

Mappeeksamen IDR4000

414

2023-11-17

Table of contents

Forord	3
1 Reliabilitet	4
1.1 Introduksjon	4
1.2 Metode	4
1.2.1 Testprosedyre forberedelser:	4
1.2.2 Testprosedyre MAOD:	5
1.3 Resultat	5
1.3.1 Gjennomsnitt av deltakerne	5
1.3.2 Gjennomsnitt av oksygenopptak under MAOD-test	5
1.3.3 MAOD for de uike deltakerne på T1 og T2.	5
1.4 Diskusjon og reliabilitet	6
1.4.1 Tre måter å måle reliabilitet	6
1.4.2 Diskusjon av våre resultater	7
2 Labrapport	8
2.1 Introduksjon	8
2.2 Metode	8
2.2.1 qPCR	8
2.2.2 RNA-ekstraksjon	9
2.2.3 Fortynningsrekke	10
2.3 Resultat	10
2.4 Diskusjon	11
2.5 Konklusjon	12
3 Vitenskapsfilosofi	13
3.1 Oppgave 1	13
3.2 Oppgave 2	14
4 Studiedesign	16
5 Analyse av repeterte målinger	19
5.1 Introduksjon	19
5.2 Metode	20
5.2.1 Deltakere	20
5.2.2 Intervensjon	20

5.2.3	Muskelstyrke	21
5.2.4	Muskelmasse	21
5.2.5	Statistisk analyse	21
5.3	Resultat	22
5.4	Diskusjon	22
Referanseliste		24

Forord

Besvarelse på mappeeksamen IDR4000. Alle filene som denne besvarelsen bygger på finnes i <https://github.com/KristianDHauglum/Idr4000-eksamen.git>

1 Reliabilitet

1.1 Introduksjon

Maximal Accumulated Oxygen Deficit, heretter MAOD, er en test som måler utøverens anaerobe kapasitet (Gore and Tanner 2013). Testen kan utføres med flere ulike bevegelsesformer, men vanligst er løping og sykling. Til tross for at testen regnes som det beste praktiske målet på anaerob kapasitet, er det en rekke metodiske utfordringer knyttet til testen. Det er derfor ingen universell protokoll for måling av MAOD. Anaerob trening er trening uten nok oksygentilførsel til musklene. Dersom man opprettholder dette over lengre tid vil muskulaturen ikke klare å kvitte seg med avfallsstoffer, og det dannes melkesyre i muskulaturen. Ved å måle MAOD måles den anaerobe frigjøringen av oksygen i kroppen (Gore and Tanner 2013). Det er likevel viktig å trekke fra kroppens naturlige oksygenlager på 9%, for å finne den absolutte anaerobe energifrigjøringen (Gore and Tanner 2013).

Hensikten med denne oppgaven er å presentere målinger av reliabiliteten for data hentet inn på fysiologisk laboratorium. Dataen er hentet fra to ulike testdager, der blant annet MAOD-testen ble gjennomført på Lode ergometersykel. Flere tiltak ble gjort for å sikre god reliabilitet.

1.2 Metode

1.2.1 Testprosedyre forberedelser:

I forkant av testen ble ingen retningslinjer gitt til utøveren. På testdagen ble utøveren veid, og det ble følgelig gjennomført fire tester. Den første testen var en knebøy-test, der kraft/hastighet ble målt. Her ble tre repetisjoner gjennomført med maksimal innsats med henholdsvis 30%, 60% og 90% av utøverens kroppsvekt. Videre gjennomførte utøveren to submaksimale drag på sykkel. Hvert drag var på 4 minutter, der VO₂-målinger ble gjort hvert 30. sekund fra 2 minutter. På de samme tidspunktene ble tråkkfrekvensen notert ned. Her ble det benyttet en wattbelastning på 100W og 150W. Etter en to minutters pause gjennomførte utøveren en VO₂max.

1.2.2 Testprosedyre MAOD:

Utøveren gjennomførte MAOD-testen som siste test av fire tester. Dermed var utøveren ferdig oppvarmet til test, og det krevdes ingen ytterligere oppvarming. Hele testen gjennomføres med neseeklype og munnstykke, og det måles oksygenopptak hvert 30 sekund. Før testens start informeres utøveren om at tråkkfrekvensen optimalt skal ligge på gjennomsnittlig tråkkfrekvens fra tidligere gjennomførte submaksimale drag, og utøveren kan begynne å tråkke uten motstand på sykkelen. En forhåndsbestemt wattbelastning settes i starten av en 30 sekunders måleperiode. Testen foregår til utmattelse, som antas å være når tråkkfrekvensen er < 60 RPM. Ved utmattelse stoppes tiden, og utøveren kan ta av neseeklypen og munnstykket.

1.3 Resultat

1.3.1 Gjennomsnitt av deltakerne

Kjønn	Alder (år)	Vekt (kg)	Høyde (cm)	Deltakere
M	24 (2.00)	76 (4.90)	181 (6.09)	6

Verdier er oppgitt som gjennomsnitt \pm standardavvik

Tabell 1 viser utvalget av deltakerne, samt deres kjønn, alder, høyde og vekt.

1.3.2 Gjennomsnitt av oksygenopptak under MAOD-test

MAOD T1	MAOD T2	Differanse	Deltakere
85.86 (8.20)	90.92 (5.88)	5.06	6

Tallene i tabell 2 viser hvor stor prosentandel av oksygenopptaket som var dekket av anaerobe energiprosesser under MAOD-testen. Differansen viser forskjellen mellom testdag 1 og testdag 2.

1.3.3 MAOD for de uike deltakerne på T1 og T2.

Gjennomsnittelig anaerobt arbeid for deltakerne var 89%, med et standardavvik på 6,9. Dette resulterte i en variasjonskoeffesient (cv) på 7,75.

Figuren presenterer reliabiliteten mellom T1 og T2.

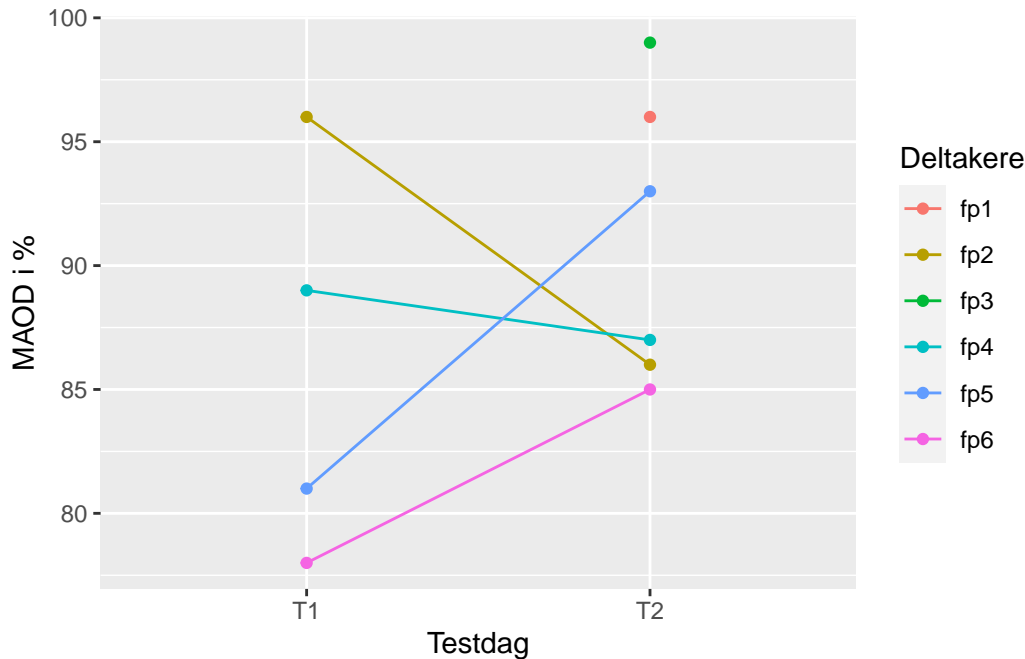


Figure 1.1: Viser endring i MAOD fra test 1 til test 2 for hver deltaker

1.4 Diskusjon og reliabilitet

1.4.1 Tre måter å måle reliabilitet

Med reliabilitet mener vi reproduserbarheten til en test, analyse eller annen måling i gjentatte forsøk på de samme individene (Hopkins 2000). Hopkins (2000) viser til tre måter å måle reliabilitet på «within-subject random variation», «systematic change in the mean» og «retest correlation».

