleg høgare VO_{2maks}, blodvolum og Hb-masse enn dei ikkje-kondisjonstrena. VO_{2maks} relativt til KM var høvesvis 42% og 39% høgare hjå kondisjonstrena kvinner og menn samanlikna med dei ikkje-kondisjonstrena. For Hb-massen var forskjellane høvesvis 17% og 15,6% og for blodvolum 18,4% og 16,3% relativt til KM. Ein annan markant forskjell på gruppene var feittprosenten. Feittprosenten til KT-K var 71,2% av feittprosenten til UT-K, medan KT-M sin feittprosent var 66,8% av verdien til UT-M. Om vi då ser på verdiane for VO_{2maks}, Hb-masse og blodvolum relativt til

FFM, er forskjellane mellom gruppene halvert eller meir for kvinnene og nesten halvert og halvert for mennene. Dette tyder på at ein stor del av forskjellane mellom trenar og utrenar i dei variablane vi undersøker her, skuldast ulik kroppssamansetning.

5.1 Kroppssamansetning og VO_{2maks}

Våre funn viste til 50% mindre forskjell i VO_{2maks} mellom kondisjonstrenar og utrenar kvinner når VO_{2maks} var relativt til FFM enn med kroppsmasse. Forskjellen mellom kondisjonstrenar og utrenar menn i VO_{2maks} var 39% relativt til kroppsvekt og 24% relativt til FFM, som viser at over 40% av forskjellen i VO_{2maks} skuldast kroppssamansetning, altså feittprosenten.

Ut i frå tidlegare studiar kan vi sjå at forskjellane i VO_{2maks} mellom personar med ulik kroppssamansetning er forskjellig relativt til KM og FFM. Både i Goran et.al (2000) og Moses et.al (2016) har funnet liknande resultat når dei undersøkte personar med ulik kroppssamansetning. I Goran et.al sin studie samanlikna dei aerob kapasitet hjå overvektige og normalvektige barn. Ifølgje resultatane hadde dei overvektige høgare VO_{2maks} i absolutte verdiar og lågare VO_{2maks} relativt til KM enn dei normalvektige. Når dei justerte VO_{2maks} til FFM var det ingen forskjell mellom gruppene (Goran, et.al, 2000). I studien til Moses et.al (2016) undersøkte dei kjønnsforskjellar i VO_{2maks} hjå unge kvinnelege og mannlege fotball- og hockeyspelarar. VO_{2maks} relativt til KM var signifikant høgare hjå mennene, medan VO_{2maks} relativt til FFM var det ingen signifikant forskjell mellom kvinner og menn (Moses et.al, 2016). Forskjellane i BMI og kroppsfett var noko av hovudgrunnane til kjønnsforskjellane i aerob kapasitet ifølgje studien (Moses et.al, 2016).

Det passar med at auka mengde feittmasse er assosiert med lågare verdiar av VO_{2maks} hjå unge vaksne (Mondal & Mishra, 2017), og at FFM er positivt assosiert med VO_{2maks} , medan FM er negativt assosiert med VO_{2maks} (Vargas et.al, 2018). Når dei undersøkte påverknaden av total feittmasse på aerob kapasitet i Goran et.al sin studie kom dei fram til at feittmassen eller ekstra kroppsvekt nødvendigvis ikkje vil redusere den maksimale kapasiteten til å konsumere oksygen. Overflødig fett vil derimot ha ein negativ effekt på det dei definerer som «submaksimal kapasitet», nemleg kor stor prosent av VO_{2maks} (relativt til KM) barna bruka på

ein gitt fart på tredemølla (Goran et.al, 2000). Feitleik og VO_{2maks} bør derfor ifølgje studien betraktast som uavhengige variablar (Goran et.al, 2000).

5.2 Påverknad av kroppssamansetning på blodvolumet og Hb-massen

Når vi justerte blodvolum og Hb-masse til FFM vart forskjellane mindre mellom dei kondisjonstrena og utrena. Det var 17% forskjell i blodvolum og 15,6 % forskjell i Hb-masse mellom kondisjonstrena og utrena kvinner relativt til KM, og 7,8% forskjell i blodvolum og 6,2% forskjell i Hb-masse relativt til FFM. Mellom kondisjonstrena og utrena menn utgjorde kroppssamansetninga ca.50% av forskjellane både i blodvolum og Hb-masse. At det var større forskjell mellom variablane i forhold til KM enn FFM, skuldast sjølvsagt høgare feittprosent hjå den utrena gruppa. Dette betyr at kroppssamansetninga utgjorde over halvparten av forskjellane mellom kvinnene og halvparten av forskjellane hjå mennene i blodvolum og Hb-masse.

