

IDR4000_MAPPEKSAMEN

Kandidatnr. 409; Antall ord: 8973

2023-11-17

Table of contents

Forord	3
1 Reliabilitet	4
1.1 Metode	4
1.1.1 Databehandling	7
1.1.2 Statistiske analyser	7
1.2 Resultater	7
1.3 Metodisk diskusjon	10
1.4 Konklusjon	10
2 Labrapport	11
2.1 Introduksjon	11
2.2 Teori	11
2.3 Metode	12
2.4 Resultater	14
2.5 Diskusjon	17
2.5.1 Homogenisering	17
2.5.2 Western blot	17
3 Vitenskapsfilosofi	19
4 Studie design	22
5 Repeated measures	26
5.1 Introduksjon	26
5.2 Metode	27
5.2.1 Deltakere	27
5.2.2 Styrketreningsprotokoll	27
5.2.3 Vurdering av muskelstyrke	28
5.2.4 Kroppssammensetning	28
5.2.5 Statistiske analyser	29
5.3 Resultater	29
5.4 Diskusjon	30
5.5 Konklusjon	31

Forord

Mappeeksamen IDR4000 Alle filene som denne boken er bygd opp av finnes i denne linken:
<https://github.com/mariusbjerkeset/EKSAMENIDR4000.git>

1 Reliabilitet

1.1 Metode

1.1.0.1 Forberedelser

Forberedelser til utholdenhetstestene involverte flere trinn. Først ble utstyret kalibrert. Dette inkluderte justering av temperatur og luftfuktighet ved hjelp av enhetens kontroller. For å gjøre dette, ble “Ambient Conditions” valgt, og temperaturen og luftfuktigheten ble sjekket og notert ned. Eventuelle justeringer ble gjort ved å trykke “F1” for å endre luftfuktighet og temperatur, og deretter trykke “F12” for å lagre endringene.

Videre ble volumkalibrering utført ved å sette inn “Trippel V” og koble til “Sample line”. En slange ble deretter festet fra Oxycon’s miksekammer’s bakside til volumkalibreringspumpen. “Volume Calibration” ble valgt, og kalibreringen ble startet ved å trykke “F1”. Spaken på pumpen ble beveget forsiktig frem og tilbake til grafene på skjermen flatet ut på omtrent 4 på y-aksen. Det ble pumpet frem til tallene ble vist i høyre margin. Deretter ble verdiene for oksygen (O₂) og karbondioksid (CO₂) sjekket. Kalibreringen ble ansett som vellykket hvis feilmarginen var innenfor 1,0 %, noe som tilsvarer et område mellom 99,0 og 101,0. Hvis kalibreringen ikke ble godkjent, ble den gjentatt ved å trykke “F9”. Hvis den ble godkjent, ble resultatene lagret ved å trykke “F12”. Gasskalibrering var neste steg. “GAS Calibration” ble valgt og “F1” ble trykket for å starte kalibreringen. Kalibreringen fortsatte til tallene viste seg i høyre marg. Igjen ble verdiene for oksygen (O₂) og karbondioksid (CO₂) sjekket. Kalibreringen ble ansett som godkjent hvis tallene var innenfor en feilmargin på 1,0, noe som tilsvarer et område mellom -1,0 og 1,0. Gassflasken ble deretter lukket i riktig retning, og hvis kalibreringen ikke var godkjent, kunne den gjentas ved å trykke “F9”. Hvis den var godkjent, ble resultatene lagret ved å trykke “F12”.

Alle forberedelsene for testen ble grundig gjennomført før selve testingen startet. Først ble munnstykket satt sammen, og neseklypen ble funnet frem. Deretter ble forsøkspersonen veid uten sko og med så lite klær som mulig. Etter veiingen ble 300 g trukket fra vekten som følge av klærnes vekt. Forsøkspersonens data ble deretter lagt inn i systemet ved å trykke på “New Patient”. Her ble prosjektnavn, ID-nummer, fødselsdato, kjønn, høyde og vekt (hvor 300 g ble trukket fra) ført inn. Videre ble «Lode Device Manager 10» startet, og sykkelen ble nøye justert for forsøkspersonen. Dette inkluderte å bytte til riktig pedal og notere ned disse justeringene. Krankarmen ble stilt inn til 172,5. Kalibreringen av krankarmene ble

utført, og vi stilte inn Lode-sykkelen til forsøkspersonens preferanser. På pre-testen ble disse innstillingene lagret.

Sluttforberedelsene inkluderte å feste den ene enden av slangen til munnstykket og den andre enden til maskinen, med slangen teipet fast til sykkelen. Til slutt ble VO₂-opptaket klargjort ved å trykke på “Mixing Chamber”. Det ble dobbeltsjekket at innstillingene viste “small mouthpiece” og “30 s delta time” i det oppgitte vinduet, og deretter ble klargjøringen fullført ved å trykke “ok”. Ved å trykke “F1” ble opptaket startet, og etter 15 s var maskinen klar for selve testen.

1.1.0.2 Før testingen

Før testen startet, ble forsøkspersonene informert om testprosedyren. De ble instruert om å gjennomføre hele testen sittende, og det ble festet en teipbit på nesen deres for å sikre at neseklipsen ikke falt av. Forsøkspersonen tilpasset sykkelen og setestillingen med hjelp fra testlederen, og denne setestillingen ble notert for bruk på neste testdag. Temperaturen og luftfuktigheten i rommet ble også notert.

1.1.0.3 Submaksimal utholdenhetstest

Testprosedyren startet med en submaksimal utholdenhetstest der forsøkspersonene tråkket på 75 W for kvinner og 100 W for menn ved en tråkkfrekvens på 90 ± 5 RPM i 90 s. Forsøkspersonene ble informert om å ta på neseklype og munnstykke 30 s før målingene begynte. Oksygenopptaket ble deretter målt hvert 30. sekund fra 2 til 4 min. 20 s før de 4 minuttene var ferdige, ble forsøkspersonene bedt om å vurdere sin opplevde anstrengelse på Borgs skala. Etter 4 min økte motstanden til 125 W for kvinner og 150 W for menn, og neseklypen og munnstykket ble tatt av/ut. Forsøkspersonene informerte om hvor de lå på Borgs skala, og denne prosessen ble gjentatt på neste trinn. Forsøkspersonene fikk deretter en 2 min aktiv pause på 50 W og ble bedt om å forbli sittende på sykkelen gjennom hele den aktive pausen.

1.1.0.4 Maksimalt oksygenopptak

Etter submaksimal utholdenhetstest fulgte VO₂-maks testing, som startet på 150 W og økte med 25 W hvert min til utmattelse. Utmattelse ble definert som når forsøkspersonene ikke lenger klarte å opprettholde en tråkkfrekvens på > 60 RPM. Det var fri tråkkfrekvens på begge testdagene, og forsøkspersonene hadde neseklype og munnstykke gjennom hele testen. Klokken ble nullstilt etter en 5 minutters pause når opptaket viste et helt minutt pluss 1 sekund. Forsøkspersonene fikk beskjed om å sykle til utmattelse (dvs. RPM < 60), og verbal kommunikasjon ble benyttet for å informere dem underveis. Watt-maks og sekundene siden siste økning ble notert, og forsøkspersonene ble spurt om deres opplevde anstrengelsesnivå på Borgs RPE-skala umiddelbart etter fullført test. Etter testen forlot ikke forsøkspersonene

sykkelen, og opptaket ble lagret ved å trykke “F1”, etterfulgt av “F12” for å lagre opptaket. All data fra de to høyeste målingene ble notert.”

1.1.0.5 Maximum accumulated oxygen uptake

Etter VO₂-maks testing, gjennomførte forsøkspersonene en Maximum Accumulated Oxygen Uptake (MAOD) test. De syklet på 50 W for menn og kvinner i fem min før MAOD-testen startet. MAOD-testen involverte at forsøkspersonene syklet så lenge de kunne ved den høyeste effekten (W) de oppnådde i minst 30 s under VO₂-maks testing. De ble instruert om å opprettholde samme tråkkfrekvens som under den submaksimale testen. Testlederen ga verbal oppmuntring når forsøkspersonene viste tegn til utmattelse. Testen ble avsluttet når forsøkspersonene ikke lenger kunne opprettholde en tråkkfrekvens på > 60 RPM. Forsøkspersonene ble spurt om deres opplevde anstrengelsesnivå på Borgs skala umiddelbart etter avsluttet test.

1.1.0.6 Etter testingen

Etter testingen ble alt utstyr desinfisert og ryddet opp. Eventuelle endringer i sykkelinnstillinger ble også notert. Til slutt ble dataene notert ned ved å gå inn på skjermrapporten “Hil_MIX_30.” Tiltak for å sikre reliabilitet For å sikre reliabilitet ble det gjennomført en rekke tiltak under testprosedyren. Testene ble gjennomført på nøyaktig samme måte hver gang, med standardisering av alle faktorer, til det beste av vår kunnskap, som kunne påvirke resultatene. Testene ble utført til samme tidspunkt på døgnet. Videre ble det lagt vekt på å opprettholde tilnærmet lik luftfuktighet og temperatur i testrommet, med nøye notering av disse forholdene. Da det gjaldt kalibrering av utstyret, ble det benyttet samme utstyr på begge testdagene. Det ble også påsett at de samme vektskivene ble brukt på både testdag 1 og testdag 2. For å sikre nøyaktige data av kroppsvekt, veide forsøkspersonene seg med så lite klær som mulig, uten sko, og det ble trukket fra 300 g fra vekten som følge av klær. Dette ble gjentatt eksakt likt på begge testdagene.

Under testingen ble hele prosedyren gjennomført sittende. Det var også viktig å ha kontinuitet med hensyn til testledere og observatører, så de samme personene ble benyttet på begge testdagene. Videre ble forsøkspersonene instruert til å ha to dagers restitusjonstid mellom testdag 1 og testdag 2 for å minimere eventuelle påvirkninger fra tidligere testing. Testlederne opplyste ikke om VO₂-maks nivået under selve testen, og den samme testlederen ble brukt på begge testdagene. Testlederne fulgte protokollen på samme måte, og det ble lagt vekt på å gi tilnærmet lik tilbakemelding og engasjement. Under VO₂-maks-testen ble tilbakemeldingen gradvis økt utover testen for å motivere forsøkspersonene til sitt ytterste. Det ble også notert hvor mye og når forsøkspersonene hadde spist før testdag 1, og dette ble gjentatt på testdag 2. Spesielt var det viktig å sikre inntak av energirik mat og drikke. Dette er en rekke viktige tiltak for å sikre høy reliabilitet i fysiologisk testing (Halperin, Pyne, and Martin 2015).

Forsøkspersonene fikk klare retningslinjer, inkludert å avstå fra hard fysisk trening de siste 48 timene før testing, opprettholde tilnærmet lik fysisk aktivitet og døgnrytme de siste 48 timene før de to testdagene. I tillegg ble de instruert om å unngå inntak av nikotin og/eller alkohol de siste 48 timene før testing. Inntak av koffein på testdagene ble også regulert for å sikre lik mengde. Forsøkspersonene ble instruert om å ha samme type og mengde mat og drikke samme dag som testen, med siste måltid minst 2 timer før testing. Det var også krav om å bruke samme klær og sko på begge testdagene for å minimere variabler som kunne påvirke resultatene. Disse tiltakene ble nøye implementert for å sikre pålitelige og sammenlignbare resultater mellom de to testdagene.

1.1.1 Databehandling

VO2maks (ml/min) ble regnet ut ved å finne gjennomsnittet av målingene de to siste hele halvminuttene under VO2maks-testen. Maksimalt akkumulert oksygenunderskudd (MAOD) ble regnet ut med data fra både den submaksimale testen og MAOD-testen ved hjelp av en formel hentet fra boken *Physiological Tests for Elite Athletes 2nd Edition* (Tanner and Australian Institute of Sport 2013).

