

IDR4000 Mappeeksamen

404

2023-11-17

Table of contents

indedx	4
Kvantitativ metode og statistikk.	4
1 Reliabilitet og reproduserbar dataanalyse	5
1.1 Metode	5
1.1.1 Forberedelser	5
1.1.2 Før testingen	6
1.1.3 Maksimalt oksygenopptak (VO2-maks) test	6
1.1.4 Etter testingen	7
1.1.5 Databehandling	8
1.1.6 Statistiske analyser	8
1.2 Resultater	8
1.3 METODISK DISKUSJON	11
1.3.1 Konklusjon	11
2 Labbrapport - ekstraksjon og analyse av protein	12
2.1 Introduksjon	12
2.1.1 Teori	12
2.2 Metode	13
2.2.1 Prøvemateriale	13
2.2.2 Oppsett og utgangspunkt for analyse	14
2.2.3 Western Blot	14
2.2.4 Homogenisering av muskelvev	15
2.3 Resultater	15
2.4 Diskusjon	18
2.4.1 Homogenisering	18
2.4.2 Western blot	18
3 Vitenskapsfilosofi	20
4 Studiedesign	22
4.1 Hypotesene	22
4.2 Tester	24
4.3 Statistisk analyser	24
4.4 Resultat	25

5	Analysere gjentatte tiltak eksperimenter	27
5.1	Innledning	27
5.2	Metode	27
5.2.1	Deltakere	27
5.2.2	Statisk Analyse	29
5.3	Resultater	29
5.4	Diskusjon	31
5.5	Konklusjon	31
	References	32

indedx

Kvantitativ metode og statistikk.

Github link:

<https://github.com/ChristianGJenssen/Eksamensmappe.git>

1 Reliabilitet og reproduserbar dataanalyse

Warning: package 'forcats' was built under R version 4.3.2

1.1 Metode

1.1.1 Forberedelser

Forberedelser til utholdenhetstester 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 på gradestokken. 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 margen. 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 neseclipen 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.

1.1.2 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. Submaksimal utholdenhetstest Testprosedyren startet med en submaksimal utholdenhetstest der forsøkspersonene trakk 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.

1.1.3 Maksimalt oksygenopptak (VO₂-maks) test

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. Maximum accumulated oxygen uptake (MAOD) test 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.

1.1.4 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.

1.1.5 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* (American College of Sports Medicine 2009).

1.1.6 Statistiske analyser

Før vi utførte statistiske analyser, ble datasettet rengjort for eventuelle feilregistreringer eller manglende data. Statistiske analyser ble utført i programvaren RStudio (versjon 2023.06.2+561; RStudio Team, 2023), og ble organisert i Microsoft Excel (versjon 16.73, Microsoft Corporation, 2023). Deskriptiv statistikk er presentert som gjennomsnitt, standardavvik og minimums- og maksimumsverdi. Basert på anbefalingene fra (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; Tian 2005). 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). Variasjonskoeffisienten (standardavvik delt på gjennomsnittet) brukes ofte som et mål på presisjon og reproduserbarhet av data innen kvantitativ vitenskap (Pélabon et al. 2020; Tian 2005). 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@hopkins2009. Når $CV\% \leq SWC$, ble testen ansett i stand til å oppdage betydningsfulle forskjeller [Cronin, Hing, and McNair (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 boksplott, 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-restest 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).

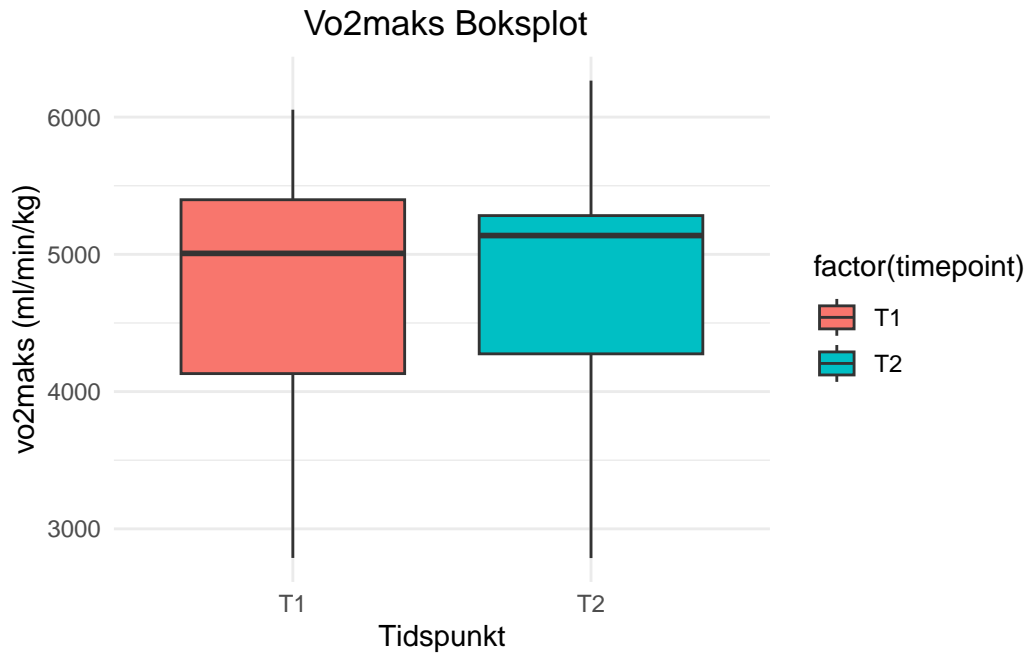


Figure 1.1: **Figur 1:** Boksplot av vo2maks på testdag 1 (T1) og Testdag 2 (T2)

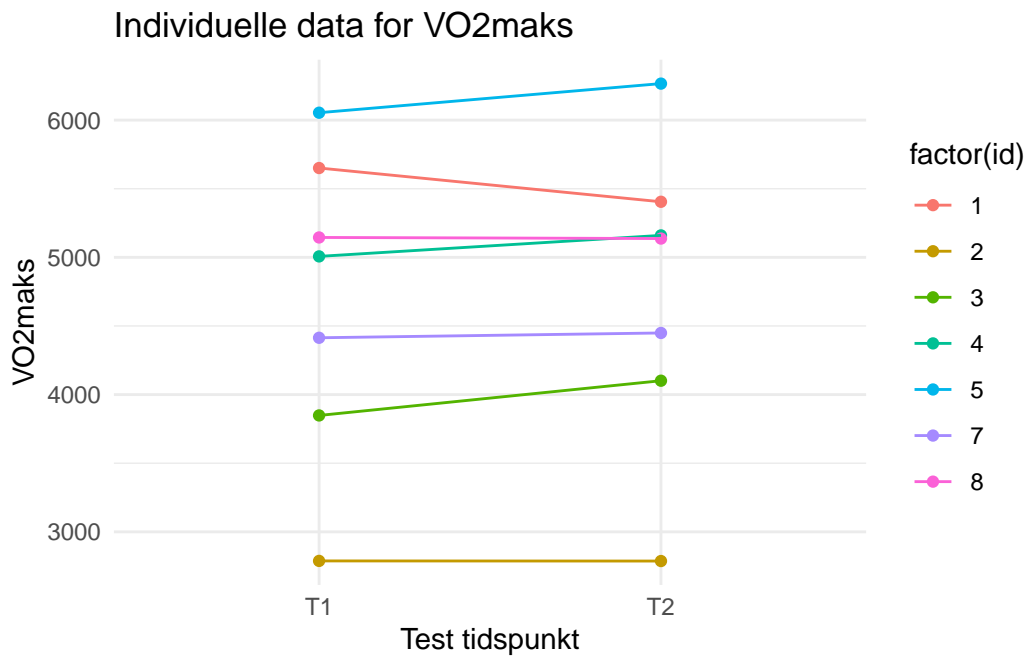


Figure 1.2: **Figur 2:** Figuren viser Vo2maks målinger fra T1 til T2.