At forskjellen i blodvolum og Hb-masse blir mindre relativt til FFM er også sett i tidlegare studiar (Stevenson et.al, 1994; Goodrich et.al, 2020; Malczewska-Lenczowska et.al, 2013). I ein studie av Stevenson et.al (1994) samanlikna dei tidlegare kvinnelege kondisjonsutøvarar med utrena kvinner i alderen 50-70 år, og fant 39% forskjell i blodvolum mellom dei kondisjonstrena og dei utrena relativt til kroppsmasse (Stevenson et.al, 1994). Blodvolum relativt til FFM var det berre 10% forskjell, som betyr at omtrent 73% av forskjellane skuldast ulik kroppssamansetning (Stevenson et.al, 1994). Liknande resultat er sett i Hb-masse i studien til Goodrich et.al (2020) når dei samanlikna kvinner og menn (Goodrich et.al, 2020). Forskjellane relativt til KM var 19,9 % og sank til 7,5% relativt til mager kroppsmasse (Goodrich et.al, 2020). Malczewska-Lenczowska et.al (2013) samanlikna blodvolum og Hb-masse hjå kvinner og menn i ulike idrettar relativt til KM og FFM (Malczewska-Lenczowska et.al 2013). Det var både kondisjonsidrettar og ikkje-kondisjonsidrettar med i studien, og skilnaden mellom dei vart lågare relativt til FFM (Malczewska-Lenczowska et.al 2013).

Grunnen til at forskjellane blir mindre relativt til FFM et at intravasale volum er sterkt relatert til FFM både hjå menn og kvinner (Chang et.al, 2017). FFM er både sterkt relatert til totalt

blodvolum (BV), volum av raude blodcellevolum (RCV) og plasmavolum (PV), og det nære forholdet mellom det intravasale volumet og FFM kan være via totalt kroppsvann (Chang et.al, 2017). Personar som utviklar overvekt får auka totalt blodvolum, men har lågare totalt blodvolum per KM enn magre individ fordi feittmassen er underperfundert samanlikna med feittfri masse (Vricella et.al, 2015). Tidlegare studiar har vist at blodvolum er best estimert ut i frå feittfri masse, på grunn av nærmast korrelasjon til vaskulære volum (Sawka et.al, 1992). Ein studie gjennomført på vaksne kvinnelege medisinstudentar konkluderte med at Hb-massen hadde negativ korrelasjon med BMI og feittprosent, som tyder på auke i feittmasse ikkje bidreg til auke i Hb-masse (Acharya, et.al, 2018).

5.3 Betydning av gena og trening på VO_{2maks}

Kroppssamansetninga utgjorde opp til 40-50% av forskjellane mellom kondisjonstrena og utrena i VO₂-maks i denne studien, som betyr at trening og gena forklara rundt 50-60% av forskjellane. Ifølgje tidlegare studiar har trening gitt 15-25% høgare VO_{2maks} hjå inaktive vaksne etter ein treningsperiode (Landgraff, 2009). Ein studie om arv og VO_{2maks} tilseier at arvelege komponentar utgjer opptil 50% av variasjonen i VO_{2maks} hjå vaksne når det er justert for alder, kjønn og kroppsvekt (Bouchard et.al., 1998).

I Scharhag-Rosenberger et.al (2010) sin studie ga eit år med kondisjonstrening 15,2% auke i VO_{2maks} hjå nyleg fysisk aktive kvinner og menn i alderen 30-50 år. Etter eit halvt år var det 12% auke og siste halvåret var det 3% auke i VO_{2maks} (Scharhag-Rosenberger et.al, 2010). Hjå allereie kondisjonstrena personar auka sin VO₂-maks med 5,5-7,5% med høg intensitetstrening over ein 8 vekers periode (Helgerud et.al, 2007), og ein studie med personar med koronar hjarteskjukdom auka sin VO_{2maks} med 17,9% etter ein 10 vekers høgintensitetstrening (Rognmo, 2004).

Endringar i kondisjonsnivå som kjem av uthaldstrening har vist store variasjonar ut i frå ein mengde biologiske og metodiske faktorar (Meyler et.al, 2021). Det er fleire individ som ikkje oppnår meiningsfulle aukingar i kondisjonsnivå til tross for uthaldstrening (Meyler et.al, 2021). Det er også sett at det kan førekomme høg VO_{2maks} hjå vaksne utan noko

treningsbakgrunn (Martino, Gledhill, & Jamnik, 2002). I studiar der dei undersøker responsen av regelmessig fysisk aktivitet og arv, har alder, kjønn og etnisitet hatt liten effekt på individuelle forskjellar, medan gena og miljø har spelt ein stor rolle (Bouchard & Rankinen, 2001). Vi må derfor anta at forskjellen mellom våre kondisjonstrena grupper og dei utrena skuldast både arv og trening. I den samanhengen er det også viktig å nemne at forskjellane i feittprosent mellom våre grupper også kan vere påverka av genetiske disposisjonar.

