

Emelie T. F. Nilsen

Effekt av seks dager faste på maksimal kraftutvikling i knestrekere, maksimal anaerob effekt og tap av muskelmasse

Masteroppgave i idrettsvitenskap
Seksjon for fysisk prestasjonsevne
Norges idrettshøgskole, 2019

Sammendrag

Innledning: Faste innebærer perioder uten noen form for energiinntak. Korte perioder uten mat er relevant i blant annet religiøs (ramadan) og militær sammenheng. Mange toppidrettsutøvere med muslimsk bakgrunn og militære soldater i felt må prestere på et høyt nivå samtidig som de går lengre perioder uten mat. Etter omtrent 24 timer faste er glykogenlageret i leveren brukt opp, og kroppen må bryte ned muskelproteiner for å dekke kroppens glukosekrav. Kroppen vil under vedvarende faste sette i gang proteinsparing, men likevel vil noe muskelmasse gå tapt. Det er imidlertid godt kjent at muskelmassen og muskeltverrsnittet er de viktigste bestemmende faktorene for muskelstyrke. Formålet med denne studien var derfor å undersøke effekten av seks dager faste på 1) tap av muskelmasse, 2) maksimal styrke i knestrekke og 3) maksimal anaerob effekt ved 10 sek Wingate-test.

Metode: Seks kvinner og syv menn gjennomførte syv dager sammenhengende faste. Det var kun tillatt å innta vann. Fysiske tester, måling av kroppssammensetning, hvilemetabolisme, oral glukosetoleransetest og biopsier ble gjort, før, under, og etter fasteperioden. De fysiske testene ble gjort ved dag seks av fasten. Blodprøver og urin ble samlet inn, og vekt ble målt hver morgen. Vevsglukose og aktivitet ble målt kontinuerlig.

Resultater: Etter syv dager faste tapte forsøkspersonene 310 ± 27 g kroppsprotein, tilsvarende 1550 ± 133 g tapt muskelmasse, forutsatt at all tapt protein stammer fra muskelvevet. Maksimalstyrken i knestrekke ved 60° isometrisk kontraksjon og ved $60^\circ/s$, $120^\circ/s$ og $180^\circ/s$ isokinetisk kontraksjon var uendret etter seks dager faste. I 10 sek Wingate-test var det en reduksjon i maksimal effekt (912 ± 81 W til 823 ± 94 W, $p < 0,05$) og reduksjon i gjennomsnittlig effekt (587 ± 52 W til 529 ± 53 W ($p < 0,001$)).

Konklusjon: Studien viste at det er en sammenheng mellom tap av vevsproteiner under faste og kroppsvekt før faste. Selv om man kan regne med at en del muskelmasse går tapt etter syv dager faste, påvirker ikke dette styrkeprestasjonen i knestrekke, eller evnen til å yte sekunder maksimalt arbeid av veldig kort varighet. Det kan derfor tenkes at muskelproteiner i større grad blir spart, eller resirkulert under faste.

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	4
Forord	6
1.0 Innledning	7
1.1 Problemstillinger	9
2.0 Teori	10
2.1 Energi i kroppen	10
2.2 Energiforbruk	11
2.3 Fastens faser og fysiologi	12
2.3.1 Absorptiv fase	12
2.3.2 Postabsorptiv fase	13
2.3.3 Glukoneogenetisk fase	14
2.3.4 Ketogen fase og proteinsparing	15
2.4 Overlevelse og fettvevets rolle	16
2.5 Styrkeprestasjon	18
2.5.1 Bestemmende faktorer for styrke og eksplosivitet	18
2.5.2 Testing av maksimal styrke	22
2.6 Anaerob kapasitet og anaerob effekt	22
2.6.1 Energisystemer	22
2.6.2 Anaerob kapasitet, anaerob effekt og muskelstyrke	24
2.7 Fysisk prestasjon og faste	26
2.7.1 Fysisk prestasjon og faste av kort varighet	26
2.7.2 Fysisk prestasjon og faste av lengre varighet	27
3.0 Metode	28
3.1 Intervensjon	28
3.2 Rekruttering og inklusjonskriterier	28
3.3 Utvalg	29
3.4 Studiedesign	30
3.5 Tester	34
3.5.1 Styrketesting i dynamometer (HUMAC)	34
3.5.2 10-sek Wingate-test	36
3.5.3 Hvilemetabolisme (RMR)	37
3.5.4 Kroppssammensetning (DEXA)	37
3.5.5 Glukosemåler (Dexcom 4G)	38
3.5.6 Aktivitetsmåler (Actiheart)	38
3.5.7 Spørreskjema – visuell analog skala (VAS)	38
3.5.8 Kognitiv funksjon (CANTAB)	39
3.5.9 Oral glukosetoleransetest (OGTT)	39
3.5.10 Nitrogeninnhold i urin	39