Table 1.1: Karakterstikker for T1

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
w.maks (watt)	421.43	82.54	437.50	275.00	525.00
MAOD.a (%)	69.34	17.43	77.88	43.21	92.41

Tabell 1: Data er presentert som gjennomsnittet, standardavviket, median og minimums- og maksimumsverdi. VO2-maks = maksimalt oksygenopptak; MAOD.a = maksimalt akkumulert oksygenunderskudd.

Table 1.2: Tabell 2: Utregning av CV i % og SD

ID	cv_vo2maks	cv_wmaks	cv_maoda	sd_dev_vo2maks	sd_dev_wmaks	sd_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

Notat: Data er presentert variasjonskoeffisient og standardavvik for hver av de tre utfallsvariablene for hver deltaker. *cv_vo2maks* = variasjonskoeffisient (%) for maksimalt oksygenopptak; *cv_wmaks* = variasjonskoeffisient (%) for watt-maks; *cv_maoda* = variasjonskoeffisient (%) for maksimalt akkumulert oksygenunderskudd; *std_dev_vo2maks* = standardavvik for maksimalt oksygenopptak; *std_dev_wmaks* = standardavvik for watt-maks; *std_dev_maoda* = standardavvik for maksimalt akkumulert oksygenunderskudd.

Table 1.3: **Tabell 3:** Gjennomsnittlig variasjonskoeffisient (%) og minste betdyningsfulle forskjell ($N = 7$).

Variabel	CV	SWC
VO2maks	1.84	18.34
W.maks	4.77	4.04
MAOD.a	6.76	0.88

Tabell 3: Data er presentert som gjennomsnittlig variasjonskoeffisient og minste betydningsfulle forskjell for hver av de tre utfallsvariablene. $VO2_{max}$ = 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 resultatene i en negativ retning. Under den submaksimale testen ble testdeltakerne bedt om å sykle på den samme tråkkfrekvensen som de ville 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 dårlig 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 W_{maks} 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.

1.3.1 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 Labbrapport - ekstraksjon og analyse av protein

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 et al. 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 (American College of Sports Medicine 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 labbrapporten 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.

2.1.1 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. 2008; Raue et al. 2012; Thalacker-Mercer et al. 2013; Stec et al. 2016). Hemmelse av proteinet mTORC1 svekker proteinsyntesen hos mennesker (Stec et al. 2016), 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. 2008; 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 (Mahmood and Yang 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 (Mahmood and Yang 2012).

2.2 Metode

2.2.1 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.

2.2.2 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.

2.2.3 Western Blot

Elektroforesekammeret 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.

2.2.4 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).

2.3 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 %).

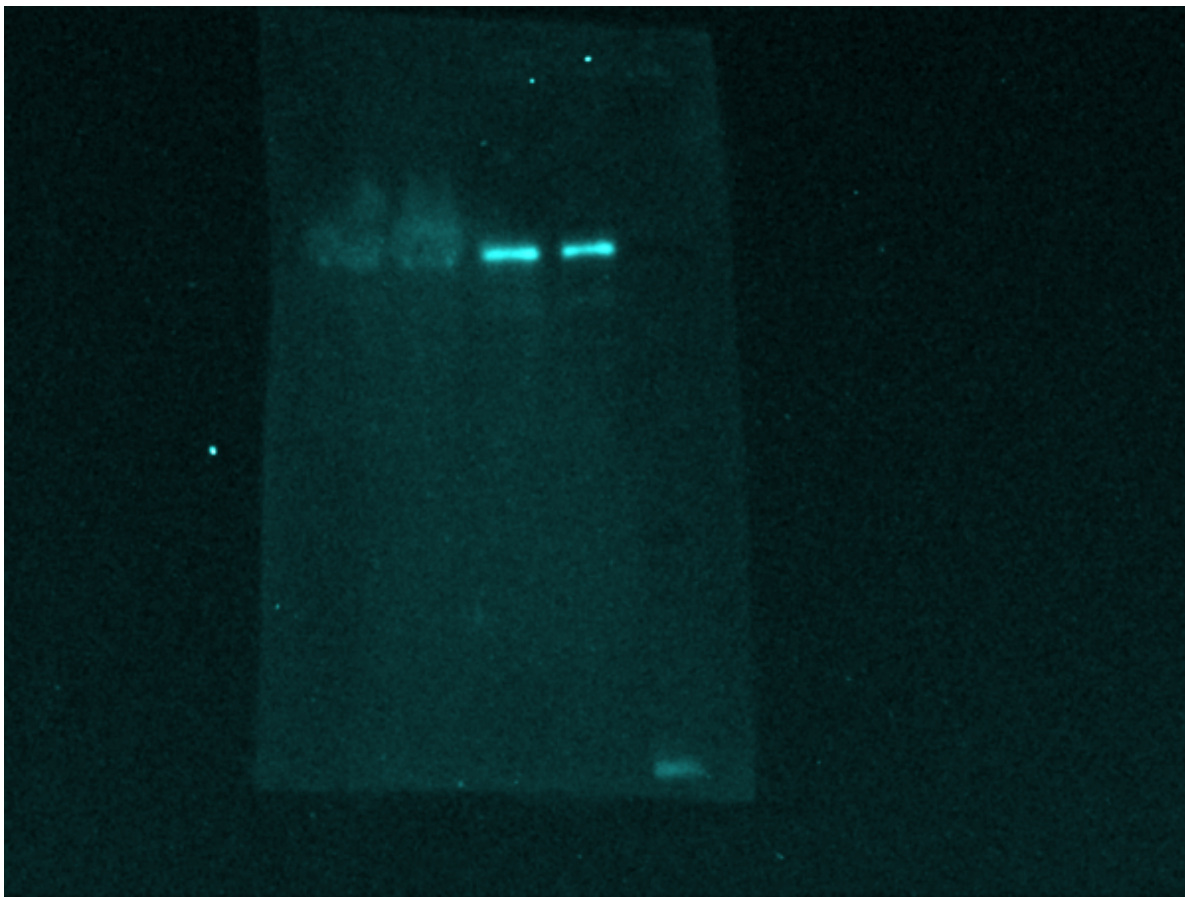


Figure 2.1: *Illustrasjon av mengden fosforylert p-70 i venstre versus høyre bein. De to boksene til venstre viser mengde p-70 i høyre fot og de to boksene til høyre viser mengde p-70 i venstre fot ($N = 1$).*