5.4 Gena og trening på blodvolumet og Hb-massen

Vi fant at ca. 35-45% av forskjellane i Hb-masse og blodvolum mellom dei kvinnelege gruppene, og ca.50% mellom kondisjonstrena og utrena menn ikkje kan forklarast med kroppssamansetning og må derfor skuldast trening eller arv. Frå tidlegare studiar veit vi at sirkulerande blodvolum blir påverka av fysisk aktivitet og inaktivitet (Convertino, 2007). I ein studie av Schmidt & Prommer (2008) dokumenterte dei effekten av 9 månader med kondisjonstrening inn mot ein maraton konkurranse på total hemoglobinmasse og VO_{2maks} . Ifølgje resultatata auka den totale Hb-massen med 6,4% , medan blodvolumet auka opptil 10,3% på grunn av ein relativ større auke i plasmavolum (Schmidt & Prommer, 2008). I studien til Steiner et.al (2019) ga kondisjonstrening i 6 til 9 månader ein auke på 5-10% i Hb-masse hjå utrena og moderat trena, medan uthaldstrening hjå allereie godt kondisjonstrena ga minimal effekt på Hb-massen (~3%) (Steiner et.al, 2019). Ifølgje ein forskingsartikkel av Mancera-Soto et.al har trening i vaksen alder forårsaka svært liten effekt på Hb-massen med 3-6,5%, derfor er Hb-massen hjå eliteutøvarar hovudsakleg genetisk avhengig og kan bli påverka av trening i liten grad (Mancera-Soto et.al, 2022). Basert på desse studiane kan ikkje observerte treningseffektar hjå utrena forklare dei store skilnadane i Hb-masse mellom kondisjonstrena og utrena (Steiner et.al, 2019). Det har derfor blitt diskutert om at ein genetisk disposisjon eller fleire år med uthaldstrening frå barne-ungdomsåra til vaksen alder, eller ein kombinasjon av begge, forklarar dei høge verdiane hjå eliteidrettsutøvarar som overstige dei utrena med meir enn 40% (Mancera-Soto et.al, 2022; Steiner et.al, 2019).

Ifølgje studiar på vaksne aukar blodvolumet ved kondisjonstrening på grunn av auke i PV, som er ein av dei første tilpassingane som kjem i løpet av første til andre veke med trening (Sawka et.al, 2000; Convertino, 2007). Etter den tid førekjem ein auke i raude blodceller (Sawka et.al, 2000; Convertino, 2007). Ut i frå tidlegare litteratur kan vi anta at Hb-massen førekjem meir av genetiske årsaka samanlikna med trening. Det kan også verke som at blodvolumet aukar meir med trening enn Hb-massen, men er likevel er påverka ein del av genetisk disposisjon.

5.5 Blodvolum og Hb-masse mellom kondisjonstrena og utrena

Det var høvesvis 17% (kvinner) og 15,6% (menn) forskjell i Hb-masse og 18,6 % (kvinner) og 16,3% (menn) forskjell i blodvolum mellom dei kondisjonstrena og utrena relativt til KM. I Hb-masse hadde dei utrena i gjennomsnitt 11,5 g/kg (menn) og 9,4 g/kg (kvinner), medan dei kondisjonstrena hadde 13,3 g/kg (menn) og 11 g/kg (kvinner). Når det gjelder blodvolumverdiane hadde dei utrena i gjennomsnitt 80,5 ml/kg (menn) og 74,7 ml/kg (kvinner), og 93,7 ml/kg (menn) og 88,5ml/kg (kvinner) for dei kondisjonstrena. Med 16,3-18,6% forskjell mellom kondisjonstrena og utrena i vår studie avviker det frå tidlegare studiar som tilseier at det er det vanleg med 20-25% forskjell i BV og Hb-masse mellom trenar og utrena menn og kvinner (Heinicke et.al, 2001; Convertino, 2007). Nokre studiar viser også at godt trenar kondisjonsutøvarar har opp til 40% høgare hemoglobinmasse og blodvolum samanlikna med utrena individ (Landgraff & Hallén, 2020).

Tabell 5.1: Oversikt over tidlegare studiar som har målt Hb-masse og BV.

Studie (År)	Metode	Antall (FP)	Kjønn (M/K)	Hb-masse (g/kg)	Blodvolum (ml/kg)
Heinicke et.al (2001) *	CO rebreathing method	12	Utrena (M)	11,1	78,3
		16	Profesjonelle syklistar (M)	15,4	107,1
		25	Mosjonistar (M)	13,1	87,4
		11	Symjing (M)	13,2	97,2
Falz et.al (2019)	CO rebreathing method	50	Kvinner	10,3 (1,0)	80,1 (6,9)
		50	Menn	13,9 (1,5)	93,7 (8,7)
Eastwood et.al (2012)	CO rebreathing method	5	Menn	9,7 (0,8)	62 (5)
		7	Kvinner	7,6 (0,6)	56 (4)
Schmidt & Prommer (2008)	CO rebreathing method	70	NP (M)		82,1 (7,3)
		52	NP (K)		75,6 (7,6)
		121	MP (M)		89,9 (7,8)
		83	MP (K)		84 (7)
		110	HP (M)		97,7 (8,6)
		45	HP (K)		91,5 (8,5)
		92	EP (M)		105,4 (10)
		38	EP (K)		99,8 (7,5)

Verdiane er oppgitt i gjennomsnitt (standardavvik). Gruppene i Schmidt & Prommer er delt inn etter VO_{2maks} : NP er «normal prestasjon» (lav VO_{2maks}), MP er «moderat prestasjon», HP er «høg prestasjon» og EP er «elite prestasjon». *Artikkelen inneheld data frå fleire grupper enn inkludert her. Standardavvik anslått frå figurer; ca.1g/kg for Hb-masse og ca.7ml/kg for blodvolum.