Hopkins (2000) forklarer at «within-subject variation» er den viktigste reliabilitetsmålingen. «Within-subject variation» kan ses på som tilfeldig variasjon i målinger når et enkelt individ blir testet flere ganger (Hopkins 2000). Variasjonen i målingene hos det enkelte individet kan vises som standardavvik. Ved å dele standardavviket på kvadratroten av to finner man det Hopkins (2000) refererer til som «typical error». Det finnes flere kilder til «typical error» i en måling, som for eksempel endringer i fysisk eller mental tilstand mellom de to testene.

Endringer i gjennomsnittet kan være tilfeldige eller systematiske. «Systematic change in the mean» kan oppstå fordi testpersonene får bedre kjennskap til testen eller økt motivasjon. Systematiske endringer i gjennomsnittet kan påvirke enkelt individers resultater som igjen kan påvirke typical error (Hopkins 2000). Hopkins (2000) foreslår å gjennomføre testen mange nok ganger før intervensjonen slik at man minimerer denne læringseffekten.

Den siste målingen for reliabilitet Hopkins (2000) presenterer er «retest correlation». Her kontrollerer man forskjellen mellom de ulike testene hos hvert enkelt individ. Dersom hvert individ har identiske målinger på test og retest har korrelasjonskoeffisienten en verdi på 1, og hvis man lager en graf av de to forsøkene vil punktene danne en rett linje. Ved tilfeldig feil i målingen vil grafen vise en tilfeldig spredning av punkter og korrelasjonskoeffisienten nærmer seg 0 (Hopkins 2000).

I denne oppgaven har vi valgt å regne ut variasjonskoeffisienten for å måle reliabiliteten på testene våre. Variasjonskoeffisienten forteller oss hvor mye tallene i dataen prosentvis viker fra gjennomsnittet og er ofte et uttrykk for standardfeilen. Grunnen til at man bruker variasjonskoeffisienten er at sammenlikningen blir mere nøyaktig ettersom standardfeilen ofte øker når målingsverdiene blir større, mens prosentverdiene er ganske like (Hopkins 2000). Hopkins (2000) viser til et eksempel hvor test og retest av atleter på ergometersykel kan gi et gjennomsnitt og en standardfeil på $378.6 \pm 4.4\text{W}$, mens en sterkere utøver som utfører de samme prøvene kan produsere $453.1 \pm 6.1\text{W}$. Her er standardfeilen større hos utøveren som produserer mest watt, men oppgitt som prosent er resultatene hhv. 1.2 og 1.3%. En større variasjonskoeffisient betyr større spredning i dataen. Dersom variasjonskoeffisienten er lav, er reliabiliteten høy.

1.4.2 Diskusjon av våre resultater

Resultatene viser at det ikke er en stor reliabilitet i dataene som ble samlet inn. Dette grunnet en høy cv-verdi på 7,75. En god cv-verdi ville vært 1, og jo høyere denne er jo mindre reliable vil testresultatene være. Dette kan skyldes feilkilder underveis i testingen. En av feilkildene som kan ha påvirket var at vi ikke fikk samlet inn data på to av forsøkspersonene under testdag 1. Dette påvirket dataene våre slik at vi ikke kunne regne ut deres MAOD-verdi på testdag 1. En annen feilkilde er at slangen skled av munnstykket under den ene testen og førte til at vi mistet viktige tall på slutten av denne testen. Vi kan tenke oss at målingene som ble tatt før slangen skled av vil være lite reliable i og med at slangen sannsynligvis har hatt en lekkasje som følge av at den ikke satt godt nok på munnstykket. Det er også mulig at forsøkspersonene har hatt et læringsutbytte fra testdag 1 til testdag 2. Dette kan ses i tabell 2 hvor forsøkspersonene har en gjennomsnittlig forbedring på 5,06%. Denne feilkilden kunne potensielt ha vært redusert ved å gjøre forsøkspersonene bedre kjent med testen før den skulle gjennomføres. De kunne for eksempel ha observert andre forsøkspersoner utføre testen først eller ha gjennomført en generalprøve selv. Fem av seks forsøkspersoner er idrettsstudenter, og det er sannsynlig at flere av disse er kjent med testene som ble utført. Det er dermed ikke sikkert at observasjon eller generalprøve ville bidratt til å dempe et eventuelt læringsutbytte. En generalprøve kunne derimot bidratt til å redusere feilkilder utført av testlederne. For tre av fire testledere var dette første gangen de utførte slike tester, og det er dermed lett å gjøre feil som påvirker testresultatene.

For å konkludere viser testresultatene lite reliable svar. Det er flere feilkilder som etter all sannsynlighet har påvirket testene, og den høye cv-verdien viser dette.

2 Labrapport

2.1 Introduksjon

RNA, ribonucleic acid, finnes i alle celler og har viktige oppgaver når det kommer til både produksjon av proteiner og genregulering (Kukurba and Montgomery 2015). RNA skiller seg fra DNA på flere områder, men en karakteristisk forskjell er RNA-ets utseende og oppbygning. Der DNA består av to tråder i en dobbelheliks, er RNA en tråd med en annen oppbygning. RNA er bygget opp av nukleotider, som videre består av blant annet en nitrogenbase. Disse basene danner basepar AU og GC, og skiller seg fra DNA som danner AT og GC (Haugen 2023). Gjennom en prosess kalt transkripsjon skapes en RNA-sekvens som er en kopi av et bestemt gen i DNA-et. Denne RNA-sekvensen kalles mRNA, og inneholder oppskriften for å lage et bestemt protein (Kukurba and Montgomery 2015). Det er rekkefølgen på nitrogenbasene som avgjør proteinet og dets funksjon. Siden mRNA gir oss et genuttrykk, kan molekylet gi mye informasjon om proteiner og gener i kroppen vår. Det kan blant annet fortelle oss hvilke fibertyper vi finner i skjelettmuskulatur, basert på deres uttrykk for en av de tre MHC-isoformene. Gjennom ulike prosesser kan man kvantifisere mRNA ved bruk av DNA-baserte metoder, som f.eks qPCR og RNA sequencing.

2.2 Metode

2.2.1 qPCR

qPCR er en metode som brukes til å kvantitativt bestemme mengden av et gen i en prøve (Taylor et al. 2019). For å kunne gjennomføre metoden kreves cDNA (complementary DNA), noe vi kan omdanne RNA til gjennom reversert transkripsjon. Dermed blir cDNA en kopi av RNA-uttrykket, og man får muligheten til å kvantifisere mengden av et bestemt gen. I vårt forsøk var det uttrykket av myosin heavy chain I (MHC I), myosin heavy chain IIa (MHC IIa) og myosin heavy chain IIx (MHC IIx) før og etter en to ukers treningsperiode som var aktuell å se på. I qPCR reaksjonen lages det kopier av disse genuttrykkene, og det blir bruk en fluorescens for å finne ut hvor mange sykluser som trengs for å nå terskelen for en eksponentiell økning i fluorescensen. Ut ifra terskelen kan man derfor beregne konsentrasjonen av målgenet (Livak and Schmittgen 2001). Antall sykluser som er nødvendig kalles Ct-verdi. Lav Ct-verdi er videre et resultat av høy konsentrasjon av RNA i prøven, og vice versa. For å hente ut disse Ct-verdiene brukte vi Delta-Delta-Ct-metoden, og vi kan dermed analysere

endringen i MHC-uttrykket fra prøvene før og etter treningsperioden (Livak and Schmittgen 2001).

Det som trengs for denne protokollen er en real-time PCR-maskin, QuantStudio 5 og en qPCR reaksjonsplate. For å utføre eksperimentet trenger du også ultrarent vann, pipeteringsutstyr og SYBR-green Master mix. For å klargjøre til en qPCR-reaksjon måtte vi sette sammen master-mixen, som inneholder 5 μ l av Sybr-green 2X master-mix per reaksjon, 1 μ l av primermix for både Forward og Reverse (5 μ M hver), og 2 μ l H₂O. Denne master-mixen er viktig for å forberede reaksjonen. Deretter tilsatte vi 8 μ l av master-mixen vi lagde i 30 ulike brønner på qPCR-platen, før vi tilsatte 2 μ l av cDNA i hver av de samme brønnene. Det er viktig å merke seg at mengden her kan justeres etter behov, men at 10 μ l er et godt utgangspunkt. Det er også en fotnote som påpeker at konsentrasjonen av primere kan kreve ytterligere optimalisering. Dette er en viktig del av protokollen for å sikre nøyaktige og pålitelige resultater. Etter at brønnene er fylt settes platen inn i real-time qPCR maskinen, QuantStudio 5 (Applied Biosystems, i.d.). Her utsettes platen for en rekke temperatursykluser, og maskinen analyserer kontinuerlig data om fluorescensen.