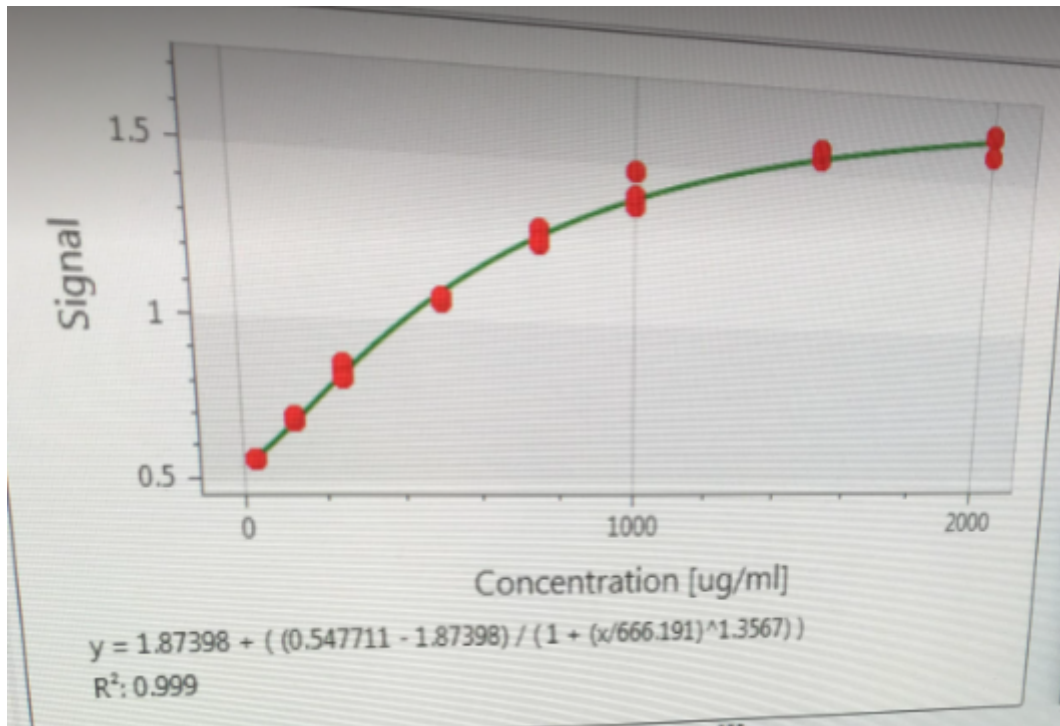


Figure 2.2: Spredningsplott med trendkurve, som illustrerer den forklarte variansen mellom signal og konsentrasjon ($N = 1$). Notat: Data er presentert som bestemmelseskoefisient (R^2) (skala: 0,0–1,0).

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

2.4 Diskusjon

2.4.1 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.

2.4.2 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

Oppgave 1: Gi en kort beskrivelse og forklaring av falsifikasjonisme. Presenter så ett problem med denne teorien. Tror du problemet kan løses? Begrunn svaret ditt

Falsifikasjonisme, som ble introdusert av Karl Popper, har hatt en enorm innvirkning på vitenskapelig tenkning og metode. Det er imidlertid viktig å merke seg at falsifikasjonisme ikke er uten sine utfordringer og kritikk. Ifølge denne filosofien så kan kun en teori som kan falsifiseres bli kalt for vitenskapelig. Med dette menes det at det må være mulig å bevise at teorien er feil. Samtidig så argumenterte Popper på at ingen mengde observasjoner kunne si om en teori stemte, men at en enkelt observasjon kunne bevise at teorien er feil. (McLeod 2022) Da er tanken at vitenskapelig kunnskap alltid er tentativ og åpen for revisjon. Altså at det vitenskapen forteller oss ikke er fastsatt for alltid, men at den kan endres basert på nye observasjoner og oppdagelser.

Hvis man skal nevne et problem med denne teorien, kan man peke på utfordringen med hvordan teorier som blir testet, blir endret på for å passe til de observerte dataene. Dette er en betydelig bekymring fordi jo oftere en teori blir testet, desto mer spesifikk og kompleks vil teorien bli og dette kan øke kompleksiteten til det punktet hvor det kan være vanskelig å forstå eller anvende teorien i praksis. I tillegg kan overkomplisering av teorier føre til at de mister sin relevans, siden de da blir så spesifikke at de bare gjelder for et svært begrenset sett av situasjoner som gjør det vanskelig å reproducere. Dette er et paradoks siden hensikten med en teori er å gi en generell forklaring på observasjonene. Derfor er det viktig å balansere behovet for nøyaktighet med behovet for anvendelighet når man utvikler og tester teorier.

For å unngå at man skal møte problemet med at teoriene blir for kompliserte kan vi bruke Occams barberblad prinsippet og Rema 1000 sitt slagord om at “det enkle er ofte det beste” altså at hvis en forsker sin teori om et emne blir motbevist etter forskningsstudiet hans, så istedenfor å overkomplisere den originale teorien han så bør han vurdere å legge fra seg teorien han hadde og komme opp med en nyere og enklere teori om hvorfor observasjonene hans ble slik som det ble.

Selv om denne løsningen er relativt grei, så er sannheten også slik at av og til trenger teorien og være mer komplisert og vanskeligere å forstå for at den skal kunne beskrive observasjonene.

Til tross for disse utfordringene, har falsifikasjonisme fortsatt stor innflytelse på vitenskapen. Det har bidratt til å forme vitenskapelig metode og har fremmet ideen om at vitenskapelig kunnskap alltid er under utvikling og revisjon. Dette reflekterer den dynamiske naturen til

vitenskapelig oppdagelse og fremgang. Å til slutt gjør det viktig at forskerne prøver til sine beste mulige evner til å balansere simplisiteten og nøyaktigheten når de kommer med en teori.

Oppgave 2: Forklar de grunnleggende ideene i Bayesianisme. Hva er noen av fordelene med Bayesianisme sammenlignet med alternativene? (for eksempel, HD-teorien eller abduktivismen). Presenter ett problem med Bayesianisme og evaluer hvor alvorlig problemet er.

Ifølge Joyce (2011) så tilbyr bayesianisme et kraftig sett med metoder for å trekke induktive slutninger, altså å kunne komme seg til en beslutning basert på informasjon man har fått som igjen kan være basert på observasjoner eller tidligere mønstre som man har observert. Bayesianisme brukes for å beskrive usikkerhet på ved statistikk, ved at den oppdaterer sannsynligheten når nye observasjoner eller ny informasjon blir tilgjengelig.

Skal man se på noen av de positive sidene med Bayesianisme så er Bayesianisme en teori som fokuserer mer på rasjonalitet enn valg som blir tatt grunnet følelser og egne meninger og ideer, som igjen lar oss ha en mer konsistent og sammenhengende tilnærming til håndtering og ta beslutninger. Dette er en egenskap som blir mer og mer aktuell for mer og mer komplekse scenarioer hvor man må ta mer og mer hensyn til usikkerhet som følge av flere faktorer.