Hb-masse og blodvolum har blitt undersøkt i ein rekke studiar, og basert på tidelgare litteratur (Tabell 5.1) kan vi sjå både ulikheitar og likskapar med våre utrena og kondisjonstrena deltakara. I studien til Heinicke et.al (2001) samanlikna dei blodvolum- og hemoglobinverdiar hjå menn i ulike idrettar, som viser til 35%-40% forskjell mellom dei kondisjonstrena (profesjonelle syklistar) med høgast blodvolum og hemoglobinmasse og dei utrena (Heinicke et.al, 2001) (Tabell 5.1). Det er viktig å merke seg at desse verdiane er per kg KM. Samanlikna med vår studie har dei utrena deltakarane 3-4,5% lågare gjennomsnittsverdiar i Hb-masse og blodvolum enn våre mannlege deltakare, medan dei kondisjonstrena har opptil 14-15% høgare verdiar enn i vår studie. Hjå mosjonistgruppa og symjegruppa i studien til Heinicke et.al (2001) er resultatata meir tilsvarande vår studie, og skil berre med 0,1-0,2 g/kg i Hb-masse. I blodvolum hadde mosjonistane 87,4 ml/kg og symjegruppa hadde 97,2 ml/kg, medan dei kondisjonstrena mennene i vår studie hadde 93,7 ml/kg, som er nesten er midt i mellom dei nemnte verdiane.

Ein studie som undersøkte normalverdiar av Hb-masse og blodvolum hjå aktive kvinner og menn var verdiane for Hb-masse høvesvis 13,9 g/kg (menn) og 10,3 g/kg (kvinner), og 93,7 ml/kg (menn) og 80,1 ml/kg (kvinner) i blodvolum (Falz et.al, 2019) (Tabell 5.1). Dei mannlege deltakarane trena i gjennomsnitt 4,5 time i veka, medan kvinnene trena 3,1 time i veka (Falz et.al, 2019). I Hb-masse for aktive menn skil det berre 0,6 g/kg frå dei kondisjonstrena i vår studie, og 0,7 g/kg hjå kvinnene. Resultata på blodvolum er tilsvarande som kondisjonsgruppa for menn i vår studie, medan kvinnene i vår studie har 8,4 ml/kg høgare blodvolum samanlikna med kvinnelege deltakare i Falz et.al sin studie. Samanlikna med Eastwood et.al (2012) sin studie som undersøkte effekt av trening på Hb-masse hjå utrena kvinner og menn har våre utrena høgare Hb-masse og blodvolum. Både mennene og kvinnene hadde 1,8 g/kg lågare Hb-masse, samt 18,7 ml/kg (kvinner) og 18,5 ml/kg (menn) lågare blodvolum enn utrena i vår studie.

Schmidt & Prommer (2008) kategoriserte sine deltakara ut i frå VO_{2maks} og delte dei inn i normal prestasjon (NP), moderat prestasjon (MP), høg prestasjon (HP) og elite prestasjon (EP) (Tabell 5.1). Deltakarane under kategorien NP var nærmast blodvolumverdiane frå våre

utrena grupper både for kvinner og menn med berre 1,6 ml/kg (menn) og 0,9 ml/kg (kvinner) som skilnad. Grappa MP (89,9 ml/kg) var nærmast våre kondisjonstrena menn (93,7 ml/kg) i blodvolum, og grappa HP hjå kvinner (91,5 ml/kg) hadde nærmast verdiar som våre kondisjonstrena kvinner (88,5 ml/kg).

Årsaka til forskjellar i blodvolum og Hb-masse hjå våre deltakara samanlikna med andre kan kome av genetiske forskjellar, ulik treningsbakgrunn og eventuelt type uthaldstrening/idrett. Men det er også viktig å nemne at forskjellar mellom studiar også kan skuldast metodiske forhold, sidan ulike metodar kan gi noko ulike resultat.

6.0 Konklusjon

For å undersøke betydninga av kroppssamansetning på forskjellane mellom kondisjonstrena og ikkje-kondisjonstrena kvinner og menn når det gjeld blodvolum, Hb-masse og VO_{2maks} , samanlikna vi desse variablane mellom gruppene (fordelt på kjønn) relativt til KM og relativt til FFM. Vi fant at forskjellane mellom kondisjonstrena og utrena vart vesentleg lågare relativt til FFM samanlikna med KM. Dei prosentvise forskjellane mellom gruppene blei rundt halvert eller meir relativt til FFM samanlikna med KM. Årsaka var høgare feittmasse hjå dei utrena gruppene. For Hb-masse og dei intravasale voluma relativt til FFM, var forskjellane små (<10%), og ikkje alltid signifikante. Det viser at når ein vurderer forskjellane i VO_{2maks} relativt til KM, som er det mest vanlege, må ein vere klar over at kroppssamansetninga kan vere eit viktig bidrag til forskjellane. Om ein også inkluderer verdiane for VO_{2maks} relativt til FFM i analysen, kan ein betre forstå årsaka til forskjellane.

7.0 Referansar

Acharya, S., Patnaik, M., Mishra, S.P., Panigrahi, A.K. (2018). Correlation of hemoglobin versus body mass index and body fat in young adult female medical students.

Department of Physiology, MKCG Medical College, Berhampur, Odisha, India.

<https://doi.org/10.5455/njppp.2018.8.0619912062018>

Aeng. A. (2014). *Er hemoglobinmasse, blodvolum og maksimalt oksygenopptak forskjellig mellom barn med ulik treningsbakgrunn allerede ved 12 års alderen?: en tverrsnittstudie av 12 år gamle langrennsløpere og barn rekruttert fra skoleklasser.* [Masteoppgåve]. Norges Idrettshøgskole.