1.1.2 Statistiske analyser

Før vi utførte statistiske analyser, ble datasettet rengjort for eventuelle feilregistreringer eller manglende data. Statistiske analyser ble utført i programvaren RStudio (R Core Team 2022), og ble organisert i Microsoft Excel (*Microsoft Excel* 2023). Deskriptiv statistikk er presentert som gjennomsnitt, standardavvik og minimums- og maksimumsverdi. Basert på anbefalingene fra Will G. Hopkins (2000) benyttet vi variasjonskoeffisient (CV %) for å undersøke test-retest reliabiliteten til følgende tester: VO2-maks, Wmaks og MAOD.a. CV % (SD dividert med gjennomsnittet, multiplisert med 100) ga et mål på presisjonen og reproduserbarheten av dataen, og er ofte anvendt innen kvantitativ forskning (Pélabon et al. 2020). Dårlig reliabilitet ble ansett som $CV > 10\%$, akseptabel reliabilitet ble ansett som $CV = 5\text{--}10\%$ og god reliabilitet ble ansett som $CV < 5\%$ (Cronin, Hing, and McNair 2004; Taylor et al. 2010). For å videre undersøke om testene var reliable nok til å observere betydningsfulle forskjeller anvendte vi minste betydningsfulle forskjell (SWC). Beregningen av SWC ble gjort i henhold til (William G. Hopkins et al. 2009). Når $CV\% \leq SWC$, ble testen ansett i stand til å oppdage betydningsfulle forskjeller (Will G. Hopkins 2004).

1.2 Resultater

Deskriptiv statistikk av forsøkspersonenes VO2-maks, Wmaks og MAOD.a ved T1 og T2 er presentert i Tabell 1. I tillegg er en boksplokk, som viser test-retest reliabiliteten til VO2-maks,

Wmaks og MAOD.a, illustrert i Figur 1. Det ble funnet god test-retest reliabilitet for VO2-maks og Wmaks (CV = 1,84 og 4.77, henholdsvis), samt akseptabel test-retest reliabilitet for MAOD.a testen (CV = 6.77). Videre ble det observert at VO2-maks testen var reliabel nok til å oppdage betydningsfulle forskjeller i VO2-maks (SWC = 3.67). På tross av å ha vist henholdsvis god og akseptabel test-retest reliabilitet, ble det funnet at Wmaks og MAOD.a testen ikke var reliable nok til å observere betydningsfulle forskjeller i Wmaks og MAOD.a (SWC = 4.04 og 0.88, henholdsvis).

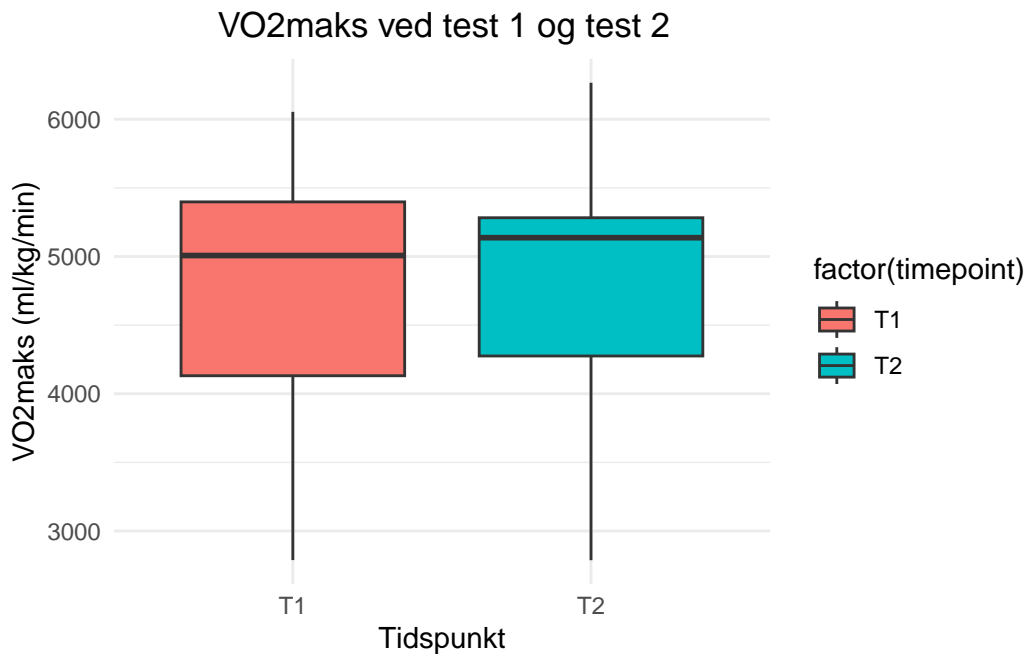


Figure 1.1: **Figur 1:** Boksplot av vo2maks på testdag 1 (T1) og Testdag 2 (T2). $N = 7$

Table 1.1: Tabell 1: Karakteristikker ved oppstart

Variabel	Gjennomsnitt	Standardavvik	Median	Minimum	Maksimum
Alder (år)	24.14	2.18	24.00	22.00	29.00
Høyde (cm)	179.43	4.60	176.00	175.00	187.00
Vekt (kg)	77.64	7.97	79.20	60.60	88.90
Vo2maks (ml/min)	4729.43	1071.11	5072.00	2787.00	6266.00
wattmaks	421.43	82.54	437.50	275.00	525.00
MAOD.a (%)	69.34	17.43	77.88	43.21	92.41

Notat: data er presentert som gjennomsnittet, standardavviket, median og minimums- og maksimumsverdi for testgruppa. $N = 7$

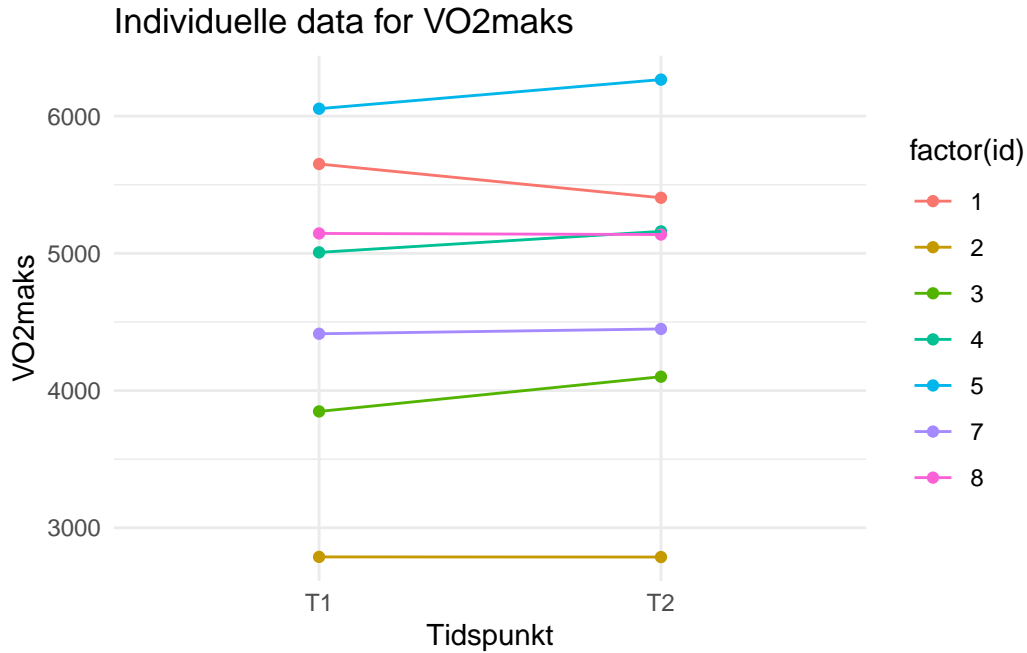


Figure 1.2: **Figur 2:** Figuren viser Vo2max målinger fra T1 til T2.

Table 1.2: Tabell 2: Utregning av CV (%) og STD

id	cv_vo2max	cv_wmax	cv_maoda	std_dev_vo2max	std_dev_wmax	std_dev_MAODa
1	3.15	10.88	3.41	34.79	10.61	0.55
2	0.03	6.15	4.51	0.14	3.54	0.73
3	4.50	4.88	2.32	35.78	3.54	0.22
4	2.13	11.47	7.68	21.64	10.61	1.26
5	2.43	0.00	4.47	29.98	0.00	0.80
7	0.56	0.00	2.22	4.95	0.00	0.23
8	0.11	0.00	22.68	1.13	0.00	2.33

Tabell 2: viser CV og standardavvik for hver av de tre utfallsvariablene for hver forsøksperson. Notat: Data er presentert variasjonskoeffisient og standardavvik for hver av de tre utfallsvariablene for hver deltaker. cv_vo2max = variasjonskoeffisient (%) for maksimalt oksygenopptak; cv_wmax = variasjonskoeffisient (%) for watt-maks; cv_maoda = variasjonskoeffisient (%) for maksimalt akkumulert oksygenunderskudd; std_dev_vo2max = standardavvik for maksimalt oksygenopptak; std_dev_wmax = standardavvik for watt-maks; std_dev_maoda = standardavvik for maksimalt akkumulert oksygenunderskudd.

Table 1.3: Tabell 3: Gjennomsnittlig CV (%) og Gjennomsnittlig standardavvik

Variable	Cv (%)	SWC
VO2max	1.84	18.34
W.max	4.77	4.04
MAOD.a	6.76	0.88

Notat: Data er presentert som gjennomsnittlig variasjonskoeffisient og minste betydningsfulle forskjell for hver av de tre utfallsvariablene. VO2max = maksimalt oksygenopptak; W.max = watt-maks; MAOD.a = maksimalt akkumulert oksygenunderskudd; CV = variasjonskoeffisient; SWC = minste betydningsfulle forskjell.

1.3 Metodisk diskusjon

Noen aspekter ved metoden kan i retrospekt ha vært suboptimale, og følgelig ha påvirket validiteten til resultatene i negativ grad. Under den submaksimale testen ble testdeltakerne bedt om å sykle på den samme tråkkfrekvensen som de ønsket å sykle på under MAOD-testen. Ettersom belastningen under den submaksimale testen er mye lavere enn under MAOD-testen, kan tråkkfrekvensen oppleves kunstig høy under den submaksimale testen, og følgelig føre til en dårligere arbeidsøkonomi. For å fjerne feilkilden, kunne man ha individualisert hvilken watt den enkelte testdeltaker syklet på under de submaksimale dragene, slik at oksygenopptaket blir representativt for den gitte motstanden. Mengden verbal tilbakemelding fra testleder til forsøksperson under VO2-maks- og MAOD-testen kunne variere mellom T1 og T2. Dette kan skyldes at testlederne var noe tilbakeholdne på T1, og ble mer selvsikre på T2. Dette kan tenkes å ha påvirket testdeltakerne sin innsats i varierende grad mellom T1 og T2. Flere av testdeltakerne hadde Wmaks som varierte mye mellom første og andre testdag. Det regjerer således tvil om LODE-sykkelen som ble benyttet under testingen samsvarte med den motstanden vi stilte den inn på. Dette kan ha påvirket testresultatene.

1.4 Konklusjon

De fysiologiske testene viste varierende reliabilitet. Noen av testene viste svært god reliabilitet for noen av forsøkspersonene, og dårlig reliabilitet for andre. Vi konkluderte med at dette hovedsakelig skyldtes at Lode-sykkelen hadde varierende motstand på en gitt watt. På grunn av disse begrensningene kan vi ikke være sikre på at en ny test ville gi de samme resultatene som testene utført her. Fremtidige studier bør se til at sykkelen har konsekvent motstand, individuelt tilpasse watten på de submaksimale dragene og standardisere verbal tilbakemelding.

2 Labrapport

2.1 Introduksjon

Proteiner gjør det meste av arbeidet i cellene i kroppen, og er nødvendig for strukturen, funksjonene og reguleringen av kroppens vev og organer. De er essensielle deler av organismen, og deltar praktisk talt i alle prosesser i kroppen (Alberts, Johnson, and Lewis 2002). Det å kunne analysere proteiner vil derfor være av stor betydning, og svært interessant å se på innen ulike fagområder, som celle- og molekylærbiologi.