Det første stedet i temperatursyklus er en økning på 1.99 grader/sek til temperaturen nådde 50 grader, der den holdt varmen konstant i 2 min. Etter de to minuttene økte temperaturen med 1.99 grader/sek til den nådde 95 grader som ble holdt i 2 min. Etter de to minuttene startet det en syklus som ble repetert 40 ganger. Syklusen består av et sekund på 95 grader, før den synger med 1.77 grader/sek til 60 grader. 60 grader ble holdt konstant i 30 sekunder før det ble tatt et bilde av brønnens fluorescens. Etter det økte temperaturen med 1.99 grader/sek til 95 grader, der den ble holdt konstant i 15 sekunder. Syklusen ble deretter repetert. Deretter sank temperaturen med 1.77 grader/sek til 60 grader og ble holdt i 1 minutt. Etter det økte temperaturen med 0.15 grader/sek opp til 95 grader, der den ble holdt konstant i 15 sekunder. Etter denne temperatursyklusen ble resultatene presentert som Ct-verdier, og vi kan lese og analysere konsentrasjonen av de ulike genuttrykkene fra brønnene.

2.2.2 RNA-ekstraksjon

RNA-ekstraksjon er en metode som brukes for å undersøke kvantiteten og sekvensene i RNA. Første steg i metoden er å senke RNA i TRIzol. Dette gjøres for å hemme RNA-spesifikke nedbrytende enzymer og forstyrrende cellulære komponenter. Deretter ble det lagt til kloroform. Blandingen ble deretter sentrifugert (kloroform og sentrifugering blir til løselig RNA). Etter sentrifugeringen ble den vandige fasen fjernet. Denne inneholder RNA. For å utfelle RNA fra løsningen la vi til isopropanol. Etter dette ble blandingen sentrifugert og vi fikk en pellet som inneholdt RNA. For å fjerne kjemikalier fra tidligere steg ble RNA-pelleten vasket med etanol. RNA-pelleten er ustabil og ble oppbevart i fryser for å opprettholde egenskapene dens. Til slutt kunne vi kvantifisere og sjekke kvaliteten på RNA.

2.2.3 Fortynningsrekke

Prøvene ble fortynnet sammen med ultrarent vann. Fortynningen ble doblet for hver gang. Det vil si at i “brønn” nummer en var det lik fordeling mellom ultrarent vann og prøve. I “brønn” nummer to var det halvparten så mye prøve som i “brønn” nummer 1. Dette fortsetter i seks rekker (1, 0,5, 0,25, 0,125, 0,0625 og 0,03125). Ut fra qPCR-fortynningsrekken vil vi kunne lese hvor valide resultatene er. Resultatene kan ses som en lineær modell i Figure 2.1.

2.3 Resultat

Resultat fra qPCR er vist i Table 2.1. Fortynningsrekke 1, 1/10 og 1/1000 hadde lite varians mellom Ct1, Ct2 og Ct3 med en variasjonskoeffisient (CV) på 1%. Fortynningsrekke 1/100 viste også lite variasjon mellom Ct1, Ct2 og Ct3 med CV på 2%. I fortynningsrekke 1/10000 ser vi derimot at Ct3 skilte seg betydelig fra Ct1 og Ct2 (34,927 vs 30,0 og 30,2). Dette resulterte i en relativt høy CV på 9%. Resultatene fra Table 2.1 ga en primereffektivitet på 86,54% og R2 på 0,91.

Table 2.1: Resultat fra qPCR

Fortynningsrekke	Ct1	Ct2	Ct3	Ct_gj_snitt	Sample_quant	Log_sample_quant	SD	CV_I
1	26.09	25.68	25.86	25.88	1.00	0.00	0.21	
1/10	27.16	27.76	27.27	27.40	0.50	-0.30	0.32	
1/100	28.42	28.95	27.64	28.34	0.25	-0.60	0.65	
1/1000	28.85	29.36	29.16	29.13	0.12	-0.90	0.25	
1/10000	30.00	30.22	34.92	31.71	0.06	-1.20	2.78	
1/100000	30.87	30.68	31.19	30.91	0.03	-1.50	0.25	

Prosentvis andel MHC I, -IIa og -IIx før og etter de fem treningsøktene er vist i Table 2.2. Genuttrykket for MHC I gikk opp fra 18,16% før treningsintervensjonen til 45,54% etter treningsintervensjonen, og fra 57,84% til 85,77% for MHC IIa. Genuttrykket for MHC IIx gikk derimot ned, fra 24,01% til 3,53%.

Table 2.2: Prosentvis andel genuttrykk for MHC I, IIa og IIx før og etter fem treningsøkter

Tidspunkt	Genuttrykk		
	MHC_I	MHC_IIa	MHC_IIx
W0	18.16	57.84	24.01
W2	45.54	85.77	3.53

Det ble regnet ut CV for triplikatene MHC I, IIa og IIx for W0 og W2. Table 2.3 viser lav varians i målingene, med unntak av MHC I for W2 som hadde en CV på 23,52.

Table 2.3: Gjennomsnittsverdier og CV for MHC I, IIa og IIx ved W0 og W2

Time	MHC_I_mean	MHC_IIa_mean	MHC_IIx_mean	MHC_I_cv	MHC_IIa_cv	MHC_IIx_cv
W0	18.25	16.58	17.85	5.80	11.77	2.51
W2	20.61	17.61	22.21	23.52	3.93	3.26

Mean = gjennomsnitt, CV = variasjonskoeffesient

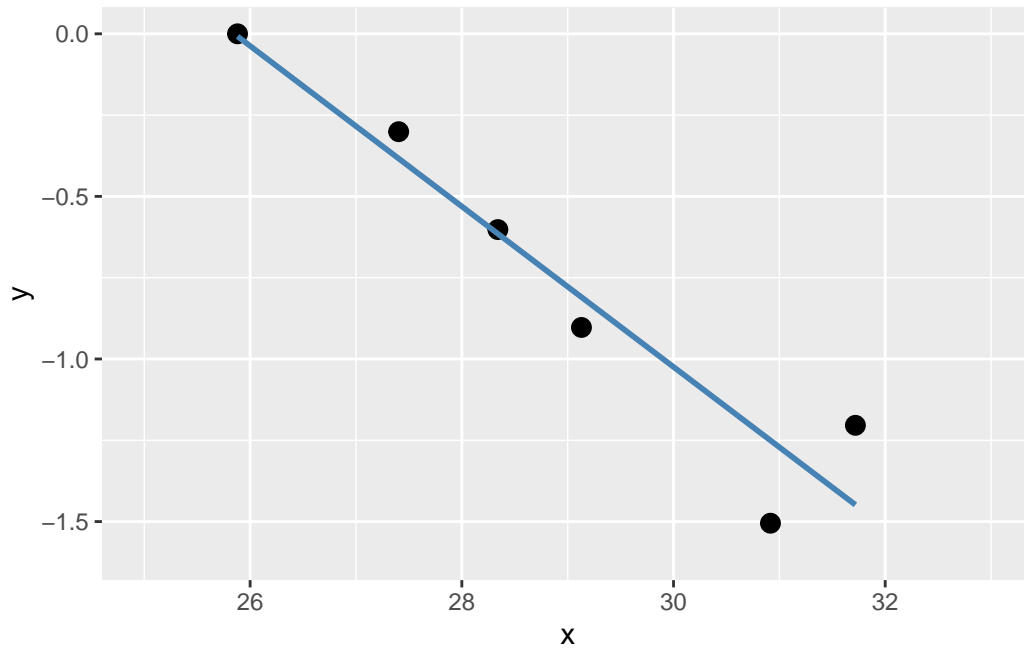


Figure 2.1: Lineær fremstilling av fortynningsrekken

2.4 Diskusjon

Resultatene fra qPCR'en viste relativt lav CV for de fleste fortynningrekker. Unntaket var fortynningsrekke 1/1000, med en CV på 9%. Dette skyldes at verdien ved Ct3 var betydelig høyere enn verdiene for Ct1 og Ct2. Denne utliggeren kan for eksempel skyldes feil eller unøyaktighet ved pippetring, eller kontaminering av prøven. Outlieren førte i sin tur til en noe lav R2 på 0,91, sammenlignet med gjeldende anbefalinger på $>0,98$ (Taylor et al. 2019). Utliggeren kan også ha påvirket primereffektiviteten vår på 86,54%, noe som også er lavere enn det aksepterte intervallet på 90-110% (Hays et al. 2022). Det kan tenkes at dersom denne utliggeren lå nærmere de to andre verdiene i fortynningrekken, ville primereffektiviteten og R2 havnet innenfor anbefalingene. Dersom vi fjerner denne utliggeren, får vi en mye lavere CV på

1%. Samtidig endres R² til 0,99 og primereffektivitet til 103,71, hvorav begge disse verdiene er innenfor deres respektive anbefalinger.