Besson T., Macchi R., Rossi J., Morio C.Y.M., Kunimasa Y., Nicol C., Vercruyssen F., Millet G.Y. (2022). Sex Differences in Endurance Running. *Sports Med.* 2022

Jun;52(6):1235-1257. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01651-w>.

Bouchard, C. & Rankinen, T. (2001). Individual differences in response to regular physical activity. *Med Sci Sports Exerc.* 2001 Jun;33(6 Suppl):S446-51; discussion S452-3.

<https://doi.org/10.1097/00005768-200106001-00013>.

Bouchard, C., Daw, E. W., Rice, T., Perusse, L., Gagnon, J., Province, M. A., Leon, A. S., Rao, D. C., Skinner, J. S., & Wilmore, J. H. (1998). Familial resemblance for VO₂max in the sedentary state: the HERITAGE family study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(2), 252–258. <https://doi.org/10.1097/00005768-199802000-00013>

Bredella, M.A., (2017). Sex Differences in Body Composition. *Adv Exp Med Biol.* 2017; 1043:9-27. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70178-3_2.

Chang, D.C., Piaggi, P., Krakoff, J. (2017). A novel approach to predict 24-h energy expenditure based on hematologic volumes: development and validation of models comparable to Mifflin-St Jeor and body composition models. *J Acad Nutr Diet.* 2017 Aug; 117(8): 1177–1187. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2017.04.009>

- Charkoudian, N. & Joyner, M.J., (2004). Physiologic considerations for exercise performance in women. *Clin Chest Med.* 2004 Jun;25(2):247-55.
<https://doi.org/10.1016/j.ccm.2004.01.001>.
- Convertino, V.A., (2007). Blood volume response to physical activity and inactivity. *American Journal of the Medical Sciences July 2007, Volume 334 (1), p 72–79.*
<https://doi.org/10.1097/MAJ.0b013e318063c6e4>
- Dahl, H. A. (2008). *Mest om muskel : essensiell muskelbiologi.* Cappelen akademisk.
- Dahl, H.A., (2015). *Klar ferdig gå!* Cappelen.
- Degens H., Stasiulis A., Skurvydas A., Statkeviciene B., Venckunas T. (2019). Physiological comparison between non-athletes, endurance, power and team athletes. *Eur J Appl Physiol* 119, 1377–1386 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04128-3>
- Eastwood, A., Bourdon, P.C., Norton, K.I., Lewis, N.R., Snowden, K.R., Gore, C.J. No Change in hemoglobin mass after 40 days of physical activity in previously untrained adults. *Scand J Med Sci Sports Scand J Med Sci Sports.* 2012; 22: 722–728.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01310.x>
- Falz, R., Fikenzer, S., Hoppe, S., Busse, M., (2019). Normal Values of Hemoglobin Mass and Blood Volume in Young, Active Women and Men. *Int J Sports Med.* 2019 Apr;40(4):236-244. <https://doi.org/10.1055/a-0826-9235>
- Frøyd, C., Madsen, Ø., Sæterdal, R., Tønnessen, E. Wisnes A.R., Aasen, S.B., (2010). *UTHOLDENHET-trening som gir resultater (1.utg).* Akilles.
- Gjerset, A., Haugen, K., Holmstad, P. (2006). *Treningslære (3.utg).* Gyldendal undervisning.
- Goodrich, J.A., Frisco, D.J., Kim, S., Holliday, M., Rueda, M., Poddar, S., Byrnes, W.C. (2020). The importance of lean mass and iron deficiency when comparing hemoglobin mass in male and female athletic groups. *J Appl Physiol (1985).* 2020 Oct 1;129(4):855-863. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00391.2020>.

- Goran, M., Fields, D.A., Hunter, G.R., Herd, S.L., Weinsier, R.L. (2000). Total body fat does not influence maximal aerobic capacity. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2000 Jul;24(7):841-8. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0801241>.
- Haug, E., Sand, O., Sjaastad, Øystein V., & Toverud, K. C. (1992). *Menneskets fysiologi (1.utg)*. Universitetsforl.
- Heinicke, K., Wolfarth, B., Winchenbach, P., Biermann, B., Schmid, A., Huber, G., Friedmann, B., Schmidt, W. (2001). Blood volume and hemoglobin mass in elite athletes of different disciplines. *Int J Sports Med*. 2001 Oct;22(7):504-12. <https://doi.org/10.1055/s-2001-17613>.
- Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjorth, N., Bach, R., & Hoff, J. (2007). Aerobic High-Intensity Intervals Improve V̇O₂max More Than Moderate Training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(4), 665–671. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180304570>
- Hematocrit. (2020). *Nursing Critical Care*, 15(2), 38–38. <https://doi.org/10.1097/01.CCN.0000654816.47865.44>
- Heymsfield. (2005). *Human body composition* (2nd ed., pp. xii, 523). Human Kinetics.
- Heyward, V.H., Wagner, D.R. (2004). *Applied body composition assessment (2nd.ed)*. Human Kinetics.
- Houtman S., Oeseburg B., Hopman M., (2000). Blood volume and hemoglobin after spinal cord injury. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation: May 2000 - Volume 79 - Issue 3 - p 260-265*. <https://doi.org/10.1097/00002060-200005000-00008>
- Hunt, B.E., Davy, K.P., Jones, P.P., Desouza, C.A., Van Pelt, R.E., Tanaka, H., Seals, D.R. (1998). Role of central circulatory factors in the fat-free mass-maximal aerobic capacity relation across age. *Am J Physiol*. 1998 Oct;275(4):H1178-82. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.1998.275.4.H1178>.