Det å studere protein og proteinkonsentrasjonen i muskelceller har blitt brukt i flere treningsstudier (Stec et al. 2016; Hammarström et al. 2020). Den biologiske tilpasningen til motstandstrening varierer mellom personer, på bakgrunn av variabler som treningsvolum, intensitet, repetisjoner og frekvens av treningsøktene (“Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults” 2009). I tillegg til at genetiske og epigenetiske disposisjoner og miljøfaktorer spiller en rolle for variasjoner i tilpasninger (Timmons 2011). Ved å studere protein kan man se på blant annet interaksjon, lokasjon og aktiveringsstatus av ulike proteiner. Dette kan for eksempel brukes for å fremme gunstige treningstilpasninger.

I denne labrapporten har vi gjort en protein ekstraksjon og analyse. Én frivillig person meldte seg til å ta en mikrobiopsi fra vastus lateralis, i venstre og høyre bein. Personen gjennomførte eksentrisk beinpress til utmattelse på venstre bein før prøvetaking. Vi var interessert i å se på det fosforylerte p-70 proteinet til denne personen, og forskjellen i konsentrasjonen mellom venstre og høyre bein. Prøvene ble tatt på Høgskolen i Innlandet, 30.oktober 2023. Resterende prøver som er analysert er hentet fra mikrobiopsi fra én trent- og én utrent person. I denne analysen var vi interessert i å se på UBF-proteinet, og sammenlikne konsentrasjonen av dette proteinet mellom personene.

2.2 Teori

Det er individuelle forskjeller på adaptasjoner til styrketrening, målt i muskelstyrke og muskelmasse, og dette korrelerer med muskelcelle-karakteristikker i hvile og under trening (Terzis et al. 2007; Raue et al. 2012; Thalacker-Mercer et al. 2013; Stec et al. 2016). Hemmelse av proteinet mTORC1 svekker proteinsyntesen hos mennesker (Drummond et al. 2009), mens aktivering av proteinet S6-Kinase 1 (S6K1/p-70), som ligger nedstrøms for mTORC1, gir en økning i proteinsyntesen og påfølgende økning i muskelvekst (Terzis et al. 2007; Burd et al.

2010). Et økt treningsvolum vil føre til større fosforylering av S6K1, og dermed markante tilpasninger gjennom gjentatte episoder med økt proteinsyntese (Burd et al. 2010; Terzis et al. 2010; Ahtiainen et al. 2015). Dette er grunnen til at vi ønsker å se på konsentrasjonen av p-70 i det beinet som har trent til utmattelse, mot det beinet som ikke har trent rett før prøvetaking.

Det er korrelasjon mellom mengden UBF-protein i cellene, og hastigheten på ribosomal DNA-transkripsjon i hvilende og serum-stimulerte celler (Glibetic et al. 1995). Mitotisk cellevekst krever kontinuerlig ribosombiogenese, som er nødvendig for å støtte proteinsyntesen. Desto raskere cellene går gjennom cellesyklusen, desto raskere må ribosombiogenesen skje. Denne prosessen begrenses av hastigheten på transkripsjonen av rRNA-genene (rDNA). Det betyr at dersom konsentrasjonen av UBF i cellene er stor, vil transkripsjonen av rDNA gå raskere. Dette er med på å styre produksjonen av ribosomer, og de er essensielle for proteinsyntesen og cellevekst (Glibetic et al. 1995). Dette er grunnen til at vi ønsker å se på konsentrasjonen av UBF-proteinet i beinet til én trent person versus en utrent.

For å analysere de aktuelle proteinene ble det brukt en metode kalt Western blot. Western blot er en immunologisk metode som brukes i celle- og molekylærbiologi. Teknikken brukes for å separere og identifisere spesifikke proteiner fra en kompleks blanding av proteiner ekstrahert fra celler. I Western blot blir en blanding av proteiner separert basert på molekylvekt og dermed type, gjennom gel-elektroforese. Resultatene overføres deretter til en membran, som produserer et bånd for hvert protein. Membranen inkuberes deretter med merkede antistoffer spesifikke for det ønskede proteinet (Yang and Mahmood 2012).

De ubundne antistoffene vaskes bort, slik at det kun er de bundne antistoffene til proteinet som man er interessert i blir igjen. De bundne antistoffene detekteres ved fremkalling av film. Siden antistoffene bare binder seg ved de proteinene av interesse, skal kun ett bånd være synlig. Tykkelsen på båndet samsvarer med mengden protein som er til stede. Western blot er en nyttig teknikk proteindeteksjon der man får muligheten til å kvantifisere proteinuttrykk (Yang and Mahmood 2012).

2.3 Metode

2.3.0.1 Prøvemateriale

En frivillig på gruppa meldte seg til å ta en mikrobiopsi fra vastus lateralis i både venstre og høyre ben. Vedkommende hadde trent styrke på formiddagen, men gjennomførte 10 sett eksentriske benpress med venstre fot til utmattelse. Derfor var vi interessert i å se på fosforylert p-70 protein. Resterende prøver vi analyserte var fra en mikrobiopsi fra en trent person mens andre var fra en utrent person. Her var vi interessert i å se på UBF-proteinet.

2.3.0.2 Oppsett og utgangspunkt for analyse

Til det vi gjorde i labben fikk vi ferdig behandlet muskelvev som var fryst ned over natta. Western blot og bestemmelse av total proteinkonsentrasjon ble gjort i motsatt rekkefølge, samt at prøven hvor det ble bestemt total proteinkonsentrasjon var en vilkårlig tilgjengelig prøve av tørt muskelvev som vi fikk utdelt.

Muskelbiopsien fra den frivillige ble homogenisert av bioingeniør som beskrevet under metoden. Det ble ikke bestemt proteinkonsentrasjon, men prøven ble også fortynnet i Laemmlibuffer (Bio-Rad) til å ha en konsentrasjon på 1.5-2.0 µg/µl. Løsningen ble kokt i 5 min, 95 °C. Kjølt ned til romtemperatur og sentrifugert for å få ned kondens før vi begynte på Western blot slik det er beskrevet.

2.3.0.3 Western Blot

Elektroforesekommeret ble lagt på is og fylt med buffer. Gelen vasket vi med ultrarent vann (dH₂O) før den ble lagt i kammeret. Tilsatte 5 µl standard proteinstige, og 25 µl prøve (duplikat av hver) til gel etter skjema. Alt vi tilsatte ble vortexet og sentrifugert før pipettering. Satte i kjøleskap (4 °C) og kjørte elektroforese i 30 min, 300 volt.

Demonterte gelen og la i overføringsbuffer med proteinside opp. Membraner som proteinene skulle bli overført til klippet vi i ene hjørnet og plasserte i methanol for å aktivere dem. Stod på shaker i 5-10 min. Våtgjorde 2 filterpapirer i overføringsbuffer og plassert oppå gelen, snudde rundt og fjernet dem forsiktig sammen. Svamp som var vasket med dH₂O og hvor vannet var presset ut la vi i bunn i monteringsbrett (svart side ned). Helte oppi overføringsbuffer og plasserte filterpapiret med gel oppå svampen, fjernet eventuelle bobler. Til slutt la vi membranen oppå gel, med svamp på toppen og lukket igjen. La i overføringskammer som lå på is, fylte med overføringsbuffer og satte spenning på konstant 100 volt i 30 min.

Neste steg var å sjekke om vi fikk overført proteiner til membran og kutte overflødig membran. Dyppet membran raskt i dH₂O, la i MemCode sensitizer og satt på shaker i 2 min. Deretter la vi i MemCode reversible stain, og på shaker i 1 min. Dyppet så raskt 3 ganger i MemCode destain og ristet litt for å få det til å dekke membranen. Dekket membran med methanol/destain-løsning (blandet 1:1) og satte på shaker i 5 min. Skylte med dH₂O før vi tok bilde av membraner. Fortsatte med å legge i eraser/methanol-løsning (blandet 1:1), på shaker i 10 min. Vasket 4 ganger med dH₂O og kuttet membranen etter hvilke brønner vi hadde brukt. La over i TBS for lagring.

Deretter blokkerte vi membranen med melkeproteiner på de stedene hvor det ikke allerede er proteiner. La membran i blokkeringsløsning (2.5 % melk blandet med TBS-T) i 1 time i romtemperatur på shaker. Før vi helte ut blokkeringsløsningen og rensset i TBS. Primær antistoffet som ble brukt tilsatte vi oppi en løsning (5 % melk i TBS-T), før vi inkuberte membraner i løsningene over natten i 4 °C. Antistoffene er fortynnet 1:200 i melkeløsningen. Prøvene fra høyre og venstre bein til den frivillige fra gruppa ble lagt i p-70 antistoff fra

2.november. Mens de andre to prøvene vi hadde fra en trent og en utrent person i et annet prosjekt ble lagt i UBF-antistoff fra 2017 (t-UBF).

Neste dag vasket vi for primærantistoff før vi tilsatte sekundær antistoff. Vasket med TBS-T, 2 x 1 min + 3 x 5 min på shaker. Tilsatte sekundær antistoff (anti-mouse igG) til 2.5 % melk/TBS-T-løsning, i forholdet 1:3000. Brukte to ulike produsenter, membranen med p-70 primær antistoff ble lagt i anti-mouse igG fra Cell signaling, mens resterende i antistoff fra Thermo Fisher. Stod på vippebrett i 1 time i romtemperatur. Etterpå vasket vi med TBS, 4 x 5 min på shaker. Inkuberte membranen i ECL-løsning i 5-10 min, la den på platen for å ta bilde.

2.3.0.4 Homogenisering av muskelvev

Tørr muskelprøve veies, brukte 1.88 mg tørrvekt. Tilsatte protease/phosphatase inhibitorer til en iskald lysis buffer (Hepes buffer), 500 µl Hepes buffer og 5 µl inhibitorer. Viktig at prøven var på is til vi tilsatte Hepes buffer. Tilsatte 150 µl av blandingen til muskelprøven knuste mekanisk for hånd. Mos til det ikke er noen synlige biter igjen, første gang gikk det 20-30 sek før den ble satt på is igjen. Plasser på SB2 rotator i kjøleskap og roterte prøve i 30 min. Spinn den i 10 min på 10 000 g, 4 °C, før vi forflyttet supernatanten forsiktig til et nytt rør uten å forstyrre pelleten. Brukte ufortynnede prøver, men resultatene var over maksimal konsentrasjon. Derfor fortynnet vi med dH₂O og bestemte total proteinkonsentrasjon på en 1:1 fortynning. Konsentrasjonen bestemte vi med Bradford Assay, brukte 10 µl prøve + 250 µl reagent i hver brønn (Pierce Detergent Compatible Bradford Assay Reagent, Thermo Fisher Scientific).

2.4 Resultater

Mengden fosforylert p-70 var større i venstre bein enn i høyre bein, se Figure 2.1. Når det gjaldt homogeniseringen var det en god korrelasjon mellom signal og konsentrasjon i kontrollene og prøvene (se Figure 2.2). Gjennomsnittlig variasjonskoeffisient på signalstyrken for kontrollene var 1.7, fremstilt i Table 2.1. Det ble funnet en 350 % større signalstyrke for p-70 i venstre bein versus høyre bein. Høyre bein hadde en signalstyrke på 2758 og 4842 (gjennomsnitt = 3800), mens venstre bein hadde en signalstyrke på 14826 og 11793 (gjennomsnitt = 13309). Homogeniseringen av de andre prøvene viste at 99,9 % av variasjonen i signal kunne forklares av konsentrasjon, og at signalstyrken for proteinmengden var på 2,532, 2,166 og 2,454, henholdsvis. I tillegg viste homogeniseringen akseptabel reliabilitet (variasjonskoeffisient [CV] = 20 %).