I tabell 2 kan vi se en økning i MHCIIA, hvor prosentandelen gikk fra 57,84% til 85,77%. Samtidig ser vi en reduksjon av MHCIIX, som gikk fra en prosentandel på 24,01% til 3,53%. Dette er i tråd med observasjonene til Andersen and Aagaard (2000), som undersøkte forandringer i muskelfibertype etter tre måneder med tung styrketrening. Vi kan også observere en stor økning i MHCI, som gikk fra en prosentandel på 18,16% til 45,54%. Widrick et al. (2002) fant hverken økning eller reduksjon av MHC I etter styrketrening i sin 12-ukers studie, så det er dermed usikkert hva grunnen til denne store økningen er. Grunnet disse store forskjellene i muskelfibersammensetning etter kun fem treningsøkter kan man anta at testpersonen er utrent, og at en trent person ville hatt betraktelig mindre endringer i sammensetning.

Den store økningen i MHC I uttrykk fra W0 til W2 kan også skyldes feil i pipettering. MHC I for W2 hadde en CV på 23,52 som viser til store variasjoner mellom de tre målingene. Det er ikke notert avvik knyttet til pipettering i rapporten, noe som gjør det vanskelig å forklare eksakt hva som er årsaken til variasjonen.

2.5 Konklusjon

Det ser ut som at en to ukers treningsperiode øker genuttrykket for MHC IIa og reduserer uttrykket for MHC IIx. Dette er i tråd med tidligere forskning (Andersen and Aagaard 2000). Det ser også ut som at uttrykket for MHC I øker etter en treningsperiode, men dette er noe usikkert ettersom denne økningen kan ha vært et resultat av målefeil. Det er også viktig å tolke resultatene med forsiktighet ettersom det kun er undersøkt en person.

3 Vitenskapsfilosofi

3.1 Oppgave 1

Et vitenskapelig argument er en strukturert og rasjonell presentasjon av informasjon og bevis som brukes i vitenskapelig forskning og diskusjon for å støtte eller avvise en påstand, hypotese eller teori. Vitenskapelige argumenter er grunnleggende for vitenskapelig metode og den kritiske vurderingen av vitenskapelige påstander. I denne oppgaven defineres et argument som premissene, altså de påstandene som antas å være sanne, for eksempel den empiriske dataen i et vitenskapelig argument, pluss konklusjonen, altså påstandene som er ment å bli støttet av premissene, for eksempel den vitenskapelige teorien som dataen er ment å bekrefte. Vi skiller mellom deduktive og induktive argumenter. I deduktive argumenter er konklusjonen uungåelig dersom premissene er sanne, og argumentet anses å være deduktivt gyldig dersom det oppfyller dette kravet. Et eksempel på et deduktivt argument kan være: Premiss 1: Alle mennesker er dødelige. Premiss 2: Sokrates er et menneske. Konklusjon: Derfor er sokrates dødelig.

Et induktivt argument er et argument der konklusjonen er sannsynlig dersom premissene er sanne, men konklusjonen er ikke garantert sann. Induktive argumenter involverer generelt en overgang fra spesifikke observasjoner til en generell konklusjon, og denne konklusjonen er vanligvis ikke garantert å være sann, men heller sannsynlig basert på bevisene. Et eksempel på et induktivt argument kan være: Premiss 1: De siste ti dagene jeg har stått opp om morgen, har solen også stått opp. Premiss 2: De siste ti dagene vennene mine har stått opp om morgen, har solen også stått opp. Premiss 3: De siste ti dagene jeg har pratet med folk fra et annet sted i verden, har de rapportert at solen har stått opp. Konklusjon: Solen vil stå opp i morgen.

På 1700-tallet presenterte David Hume det som gjerne kalles for induksjonsproblemet. Induksjonsproblemet er et sentralt spørsmål innen vitenskapsfilosofi, og refererer til problemet med å rettferdiggjøre troen på at fremtidige hendelser vil følge de samme mønstrene som tidligere observasjoner. Et eksempel på induksjonsproblemet er hvis vi observerer at solen alltid har steget opp i fortiden, og derfor induktivt konkluderer med at den vil fortsette å stå opp i fremtiden. Et slikt argument er hverken deduktivt gyldig eller induktivt sterkt. Hvis du legger til et skjult premiss – en antagelse om at fremtiden vil ligne på fortiden, så blir konklusjonen mere sannsynlig. Påstanden om at fremtiden vil ligne på fortiden kalles noen ganger for uniformitetsprinsippet.

Hume hevdet at det ikke er mulig å deduktivt begynne en induktiv konklusjon fordi alle induktive argumenter forutsetter uniformitetsprinsippet. Han hevdet at det ikke finnes noen logisk begrunnelse for å forvente at fremtidige hendelser ville følge de samme mønstrene som

tidligere hendelser. Hume argumenterte for at våre induktive slutninger er basert på vaner eller en psykologisk forventning, og ikke på en solid logisk begrunnelse. I følge Hume kan vi altså ikke være helt sikre på, eller utlede at solen kommer til å stå opp i morgen. Vi kan ikke utlede at solen kommer til å stå opp i morgen, men vi kan heller ikke utlede at solen ikke kommer til å stå opp i morgen. På en måte kan man argumentere for at uniformitetsprinsippet er «uskyldig til det motsatte er bevist».

Humes konklusjon om at det ikke finnes noe rasjonell begrunnelse for bruken av induksjon er vanskelig, kanskje til og med umulig å unngå. Hume hevdet at alle induktive argumenter forutsetter bruk av uniformitetsprinsippet. Dette er en utfordring fordi vi ikke kan bevise at uniformitetsprinsippet er sant ved bruk av logikk. Det er enkelt å forestille seg at fremtiden vil se forskjellig ut fra fortiden. En kan heller ikke empirisk sjekke om uniformitetsprinsippet er sant ved å se på verden akkurat nå. Uniformitetsprinsippet har altså ingen rasjonell begrunnelse og derfor har heller ikke induktive argumenter noen rasjonell begrunnelse.

Selv om vi ikke har noen rasjonell begrunnelse for uniformitetsprinsippet betyr ikke det at det er irrasjonelt å bruke induksjon. Noen induktive argumenter lar vi oss overbevise av i større grad en andre. Mange relevante og pålitelige bevis, kausalitet, sansynlighet, og manglende moteksempler er med på å påvirke hvor overbevist vi blir av et induktivt argument. Til eksempel lar vi oss kanskje overbevise av påstanden om at sola vil stå opp i morgen, fordi den har stått opp så mange ganger i fortiden, og fremtiden vil ligne på fortiden på tross av at det ikke har noen rasjonell begrunnelse. Det er dessuten veldig praktisk for oss å anta at fremtiden vil ligne på fortiden i en slik sammenheng. Det fjerner bekymringer knyttet til morgendagens eksistens og gjør det mulig å legge planer for fremtiden.

3.2 Oppgave 2

Popper mente at Humes induksjonsproblem ikke kunne løses, og at induktiv logikk er et mislykket prosjekt (Godfrey-Smith 2003). Det å lete etter bekreftelse på hypoteser er i følge Popper pseudovitenskap. Det er viktig å kunne skille mellom pseudovitenskap og ekte vitenskap. Dette kalles for avgrensningsproblemet. Poppers løsning på avgrensningsproblemet var falsifisering. Popper mente at påstand S er en vitenskapelig påstand hvis, og bare hvis S er falsifiserbar (K. Popper 2010). For at påstand S skal være falsifiserbar må man kunne utlede en prediksjon fra S som det er mulig å empirisk sjekke.