- Johnson, R.K. & Coward-McKenzie, D. (2001). Energy Requirement methodology. *Nutrition in the Prevention and Treatment of Disease, 2001*. Henta fra:
<https://www.sciencedirect.com/topics/nursing-and-health-professions/fat-free-mass>
- Konopka M.J., Zeegers M.P., Solberg P.A., Delhaije L., Meeusen R., Ruigrok G., Rietjens G., Sperlich B. (2022). Factors associated with high-level endurance performance: An expert consensus derived via the Delphi technique. *PLoS One. 2022 Dec 27;17(12): e0279492*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0279492>.
- Landgraff, H. W. (2020). *Cardiorespiratory, hematological and body composition changes in maturing girls and boys with different training backgrounds*. Norges Idrettshøgskole.
- Landgraff, H.W. & Hallén, J. (2020). Longitudinal training-related hematological changes in boys and girls from ages 12 to 15 yr. *Med Sci Sports Exerc. 2020 Sep;52(9):1940-1947*. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002338>
- Landgraff, H.W. (2009). *Hemoglobinmasse, blodvolum og maksimalt oksygenopptak hos unge idrettsutøvere*. [Masteroppgave]. Norges Idrettshøgskole.
- Lichti, J., Maggioni, M.A., Balcersek, B., Becker, P.N., Labes, R., Gunga, H. Föhling, M., Steinach, M. (2023). The relevance of body composition assessment for the rating of perceived exertion in trained and untrained women and men. *Front Physiol. 2023; 14: 1188802*. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1188802>
- Lundgren, K. M., Aspvik, N. P., Langlo, K. A. R., Braaten, T. B., Wisløff, U., Stensvold, D., & Karlsen, T. (2021). Blood Volume, Hemoglobin Mass, and Peak Oxygen Uptake in Older Adults: The Generation 100 Study. *Frontiers in Sports and Active Living*. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.638139>
- Malczewska-Lenczowska, J., Sitkowski, D., Orysiak, J., Pokrywka, A., & Szygula, Z. (2013). Total haemoglobin mass, blood volume and morphological indices among athletes from different sport disciplines. *Archives of medical science: AMS, 9(5), 780–787*. <https://doi.org/10.5114/aoms.2013.36926>

- Malina, R.M., (2007). Body Composition in Athletes: Assessment and Estimated Fatness. *Clin Sports Med.* 2007 Jan;26(1):37-68. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2006.11.004>.
- Mancera-Soto, E.M., Ramos-Caballero D.M., Rojas, J.J.A., Duque, L., Chaves-Gomez, S., Cristancho-Mejía, E., Schmidt, W.F. (2022). Hemoglobin Mass, Blood Volume and VO₂max of Trained and Untrained Children and Adolescents Living at Different Altitudes. *Front Physiol.* 2022;13: 892247. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.892247>.
- Marengo-Rowe, A.J., (2006). Structure-function relations of human hemoglobins. *Proc (Bayl Univ Med Cent).* 2006 Jul; 19(3): 239–245. <https://doi.org/10.1080/08998280.2006.11928171>
- Martino, M., Gledhill, N., Jamnik, V. 2002). High VO₂max with no history of training is primarily due to high blood volume. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(6), 966–971. <https://doi.org/10.1097/00005768-200206000-00010>
- McArdle, W. D., Katch, V. L., & Katch, Frank I. (2015). *Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance* (8th intl. ed., pp. LIX, 1028). Lippincott Williams & Wilkins Wolters Kluwer Health.
- Meyler, S., Bottoms, L., Muniz-Pumares, D. (2021). Biological and methodological factors affecting VO₂max response variability to endurance training and the influence of exercise intensity prescription. *Experimental Physiology Volume 106, Issue 7 p. 1410-1424*. <https://doi.org/10.1113/EP089565>
- Mondal, H. & Mishra, S.P. (2017). Effect of BMI, Body Fat Percentage and Fat Free Mass on Maximal Oxygen Consumption in Healthy Young Adults. *J Clin Diagn Res.* 2017 Jun;11(6):CC17-CC20. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/25465.10039>.
- Moschandreou, T. E. (2012). *Blood cell: an overview of studies in hematology*. IntechOpen.