De som følger Bayesianisme følger sannsynlighetslovene hvor dette er grunnleggende for enhver statistisk analyse. Årsaken til dette er at dette hjelper med å sikre at dataene vi får er konsistente og veldefinerte. Som igjen styrkes av at overbevisningene baseres på et solid matematisk grunnlag. Dette hjelper også med å bekrefte og avkrefte observasjoner og teorier. Man kan jo si at dette er også det som styrker teorier som baserer seg på Bayesianisme siden alt blir "oppdatert" så vil det si at jo fler observasjoner som blir gjort jo mer nøyaktig vil sannsynligheten for at en teori stemmer øke eller svekkes basert på hva dataen forteller oss.

Bayesianisme, som alle andre ideer, har sine negative sider og utfordringer. Selv om det gir en ramme for å ta mer konsistente og rasjonelle vurderinger, er det en risiko for at konklusjonene kan bli påvirket av subjektive priorer. Disse priorer er basert på personlig tro eller overbevisning før man ser på dataen, noe som betyr at man kan ha en viss bias før man rekker å se på data.

Dette er en utfordring med Bayesianisme, men alvorlighetsgraden er begrenset. Jo mer data man har, jo mindre vil subjektive meninger og oppfatninger kunne påvirke konklusjonene siden dataen da vil ha en sterkere sannsynlighet. Dette betyr at selv om subjektive priorer kan påvirke de tidlige stadiene av analysen, vil deres innflytelse avta etter hvert som mer data blir tilgjengelig. (Godfrey-Smith 2003)

Bayesianisme kan være et svært nyttig verktøy innenfor statistikk og vitenskapelig forskning. Det gir en kraftig metode for å lære fra data og oppdatere våre overbevisninger i lys av ny informasjon. Men som med alle verktøy, er det viktig å være klar over begrensningene til Bayesianisme og tenke nøye gjennom hvordan man bruker det. Ved å være bevisst på disse utfordringene, kan vi bruke Bayesianisme på en mer effektiv og ansvarlig måte.

4 Studiedesign

I dette arbeidskravet skal jeg se på fem ulike studier som ser på sammenhengen av styrketrening og dens effekt på running efficiency (RE). Vi skal se litt på hvordan de ulike studiene er gjennomført, hva fellesnevner er for dem og hva de gjør annerledes fra hverandre.

4.1 Hypotesene

Skal man først se de ulike studiene bør man jo først finne ut av hva slags hypotese eller problemstilling det er de har prøvd og finne svaret på. Ser vi på hva Turner, Owings, and Schwane (2003) sitt studiet så har de en enkel hypotese som er: En 6 ukers treningsperiode hvor en middels trent utholdenhets utøver trener både styrke og utholdenhet vil se en bedring av utøverens RE. Saunders et al. (2006) har en lignende hypotese bare da er fokus på hva de kaller normal trente eliteutøvere, altså utholdenhets utøvere som kun har fokusert på utholdenhetstrening med liten eller ingen erfaring innenfor styrketrening.

Støren et al. (2008) sitt studiet derimot fokuserer seg mer inn på en enkelt øvelse og om den har en effekt på RE og hypotesen dems lyder slik: “MST (maximal strength training) utført som half squats og et supplement til utholdenhetstrening vil øke 1rm, rfd, RE og tid til total utmattelse ved maksimal aerob hastighet (MAS).” Her ser de også da på om MST har en effekt på flere områder enn kun på RE.

Guglielmo, Greco, and Denadai (2009) skiller seg litt ut fra de andre studiene jeg har valgt ved at istedenfor å kun se på om maksimal styrketrening har effekt på RE så ser de også på om maksimal styrketrening har en større effekt på RE sammenlignet med eksplosiv styrketrening, men Guglielmo, Greco, and Denadai (2009) har ingen ordentlig hypotese annet enn at styrketreningene har en effekt på RE.

Når man ser på hvordan deltakerne på disse studiene ser man at alle studiene har valgt å teste elite/nasjonalt eller internasjonalt konkurrerende utøvere. Unntaket er Turner, Owings, and Schwane (2003) som har valgt å rekruttere hva de vil kalle for middels trente utøvere. Årsaken til at studiene ikke har valgt å teste utrente deltakere er fordi at man vet at utrente som regel alltid kommer til å ha en kraftig respons på trening uansett om det er ren utholdenhetstrening eller styrke og utholdenhetstrening. En annen ting som er lurt å nevne er også at utrente personer vil som regel ikke være vant med å løpe som igjen vil si at all utholdenhetstrening de gjør vil bedre arbeids økonomien deres siden teknikken til deltakeren blir bedre og det

vil gjøre det vanskelig å måle hvor mye av forbedringen av RE kommer fra styrketreningen, utholdenhetstreningen og bedring av teknikk.

Fordelen med å velge trente deltakere på et så høyt nivå er at det gjør det mye lettere og finne ut av hvor mye av forbedringen i RE kommer fra styrketrening siden man må ha større trening stimuli for å forbedre prestasjonsevnen deres.

En ting som kan være nyttig og nevne er at studien til Saunders et al. (2006) sier at de ser på om styrketrening har en akutt effekt på RE siden de har sett ved et tidligere studiet at kunstig høydetrening har vist en positiv effekt hos eliteutøvere, men grunnet at ikke alle lag og utøvere ikke har tilgang på dette så ser de på om styrketrening kan være en annen treningsmetode på å forbedre RE.

De fem forskjellige studiene brukte lignende studiedesign, nemlig et studiedesign hvor de har en “testgruppe” som prøver å trene styrketrening og en kontroll gruppe som fortsetter som “vanlig”, i en slik studie kalles ifølge Hulley et al. (2013) et control-study-studie. Først ble gruppene randomisert på hvilken gruppe de skulle være på, dette er for å prøve å få studiet til å bli mest mulig likt den virkelige verdenen. Det ble gjort noen unntak som i Millet et al. (2002) sitt studiet hvor de sørget for at de elite deltakerne dem hadde som konkurrerte på internasjonalt nivå ble jevnt fordelt på de to gruppene (3 i intervensjons gruppen og 4 i kontrollgruppa.) Det samme gjaldt hos Støren et al. (2008) bare at fokuset var og ha kjønnsfordelingen lik.

Årsaken til at studiene har valgt og gjøre studie slikt er for å sørge for at studiet blir så objektivt som mulig. Tanken bak det er jo da som sagt å få det mest mulig likt den virkelige verdenen og at man ikke ender opp kunstig resultater siden man for eksempel valgte å plassere alle de man trodde kom til å se stor endring i intervensjonsgruppen og de man forventet å se lite endring på som igjen da vil få det til å se ut som at den “eksperimentelle” treningsmetoden virker mye bedre enn hva den er hvis alle hadde gjort det. En annen styrke ved å gjøre et slikt studie er at man klarer lettere å studere effekten av intervensjonen siden man har en gruppe som i teorien skal vise hvordan intervensjons gruppen hadde utvikla seg uten den eksperimentelle treningsmetoden. Så da kan man jo lettere sammenligne de to gruppene for å se om det har vært en signifikant effekt.

Ulempen med å kjøre et slikt studie design er jo at man ikke har kontroll over om nivået i hver gruppe blir likt, det er derfor noen av studiene sørget for at det var ca like mange av hvert kjønn på hver gruppe og Millet et al. (2002) sørget for at elite utøverne var jevnt fordelt. En annen svakhet med et slikt studiedesign er som Hulley et al. (2013) sier i sin bok at man har jo kun muligheten til å studere en intervensjon/metode om gangen siden da blir det vanskeligere og tolke resultatene hvis man da lar kontroll gruppen prøve en annen type intervensjon.