Popper var skeptisk til Marx' historieteori, Freud's psyko-analyse og Alfred Adler's såkalte «individuell psykologi» ettersom disse teoriene lot seg forklare av alle mulige observasjoner. Til eksempel ville en Marxist ikke kunne åpne avisa uten å finne bekreftene bevis for sin tolkning av historien på hver eneste side; ikke bare i nyhetene, men også i presentasjonen – som avslørte avisens klasseskjevhet – og selvsagt hva avisa ikke sa (K. R. Popper 1969). Popper var derimot stor tilhenger av Einsteins relativitetsteori. Einsteins generelle relativitetsteori var svært falsifiserbar. Einstein gjorde risikable, uventede og presise prediksjoner som viste seg

å være riktig. Selv om relativitetsteorien er testet empirisk og verifisert betyr ikke dette at teorien er bekreftet. I følge Popper er nemlig vitenskaplig bekreftelse av teorier umulig.

Popper foreslår en vitenskapelig syklus hvor man starter med en falsifiserbar hypotese, utleder presise prediksjoner som kan sjekkes empirisk, for så å falsifisere, lage ny hypotese, ny prediksjon, ny falsifisering osv.

Et eksempel på et vitenskapelig spørsmål kan for eksempel være: Påvirker inntak av energidrikke tannhelsen? Her kan man bruke falsifisering til å undersøke spørsmålet. Som forsker kan man formulere en hypotese som sier at «konsum av energidrikke påvirker tannhelsen negativt». Deretter gjennomfører man et eksperiment der det samles inn empirisk data fra en gruppe mennesker og observerer inntak av energidrikke og tannhelse. Hvis resultatene ikke viser en signifikant dårligere tannhelse hos personer som drikker mye energidrikke enn hos personer som ikke drikker energidrikke vil hypotesen bli falsifisert. I så tilfelle må forskerne lage ny hypotese, ny prediksjon og ny falsifisering. Hvis resultatene derimot viser at personer som drikker mye energidrikke får dårligere tannhelse har vi empirisk bevis for at hypotesen er sann.

En stor utfordring med falsifikasjon er at det kan føre til at en forkaster vitenskapelige teorier fordi teorien er for spesifikk og enkelt falsifiserbar. Et eksempel kan være «alle sauer er hvite». Denne påstanden kan bli falsifisert av én enkelt observasjon av for eksempel en svart sau. Selv om teorien er falsifisert er den ikke unyttig. Teorien kan være nyttig i enkelte sammenhenger, for eksempel i et bestemt fjellområde. På samme måte kan «energidrikke påvirker tannhelse negativt» bli falsifisert, men det behøver ikke å bety at teorien er unyttig.

4 Studiedesign

Hovedformålet med denne oppgaven er å undersøke hvilke studiedesign og statistiske analyser som brukes til å måle effekten olympisk vektløfting har på hurtighet i ulike studier. Oppgaven har også som mål å undersøke hvilken faktisk effekt olympisk vektløfting har på hurtighet sammenliknet med andre treningsintervensjoner. Avslutningsvis vil det bli gitt noen anbefalinger knyttet til valg av studiedesign og statistiske analyser, samt hvilken praktisk betydning funnene har og hvordan de kan anvendes.

De fem studiene som er inkludert i denne oppgaven så på effekten olympisk vektløfting har på idrettsprestasjon. Idrettsprestasjon er svært komplekst og det kreves gjerne en sammensetning av mange ferdigheter for å prestere i en idrett. Hvilke ferdigheter som er viktig er også forskjellig fra idrett til idrett. I studiene som er inkludert i denne oppgaven undersøkte de derfor ikke bare fremgang i korte sprinter, men også vertikale hopp, knebøy 1RM og løp med retningsforandring. Av de fem studiene som er med i oppgaven så sammenliknet tre av studiene effekten av olympisk vektløfting med plyometrisk trening (Chaouachi et al. 2014; Teo et al. 2016; Tricoli et al. 2005), mens de to andre sammenliknet olympisk vektløfting med tradisjonell styrkeløft inspirert trening (Helland et al. 2017; Hoffman et al. 2004).

Chaouachi et al. (2014) sin hypotese var at olympisk vektløfting skulle gi større økning i hurtig kraftutvikling mens tradisjonell styrke ville gi større økning i ren styrke. Teo et al. (2016) sin hypotese var at vektløfting ville gi størst fremgang i kraftutvikling sammenliknet med plyometrisk trening. Tricoli et al. (2005) hypotetiserte at olympisk vektløfting ville gi lik fremgang på hopp, hurtighets- og agility tester som plyometrisk trening. Hoffman et al. (2004) antok at trening med høy kraftutvikling og høy hastighet, slik som olympisk vektløfting, ville gi en større effekt på hurtighet enn trening med høy kraft og lav hastighet, slik som tradisjonell styrkeløft inspirert styrketrening.

Av de fem studiene som er inkludert i oppgaven antok tre av studiene at olympisk vektløfting skulle gi en større økning i hurtighet enn den alternative treningsintervensjonen, mens to av studiene så for seg en lik fremgang. Denne antagelsen kan skyldes flere faktorer. Mange av øvelsene i olympisk vektløfting har bevegelsesmønstre som er svært overførbare til en rekke idretter kanskje særlig på grunn av kravene som stilles til styrke, kraft og hurtighet. I olympisk vektløfting er alltid intensjonen å flytte stanga så hurtig som mulig, så farta er alltid maksimal og det stilles store krav til konsentrasjon. Derfor påvirker olympisk vektløfting nevro-muskulær koordinasjon og kontroll, hurtighet på kraftutvikling og evne til å takle tunge og hurtige ekstentriske belastninger (Garhammer and Gregor 1992; Hydock 2001). Dette er faktorer som er viktige blandt annet for hurtighet.

Designet som blir brukt i de fem studiene som er inkludert i denne oppgaven er randomisert blindet studie. Deltakerne ble tilfeldig tildelt enten vektløftingsgruppe eller en alternativ treningsintervensjon, for eksempel tradisjonell styrkeløft inspirert styrketrening. To av studiene inkluderte også en kontrollgruppe med deltakere som ikke fulgte noe spesifikt treningsprogram (Chaouachi et al. 2014; Tricoli et al. 2005). En fordel med en slik randomisering er at det reduserer risikoen for at systematiske skjevheter eller forstyrrende faktorer påvirker resultatene (Hulley et al. 2013a). Et eksempel på blinding kan være i studien til Teo et al. (2016) hvor deltakerenes unike ID ble sendt til en uavhengig forsker som tilfeldig tildelte deltakerne enten olympisk vektløfting gruppen eller plyometrisk trening (representert som 1 og 2). Ved å bruke randomisert blindet studie sikrer man sammenliknbarhet mellom intervensjonsgruppene (Hulley et al. 2013a). Det ble brukt pre og post test til å måle effekt og forskjeller mellom gruppene. Studiene hadde forskjellig varighet, hvor et av studiene hadde varighet på 6 uker (Teo et al. 2016), mens tre av studiene hadde varighet på 8 uker (Helland et al. 2017; Chaouachi et al. 2014; Tricoli et al. 2005), og et studie varte i 15 uker (Hoffman et al. 2004).

Det er noe variasjon i utvalget mellom de forskjellige studiene som kan gjøre det vanskelig å sammenlikne resultatene. Tre av studiene så på atleter tidlig i 20-årene (Helland et al. 2017; Hoffman et al. 2004; Tricoli et al. 2005), mens et av studiene så på gutter mellom ti og tolv år (Chaouachi et al. 2014) og et av studiene undersøkte middels trente menn i midten av 20-årene (Teo et al. 2016). Utvalget i studiene varierte i størrelse og de ulike studiene hadde hhv 39 (Helland et al. 2017), 63 (Chaouachi et al. 2014), 26 (Teo et al. 2016), 32 (Tricoli et al. 2005) og 20 (Hoffman et al. 2004) deltakere. (Hulley et al. 2013b) forklarer at det studier med for lite utvalg kan føre til at man går glipp av viktige effekter og føre til villedende konklusjoner. Et tilstrekkelig utvalg er viktig for å sikre statistisk styrke. En måte å regne ut den statistiske styrken på er ved å gjøre en power-test. En power-test viser oss hvor mange deltakere vi trenger for å være sikker på å oppdage en effekt hvis det faktisk er en effekt. Hoffman et al. (2004) forklarer i sin studie at «basert på tidligere studier som har undersøkt endringer i styrke utenfor sesong, vil en utvalgsstørrelse på 20 deltakere gi minst 80% statistisk styrke på signifikansnivå $p > 0.05$ ».