- Moses, T., Brickson, S., Sanfilippo, J. & Watson, A. (2016). Normalizing VO₂max to Body Composition Eliminates Gender Differences in Collegiate Soccer and Hockey Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48 (5S), 996.
<https://doi.org/10.1249/01.mss.0000487996.93207.10>.
- Mukund, K. & Subramaniam, S. (2019). Skeletal muscle: A review of molecular structure and function, in health and disease. *Wiley Interdiscip Rev Syst Biol Med*. 2020 Jan-Feb; 12(1): e1462. <https://doi.org/10.1002/wsbm.1462>
- Prommer, N., Sottas, P. E., Schoch, C., Schumacher, Y. O., & Schmidt, W. (2008). Total hemoglobin mass--a new parameter to detect blood doping? *Medicine and science in sports and exercise*, 40(12), 2112–2118.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181820942>
- Rognmo, Ø., Hetland, E., Helgerud, J., Hoff, J., Slørdahl, S.A. (2004). High intensity aerobic interval exercise is superior to moderate intensity exercise for increasing aerobic capacity in patients with coronary artery disease. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2004 Jun;11(3):216-22. <https://doi.org/10.1097/01.hjr.0000131677.96762.0c>.
- Sand, O., Sjaastad, Ø.V., Haug, E. (2001). *Menneskets fysiologi*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag.
- Sawka, M. N., Young, A. J., Pandolf, K. B., Dennis, R. C., & Valeri, C. R. (1992). Erythrocyte, plasma, and blood volume of healthy young men. *Medicine and science in sports and exercise*, 24(4), 447–453.
- Sawka, M.N., Convertino, V.A., Eichner, E.R., Schneider, S.M., Young, A.J. (2000). Blood volume: importance and adaptations to exercise training, environmental stresses, and trauma/sickness. *Med Sci Sports Exerc*. 2000 Feb;32(2):332-48.
<https://doi.org/10.1097/00005768-200002000-00012>.
- Scharhag-Rosenberger, F., Meyer, T., Walitzek, S., & Kindermann, W. (2010). Effects of One Year Aerobic Endurance Training on Resting Metabolic Rate and Exercise Fat

- Oxidation in Previously Untrained Men and Women: Metabolic Endurance Training Adaptations. *International Journal of Sports Medicine*, 31(7), 498–504.
<https://doi.org/10.1055/s-0030-1249621>
- Schmidt, W., & Prommer, N. (2005). The optimized CO-rebreathing method: a new tool to determine total hemoglobin mass routinely. *Eur J Appl Physiol* 95, 486–495 (2005).
<https://doi.org/10.1007/s00421-005-0050-3>
- Schmidt, W., & Prommer, N., (2008). Effects of various training modalities on blood volume. *Scand J Med Sci Sports*. 2008 Aug;18 Suppl 1:57-69. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00833.x>
- Schmidt, W., & Prommer, N., (2010). Impact of alterations in total hemoglobin mass on VO₂ max. *Exerc Sport Sci Rev*. 2010 Apr;38(2):68-75.
<https://doi.org/10.1097/JES.0b013e3181d4957a>.
- Sharma, R. & Sharma S. (2023). *Physiology, Blood Volume*. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan–. Henta frå:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK526077/>
- Skattebo, Ø. (2020). *The importance of oxygen extraction and blood volume for maximal oxygen uptake* [Doktorgradavhandling]. Norges Idrettshøgskole. Henta fra:
<https://nih.brage.unit.no/nih-xmlui/handle/11250/2673297>
- Steiner, T. & Wehrin, J.P. (2011). Does hemoglobin mass increase from age 16 to 21 and 28 in elite endurance athletes? *Med Sci Sports Exerc*. 2011 Sep;43(9):1735-43.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182118760>.
- Steiner, T., Maier, T. Wehrin, J.P. (2019). Effect of Endurance Training on Hemoglobin Mass and V̇O_{2max} in Male Adolescent Athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2019 May; 51(5): 912–919. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001867>

- Stevenson, E. T., Davy, K. P., & Seals, D. R. (1994). Maximal aerobic capacity and total blood volume in highly trained middle-aged and older female endurance athletes. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 77(4), 1691–1696. <https://doi.org/10.1152/jappl.1994.77.4.1691>
- Stewart, A.D. & Sutton, L., (2012). *Body composition in sport, exercise and health*. (pp. xx, 218). Routledge.
- Ulrich, G, Bärtsch, P, Friedmann-Bette, B. (2011). Total haemoglobin mass and red blood cell profile in endurance-trained and non-endurance-trained adolescent athletes. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(11):2855–64. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1920-5>
- Vargas, V.Z., De Lira, C.A.B., Vancini, R.L., Rayes, A.B.R., Andrade, M.S. (2018). Fat mass is negatively associated with the physiological ability of tissue to consume oxygen. *Motriz, Rio Claro*, v.24, Issue 4, 2018, e101808. <http://dx.doi.org/10.1590/S1980-6574201800040010>
- Vricella, L. K., Louis, J. M., Chien, E., & Mercer, B. M. (2015). Blood volume determination in obese and normal-weight gravidas: the hydroxyethyl starch method. *American journal of obstetrics and gynecology*, 213(3), 408.e1–408.e4086. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2015.05.021>

8.0 Vedlegg

Vedlegg 1. Eigenerklæringsskjema

Egenerklæring for forsøkspersoner

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 helseisiko. 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.