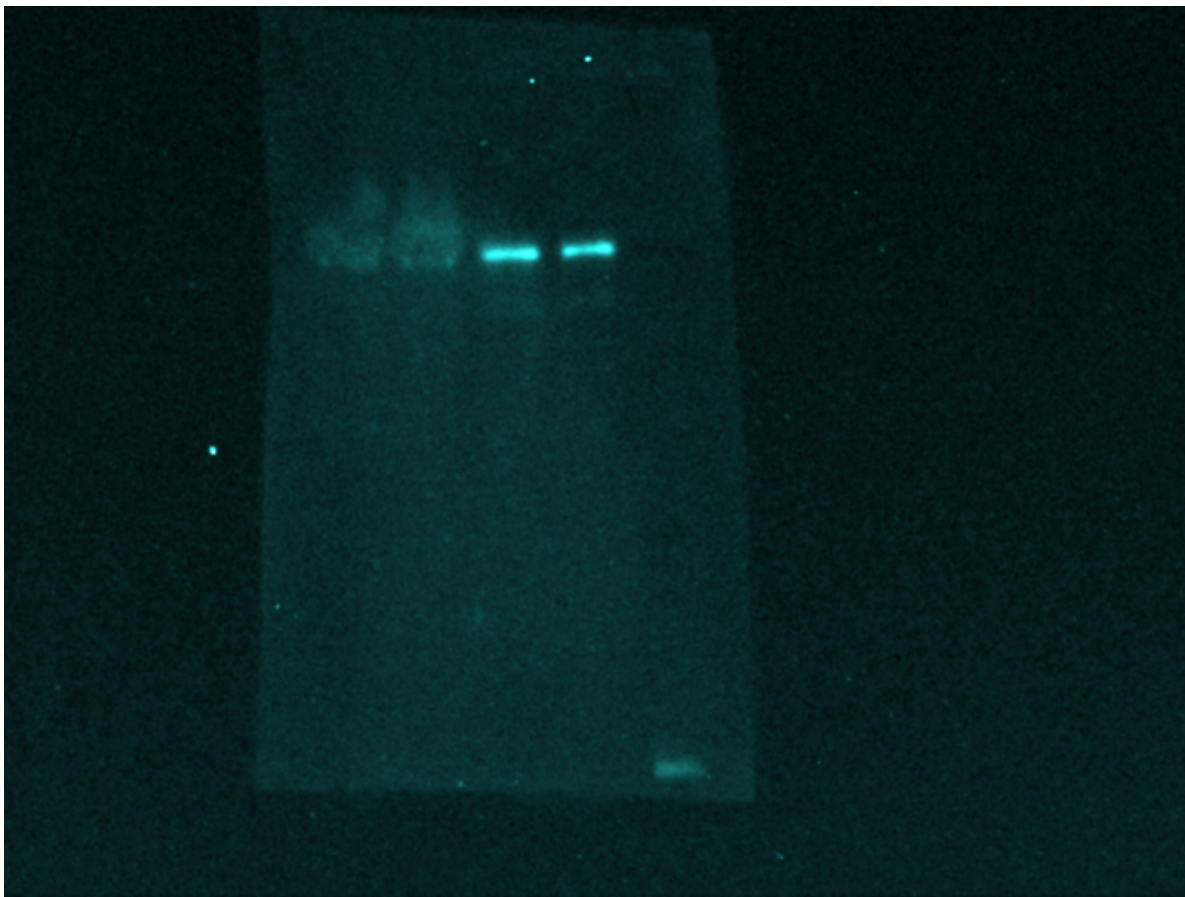


Figure 2.1: *Illustrasjon av mengden fosforylert p-70 i venstre versus høyre bein. De to boksene til venstre viser mengde p-70 i høyre fot og de to boksene til høyre viser mengde p-70 i venstre fot ($N = 1$).*

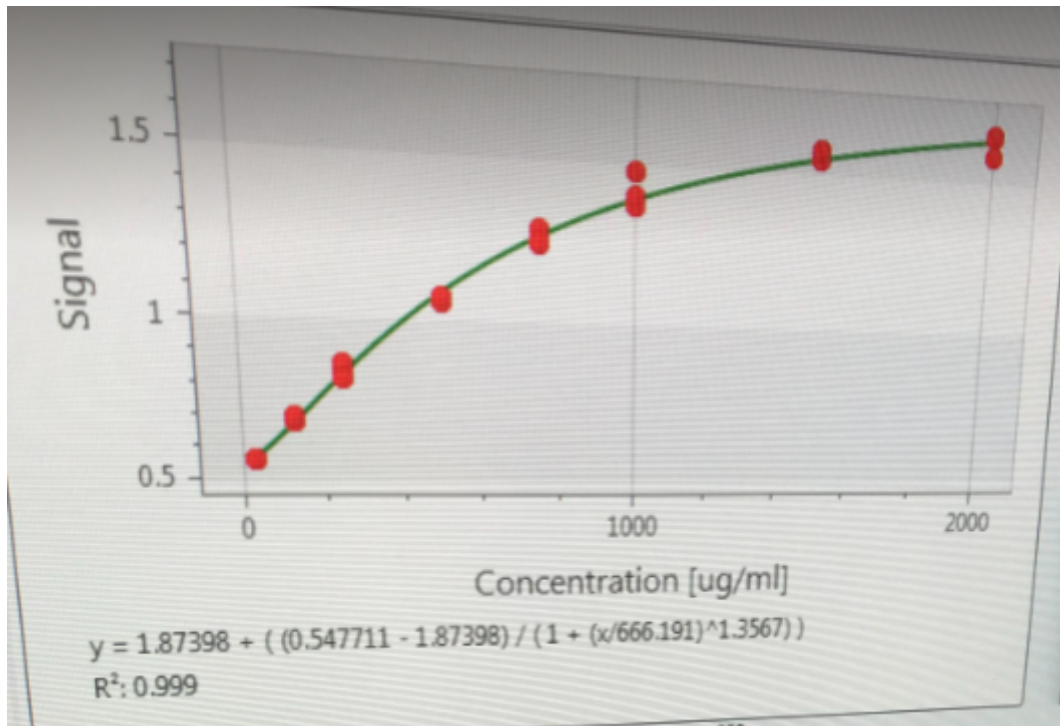


Figure 2.2: Spredningsplott med trendkurve, som illustrerer den forklarte variansen mellom signal og konsentrasjon ($N = 1$). Notat: Data er presentert som bestemmelseskoefisient (R^2) (skala: 0,0–1,0).

Table 2.1: Tabellen viser resultatene fra homogeniseringen for bestemmelse av proteinkonsentrasjon. CV er utregnet variasjonskoeffisient for alle kontrollene og prøven. Alle verdiene er beregnet basert på triplikat. Pipetterte 3 av hver kontroll (A-H) og av prøveresultatene (P1).

	cv (%)
A	2.27
B	0.96
C	3.75
D	1.64
E	1.12
F	2.77
G	1.04
H	0.19
P1	8.09

2.5 Diskusjon

2.5.1 Homogenisering

Den relativt høye, men akseptable, CV-en fra homogeniseringen kan indikere en betydelig grad av variasjon i resultatene, noe som kan være problematisk for reliabiliteten av eksperimentet. En potensiell årsak til denne relativt høye CV-en kan være utvanningen av testløsningen som vi var nødt til å utføre for å komme innenfor målegrensen for vårt analyseapparat. Utvanning kan introdusere usikkerhet og øke variasjonen i resultatene, spesielt når det gjelder prøver med lave konsentrasjoner av målproteiner. Det er også verdt å merke at bruk av pipettespissen for å blande løsningen kan ha ført til absorpsjon av vann eller proteiner, og dette kan ha påvirket nøyaktigheten av målingene. Fremtidige eksperimenter bør derfor vurdere alternative metoder for utvanning og prøveblanding for å minimere denne typen feilkilder. Imidlertid er det verdt å merke seg at bestemmelseskoeffisienten indikerer at selve pipetteringen var vellykket, og dette gir en viss grad av tillit til nøyaktigheten av våre målinger.

2.5.2 Western blot

Western Blotting stiller høye krav til presisjon fra forskerne (Ghosh, Gilda, and Gomes 2014). Dette gjør at marginale feil, som feil mengde primærantistoff, kan føre til ugyldige resultater (Ghosh, Gilda, and Gomes 2014). Videre har inter-forsker variabilitet vist seg å være den største feilkilden, og kan utgjøre opptil 80 % av den totale variasjonen (Koller and Wätzig 2005). På tross av alle disse potensielle feilkildene, oppnådde vi adekvate resultater for p-70. Dette kan skyldes grundig planlegging og nøye utførelse av western blotting-prosedyren. Selv

om teknikken stiller høye krav til presisjon fra forskerne, ble potensielle feilkilder adressert gjennom en nøyaktig tilnærming til hver fase av eksperimentet.

Muskelbiopsien resulterte derimot i ugyldige resultater for UBF. Dette kan skyldes problemer med antistoffet (2017 årgang) (spesifisitet, selektivitet eller reproduserbarhet), bufferløsningen eller antigenet (Porstmann et al. 1985). Imidlertid fikk gruppe 4, som hadde et annet antistoff (2022 årgang), heller ikke gyldige resultater for UBF. Dette kan indikere at antistoffet potensielt ikke var hovedårsaken til de ugyldige resultatene. Det bør likevel nevnes at kan settes spørsmålsteget ved konsistensen til antistoffet til gruppe 4, dermed kan vi ikke fullstendig utelukke at antistoffet kan ha bidratt til de ugyldige resultatene for UBF.

En annen forklaring på de ugyldige resultatene kan være at mengden antigen på membranen potensielt ikke har vært tilstrekkelig, da dette også kan gi svakt eller ingen proteinsignal (Sule, Rivera, and Gomes 2023). Proteiner som er uttrykt ved lave nivåer er mer sannsynlig å kreve en lengre overføringstid eller en større mengde prøve (Mishra et al. 2019). Imidlertid modifiserte vi ikke verken overføringstiden eller mengden prøve. Dette kan dermed forklare deler av grunnen til at muskelbiopsien resulterte i ugyldige resultater for UBF. Fremtidige eksperimenter bør derfor vurdere å modifisere overføringstiden og prøvemengden ved mistanke om utilstrekkelig antigen på membranen.

3 Vitenskapsfilosofi

Ifølge David Hume (1711 – 1776) er det umulig å gi en rasjonell begrunnelse for bruken av induksjon. Dette skyldes at induktive slutninger ikke kan rettferdiggjøres på en logisk måte. Hume hadde flere argumenter for å begrunne hvorfor det var umulig å forsvare bruken av induksjon.

Induksjon har et begrenset empirisk grunnlag. Hume påpekte at våre induktive slutninger er basert på våre tidligere erfaringer og observasjoner. For eksempel, når vi sier at solen vil stige opp i morgen fordi den alltid har gjort det tidligere, bygger vi på vår tidligere erfaring. Hume argumenterte også for at det ikke er noen nødvendig forbindelse mellom tidligere hendelser og fremtidige hendelser. Å observere at solen har steget opp hver dag i fortiden gir oss ingen logisk begrunnelse for å si at den alltid vil stige opp i fremtiden. Det er ingen logisk nødvendig sammenheng mellom det som har skjedd tidligere og det som vil skje i fremtiden. Hume pekte på at vår tro på induksjon er basert på antagelsen om at naturen er jevn og stabil. Vi forventer at de samme årsakene alltid vil produsere de samme effektene. Imidlertid kan vi ikke logisk bevise at denne antakelsen er sann, da det krever observasjon av alle fremtidige hendelser, noe som er umulig. Å vise at antakelsen mest sannsynlig er riktig blir også en utfordring, da det forutsetter at induksjon i seg selv er troverdig. Hume mente også at man aldri kunne bevise kausalitet, selv om man kunne observere at noe skjedde etter hverandre. Hvis man for eksempel slår en biljard kule på en annen vil kule nummer to starte å trille, selv om dette er noe vi observerer, kan man aldri bevise denne årsakssammenhengen.

Så, er det mulig å unngå Humes konklusjon? Mange filosofer har diskutert dette spørsmålet opp gjennom årene. Selv om Humes problem med induksjon er en utfordring, har det ikke ført til en fullstendig avvisning av induktiv tankegang. Filosofer og logikere har utforsket ulike tilnærminger for å håndtere det. Noen filosofer har argumentert for at induktivt resonnement er nødvendig i praksis, selv om det ikke kan rettferdiggjøres strengt logisk. Hume hevdet at induktive resonnement er en del av vår naturlige måte å tenke på, og det er avgjørende for vitenskapen og dagliglivet.