Alle studiene rapporterte resultatene som gjennomsnitt pluss minus standardavvik. Helland et al. (2017); Chaouachi et al. (2014); Teo et al. (2016) brukte Cohens effect size til å forklare effektstørrelser. Cohens d brukes til å beskrive forskjellen mellom gruppene. Den regnes ut ved å ta forskjellen mellom gjennomsnittet for gruppen (for eksempel eksperiment gruppen og kontrollgruppen) og dele det på standardavviket på hele datamengden. En høyere Cohens d viser til en større effekt. En vanlig inndeling er: ubetydelig effekt $<0,2$, liten effekt $0,2-0,6$, moderat effekt $0,6-1,2$, stor effekt $1,2-2$, og svært stor effekt $>2,0$. Cohens D gir en standardisert måling av effektstørrelsen noe som gjør det enklere å sammenlikne effektene på tvers av studier.

Gruppen som trente olympisk vektløfting hadde en forbedring på sprint-tester i alle studiene. Det var ingen forskjell i økning på sprint-tester mellom olympisk vektløfting og plyometrisk trening (Chaouachi et al. 2014; Teo et al. 2016; Tricoli et al. 2005). Det var heller ingen forskjell mellom olympisk vektløfting og tradisjonell styrkeløft inspirert styrketrening (Helland

et al. 2017; Hoffman et al. 2004). I studiet til Hoffman et al. (2004) gjennomførte deltakerne som hørte til tradisjonell styrkeløft inspirert styrketrening et sprint og agility program ved siden av styrketreningen. Det kan spekuleres i om dette påvirket resultatet i det studiet. Med bakgrunn i resultatene kan det se ut som at plyometrisk trening og olympisk vektløfting gir samme fremgang når det kommer til utvikling av hurtighet.

Fremtidig forskning på effekten av olympisk vektløfting på hurtighet bør gjøres som randomiserte forsøk. Ettersom flere av øvelsene i olympisk vektløfting er svært tekniske kan det være aktuelt med en tilæringsfase og en lengre intervensjonsperiode så man sikrer seg mot at resultatene ikke påvirkes av at dårlig teknikk og at man får de adaptasjonene en faktisk ønsker. Det kan også være lurt å ikke inkludere spesifikk sprint trening under intervensjonen. Dersom en skal sammenlikne olympisk vektløfting med for eksempel tradisjonell styrketrening er det svært viktig at en kontrollerer det totale treningsvolumet.

Dersom en kun er ute etter å forbedre hurtighet kan det se ut som at olympisk vektløfting, plyometrisk trening og tradisjonell styrketrening gir de samme resultatene og at du derfor kan velge den treningsformen som du trives best med. Det ser allikevel ut som at olympisk vektløfting har noen fordeler særlig når det kommer til hurtighet på kraftutvikling og løp med retningsforandringer som kan være til fordel i mange idretter.

5 Analyse av repeterte målinger

5.1 Introduksjon

Styrketrening påvirker kroppen og gir adaptasjoner som for eksempel økt muskelstyrke og økt muskelmasse som kan påvirke både prestasjon- og helseparametere. Det er vanlig å skille mellom morfologiske og nevrologiske adaptasjoner til styrketrening (Folland and Williams 2007). Økning i muskelens tverrsnittsareal er et eksempel på en morfologisk adaptasjon som er et resultat av at myofibrillene øker i størrelse og antall. Andre morfologiske adaptasjoner er endring i fibertypesammensetning og hyperplasi (Folland and Williams 2007; Raastad et al. 2010). Nevrologiske adaptasjoner innebærer blandt annet bedre rekruttering av muskulatur, bedre teknikk og koordinasjon (Folland and Williams 2007).

Det er flere faktorer som påvirker adaptasjoner til styrketrening. Hvor stor fremgang en kan forvente påvirkes blandt annet av treningserfaring. Personer med lav treningserfaring kan forvente en større prosentvis fremgang per økt i både styrke og muskelmasse enn godt trente individer (Hughes, Ellefsen, and Baar 2018). Et utrent individ kan oppleve en økning på mellom ukentlig økning i maksimal muskelstyrke på 1 % McDonagh and Davies (1984) og en økning på mellom 0,1 og 0,5% i muskelmasse per økt (Wernbom 2007). En annen faktor som påvirker adaptasjoner til trening er treningsvolum. Treningsvolumet er en indikator på hvor mye arbeid en gitt muskel utfører under en treningsøkt. Ofte regner man treningsvolumet som produktet av antall serier * antall repetisjoner * treningsmotstand (Raastad et al. 2010). Mye forskning tyder på at et høyere volum gir bedre adaptasjoner til styrketrening (Krieger 2009). Allikevel fant Cannon and Marino (2010) og Mitchell et al. (2012) ut at lavt treningsvolum ga samme adaptasjoner som moderat treningsvolum. Andre faktorer som påvirker styrketreningsadaptasjoner er søvn, kosthold, alder og kjønn (Hughes, Ellefsen, and Baar 2018).

Mangel på tid er ofte en faktor som hindrer folk i å trene (Choi et al. 2017). For mennesker med et høyt tempo i hverdagen kan det derfor være av interesse å vite hvor lite trening en kan gjøre og fortsatt få de positive effektene trening bringer. Denne oppgaven har til formål og undersøke hvordan lavt treningsvolum og moderat treningsvolum påvirker 1RM kneekstensjon og muskelmasse.

5.2 Metode

5.2.1 Deltakere

41 deltakere ble rekrutert til studien, kriteriet for inklusjon var både menn og kvinner mellom 18 og 40 år som ikke røyket. Individuer med intoleranse for lokalbedøvelse, treningshistorie med mere enn én ukentlig styrketreningsøkt de siste tolv måneder før intervensjon, nedsatt styrke på grunn av tidligere eller nåverende skade, inntak av medikamenter som kunne påvirke treningsadaptasjoner ble ekskludert fra studien. Av de 41 deltakerne som ble rekrutert til studien ble syv ekskludert fra dataanalysene fordi de ikke fullførte minst 85% av de planlagte treningsøktene av ulike grunner: ubehag eller smerter i underekstrimiteter under trening (n=5), skade som ikke var relatert til studien (n=1), ikke overholdt studieprotokoll (n=1). Alle inkluderte deltakere rapporterte tidligere erfaring med idrettsaktiviteter (for eksempel lagsport, langrenn eller gymnastikk). Tjue deltakere rapporterte at de drev med fysisk trening ved studiets oppstart, hvorav ti drev med sporadisk styrketrening, men ikke mere enn én økt i uken. Detaljert informasjon om deltakerne finnes i Table 5.1.

Table 5.1: Karakteristikk av deltakerene

Variable	N	Avg	SD
age	34	22.8	(3)
height	34	174.8	(10)
weight	34	69.7	(11.9)

Avg = Gjennomsnitt, SD = Standardavvik

5.2.2 Intervensjon

Intervensjonen gikk over tolv uker. Deltakerene gjennomførte et fullkropp-styrkeprogram med en frekvens på 2-3 økter i uken. Det ble gjennomført en standardisert oppvarmingsprotokoll før hver styrkeøkt bestående av fem minutter på ergometersykel (RPE 12-14), etterfulgt av ti repetisjoner av følgende kroppsvektøvelser: push-ups med individuelt justert vinkel, sit-ups, ryggeksensjon og knebøy. I tillegg ble det gjennomført ett sett med ti repetisjoner på 50% av 1RM for hver av øvelsene i styrketreningsprogrammet. I styrketreningsprogrammet ble øvelsene på underekstremitet gjennomført unilateralt slik at hver deltaker kunne ha lavt treningsvolum på ett bein og moderat på det andre beinet. Hvilket bein som ble tildelt lavt treningsvolum og hvilket som ble tildelt moderat hos hver deltaker var tilfeldig. Øvelsene i styrkeprogrammet ble gjennomført i følgende rekkefølge: unilateral benpress, lår curl og kneekstensjon. Det beinet som kun skulle ha ett sett ble trent mellom sett to og tre på beinet som gjennomførte tre sett. Etter beinøvelsene ble det gjennomført to sett bilateral benkpress, nedtrekk og enten skulderpress (en av øvelsene annenhver økt). Deltakerne hadde 90-180 sek

pause mellom hvert sett. Den relative motstanden økte underveis i intervensjonen, det ble brukt 10RM de første to ukene, etterfulgt av 8RM i tre uker før sju uker på 7RM. Av hensyn til deltakerenes hverdag ble noen av treningsøktene ble gjennomført uten tilsyn. I gjennomsnitt ble 91% av øktene gjennomført med tilsyn (SD=10, range: 67-100%). Deltakerene måtte føre detaljerte logger som jevnlig ble sjekket av forskningsgruppa for å forsikre progresjon og at protokollen ble fulgt. Etter den niende treningsøkten hadde hver uke med tre treningsøkter en økt med redusert motstand, tilsvarende 90% av forgje økt med samme antall repetisjoner. Økter med maksimal innsats var adskilt med 48 timer, mens økter med submaksimal innsats var adskilt fra andre økter med minst 24 timer. For å sikre god restitusjon fikk deltakerene en standardisert drikke som inneholdt 0.15 g protein, 1.2 g karbohydrat og 0.5 g fett per kilo kroppsvekt etter hver økt.