Sted – dato

Underskrift

Vedlegg 2. Deltakelseskjema



FORESPØRSEL OM DELTAKELSE I FORSKNINGSPROSJEKTET

MUSKELMASSENS PÅVIRKNING PÅ BLODVOLUMET

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forsøk for å undersøke hvor stor betydning muskelmassen har på blodvolumet. Blodvolumet (antall liter blod i kroppen) varierer fra person til person og ser ut til å være påvirket av en rekke faktorer. Blodvolumet er en begrensende faktor for maksimalt oksygenopptak, og dermed også for prestasjonen i kondisjonsidretter. Ved regelmessig utholdenhetstrening vil blodvolumet øke, og godt utholdenhetstrente utøvere har et større blodvolum sammenlignet med ikke-utholdenhetstrente utøvere og utrente. Hos utrente er det også store variasjoner og vi vet at alder, kjønn, gener og kroppsstørrelse vil påvirke blodvolumet. Spesielt kroppsstørrelse er av betydning, men det er mer uklart om det er den totale kroppsmassen som er viktigst, eller om det er muskelmassen. I denne studien skal vi derfor studere sammenhengen mellom muskelmasse, blodvolum og maksimalt oksygenopptak.

Vi søker til denne studien menn og kvinner i alderen 18-40 år. For å være deltaker i studien må du høre til en av to grupper: 1) Utholdenhetstrente som trener utholdenhetstrening (langkjøring eller intervalltrening) mer enn 5 økter i uken. 2) Ikke-utholdenhetstrente, definert som at du ikke tidligere har drevet med utholdenhetsidrett og ikke har trent utholdenhetstrening mer enn en gang per uke det siste året.

Om du har lest denne informasjonen og ønsker å delta som forsøksperson ber vi deg skrive under og returnere den siste siden til oss. Du kan når som helst i etterkant trekke deg fra studien uten å oppgi grunn.

Ansvarlig for studien er Norges idrettshøgskole og prosjektleder er professor Jostein Hallén.

HVA INNEBÆRER PROSJEKTET?

Prosjektet innebærer å møte til testing ved én anledning på Norges idrettshøgskole. Testene vil til sammen ta ca. 2-3 timer og består av to målinger av kroppssammensetning (DXA (dual-energy x-ray absorptiometry) og bioimpedansmåling (InBody 720)), blodprøve, test av maksimalt oksygenopptak og måling av blodvolum/hemoglobinmasse. Test av maksimalt oksygenopptak gjennomføres ved en trappetrinnstest til utmattelse ved løp på tredemølle og måling av blodvolum/hemoglobinmasse gjennomføres ved å gjenpuste en svært liten mengde karbonmonoksid-gass i to minutter i et glassspirometer og blodprøver fra et fingerstikk tas før og etter.

MULIGE FORDELER OG ULEMPER

Ved å delta i dette prosjektet vil du få et innblikk i hvordan forskning bedrives og få mulighet til å gjennomføre flere avanserte tester og målinger som vanligvis er kostbare eller man ikke får muligheten til å gjennomføre. Du vil også gjennom disse testene få en god og vitenskapelig pekepinn på hvordan din fysiske form er.

Testene er ikke spesielt tidkrevende eller vanskelige å gjennomføre, og vi vil legge til rette for å finne tidspunkt som passer hver enkelt deltaker. Test av maksimalt oksygenopptak krever at deltakerne sykler til utmattelse, og vil kunne oppfattes som anstrengende. Testen er derimot relativt kort, og vil for friske voksne normalt ikke medføre noen risiko.

FRIVILLIG DELTAKELSE OG MULIGHET FOR Å TREKKE SITT SAMTYKKE

Det er frivillig å delta i prosjektet. Dersom du 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 deg 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 deg eller har spørsmål til studien, kan du kontakte Magne Lund-Hansen (telefon: 46 44 92 01, e-post: magnelh@nih.no) eller Jostein Hallén (telefon 23 26 23 14, e-post: jostein.hallen@nih.no).

HVA SKJER MED INFORMASJONEN OM DEG?

Informasjonen som registreres om deg skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med studien. Du har rett til innsyn i hvilke opplysninger som er registrert om deg og rett til å få korrigert eventuelle feil i de opplysningene som er registrert.

Alle opplysningene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjennerende opplysninger. En kode knytter deg til opplysninger gjennom en navneliste. Dette betyr at denne informasjonen er aidentifisert. Det er kun autorisert personell knyttet til prosjektet som har adgang til navnelisten og som kan finne tilbake til deg. Det vil ikke være mulig å identifisere deg i resultatene av studien når disse publiseres.

Prosjektleder har ansvar for den daglige driften av forskningsprosjektet og at opplysninger om deg blir behandlet på en sikker måte. Informasjon om deg vil bli oppbevart i 5 år etter prosjektslutt for etterprøvbarhet og kontroll før de slettes.

HVA SKJER MED PRØVER SOM BLIR TATT AV DEG?

Blodprøvene som tas av deg blir destruert umiddelbart etter analyse, seinest 2 dager etter at de er tatt.

FORSIKRING

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

GODKJENNING

Studien er meldt til Personvernombudet for forskning, NSD - Norsk senter for forskningsdata AS (55779) og godkjent av intern etisk komite ved Norges idrettshøgskole (24-260917).

SAMTYKKE TIL DELTAKELSE I PROSJEKTET

Jeg har mottatt informasjon om studien, og er villig til å delta

Sted og dato

Deltakers signatur

Deltakers navn med trykte bokstaver