Andre har forsøkt å finne måter å modifisere eller begrense bruken av induktiv tankegang. For eksempel har Bayesiansk statistikk og sannsynlighetsteori tilbudt en mulighet der sannsynlighet kan brukes til å håndtere induksjon ved å tildele sannsynligheter til hendelser basert på tidligere kunnskap og oppdatere dem når ny informasjon blir tilgjengelig (Godfrey-Smith 2003). Dette kan for eksempel være hvis man skal regne på sannsynligheten for at en krone lander på «mynt» eller «kron» vil man starte med en «prior» som er 0,5, da vår intuisjon vil være at det er lik sannsynlighet for at den lander på begge sidene, man vil deretter kaste den i

luften x-antall ganger for å samle data. Denne dataen vil man legge inn i analysen for å få mer riktig svar. Dette gir en måte å håndtere induksjon på en mer formell måte. Det er dermed viktig å anerkjenne at selv denne fremgangsmåten har utfordringer knyttet til induksjon, da sannsynlighet også beregner seg på at verden og naturen er stabil.

Falsifikasjonisme er en vitenskapelig filosofi utviklet av den østerrikske filosofen Karl Popper (1902 – 1994). Sentralt i denne tilnærmingen er ideen om at vitenskapelige teorier bør være formulert på en måte som gjør de falsifiserbare. Det vil si at det skal være mulig å teste dem og vise at de er feil. Popper mente at sannhet og verifisering ikke er oppnåelige mål innen vitenskapen, da vi aldri kan samle nok bevis for å bekrefte en teori universelt. I stedet bør vitenskapen fokusere på å utfordre og potensielt avvise teorier gjennom empirisk testing (Godfrey-Smith 2003).

Et problem med falsifikasjonisme er at det kan føre til en rask forkastelse av teorier. Dette skyldes at teorier ofte blir formulert på en måte som gjør det enkelt å finne unntakstilfeller eller motsigende bevis. En teori som er altfor spesifikk eller begrensende kan bli falsifisert på grunnlag av en enkelt avvikende observasjon.

For eksempel, la oss si at vi bruker det kjente ravneparadokset til Carl G. Hempel (1905 – 1997) “Alle ravner er svarte.” Ifølge falsifikasjonisme kan denne teorien bli falsifisert hvis én hvit ravn blir observert. Dette kan virke som et strengt vitenskapelig krav, men det kan være problematisk fordi teorien er veldig spesifikt formulert. Faktisk har det blitt observert hvite ravner, selv om de er sjeldne. Dette betyr imidlertid ikke at hele teorien om at “alle ravner er svarte” er verdiløs, fordi den kan være gyldig innenfor visse geografiske områder eller under visse forhold (Hempel and Oppenheim 1948). Et annet eksempel er at mennesker er født med to bein – det vil alltid være noen unntak, men det betyr ikke at teorien er bortkastet.

Selv om problemet med for rask forkastelse av teorier er en utfordring for falsifikasjonisme, er det viktig å merke seg at teorien også har mange sterke aspekter. Popper ønsket å fremheve behovet for å sette teorier på prøve og utfordre dem, og han bidro til å fremme den vitenskapelige metoden. Likevel er det mulig å adressere problemet med for rask forkastelse ved å formulere teorier mer omhyggelig og inkludere flere forbehold. En måte å løse problemet på er å formulere teorier som er mer generelle og fleksible, slik at de kan romme unntak og avvikende tilfeller uten å bli umiddelbart falsifisert. Istedenfor å hevde at “alle ravner er svarte,” kan vi si noe som: “De fleste ravner er svarte.” Det er verdt å nevne at dette kan gjøre teorien ufalsifiserbar fordi den blir for vag, og trolig noe Popper ville vært skeptisk til. På den andre siden gjør det teorien mer robust og gir den mulighet til å håndtere variasjoner i naturen. Dette er en fremgangsmåte som er vanlig innenfor fysiologisk testing, da det kan være veldig varierte utgangspunkt og fysiologi blant forsøkspersoner.

En annen tilnærming er å inkludere en mer spesifikk teori av omstendigheter der teorien forventes å gjelde. For eksempel kan “Alle ravner i Norge er svarte” være en mer nøyaktig formulering og øke sannsynligheten for at den ikke vil bli falsifisert. Så selv om problemet med for rask forkastelse er en utfordring for falsifikasjonisme, er det mulig å løse det ved

å være mer direkte og presis med formuleringen av teorier og ved å inkludere tilstrekkelige spesifiseringer.

Vi kan oppsummere med at det er umulig å gi en logisk begrunnelse for bruken av induksjon og gyldigheten av å anta at det som har skjedd i fortiden, vil fortsette å skje i fremtiden. ifølge Hume, da det mangler nødvendig forbindelse mellom tidligere og fremtidige hendelser. Dette problemet har utfordret filosofer i århundrer, men det har ikke ført til en fullstendig avvisning av induktiv tenkning. Falsifikasjonisme, utviklet av Karl Popper, fokuserer på behovet for testbare vitenskapelige teorier, men kan føre til rask forkastelse av teorier hvis de er for spesifikke. Å formulere mer generelle teorier eller inkludere spesifikke omstendigheter der de gjelder, kan bidra til å løse dette problemet. Samlet sett gir disse filosofiske perspektivene innsikt i utfordringene knyttet til induktivt resonnement og vitenskapelig metode.

4 Studie design

I denne oppgaven skal jeg diskutere hvordan fem forskjellige studier har gått frem for å besvare sine problemstillinger. Studiene jeg har sett på ønsker å finne ut hvordan en HIT-blokk (høy-intensiv intervall trening) påvirker utholdenhetsprestasjon for trente idrettsutøvere. De ønsker med andre ord å optimalisere utholdenhets trening ved å organisere hardøktene på en bedre måte. Studiene blokkperiodiserer hovedsakelig HIT og sammenligner det mot tradisjonell periodisering, der en fordeler hardøktene jevnt utover uken.

I nyere tid er det blitt populært å organisere trening i bolker, såkalt blokkperiodisering. I en bolk kan man fokusere på noen få bestemte fysiologiske faktorer, samtidig som de andre faktorene vedlikeholdes. En slik tilnærming ble brukt av toppidrettstrenere allerede på 1980-tallet (Issurin 2010). Når man når et høyt fysiologisk nivå, vil det kreve et langt større treningsstimuli for å oppnå progresjon i prestasjonsnivået. Dette er noe som samtlige studier legger frem. Bent Rønnestad sin artikkel fra 2014 (B. R. Rønnestad, Hansen, and Ellefsen 2014) legger også frem at det ikke er noen godt gjennomførte studier som ser på samorganiseringen mellom LIT (lav-intensiv intervall trening) og HIT trening for å øke prestasjonsnivået. Studienes hypotese er at blokkperiodisering vil føre til større forbedring i sykkelprestasjon versus tradisjonell periodisering. Rønnestad sine artikler har svært varierende hypoteser, selv om studiene er organisert på lik måte. Det kan tenkes at hypotesen er satt opp etter at dataene er samlet inn, da de overraskende nok alltid stemmer overens med resultatene (Bent R. Rønnestad, Øfsteng, and Ellefsen 2019; B. R. Rønnestad, Hansen, and Ellefsen 2014; B. R. Rønnestad et al. 2016, n.d.). Denne tilnærmingen kan føre til mangel på en forhåndsbestemt metode for de statistiske analysene. Dette kan komplisere tolkningen av resultatene og gjøre det vanskelig å vurdere påliteligheten av studien. Dette kan også føre til redusert troverdighet hos forskeren.

En årsak som kan føre til at deres hypotese stemmer kan være at bolkgroppene vil få en større mekanisk belastning over en kortere tidsperiode som er et sentralt signal til tilpasning. I teorien kan høyere intensitet også gi en større aktivering av viktige signaler som f.eks. [AMP], [ADP], [NO & ROS] og [Ca²⁺] (Tønnesen and Rønnestad 2018).

(B. R. Rønnestad et al. 2016; Bent R. Rønnestad, Øfsteng, and Ellefsen 2019; Almquist et al. 2022) var randomiserte kontrollerte studier. Det vil si at deltagerne ble tilfeldig plassert i en av gruppene. Randomisering i kliniske studier er avgjørende for å sikre objektivitet. Deltakere bør kvalifisere seg og gi samtykke for randomisering (Hulley et al. 2013). B. R. Rønnestad, Hansen, and Ellefsen (2014) og B. R. Rønnestad et al. (n.d.) var ikke-randomiserte kontrollerte studier. Det er en svakhet i studiene til Rønnestad fra 2014 at de ikke er randomiserte. Randomiserte

studier er mer effektive enn ikke-randomiserte studier fordi det utelukker påvirkningen av andre variabler (Hulley et al. 2013). Det vil altså føre til at resultatene i studiene blir mindre pålitelige. Ved å tilfeldig fordele forsøkspersoner til bestemte grupper eliminerer man systematiske forskjeller mellom gruppene. Dette reduserer risikoen for skjevhet i fordelingen og sørger for at eventuelle forskjeller i resultatet mellom gruppene trolig skyldes den intervensjonen som er gjennomført.

Samtlige studier hadde et kontrollert studiedesign. Et kontrollert studiedesign, også kjent som en kontrollert klinisk studie, er en type studiedesign der forskere aktivt kontrollerer og manipulerer variabler for å undersøke effekten av en intervensjon. Her er det også vanlig å ha en egen kontrollgruppe, slik vi har sett i disse studiene. Kontrollgruppen gir et referansepunkt for å sammenligne resultatene mellom gruppene. Ved å sammenligne resultatene mellom de som mottar behandlingen (intervensjonsgruppen) og de som ikke gjør det (kontrollgruppen), kan forskere vurdere om de observerte endringene er en reell effekt av behandlingen eller om de kan skyldes andre faktorer. Dette kan for eksempel bidra med å utelukke en eventuell læringseffekt man vil få av å gjennomføre testingen underveis i et prosjekt. Hvis man ikke har med en kontrollgruppe vil denne læringseffekten bidra med å få resultatene til å evaluere mer enn kun intervensjonen som er gjennomført.

Majoriteten av studiene har med seg alt fra trente til eliteutøvere, det er variasjon mellom studiene i hvor godt trente forsøkspersonene var basert på klassifiseringen til De Pauw (2013) og Jeukendrup (2000). (Pauw et al. 2013; Jeukendrup, Craig, and Hawley 2000). Dette utvalget av forsøkspersoner definerer ikke populasjonen som helhet, men de har et utvalg som er spesifikt for deres problemstilling. I studiene til Bent Rønnestad B. R. Rønnestad, Hansen, and Ellefsen (2014), B. R. Rønnestad et al. (2016), Bent R. Rønnestad, Øfsteng, and Ellefsen (2019), B. R. Rønnestad et al. (n.d.) er det ikke spesifisert hvor forsøkspersonene ble rekruttert. I studien til Almquist et al. (2022) legger de frem at forsøkspersonene ble rekruttert fra lokale sykkelklubber som lå i nær tilknytning til de forskjellige testlokalene. Fremgangsmåten man velger for å rekruttere forsøkspersoner kan føre til generalisering. Hvis man får forsøkspersoner til å melde seg på selv, vil man ofte ende opp med personer som er svært motiverte til å trene. Hvis man utlyser en søknad via sosiale medier vil det øke sannsynligheten for at den gjennomsnittlige alderen vil være lavere. Det er derfor viktig at man nøye vurderer hvilken fremgangsmåte man tar for å rekruttere forsøkspersoner basert på utvalget studien ønsker.

Samtlige studier startet med en pre-test der forsøkspersonene gjennomfører sykkeltester. Til felles for alle studiene gjennomførte forsøkspersonene en VO₂maks-test. Samtlige studier utenom Bent R. Rønnestad, Øfsteng, and Ellefsen (2019) gjennomførte laktatprofil (Bent R. Rønnestad, Øfsteng, and Ellefsen 2019). B. R. Rønnestad, Hansen, and Ellefsen (2014) gjennomførte også en 40 minutter all-out-test og måling av HB-masse. Bent R. Rønnestad, Øfsteng, and Ellefsen (2019) gjennomførte også flere styrketester.