5.2.3 Muskelstyrke

I denne oppgaven blir en repetisjon maksimum (1RM) i beinpress brukt som mål på maksimal styrke. I forkant av 1RM testen ble det gjennomført en standardisert oppvarming bestående av 10, 6 og 3 repetisjoner på hhv 50, 75 og 85% av antatt 1RM. Deretter fikk deltakerene fire til seks forsøk på å gjennomføre én repetisjon med progressivt økende belastning til de ikke klarte å løfte vekten gjennom hele bevegelsesbanen. Den tyngste repetisjonen med fullt bevegelsesutslag ble definert som 1RM.

5.2.4 Muskelmasse

Andel fettfri masse ble målt før og etter intervensjonen ved bruk av dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) (Lunar Prodigy, GE Healthcare, Oslo, Norge), i henhold til standard protokoll. Deltakerene ble bedt om å faste to timer og holde seg unna anstrengende fysisk aktivitet i 48 timer i forkant av DXA. Det var to dagers opphold mellom siste styrketreningsøkt og DXA.

5.2.5 Statistisk analyse

Dataene ble behandlet i R-studio. Det ble benyttet paired sample t-test til å måle effekten lavt og moderat treningsvolum har på fettfri masse og 1RM benpress. Avhengig variabel i t-testen er differanse mellom gruppene. For fettfri masse er den oppgitt i gram, mens den er oppgitt som kilo for 1 RM benpress. Signifikansnivået ble satt til $p > 0.05$. Dataene i oppgaven er presentert som gjennomsnitt \pm standardavvik hvis ikke annet er oppgitt.

5.3 Resultat

Beinet som trente tre sett hadde en større økning i fettfri masse enn beinet som trente ett sett. Forskjellen mellom gruppene oppgitt i gram var 122.8, 95% CI: [8.6, 237], $p = 0.036$. Figure 5.1 viser hvor mange gram deltakerne økte i fettfri masse fra pre- til posttest. I 1RM benpress var det en gjennomsnittlig differanse oppgitt i kilo på 7.8, 95% CI: [1.1, 14.6], $p = 0.025$. Figure 5.2 viser hvor mange kilo deltakerne økte i 1RM benpress fra pre- til posttest.

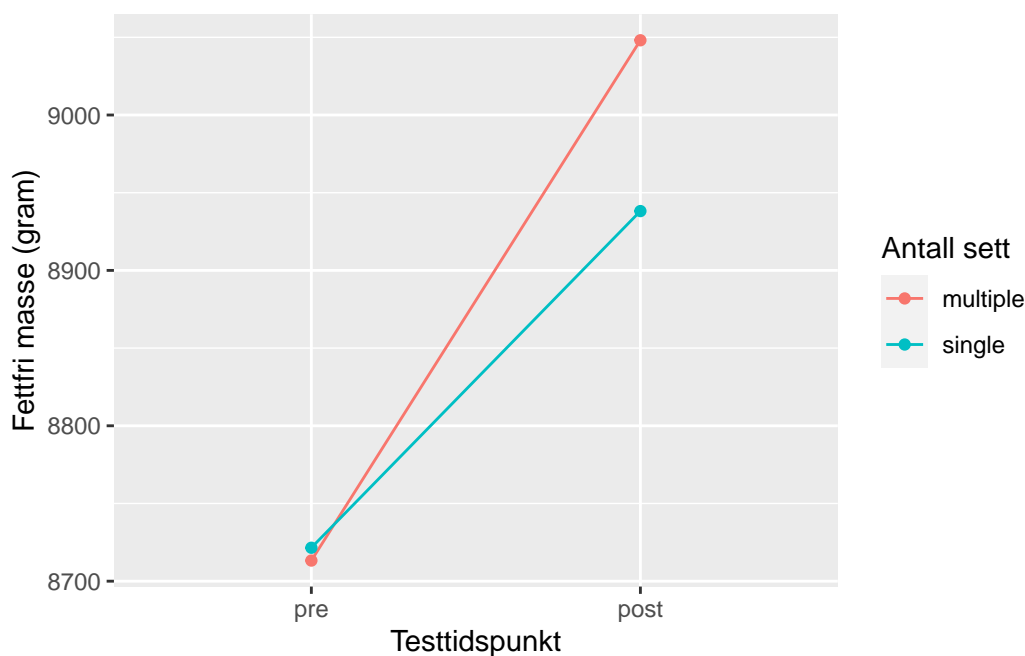


Figure 5.1: Gjennomsnittlig endring i fettfri masse mellom pre- og posttest

5.4 Diskusjon

Resultatene viser at det var en signifikant forskjell i økning i fettfri masse og 1 RM benpress mellom gruppen som gjennomførte tre sett og ett sett. At gruppen som trente tre sett hadde større fremgang enn gruppen som kun trente ett sett stemmer overens med antakelsen om at det er et dose-responsforhold mellom styrketreningsvolum og treningsadaptasjoner (Schoenfeld, Ogborn, and Krieger 2017).

Det er viktig å påpeke at selv om deltakerne hadde størst fremgang i det beinet som trente tre sett så hadde deltakerne stor fremgang i både styrke og fettfri masse i begge ben. Styrketreningsprotokollen hadde to øvelser som teller 100% volum på forside lår med en frekvens på 2-3 økter per uke. Det vil si at det ukentlige antall sett var på 4-6 sett for det beinet som

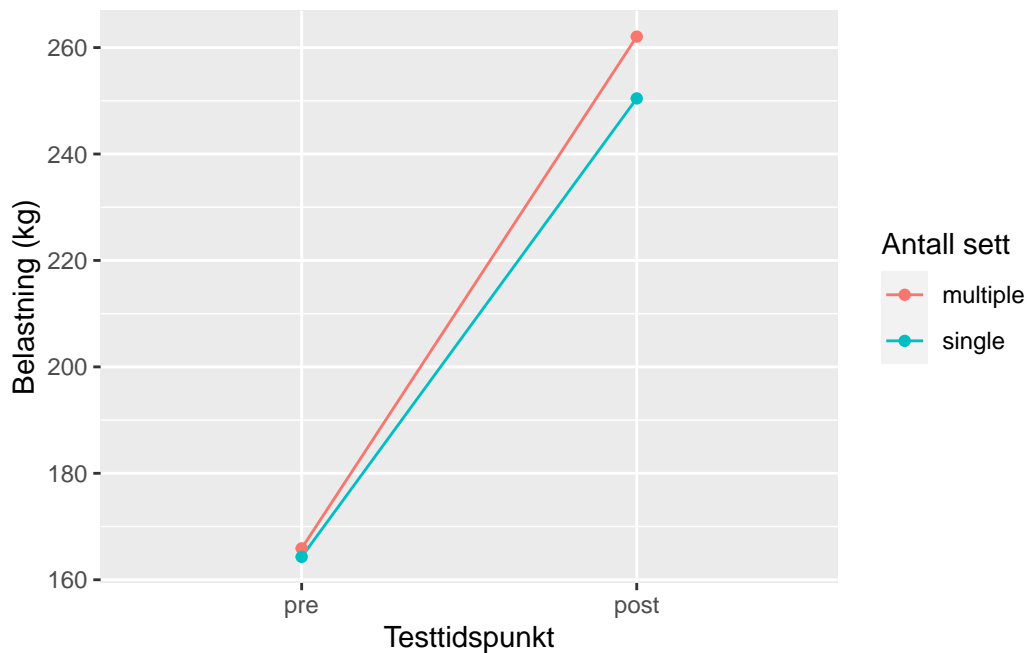


Figure 5.2: Gjennomsnittlig endring i benpress 1RM mellom pre- og posttest

kun trente ett sett per øvelse. Androulakis-Korakakis, Fisher, and Steele (2020) fant ut at kun ett enkelt sett med 6-12 repetisjoner med stor innsats 2-3 ganger i uken ga suboptimale, men signifikante økninger i 1RM hos godt styrketrente individer. Det kan altså tyde på at et lavt treningsvolum kan gi gode styrketreningsadaptasjoner, men at et moderat volum gir bedre adaptasjoner. Denne informasjonen kan være av nytte for personer som har lite tid til styrketrening i hverdagen, men allikevel ønsker fordelene en får av styrketrening.