Disse studiene fulgte også et pre og post studie hvor de testet deltakerne før og etter intervensjonen. Et unntak om det er det man kan kalle det er det at Turner, Owings, and Schwane (2003) kjørte en ekstra test etter 1-2 uker at intervensjonen hadde startet i tillegg til pre og post test. Saunders et al. (2006) sitt studie følger også studie-designet “repeated-measures design study” som vil si at deltakerne blir testet over en periode, i tillegg til en pre og post

test. I dette tilfellet ble deltakerne først testet for å se om de var gode nok til å delta på studiet, som også var en pre-test, når intervensjonen begynte ble deltakerne testet i uke 5 og uke 9 i tillegg til post test.

4.2 Tester

Millet et al. (2002) testen hadde flere forskjellige tester, disse bestod av Maksimal hopp test, 3000m løp på en bestemt fart, en maksimal konsentrasjons test av beina. De hadde også en “incremental running test” til man ikke klarte mer for å finne VO2max og RE.

Saunders et al. (2006) sitt studiet målte RE ved å ha utøveren løpe på tre bestemte hastigheter på en tredemølle samtidig som at det ble målt laktat, puls og O2 opptak. Støren et al. (2008) hadde også en lignende protokoll til å te RE, men det blir bare nevnt at deltakerne løper i perioder på 5 min på en gitt stigning på tredemøllen, men med varierende fart.

Hvis man ser på disse testene så virker det som at de har potensial til å være ganske reliable tester, men ingen av testene nevner hvordan det er de bestemmer farten til deltakerne. Dette skader også validiteten grunnet at det gjør det mer til gjetting for å finne ut av hvor fort hver av dem løp. Man kan jo se på en styrke med disse testene som blir gjort og det er jo at de fleste deltakerne er nok sannsynligvis vandt med å gjennomføre slike tester grunnet at det er ganske høyt nivå på deltakerne gjennom testene og siden dataen blir skjult for dem fra pre til posttest så unngår man til best evne at man presterer bedre på grunn av ren psykologi. Samtidig så vil man unngå at deltakerne presterer bedre grunnet læringskurven som kommer når man blir testet, dette kan være en svakhet derimot ved styrketestene som blir gjennomført, årsaken er at mange av deltakerne har liten til ingen erfaring med styrketrening som da vil kunne ha en effekt på resultatet på testene siden det er en større læringskurve enn hos en løpetest.

4.3 Statistisk analyser

For å finne ut om observasjonene man har fått egentlig har noe sammenheng og betydning så må man jo analysere dataen man har samlet inn. Hvordan man gjør det varierer jo fra hva slags studiet man kjører og hva det er man leter etter. Alle valgte studier brukte en ANOVA analyse som står for “Analysis of Variance” som er en måte å se på forskjellen mellom to grupper, sånn intervensjons gruppen og kontrollgruppen. Det var kun et studiet som ikke brukte ANOVA og det var Støren et al. (2008) sitt studiet.

Istedenfor valgte Støren et al. (2008) å bruke en paired t-test og en independent t-test. Studiet til Turner, Owings, and Schwane (2003) valgte også å kjøre en independent t-test, dette går da ut på å regne ut forskjellen mellom to målinger, i dette tilfelle pre og posttest innad i samme gruppe, men en paired t-test går ut på å regne ut forskjellen mellom kontrollgruppen og intervensjons gruppen. Ulempen ved at Støren et al. (2008) valgte og gjøre t-tester er at

man er avhengi av at for at testene skal ha høy validitet så må begge gruppene være prikk like noe som er umulig når det kommer til testing på mennesker og dette kan gjøre at resultatene er upålitelige.

Alle studiene de regnet også ut Effect size (ES) De fremstilte også dataen med median, SD (Standard Deviation) og p-value hvor de satte en grense på <0.05

Sammenlignet med de andre så valgte Saunders et al. (2006) å ikke bruke p verdi men istedenfor å kun bruke ES hvor de satte kriterier for tolkning, nemlig at en ES verdi på under <0.02 ble ansett på som ubetydelige, <0.6 ble sett på som liten betydning, <1.2 moderat betydning og >1.2 har stor effekt. Dette kan ses på som en både styrke med studiet. Årsaken til dette er at ved å ikke bruke p-verdi så er det vanskelig og vite om funnene man har har en statistisk signifikans, som igjen kan gjøre det vanskeligere og avgjøre om resultatene er tilfeldige eller reelle. Dette gjør usikkerheten rundt studiet klarere om hvor pålitelig resultatene kan være. En annen fordel og en svakhet med Saunders et al. (2006) sitt studiet er at hvis man skal finne en ES som er signifikant så må man ha med flere deltakere for å få samme validitet enn om man hadde hatt med p-verdi Fordelen med å bruke ES er jo det er lettere og se størrelsen på den observerte effekten som kan gi et mer praktisk svar på om det er relevant eller ikke.

4.4 Resultat

Når det kommer til resultatene så kommer alle studiene frem til det samme, og trene maksimal styrketrening har en signifikant effekt på RE hos elite og moderat trente utøvere.

Hvis vi ser på problemstillingen til [Guglielmo et al, \(2009\)](#) hvor de de ser på hva som gir størst endring i RE av maksimal styrketrening (HWT) og eksplosiv trening (EST) så kommer de frem til at det var en signifikant økning ($p < 0.05$) i RE hos de som hørte til i gruppen HWT. Her lå snittet på rundt 6,2% bedring i RE sammenlignet med EST som ikke hadde en signifikant økning ($p 0.67$) og lå rundt 1.9% bedring i RE. Dette gir oss jo da svaret at maksimal styrketrening er mer gunstig for forbedring av RE enn eksplosiv styrketrening.

De andre studiene hjelper med å bygge på dette ved at alle fant en signifikant økning av RE selv om alle hadde fokus på maksimal styrketrening så varierte treningsprogrammene fra studiet til studiet. En annen ting som ble oppdaget var at selv med styrketrening i treningsplanen så ble det ikke oppdaget en signifikant økning innen VO2max eller body mass.

Så for å oppsummere så så vi på fem ulike studier som tok for seg sammenhengen mellom styrketrening og dens effekt på løpeøkonomien i både moderat trente og eliteutøvere. Selv om de hadde ulike protokoller så kom alle frem til at styrketrening spesielt tung har en gunstig effekt på RE og vil være en anbefaling til alle utøvere som ønsker å bli bedre.

Når vi så på de fem ulike studiene som så på styrketrenings effekt på løpeøkonomien. Noe vi ser er en gjenganger er at styrketrening har en effekt på RE og at maksimal styrketrening har en signifikant effekt på Eliteutøvernes RE. Studiene brukte et kontrollstudiedesign, randomisering

og pre- og post-tester, med varierende testprotokoller. Samtidig så må det nevnes at selv om det ble funnet en signifikant endring i RE så ble svært små til ikke signifikante endringer i Vo2max og kroppssamensetning hos deltakerne.