Etter pre-testene gjennomføre forsøkspersonene en lengre treningsintervensjon. De ble i alle studiene fordelt inn i to grupper, der en gruppe trente med tradisjonell periodisering og den andre trente med blokkperiodisering. Varigheten på intervensjonen og den spesifikke fordelingen

av hardøkter varierte mellom gruppene. B. R. Rønnestad, Hansen, and Ellefsen (2014) hadde en treningsperiode på 4 uker. Blokkgruppen gjennomførte 5 HIT økter i uke 1, og 1 HIT økt de 3 resterende ukene. Den tradisjonelle gruppen gjennomførte 2 HIT økter ukentlig. Både Almquist et al. (2022); B. R. Rønnestad et al. (n.d.) gjennomførte en 12-ukers treningsintervensjon. Forskjellen mellom disse to studiene var at Almquist et al. (2022) varierte mellom HIT, MIT (moderat intensiv trening) og LIT på bolkgruppen. B. R. Rønnestad, Hansen, and Ellefsen (2014) Hadde kun en uke med HIT trening (5x HIT) før de hadde 3 uker med fokus på LIT (1x HIT i disse ukene). Begge gruppene hadde mesosykluser på 4 uker som de repeterte 3 ganger. B. R. Rønnestad, Hansen, and Ellefsen (2014) gjennomførte en treningsintervensjon på 5 uker med følgende mengde HIT økter: 5 + 1 + 3 + 1 + 1. Den tradisjonelle periodiseringen gjennomførte 2 + 2 + 3 + 2 + 2 (B. R. Rønnestad et al. 2016). Bent R. Rønnestad, Øfsteng, and Ellefsen (2019) gjennomførte en intervensjon på 6 uker. I tillegg til periodisering av HIT trening gjennomførte de også periodisering av styrketrening. Bolkgruppen gjennomførte 1 + 5 + 1 + 1 + 5 + 1 HIT-økter og den tradisjonelle gruppen gjennomførte 2 + 3 + 2 + 2 + 3 + 2 (Bent R. Rønnestad, Øfsteng, and Ellefsen 2019). Samtlige studier hadde lik totalbelastning mellom de to intervensjonsgruppene.

Studiene presenterer data ved å gi gjennomsnittsverdier og tilhørende standardavvik. Dette gir en konsistent måte å rapportere resultatene på og gjør det enkelt for leseren å forstå variasjonen i dataene. Når det gjelder vurdering av effektstørrelser bruker B. R. Rønnestad, Hansen, and Ellefsen (2014) Cohen's d med en klassifisering av effektstørrelser som trivial, liten, moderat, stor eller svært stor, mens B. R. Rønnestad et al. (n.d.) brukte korrelasjonskoeffisienter (r) med samme klassifiseringer.

Når de testet for statistiske forskjeller mellom de to gruppene, benytter alle artiklene t-tester. Imidlertid er det variasjon i hvilke t-tester som brukes. For eksempel bruker B. R. Rønnestad, Hansen, and Ellefsen (2014) både uparede og parede t-tester for å sammenligne gruppene ved start og etter intervensjonen. Dette gir en dypere innsikt i eventuelle endringer over tid. Når man tester innad i en gruppe over tid undersøker man om det har vært en endring fra pre- til post-test. B. R. Rønnestad et al. (n.d.) bruker kun uparede t-tester for å vurdere forskjeller mellom gruppene. B. R. Rønnestad et al. (2016) bruker en annen tilnærming ved å benytte toveis ANOVA for å vurdere forskjellen mellom gruppene. Almquist et al. (2022) vurderer forskjeller mellom grupper ved å bruke en blandet lineær modell og inkluderer kovariater. Samtlige studier brukte også grafer og deskriptiv statistikk for å vise at treningsbelastningen mellom gruppene og utgangspunktet til forsøkspersonene var likt.

B. R. Rønnestad, Hansen, and Ellefsen (2014), B. R. Rønnestad et al. (n.d.) og Bent R. Rønnestad, Øfsteng, and Ellefsen (2019) så en signifikant økning i maksimalt oksygenopptak mellom tradisjonell og bolkperiodisering. Disse studiene fant ingen forskjell på $4\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ effekt. Det fant derimot Rønnestad (2016). De fant også en signifikant forskjell på maksimal aerob kapasitet (W/kg). (Almquist et al., 2022) fant kun en økning i RBCV (red blood cell volume) i favør blokkperiodisering etter intervensjonen.

Alle studiene utenom Almquist et al. (2022) kunne konkludere med at bolkperiodisering ga større treningsadaptasjoner enn tradisjonell periodisering. Almquist et al. (2022) fant ingen

forbedringer på sykkelprestasjon.

5 Repeated measures

Et moderat treningsvolum gir mer muskelhypertrofi og større økning i maksimal styrke sammenlignet med et lavt treningsvolum

5.1 Introduksjon

Maksimal styrke avhenger hovedsakelig av muskelmasse (Heaselgrave et al. 2019). Det er en rekke faktorer man kan manipulere når man skal øke muskelmasse og muskelstyrke. Hva som er optimal fordeling av treningsvolum, -frekvens og -motstand kan variere fra person til person, på grunn av varierende genetikk (Ratamess 2009; Timmons 2011). Treningsvolum defineres som antall ukentlige sett per muskelgruppe (Figueiredo et al., 2018). Et spesifikt område innenfor styrketrening som har fått mye oppmerksomhet er treningsvolum. Det er flere studier som har vist at et lavt treningsvolum kan gi samme nevrologiske og fysiologiske adaptasjoner som moderat treningsmengde (Cannon and Marino 2010; Mitchell et al. 2013). En viktig påpekning her er at dette er utrente personer, som trolig har et lavere krav til stimuli for å oppnå adaptasjoner. For et individ som er bedre trent vil man trolig se større forskjeller (Raastad 2010).

Det er liten tvil om at styrketrening er helsefremmende, men en stor årsak til at folk ikke starter med regelmessig styrketrening er at de ikke har tid. Det kan derfor være gunstig å se på hvor lavt treningsvolum man trenger for å indusere positive adaptasjoner i muskelmasse og maksimal styrke. Tidligere studier har vist at økning i frekvens ikke vil føre til større adaptasjoner (Colquhoun et al. 2018). Det er også studier som har vist det ikke er noen forskjell på trening med ett og tre sett per øvelse (Starkey et al. 1996). Studien til Starkey (1996) gjennomførte øvelsene bilateralt, dette medfører at det kan være individuelle epigenetiske forskjeller som kan påvirke resultatene. Det vil derfor være interessant å se hvordan resultatene blir hvis hver enkelt forsøksperson gjennomfører både ett og tre sett per øvelse, men da følge en protokoll på hvert bein.

Hensikten med denne studien var derfor å undersøke forskjeller mellom ett og tre sett per øvelse på økning på muskelhypertrofi og maksimal styrke på underekstremitetene. Dette skal sammenlignes med et innen-deltaker-design. Dette vil ekskludere eventuelle epigenetiske forskjeller mellom forsøkspersonene. Basert på de tidligere studiene Cannon and Marino (2010) og Mitchell et al. (2013) er vår hypotese at det ikke vil være noen forskjell mellom beinene.

5.2 Metode

5.2.1 Deltakere

22 kvinner og 19 menn ble rekruttert til studien. Inkluderingskriteriene var at de ikke skulle røyke og de måtte være mellom 18 og 40 år. De ble ekskludert hvis de hadde trent mer enn én styrketreningsøkt de siste 12 månedene. De ville også bli ekskludert dersom de var allergiske mot lokal bedøvelse, hadde noen skader som ville påvirke treningen eller tok medisiner som ville forhindre adaptasjoner til trening. Under databehandlingen ble syv forsøkspersoner ekskludert fra datasettet. Årsaken til ekskluderingen var at de hadde gjennomført $< 85\%$ av treningsøktene de fikk utskrevet. Samtlige forsøkspersoner hadde erfaring med sport/lagidrett. 20 av forsøkspersonene informerte om at de drev med fysiskaktivitet da de ble rekruttert, men ingen av de trente mer enn én gang ukentlig.

Intervensjonen varte i 12 uker og inneholdt helkroppss styrketrening (alle deltakerne startet forsøket i perioden september-november). Beinøvelser ble utført unilateralt for å tillate individuelle forskjeller i treningsstimuli. Beinene til forsøkspersonene ble vilkårlig plassert i enten styrketrening med 1 eller 3 sett per øvelse, med andre ord fullførte samtlige forsøkspersoner både ett og 3 sett med styrketrening. Muskelstyrken ble vurdert før start av intervensjonen, underveis (uke 3, 5 og 9) og etter treningsintervensjonen. Kroppssammensetning ble kun målt før og etter treningsintervensjonen. Deltakernes karakteristikk er presentert i tabell 1.

Tabell 1: Deltakernes karakteristikk ved oppstart (N = 41)

include	sex	N	Avg_Age	SD	Avg_Height	SD.	Avg_Weight	SD..
excl	female	4	22.9	(1.6)	165.5	(7.6)	64.6	(9.7)
excl	male	3	24.3	(1.5)	189.0	(4.6)	88.2	(22.4)
incl	female	18	22.0	(1.3)	167.7	(6.9)	64.4	(10.4)
incl	male	16	23.6	(4.1)	182.9	(5.9)	75.8	(10.7)

Notat: Data er presentert som gjennomsnitt (standardavvik). N = antall; Avg = gjennomsnitt; excl: ekskludert; incl: inkludert.

5.2.2 Styrketreningsprotokoll

Før hver treningsøkt gjennomførte deltakerne en standardisert oppvarming bestående av 5 minutters ergometersykling (oppfattet anstrengelse: Borg 12–14), etterfulgt av 10 repetisjoner av kroppsvektsøvelser (push-ups med individuelt tilpasset vanskelighetsgrad, sit-ups, rygghev og knebøy), og én serie med 10 repetisjoner ved omtrent 50% av en maksimal repetisjon (1RM) for hver styrkeøvelse. Beinøvelser ble utført i følgende rekkefølge: ensidig beinpress, leg curl

og knekestensjon. Øvelsene ble utført som enten én serie eller tre serier per øvelse. Enkeltsettene ble gjennomført mellom det andre og tredje settet. Etter beinøvelsene gjennomførte deltakerne to sett av bilateral benkpress, nedtrekk og enten skulderpress eller sittende roing (gjennomført i annenhver økt). Pauser mellom settene var på 90–180 sekunder. Treningsintensiteten var progressiv gjennom treningsintervensjonen. Forsøkspersonene startet med en 10-repetisjonsmaksimumstest (10RM) de første 2 ukene, etterfulgt av 8RM i 3 uker og 7RM i 7 uker. Noen av øktene ble gjennomført uten tilsyn, da det tidvis passet bedre med forsøkspersonenes daglige rutine. Forsøkspersonene ble fulgt opp på 91% (Standardavvik = 10%) av de gjennomførte treningsøktene. Forsøkspersonene ble bedt om å føre treningsdagbok når de ikke ble fulgt opp under treningsøkter. Disse ble kontinuerlig sjekket av forskningsteamet sammen med deltakerne for å sikre progresjon og overholdelse av protokollen. Fra den niende treningsøkten hadde hver uke én økt med redusert belastning, tilsvarende 90% av forrige økt med samme antall repetisjoner. Treningsøkter med maksimal innsats ble separert med minst 48 timers mellomrom. Treningsøkter med submaksimal innsats (90%) ble separert fra andre økter med minst 24 timer. For å bidra til umiddelbar restitusjon, ble det gitt en standardisert væske etter hver økt. Denne inneholdt 0,15 g kg⁻¹ protein, 1,2 g kg⁻¹ karbohydrater and 0,5 g kg⁻¹ fett.

5.2.3 Vurdering av muskelstyrke

Maksimal styrke ble vurdert som en repetisjon maksimum (1RM) i ensidig beinpress. Testprotokollen for øvelsen startet med en spesifikk oppvarming som bestod av 10, 6 og 3 repetisjoner ved henholdsvis 50%, 75% og 85% av forventet 1RM. Deretter ble 1RM funnet ved å øke motstanden gradvis til forsøkspersonen ikke klarte å gjennomføre hele bevegelsesbanen. Deltakerne ble bedt om å skyve med maksimal innsats. For hver øvelse ble den tyngste belastningen som ble løftet, definert som 1RM. Hver forsøksperson fikk fire til seks forsøk. Ved starten av prosjektet ble 1RM vurdert to ganger, med minst 4 dagers mellomrom. Den høyeste verdien oppnådd ble brukt til analyser. Styrketestene ble utført med minst 48 timers mellomrom fra treningsøktene.