Referanseliste

- Andersen, and Aagaard. 2000. "Myosin Heavy Chain IIX Overshoot in Human Skeletal Muscle - Andersen - 2000 - Muscle & Nerve - Wiley Online Library." [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1097-4598\(200007\)23:7%3C1095::AID-MUS13%3E3.0.CO;2-O](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1097-4598(200007)23:7%3C1095::AID-MUS13%3E3.0.CO;2-O).
- Androulakis-Korakakis, Patroklos, James P. Fisher, and James Steele. 2020. "The Minimum Effective Training Dose Required to Increase 1RM Strength in Resistance-Trained Men: A Systematic Review and Meta-Analysis." *Sports Medicine* 50 (4): 751–65. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01236-0>.
- Cannon, Jack, and Frank Marino. 2010. "Early-Phase Neuromuscular Adaptations to High- and Low-Volume Resistance Training in Untrained Young and Older Women - PubMed." <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21058165/>.
- Chaouachi, Anis, Raouf Hammami, Sofiene Kaabi, Karim Chamari, Eric J. Drinkwater, and David G. Behm. 2014. "Olympic Weightlifting and Plyometric Training With Children Provides Similar or Greater Performance Improvements Than Traditional Resistance Training." *Journal of Strength and Conditioning Research* 28 (6): 1483–96. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000305>.
- Choi, Jaesung, Miyoung Lee, Jong-koo Lee, Daehee Kang, and Ji-Yeob Choi. 2017. "Correlates Associated with Participation in Physical Activity Among Adults: A Systematic Review of Reviews and Update." *BMC Public Health* 17 (1): 356. <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4255-2>.
- Folland, Jonathan P, and Alun G Williams. 2007. "The Adaptations to Strength Training: Morphological and Neurological Contributions to Increased Strength." *Sports Medicine* 37 (2): 145–68. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737020-00004>.
- Garhammer, John, and Robert Gregor. 1992. "Propulsion Forces as a Function of Intensity for Weightlifting and Vertical Jumping." *Journal of Strength and Conditioning Research* 6 (3): 129–34. <https://doi.org/10.1519/00124278-199208000-00001>.
- Godfrey-Smith, Peter. 2003. *Theory and Reality: An Introduction to the Philosophy of Science*. Science and Its Conceptual Foundations. Chicago: University of Chicago Press.
- Gore, Christopher John, and Rebecca K. Tanner. 2013. *Physiological tests for elite athletes*. 2nd ed. Leeds: Human Kinetics.
- Haugen, Marianne Nilsen. 2023. "baseparing." <https://sml.snl.no/baseparing>.
- Hays, Amanda, Rafiq Islam, Katie Matys, and Dave Williams. 2022. "Best Practices in qPCR and dPCR Validation in Regulated Bioanalytical Laboratories." *The AAPS journal* 24 (2): 36. <https://doi.org/10.1208/s12248-022-00686-1>.
- Helland, Christian, Eirik Hole, Erik Iversen, Monica Charlotte Olsson, Olivier Seynnes, Paul Andre Solberg, and Gøran Paulsen. 2017. "Training Strategies to Improve Muscle Power:

- Is Olympic-Style Weightlifting Relevant?" *Medicine & Science in Sports & Exercise* 49 (4): 736. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001145>.
- Hoffman, Jay, Joshua Cooper, Michael Wendell, and Jie Kang. 2004. "Comparison of Olympic Vs. Traditional Power Lifting Training Programs in Football Players." *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association* 18 (February): 129–35. <https://doi.org/10.1519/00124278-200402000-00019>.
- 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>.
- Hughes, David, Stian Ellefsen, and Keith Baar. 2018. "Adaptations to Endurance and Strength Training - PubMed." <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28490537/>.
- Hulley, Stephen B., Steven R. Cummings, Warren S. Browner, Deborah G. Grady, and Thomas B. Newman. 2013a. *Designing Clinical Research*. 4th edition. Philadelphia Baltimore New York London Buenos Aires Hong Kong Sydney Tokyo: Wolters Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins.
- . 2013b. *Designing Clinical Research*. 4th edition. Philadelphia Baltimore New York London Buenos Aires Hong Kong Sydney Tokyo: Wolters Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins.
- Hydock, David. 2001. "The Weightlifting Pull in Power Development." *Strength and Conditioning Journal*.
- 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>.
- Kukurba, Kimberly R., and Stephen B. Montgomery. 2015. "RNA Sequencing and Analysis." *Cold Spring Harbor Protocols* 2015 (11): 951–69. <https://doi.org/10.1101/pdb.top084970>.
- Livak, Kenneth J., and Thomas D. Schmittgen. 2001. "Analysis of Relative Gene Expression Data Using Real-Time Quantitative PCR and the 2- $\Delta\Delta$ CT Method." *Methods* 25 (4): 402–8. <https://doi.org/10.1006/meth.2001.1262>.
- McDonagh, M. J., and C. T. Davies. 1984. "Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads." *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 52 (2): 139–55. <https://doi.org/10.1007/BF00433384>.
- Mitchell, Cameron J., Tyler A. Churchward-Venne, Daniel W. D. West, Nicholas A. Burd, Leigh Breen, Steven K. Baker, and Stuart M. Phillips. 2012. "Resistance Exercise Load Does Not Determine Training-Mediated Hypertrophic Gains in Young Men." *Journal of Applied Physiology* 113 (1): 71–77. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00307.2012>.
- Popper, Karl. 2010. *The logic of scientific discovery*. Special Indian Edition. London: Routledge.
- Popper, Karl R. 1969. *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*. 3rd ed. (revised). London: Routledge & K. Paul.
- Raastad, Truls, Alexander Wisnes, Per Egil Refsnes, and Gøran Paulsen. 2010. *Styrketrening - i Teori Og Praksis*. Gyldendal undervisning.
- Schoenfeld, Brad, Ogborn, and Krieger. 2017. "Dose-Response Relationship Between Weekly Resistance Training Volume and Increases in Muscle Mass: A Systematic Review and

- Meta-Analysis - PubMed.” <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27433992/>.
- Taylor, Sean C., Katia Nadeau, Meysam Abbasi, Claude Lachance, Marie Nguyen, and Joshua Fenrich. 2019. “The Ultimate qPCR Experiment: Producing Publication Quality, Reproducible Data the First Time.” *Trends in Biotechnology* 37 (7): 761–74. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2018.12.002>.
- Teo, Shaun Y. M., Michael J. Newton, Robert U. Newton, Alasdair R. Dempsey, and Timothy J. Fairchild. 2016. “Comparing the Effectiveness of a Short-Term Vertical Jump Vs. Weightlifting Program on Athletic Power Development.” *Journal of Strength and Conditioning Research* 30 (10): 2741–48. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001379>.
- Tricoli, Valmor, Leonardo Lamas, Roberto Carnevale, and Carlos Ugrinowitsch. 2005. “Short-Term Effects on Lower-Body Functional Power Development: Weightlifting Vs. Vertical Jump Training Programs.” *The Journal of Strength and Conditioning Research* 19 (2): 433. <https://doi.org/10.1519/R-14083.1>.
- Widrick, Jeffrey J., Julian E. Stelzer, Todd C. Shoepe, and Dena P. Garner. 2002. “Functional properties of human muscle fibers after short-term resistance exercise training.” *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 283 (2): R408–416. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00120.2002>.