For senere studier kan det være lurt å prøve å få enda flere deltakere med på studiene sine eller drive med studier som varer enda lengere enn kun 12 uker. Samtidig så kan det være nyttig/spennende og sammenligne ulike treningsformer og øvelser og dems effekt på RE.

5 Analysere gjentatte tiltak eksperimenter

5.1 Innledning

Man har vært stort sett enige om at styrketrening er den mest optimale måten og øke muskelmasse og styrke. Men hva som er den mest optimale metoden og som gir best resultat er enda kraftig diskutert. I Krieger (2010) sin artikkel fant han ikke enn mer signifikant endring jo høyere antall sets. Så ser man på studiet til Santana så mener de at jo større mengde desto større effekt. (Santana, Castro, and Cavaglieri 2021)

Så i denne artikkelen her skal vi se på resultatene til et studie som har sett på hvor stor effekt har et set vs tre set hos utrente deltakere. I læreboka styrketrening blir det nevnt at når en utrent person begynner å trene strukturert styrketrening så er det forventet og se økning i styrke på mellom 0.5-3% etter hver økt. Raastad et al. (2010) Ifølge studien til Wernebohm så kan man også forvente å se en økning på 0.1 til 0.5% i tversnitt på muskulaturen. (Wernebohm, Augustsson, and Thomeé 2007)

Basert på tidligere forskning (Rønnestad et al. (2007); Krieger (2010)) så er vår hypoteset at vi kommer til å se en mer signifikant økning på multiple sets enn på single set.

5.2 Metode

5.2.1 Deltakere

I studiet var det 41 deltakere som gjennomførte treningsintervensjonen på 12 uker. Kriteriene for å kunne inkludere deltakerne var at de ikke hadde trent gjennomsnittlig mer enn 1 gang i uka de siste 12 månedene og at de var mellom alderen 18-40 år gamle. Andre eksklusjons kriterier var at deltakerne ikke røyker og ikke var allergisk mot lokal bedøvelse. Syv deltakere egnet seg ikke til å fullføre studiet av ulike årsaker som, skader og smerter.

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)

Tabell 1. Tabell over deltakere

Intervensjonsperioden varte i 12 uker hvor deltakerne trene hele kroppen. Før treningsperioden begynte ble beina til deltakerne tilfeldig delt inn i om det var høyre eller venstre bein som skulle trene en rep eller 3 rep.

Når deltakerne skulle kjøre treningsøkter så fulgte de en standard protokoll. Den startet først men 5min sykklng på stasjonære sykkel hvor de skulle ligge på 12-14 på borgs skala. Deretter skulle de gjøre ulike kroppsvektøvelser som knebøy, rygghev,knebøy, push ups og sit-ups. På hver øvelse så skulle de gjøre 10 repetisjoner. Deretter skulder de trene underkropp hvor de gjorde øvelsene beinpress, leg curl og beinekstensjon. Hver øvelse ble gjort eneten som et set eller fler set med 90-180sek pause mellom settene. Etter de var ferdige med disse øvelsene så skulle deltakerne gjøre to sett av de følgende øvelsene som var nedtrekk, benkpress og så varierte det mellom sittende roing og skulderpress som de bytta på annen hver økt.

Maksimal styrk i kneekstesjon ble målt av et dynamometer. testen foregikk slik at deltakerne ble sittende sikret til dynamometeret med kneleddet på linje med dynamometerets rotasjonsakse. Dermed ble det makskimalt isokinetisk dreiemoment vurdert ved tre ulike vinkelhastigheter (60°, 120° og 240°). Deltakeren fikk to forsøk på 60° og tre forsøk på de to andre vinklne. Forsøkene ble tatt rett etter hverandre og da ble den høyeste verdien valgt. Etter de var ferdige med den isokonetiske testen så startet testen på maksimalt frivillig kontraksjonsmoment. Den gikk ut på at deltakerne skulle skyve/trekke ned foten med maksimal kraft i 5 sekunder mot en spak. Beinet var ved 30° under testen og de fikk to forsøk med 30sek pause mellom. Deretter ble den høyeste verdien skrevet ned.

Maksimal styrke ble målt med 1rm (one repetition maximum) i beinpress og legekestensjon. Begge testene fulgte samme oppvarmingsprotokol som bestod av 10 reps ved 50% av forventa maksimal styrke, deretter 6 reps på 75% og så 3 reps på 80%. Når protokoll var gjennomført begynte de å 1rm målingen ved å øke motstanden gradvis til deltakeren ikke klarte å utføre hele bevegelsesbanen til øvelsen. Den siste gjennomførte repen ble da ført som 1rm etter at deltakeren hadde fått 4-6 forsøk på å forbedre den.

Deltakerne fikk også målt kroppssammensetningen ved pre og post test. Dette ble gjort av en DXA maskin (dual-energy X-ray absorptiometry). Deltakerne ble bed om å faste minst 2t før testing og unngå anstrengende fysisk aktivitet i 48t før testen. DXA scanningen skiltes alltid 2 dager fra styrketestingen.

Intervensjonsperioden varte i 12 uker hvor deltakerne trene hele kroppen. Før treningsperioden begynte ble beina til deltakerne tilfeldig delt inn i om det var høyre eller venstre bein som skulle trene en rep eller 3 rep. Kroppssamensetningen til deltakerne ble målt før og etter treningsintervensjonen. Kneekstesjon ble målt av et dynamometer. testen foregikk slik at deltakerne ble sittende sikret til dynamometeret med kneleddet på linje med dynamometerets rotasjonsakse. Dermed ble det makskimalt isokinetisk dreiemoment vurdert ved tre ulike vinkelhastigheter (60°, 120° og 240°). Deltakeren fikk to forsøk på 60° og tre forsøk på de to andre vinklne. Forsøkene ble tatt rett etter hverandre og da ble den høyeste verdien valgt. Etter de var ferdige med den isokonetiske testen så startet testen på maksimalt frivillig kontraksjonsmoment. Den

gikk ut på at deltakerne skulle skyve/trekke ned foten med maksimal kraft i 5 sekunder mot en spak. Beinnet var ved 30° under testen og de fikk to forsøk med 30sek pause mellom. Deretter ble den høyeste verdien skrevet ned.

Maksimal styrke ble målt med 1rm (one repetition maximum) i beinpress og legekstensjon. Begge testene fulgte samme oppvarmingsprotokol som bestod av 10 reps ved 50% av forventet maksimal styrke, deretter 6 reps på 75% og så 3 reps på 80%. Når protokoll var gjennomført begynte de å 1rm målingen ved å øke motstanden gradvis til deltakeren ikke klarte å utføre hele bevegelsesbanen til øvelsen. Den siste gjennomførte repetisjonen ble da ført som 1rm etter at deltakeren hadde fått 4-6 forsøk på å forbedre den.

5.2.2 Statisk Analyse

For statistisk analyse ble programmet R brukt til å analysere og hente dataen. I denne oppgaven ble det gjort to ulike paired sample t-test, en som tok for seg pre og post på mager masse mellom single og multiple sets, og en som tok for seg dataen fra pre til post.