5.2.4 Kroppssammensetning

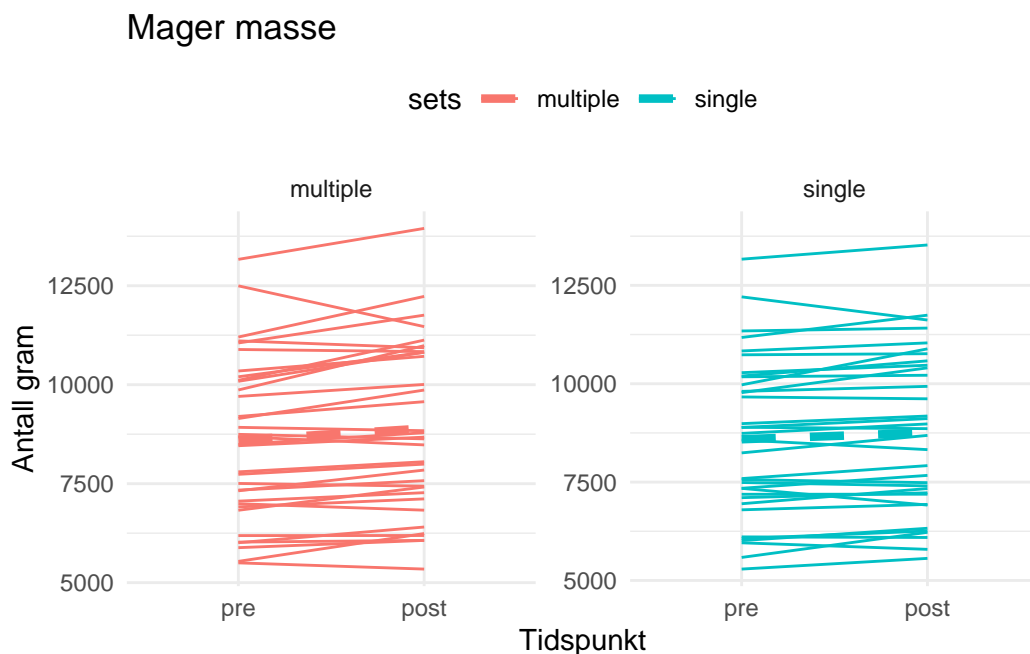
Kroppssammensetningen ble bestemt før og etter intervensjonen ved hjelp av dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) (Lunar Prodigy, GE Healthcare, Oslo, Norge), i samsvar med standard protokoll. Før DXA-målingene ble deltakerne bedt om å være fastende i 2 timer og avstå fra tung fysisk aktivitet i minimum 48 timer. To dager skilte den siste styrketesten fra målingene av kroppssammensetning.

5.2.5 Statistiske analyser

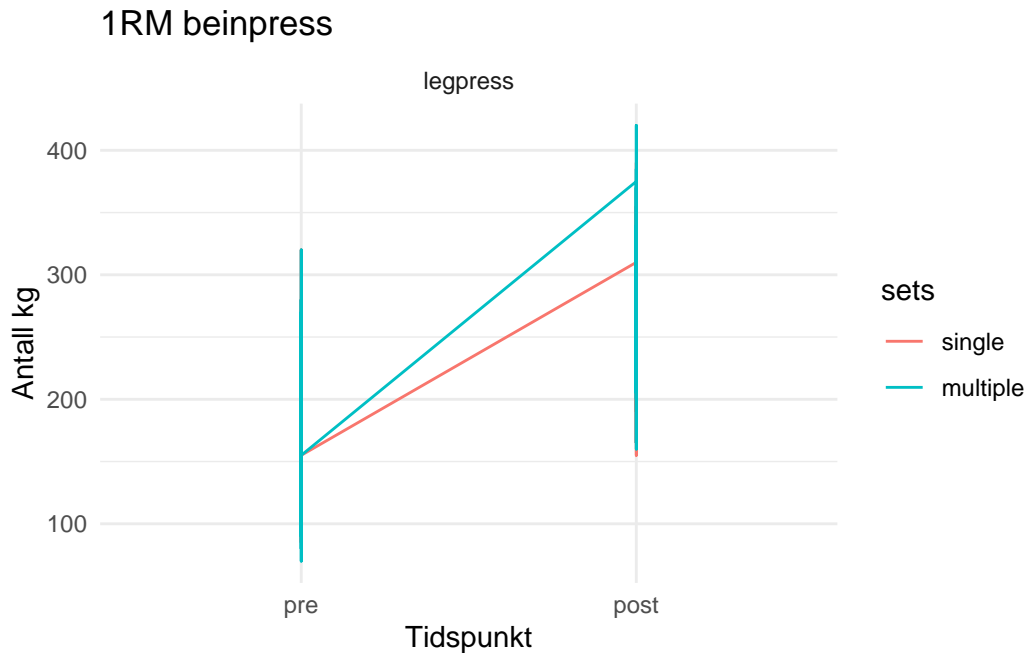
All deskriptiv data er presenteres som gjennomsnitt \pm standardavvik (SD). For å undersøke effekten av lavt versus moderat settvolum på muskelhypertrofi og maksimal styrke, ble det utført en lineær regresjonsanalyse. Resultatene ble presenterte som estimat, standardfeil (SE) t-verdi, konfidensintervall (KI) og p-verdi. Nivået av statistisk signifikans ble satt til $< 0,05$. Alle dataanalysene ble gjort i R (R Core Team 2022).

5.3 Resultater

Totalt førte treningsintervensjonen til en økning på 193 gram (2,25%) i mager masse og 92,31 (55,4%) kg økning i 1RM beinpress. Gruppen som gjennomførte 3 sett per øvelse hadde en 123 (73,9%) gram større økning i magermasse sammenlignet med gruppen som trente 1 sett (SE = 56,1, $t = 2,19$, 95% KI: 8,6 – 237,0, $p = 0,0359$, figur 1). Gruppen som trente med 3 sett per øvelse hadde 7,8 kg (12,5%) større økning enn gruppen med 1 sett (SE = 3,31, $t = 2,36$, 95% KI: 1,1 – 14,6, $p = 0,025$, figur 2).



Figur 1: Endringer i fettfri masse ved lavt versus moderat settvolum i løpet av en styrketreningsintervensjon på 12 uker ($N = 34$). Notat: Stipplet linje = gjennomsnittlig respons; sammenhengende linje = individuelle responser.



Figur 2: Endringer i 1RM beinpress ved lavt versus moderat treningsvolum ($N = 34$). Notat: Diagonale linjer = gjennomsnittlig endring; vertikale linjer = minimums- - maksimumsverdi.

5.4 Diskusjon

Denne studien viser at et større treningsvolum gir større prestasjonsforbedring i 1RM beinpress. Dette samsvarer med tidligere meta-analyser som har vist at moderate treningsvolum gir større adaptasjoner enn lavt volum (Rhea et al. 2002; Krieger 2009). Dette kan skyldes at et høyere treningsvolum gir økt fosforylering av p70 og S6, som igjen vil gi mer hypertrofi (Terzis et al. 2010). Det er tidligere vist en sterk korrelasjon mellom muskelmasse og muskelstyrke (Almiray-Soto et al. 2022). På den andre siden kan en stor bidragsyter til økt muskelstyrke være nevrologiske tilpasninger (Moritani and deVries 1979).

Studien viste en større økning i muskelmasse på det beinet forsøkspersonene trente 3 sett per øvelse. Det samme er vist i tidligere studier som har sett på lavt versus moderat treningsvolum (Bent R. Rønnestad et al. 2007). Studien til Rønnestad hadde det samme totale treningsvolumet per økt, men hadde variert volum på forskjellige muskelgrupper. En potensiell forklaring på endringen i muskelhypertrofi kan være intracellulære adaptasjoner igjennom blant annet fosforylering av p70 (Terzis et al. 2010).

5.5 Konklusjon

Denne studien demonstrerer at moderat treningsvolum gir større økning i maksimal muskelstyrke i beinpress og gir mer hypertrofi enn lavt volum.

- Ahtiainen, Juha P., Simon Walker, Mika Silvennoinen, Heikki Kyröläinen, Bradley C. Nindl, Keijo Häkkinen, Kai Nyman, Harri Selänne, and Juha J. Hulmi. 2015. "Exercise Type and Volume Alter Signaling Pathways Regulating Skeletal Muscle Glucose Uptake and Protein Synthesis." *European Journal of Applied Physiology* 115 (9): 1835–45. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3155-3>.
- Alberts, Bruce, A Johnson, and J Lewis. 2002. *Molecular biology of the cell. Hauptbd.* 4. ed. New York: Garland.
- Almiray-Soto, Alma Lidia, Edgar Denova-Gutiérrez, Desiree Lopez-Gonzalez, Mara Medeiros, and Patricia Clark. 2022. "Muscle Strength Reference Values and Correlation with Appendicular Muscle Mass in Mexican Children and Adolescents." *Calcified Tissue International* 111 (6): 597–610. <https://doi.org/10.1007/s00223-022-01025-4>.
- Almquist, Nicki Winfield, Hanne Berg Eriksen, Malene Wilhelmsen, Håvard Hamarsland, Steven Ing, Stian Ellefsen, Øyvind Sandbakk, Bent R. Rønnestad, and Knut Skovereng. 2022. "No Differences Between 12 Weeks of Block- Vs. Traditional-Periodized Training in Performance Adaptations in Trained Cyclists." *Frontiers in Physiology* 13 (March): 837634. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.837634>.
- Burd, Nicholas A., Andrew M. Holwerda, Keegan C. Selby, Daniel W. D. West, Aaron W. Staples, Nathan E. Cain, Joshua G. A. Cashaback, James R. Potvin, Steven K. Baker, and Stuart M. Phillips. 2010. "Resistance Exercise Volume Affects Myofibrillar Protein Synthesis and Anabolic Signalling Molecule Phosphorylation in Young Men: Resistance Exercise Volume and Myofibrillar Protein Synthesis." *The Journal of Physiology* 588 (16): 3119–30. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2010.192856>.
- Cannon, Jack, and Frank E. Marino. 2010. "Early-Phase Neuromuscular Adaptations to High- and Low-Volume Resistance Training in Untrained Young and Older Women." *Journal of Sports Sciences* 28 (14): 1505–14. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.517544>.
- Colquhoun, Ryan J., Christopher M. Gai, Danielle Aguilar, Daniel Bove, Jeffrey Dolan, Andres Vargas, Kaylee Couvillion, Nathaniel D. M. Jenkins, and Bill I. Campbell. 2018. "Training Volume, Not Frequency, Indicative of Maximal Strength Adaptations to Resistance Training." *Journal of Strength and Conditioning Research* 32 (5): 1207–13. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002414>.
- Cronin, John B., Raewyn D. Hing, and Peter J. McNair. 2004. "Reliability and validity of a linear position transducer for measuring jump performance." *Journal of Strength and Conditioning Research* 18 (3): 590–93. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18%3C590:RAVOAL%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18%3C590:RAVOAL%3E2.0.CO;2).
- Drummond, Micah J., Christopher S. Fry, Erin L. Glynn, Hans C. Dreyer, Shaheen Dhanani, Kyle L. Timmerman, Elena Volpi, and Blake B. Rasmussen. 2009. "Rapamycin Administration in Humans Blocks the Contraction-Induced Increase in Skeletal Muscle Protein Synthesis." *The Journal of Physiology* 587 (7): 1535–46. <https://doi.org/10.1113/jphysiol>.

2008.163816.

- Ghosh, Rajeshwary, Jennifer E Gilda, and Aldrin V Gomes. 2014. "The Necessity of and Strategies for Improving Confidence in the Accuracy of Western Blots." *Expert Review of Proteomics* 11 (5): 549–60. <https://doi.org/10.1586/14789450.2014.939635>.
- Glibetic, Marija, Laura Taylor, Dawn Larson, Ross Hannan, Bruce Sells, and Lawrence Rothblum. 1995. "The RNA Polymerase I Transcription Factor UBF Is the Product of a Primary Response Gene." *Journal of Biological Chemistry* 270 (9): 4209–12. <https://doi.org/10.1074/jbc.270.9.4209>.
- Godfrey-Smith, Peter. 2003. *Theory and Reality: An Introduction to the Philosophy of Science*. Science and Its Conceptual Foundations. Chicago: University of Chicago Press.
- Halperin, Israel, David B. Pyne, and David T. Martin. 2015. "Threats to Internal Validity in Exercise Science: A Review of Overlooked Confounding Variables." *International Journal of Sports Physiology and Performance* 10 (7): 823–29. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0566>.
- Hammarström, Daniel, Sjur Øfsteng, Lise Koll, Marita Hanestadhaugen, Ivana Hollan, William Apró, Jon Elling Whist, Eva Blomstrand, Bent R. Rønnestad, and Stian Ellefsen. 2020. "Benefits of Higher Resistance-Training Volume Are Related to Ribosome Biogenesis." *The Journal of Physiology* 598 (3): 543–65. <https://doi.org/10.1113/JP278455>.
- Heaselgrave, Samuel R., Joe Blacker, Benoit Smeuninx, James McKendry, and Leigh Breen. 2019. "Dose-Response Relationship of Weekly Resistance-Training Volume and Frequency on Muscular Adaptations in Trained Men." *International Journal of Sports Physiology and Performance* 14 (3): 360–68. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0427>.
- Hempel, Carl G., and Paul Oppenheim. 1948. "Studies in the Logic of Explanation." *Philosophy of Science* 15 (2): 135–75. <https://doi.org/10.1086/286983>.
- Hopkins, Will G. 2004. "How to Interpret Changes in an Athletic Performance Test." <http://www.sportsci.org/jour/04/wghtests.htm>.
- Hopkins, Will G. 2000. "Measures of Reliability in Sports Medicine and Science." *Sports Medicine* 30 (1): 1–15. <https://doi.org/10.2165/00007256-200030010-00001>.
- Hopkins, William G., Stephen W. Marshall, Alan M. Batterham, and Juri Hanin. 2009. "Progressive Statistics for Studies in Sports Medicine and Exercise Science." *Medicine & Science in Sports & Exercise* 41 (1): 3–12. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>.
- Hulley, Stephen B, Steven R. Cummings, Warren S. Browner, Deborah G. Grady, Thomas B. Newman, and Stephen A Ingham. 2013. "Designing a Randomized Blinded Trial." In, 137–51. Philadelphia: LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS, a WOLTERS KLUWER.
- Issurin, Vladimir B. 2010. "New Horizons for the Methodology and Physiology of Training Periodization." *Sports Medicine* 40 (3): 189–206. <https://doi.org/10.2165/11319770-000000000-00000>.
- Jeukendrup, Asker E, Neil P Craig, and John A Hawley. 2000. "The Bioenergetics of World Class Cycling." *Journal of Science and Medicine in Sport* 3 (4): 414–33. [https://doi.org/10.1016/S1440-2440\(00\)80008-0](https://doi.org/10.1016/S1440-2440(00)80008-0).
- Koller, Angela, and Hermann Wätzig. 2005. "Precision and Variance Components in Quantitative Gel Electrophoresis." *ELECTROPHORESIS* 26 (12): 2470–75. <https://doi.org/10.1002/elps.200500024>.

- Krieger, James W. 2009. "Single Versus Multiple Sets of Resistance Exercise: A Meta-Regression." *Journal of Strength and Conditioning Research* 23 (6): 1890–1901. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b370be>.
- Microsoft Excel. 2023. Microsoft.
- Mishra, Manish, Shuchita Tiwari, Anita Gunaseelan, Dongyang Li, Bruce D. Hammock, and Aldrin V. Gomes. 2019. "Improving the Sensitivity of Traditional Western Blotting via Streptavidin Containing Poly-Horseradish Peroxidase (PolyHRP)." *ELECTROPHORESIS* 40 (12-13): 1731–39. <https://doi.org/10.1002/elps.201900059>.
- Mitchell, Cameron J., Tyler A. Churchward-Venne, Leeann Bellamy, Gianni Parise, Steven K. Baker, and Stuart M. Phillips. 2013. "Muscular and Systemic Correlates of Resistance Training-Induced Muscle Hypertrophy." Edited by Stephen E Alway. *PLoS ONE* 8 (10): e78636. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0078636>.
- Moritani, T., and H. A. deVries. 1979. "Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain." *American Journal of Physical Medicine* 58 (3): 115–30.
- Pauw, Kevin De, Bart Roelands, Stephen S. Cheung, Bas de Geus, Gerard Rietjens, and Romain Meeusen. 2013. "Guidelines to Classify Subject Groups in Sport-Science Research." *International Journal of Sports Physiology and Performance* 8 (2): 111–22. <https://doi.org/10.1123/ijsp.8.2.111>.
- Pélabon, Christophe, Christoffer H. Hilde, Sigurd Einum, and Marlène Gamelon. 2020. "On the Use of the Coefficient of Variation to Quantify and Compare Trait Variation." *Evolution Letters* 4 (3): 180–88. <https://doi.org/10.1002/evl3.171>.
- Porstmann, Bärbel, T. Porstmann, E. Nugel, and U. Evers. 1985. "Which of the Commonly Used Marker Enzymes Gives the Best Results in Colorimetric and Fluorimetric Enzyme Immunoassays: Horseradish Peroxidase, Alkaline Phosphatase or -Galactosidase?" *Journal of Immunological Methods* 79 (1): 27–37. [https://doi.org/10.1016/0022-1759\(85\)90388-6](https://doi.org/10.1016/0022-1759(85)90388-6).
- "Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults." 2009. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 41 (3): 687–708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>.
- R Core Team. 2022. *Rstudio*. R: A Language and Environment for Statistical Computing.
- Raastad, Truls. 2010. *Styrketrening: i teori og praksis*. Oslo: Gyldendal Norsk forlag.
- Ratamess. 2009. "Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults." *Medicine & Science in Sports & Exercise* 41 (3): 687–708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>.
- Raue, Ulrika, Todd A. Trappe, Shawn T. Estrem, Hui-Rong Qian, Leah M. Helvering, Rosamund C. Smith, and Scott Trappe. 2012. "Transcriptome Signature of Resistance Exercise Adaptations: Mixed Muscle and Fiber Type Specific Profiles in Young and Old Adults." *Journal of Applied Physiology* 112 (10): 1625–36. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00435.2011>.
- Rhea, Matthew R., Brent A. Alvar, Stephen D. Ball, and Lee N. Burkett. 2002. "Three sets of weight training superior to 1 set with equal intensity for eliciting strength." *Journal of Strength and Conditioning Research* 16 (4): 525–29.
- Rønnestad, B. R., S. Ellefsen, H. Nygaard, E. E. Zacharoff, O. Vikmoen, J. Hansen, and J. Hallén. n.d. "Effects of 12 Weeks of Block Periodization on Performance and Performance

- Indices in Well-Trained Cyclists: Block Periodization in Well-Trained Cyclists.” *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 24 (2): 327–35. <https://doi.org/10.1111/sms.12016>.
- Rønnestad, B. R., J. Hansen, and S. Ellefsen. 2014. “Block Periodization of High-Intensity Aerobic Intervals Provides Superior Training Effects in Trained Cyclists: Block Periodization Vs Traditional Training.” *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 24 (1): 34–42. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01485.x>.
- Rønnestad, B. R., J. Hansen, V. Thyli, T. A. Bakken, and Ø. Sandbakk. 2016. “5-Week Block Periodization Increases Aerobic Power in Elite Cross-Country Skiers: Block Training in Elite Cross-Country Skiers.” *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 26 (2): 140–46. <https://doi.org/10.1111/sms.12418>.
- Rønnestad, Bent R., Wilhelm Egeland, Nils H. Kvamme, Per E. Refsnes, Fawzi Kadi, and Truls Raastad. 2007. “DISSIMILAR EFFECTS OF ONE- AND THREE-SET STRENGTH TRAINING ON STRENGTH AND MUSCLE MASS GAINS IN UPPER AND LOWER BODY IN UNTRAINED SUBJECTS.” *Journal of Strength and Conditioning Research* 21 (1): 157–63. <https://doi.org/10.1519/00124278-200702000-00028>.
- Rønnestad, Bent R., Sjur J. Øfsteng, and Stian Ellefsen. 2019. “Block Periodization of Strength and Endurance Training Is Superior to Traditional Periodization in Ice Hockey Players.” *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 29 (2): 180–88. <https://doi.org/10.1111/sms.13326>.
- Starkey, David B., Michael L. Pollock, Yoshi Ishida, Michael A. Welsch, William F. Brechue, James E. Graves, and Matthew S. Feigenbaum. 1996. “Effect of Resistance Training Volume on Strength and Muscle Thickness.” *Medicine & Science in Sports & Exercise* 28 (10): 1311–20. <https://doi.org/10.1097/00005768-199610000-00016>.
- Stec, Michael J., Neil A. Kelly, Gina M. Many, Samuel T. Windham, S. Craig Tuggle, and Marcos M. Bamman. 2016. “Ribosome Biogenesis May Augment Resistance Training-Induced Myofiber Hypertrophy and Is Required for Myotube Growth in Vitro.” *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism* 310 (8): E652–61. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00486.2015>.
- Sule, Rasheed, Gabriela Rivera, and Aldrin V. Gomes. 2023. “Western blotting (immunoblotting): history, theory, uses, protocol and problems.” *BioTechniques* 75 (3): 99–114. <https://doi.org/10.2144/btn-2022-0034>.
- Tanner, Rebecca K., and Australian Institute of Sport, eds. 2013. *Physiological tests for elite athletes*. 2. ed. Leeds: Human Kinetics.
- Taylor, Kristie-Lee, John Cronin, Nicholas D. Gill, Dale W. Chapman, and Jeremy Sheppard. 2010. “Sources of variability in iso-inertial jump assessments.” *International Journal of Sports Physiology and Performance* 5 (4): 546–58. <https://doi.org/10.1123/ijsp.5.4.546>.
- Terzis, Gerasimos, Giorgos Georgiadis, Grigoris Stratakis, Ioannis Vogiatzis, Stavros Kavouras, Panagiota Manta, Henrik Mascher, and Eva Blomstrand. 2007. “Resistance Exercise-Induced Increase in Muscle Mass Correlates with p70S6 Kinase Phosphorylation in Human Subjects.” *European Journal of Applied Physiology* 102 (2): 145–52. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0564-y>.
- Terzis, Gerasimos, Konstantinos Spengos, Henrik Mascher, Giorgos Georgiadis, Panagiota

- Manta, and Eva Blomstrand. 2010. "The Degree of p70S6k and S6 Phosphorylation in Human Skeletal Muscle in Response to Resistance Exercise Depends on the Training Volume." *European Journal of Applied Physiology* 110 (4): 835–43. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1527-2>.
- Thalacker-Mercer, Anna, Michael Stec, Xiangqin Cui, James Cross, Samuel Windham, and Marcos Bamman. 2013. "Cluster Analysis Reveals Differential Transcript Profiles Associated with Resistance Training-Induced Human Skeletal Muscle Hypertrophy." *Physiological Genomics* 45 (12): 499–507. <https://doi.org/10.1152/physiolgenomics.00167.2012>.
- Timmons, James A. 2011. "Variability in Training-Induced Skeletal Muscle Adaptation." *Journal of Applied Physiology* 110 (3): 846–53. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00934.2010>.
- Tønnesen, Espen, and Bent R. Rønnestad. 2018. *Trening Fra Barneidrett Til Toppidrett*. Gyldendal.
- Yang, Ping-Chang, and Tahrin Mahmood. 2012. "Western Blot: Technique, Theory, and Trouble Shooting." *North American Journal of Medical Sciences* 4 (9): 429. <https://doi.org/10.4103/1947-2714.100998>.