5.3 Resultater

I resultatene ser vi en økning i både muskelmasse og i styrke. Ved mager masse så finner vi ikke en signifikant økning mellom gruppene ($p = 0.36$), men innenfor kneekstensjon finner vi en signifikant økning med en p-verdi på 0.002

```

              Comparison P_Value Mean_Multiple Mean_Single SD_Multiple
1 Multiple vs Single Mager Masse  0.036      289.059      166.265      438.007
  SD_Single
1   300.653

```

```

      statistic p_value df
t          3.46  0.002 31

```

```

# A tibble: 2 x 3
  sets      avg_percent_increase percent_difference
  <chr>          <dbl>          <dbl>
1 multiple      56.5           8.7
2 single       52            8.7

```

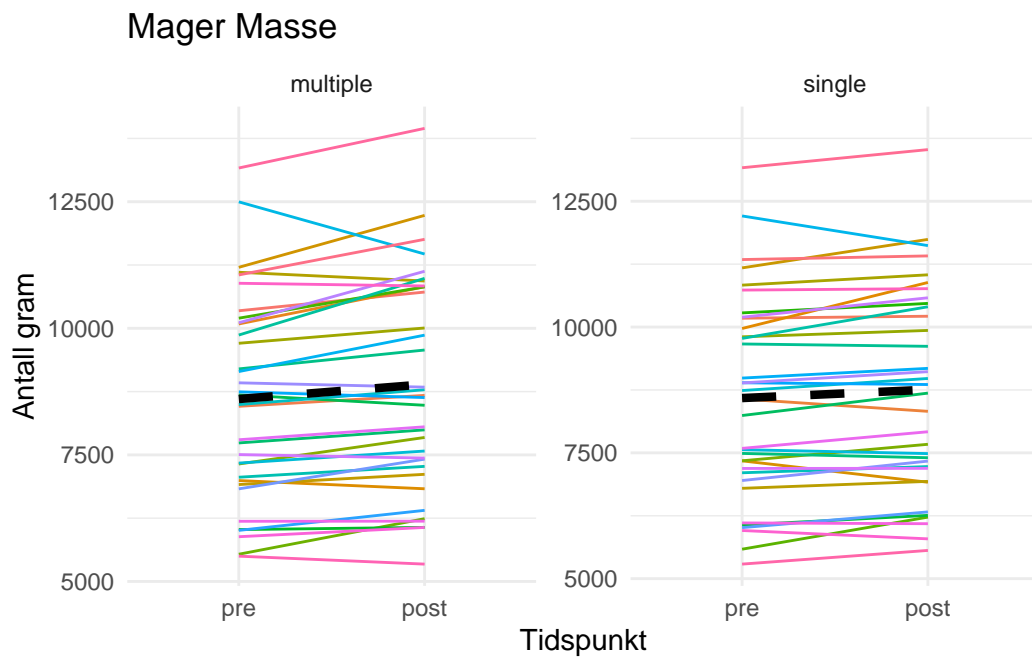


Figure 5.1: **Figur 1.** Denne figuren viser endringen i mager masse fra pre til post.

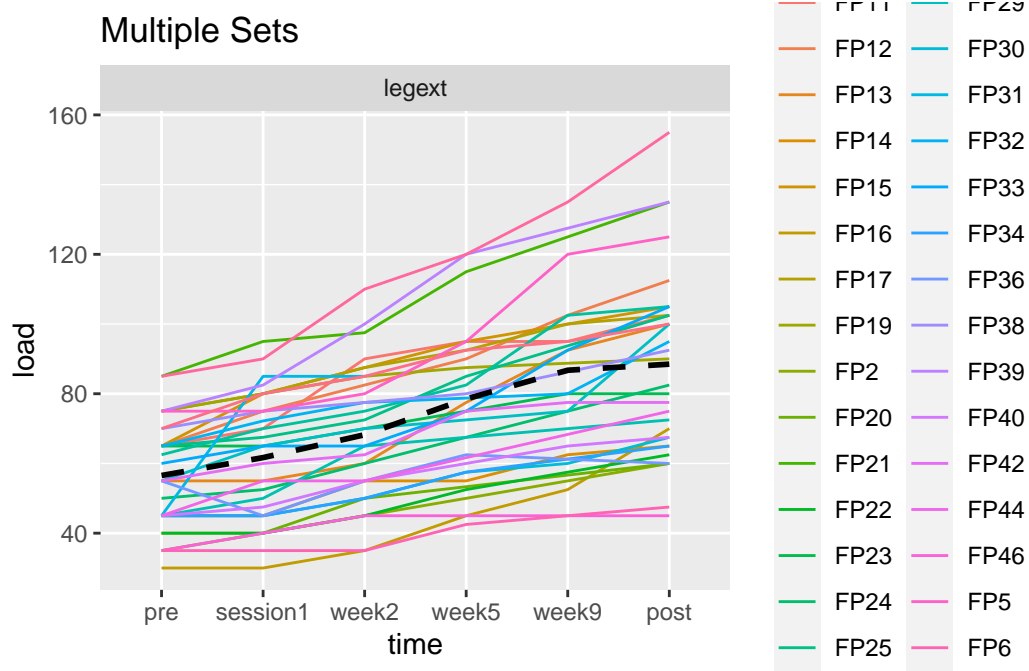


Figure 5.2: **Figur 2.** Denne figuren viser økningen mellom hver test i styrke på beinet som trente multiple sets. Den stipla linja viser gjennomsnittet.

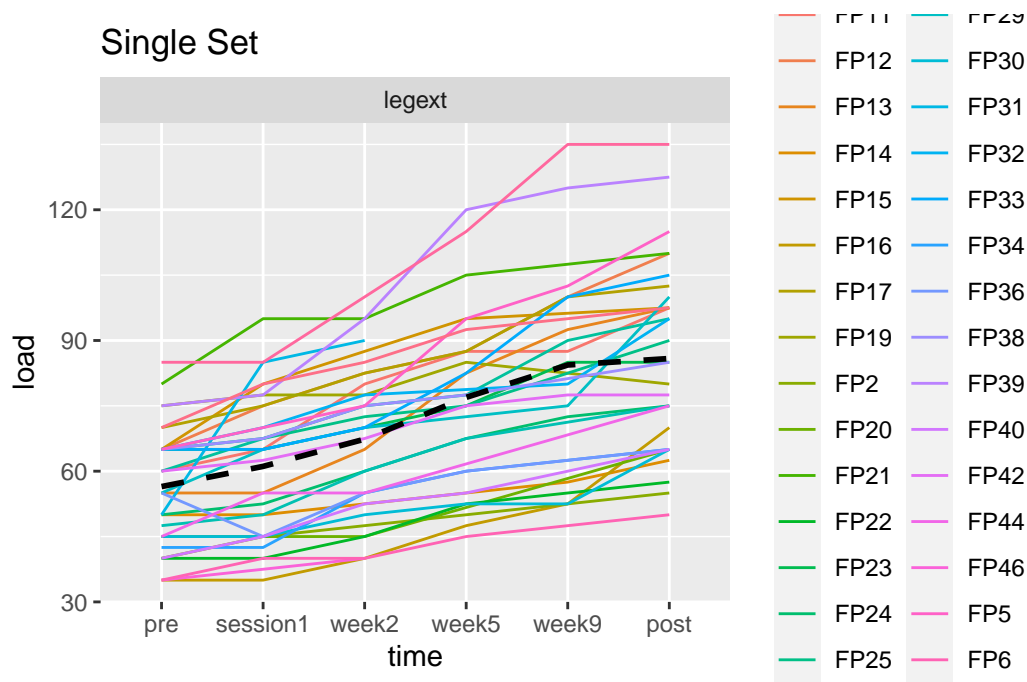


Figure 5.3: Figur 3. Denne grafen viser hver deltakers økning på beinet som trente single set. Den stipla linja viser gjennomsnittet på deltakerne.

5.4 Diskusjon

I denne studien skulle vi se på hva som er mer gunstig og trene for utrente personer av et og tre set. Resultatene viser en signifikant økning i styrke og viste at beinet som trente flere set hadde en større økning enn beinet som trente et set. Dette stemmer med hva Schoenfeld et al. (2017) skrev i sin artikkel. Det ble også funnet en økning i mager masse i begge bein men det kan tenkes at dette kan være en effekt av at studiet har relativt få deltakere samtidig som at ikke alle deltakerne startet helt utrente heller og da kan det hende at deltakerne responderte dårligere på styrketreningen siden de hadde trengt et større treningsstimuli som ble snakket om i studien til Vikmoen et al. (2020).

5.5 Konklusjon

I denne studien så vi ikke en signifikant økning innenfor mager masse, men en signifikant økning i muskelstyrke. Selv med disse funnene så er det allikevel noen svakheter med studien som for eksempel den mindre enn optimale deltaker størrelsen.

References

- 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, Alexander Johnson, Julian Lewis, Martin Raff, Keith Roberts, and Peter Walter. 2002. "The Shape and Structure of Proteins." In. Garland Science. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK26830/>.
- American College of Sports Medicine. 2009. "American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults." *Medicine and Science in Sports and Exercise* 41 (3): 687–708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>.
- 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." *The Journal of Physiology* 588 (Pt 16): 3119–30. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2010.192856>.
- 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).
- 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, M., L. Taylor, D. Larson, R. Hannan, B. Sells, and L. Rothblum. 1995. "The RNA polymerase I transcription factor UBF is the product of a primary response gene." *The 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.
- Guglielmo, L. G. A., C. C. Greco, and B. S. Denadai. 2009. "Effects of Strength Training on Running Economy." *International Journal of Sports Medicine* 30 (1): 2732. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1038792>.
- 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>.
- Hopkins, W. G. 2000. “Measures of reliability in sports medicine and science.” *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 30 (1): 115. <https://doi.org/10.2165/00007256-200030010-00001>.
- Hulley, Stephen B., Steven R. Cummings, Warren S. Browner, Deborah G. Grady, and Thomas B. Newman. 2013. *Designing Clinical Research*. 4th edition. Philadelphia Baltimore New York London Buenos Aires Hong Kong Sydney Tokyo: Wolters Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins.
- Joyce, James M. 2011. “The Development of Subjective Bayesianism.” In, 10:415–75. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52936-7.50012-4>.
- 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. 2010. “Single vs. multiple sets of resistance exercise for muscle hypertrophy: a meta-analysis.” *Journal of Strength and Conditioning Research* 24 (4): 1150–59. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d4d436>.
- Mahmood, Tahrin, and Ping-Chang Yang. 2012. “Western blot: technique, theory, and trouble shooting.” *North American Journal of Medical Sciences* 4 (9): 429–34. <https://doi.org/10.4103/1947-2714.100998>.
- McLeod, Saul. 2022. “Karl Popper: Falsification Theory.” <https://www.simplypsychology.org/karl-popper.html>.
- Millet, Gregoire P., Bernard Jaouen, Fabio Borrani, and Robin Candau. 2002. “Effects of Concurrent Endurance and Strength Training on Running Economy and VO2 Kinetics.” *Medicine & Science in Sports & Exercise* 34 (8): 1351. https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2002/08000/effects_of_concurrent_endurance_and_strength.18.aspx.
- 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>.
- 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).
- Raastad, Truls, Paulsen, Gøran, Per E. Refsnes, Bent R. Rønnestad, and Alexander R. Wisnes. 2010. *Styrketrening i Teori Og Praksis*. Gyldendal undervisning.

- 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 (Bethesda, Md.: 1985)* 112 (10): 1625–36. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00435.2011>.
- 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." *The Journal of Strength & Conditioning Research* 21 (1): 157. https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/2007/02000/dissimilar_effects_of_one_and_three_set_strength.28.aspx.
- Santana, Davi Alves de, Alex Castro, and Cláudia Regina Cavaglieri. 2021. "Strength Training Volume to Increase Muscle Mass Responsiveness in Older Individuals: Weekly Sets Based Approach." *Frontiers in Physiology* 12. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2021.759677>.
- Saunders, Philo U., Richard D. Telford, David B. Pyne, Esa M. Peltola, Ross B. Cunningham, Chris J. Gore, and John A. Hawley. 2006. "SHORT-TERM PLYOMETRIC TRAINING IMPROVES RUNNING ECONOMY IN HIGHLY TRAINED MIDDLE AND LONG DISTANCE RUNNERS." *The Journal of Strength & Conditioning Research* 20 (4): 947. https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/2006/11000/short_term_plyometric_training_improves_running.36.aspx.
- Schoenfeld, Brad J., Jozo Grgic, Dan Ogborn, and James W. Krieger. 2017. "Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training: A Systematic Review and Meta-analysis." *Journal of Strength and Conditioning Research* 31 (12): 3508–23. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002200>.
- 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>.
- Støren, Øyvind, Jan Helgerud, Eva Maria Støa, and Jan Hoff. 2008. "Maximal Strength Training Improves Running Economy in Distance Runners." *Medicine & Science in Sports & Exercise* 40 (6): 1087. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318168da2f>.
- 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>.
- 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. 2008. "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/s00421-007-0455-5>.

1007/s00421-007-0564-y.

- Terzis, Gerasimos, Konstantinos Spengos, Henrik Mascher, Giorgos Georgiadis, Panagiota Manta, and Eva Blomstrand. 2010. "The degree of p70 S6k 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>.
- Tian, Lili. 2005. "Inferences on the common coefficient of variation." *Statistics in Medicine* 24 (14): 2213–20. <https://doi.org/10.1002/sim.2088>.
- 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>.
- Turner, Amanda M., Matt Owings, and James A. Schwane. 2003. "Improvement in Running Economy After 6 Weeks of Plyometric Training." *The Journal of Strength & Conditioning Research* 17 (1): 60. https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/2003/02000/improvement_in_running_economy_after_6_weeks_of.10.aspx.
- Vikmoen, Olav, Truls Raastad, Stian Ellefsen, and Bent R. Rønnestad. 2020. "Adaptations to Strength Training Differ Between Endurance-Trained and Untrained Women." *European Journal of Applied Physiology* 120 (7): 1541–49. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04381-x>.
- Wernbom, Mathias, Jesper Augustsson, and Roland Thomeé. 2007. "The Influence of Frequency, Intensity, Volume and Mode of Strength Training on Whole Muscle Cross-Sectional Area in Humans." *Sports Medicine* 37 (3): 225–64. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737030-00004>.