3.5.11	Blodprøver	40
3.5.12	Biopsi	41
3.6	Statistikk	41
4.0	Resultater	42
4.1	Vekttap	42
4.2	Nitrogen	44
4.3	Styrketester i dynamometer (HUMAC)	46
4.4	10-sek Wingate-test	48
4.5	Hvilemetabolisme og blodprøver	48
5.0	Diskusjon	50
5.1	Hovedfunn	50
5.2	Tap av kroppsmasse	51
5.2.1	Tap av total vekt og fettmasse	51
5.2.2	Nitrogenutskillelse, proteintap og muskeltap	52
5.3	Fysiske tester	56
5.3.1	Maksimale styrketester i dynamometer	56
5.3.2	Styrketest i dynamometer	58
5.4	Begrensninger med studien	61
5.5	Oppsummering og praktiske konsekvenser	62
Referanser		63
Tabelloversikt		71
Figuroversikt		72
Forkortelser		74
Vedlegg		76
1.	Vedlegg I: Rekrutteringsplakat	76
2.	Vedlegg II: Samtykkeskjema	77
3.	Vedlegg III: Helseskjema	84
4.	Vedlegg IV: Oversikt over blodprøver	85
5.	Vedlegg V: Spørreskjema – VAS	86

Forord

Jeg vil rette en stor takk til min veileder, professor Jørgen Jensen, som har vært svært hjelpsom og tålmodig gjennom hele prosessen. Din faglige kunnskap er beundringsverdig, og ditt sterke engasjement kan motivere enhver sliten masterstudent. Takk for at din dør alltid har vært åpen.

Takk til biveileder Egil Johansen for god hjelp under gjennomføringen av prosjektet. Ditt gode humør lettet alltid på stemningen da det sto på som verst.

Så må jeg takke bioingeniør Marte Valde for uvurderlig hjelp i laben. Uten din nøyaktighet og kunnskap hadde ikke dette vært gjennomførbart.

Også takk til Ditta Valsdottir, Anders Kolnes og Kristoffer Kolnes som har stilt opp tidlig om morgenen for å ta blodprøver og biopsier.

Videre må jeg takke medstudent Steffen Brufladt som har planlagt og gjennomført denne studien sammen med meg. Takk for både faglige diskusjoner og for gode samtaler om alt mellom himmel og jord. Ikke minst, takk for godt selskap!

Til slutt må jeg takke alle forsøkspersonene som stilte opp og gjennomførte en knallhard uke med tidlige morgener og tunge fysiske prøvelser. Jeg er ufattelig imponert over hvilken vilje og dedikasjon dere har vist!

Årene på NIH har vært uforglemmelige. Tusen takk!

Emelie T. F. Nilsen

Oslo, mai 2019.

1.0 Innledning

Faste innebærer perioder uten noen form for matinntak. Gjennom tidene har faste blitt brukt til flere ulike formål. Før insulin ble tatt i bruk i 1922, ble fasting blant annet benyttet som behandling for diabetes. Så tidlig som 1915 ble lengre tids faste også beskrevet som en mulig behandling for overvekt, og denne idéen fortsatte på siste halvdel 1900-tallet (Lignot & LeMaho, 2012). I 1966 ble det rapportert om personer som fastet opp mot 236 og 249 dager i behandlingsøyemed, uten negative følger (Thomson, Runcie & Miller, 1966). Den lengste registrerte fasten er 382 dager hos en ung, overvektig mann (Stewart & Fleming, 1973).

I moderne tid er det blitt populært med diett-regimer som inkluderer kortere perioder med faste der målet er å redusere det totale energiinntaket for å gå ned i vekt, eller på grunn av andre helsemessige årsaker. “Intermittent fasting” (periodevis faste) og 5:2-dietten er eksempler på dette. Disse fasteregimene innebærer at man gjennomfører gjentatte perioder uten matinntak, der varigheten går utover én natts faste (Rothschild, Hoddy, Jambazian & Varady, 2014).

Kortere perioder uten mat er også relevant i religiøs og militær sammenheng (Maughan, Fallah & Coyle, 2010; Consolazio, Matoush, Johnson, Nelson & Krzywicki, 1967a). Periodevis fasting praktiseres bredt innenfor religionen islam, der de i fastemånedens ramadan kun spiser innenfor et lite tidsrom i løpet av et døgn (etter solnedgang, og før daggry). Mange idrettsutøvere har muslimsk bakgrunn og må prestere på høyt nivå samtidig som de faster. Ved militære øvelser vil det også være situasjoner der soldatene er nødt til å gå lengre perioder uten tilførsel av mat, samtidig som de skal prestere og yte et stort fysisk arbeid. Å undersøke hvordan total faste vil påvirke den fysiske prestasjonsevnen vil derfor være til nytte for flere befolkningsgrupper.

Fettmassen varierer fra person til person, men man kan anta at et gjennomsnittsmenneske har omtrent 15000 gram triglyserider lagret i fettvev. Kroppens fettvev i seg selv inneholder dermed nok energi til å kunne leve uten mat i flere uker (Cahill & Owen, 1968). En av utfordringene ved lengre perioder uten inntak av næring er imidlertid at hjernens energikrav kan tilsvare opp mot 145 gram glukose per dag, og at kroppens lager av glykogen er begrenset (Owen, Morgan, Kemp, Sullivan, Herrera & Cahill, 1967). Omtrent 24 timer inn i fasten vil den den lagrede og raskt tilgjengelige glukosen i leveren være brukt opp, slik at kroppen er nødt til å bryte ned muskelproteiner for å kunne dekke kroppens glukosekrav. Etter et par dagers faste vil ca. 12 gram nitrogen bli skilt ut i urinen

daglig, noe som tilsvarer en nedbrytning på 75 gram proteiner per dag (Cahill, 1983; Owen et al, 1998). Heldigvis vil hjernen etter omtrent tre-fire dagers faste gå over til å benytte ketonlegemer som alternativt energisubstrat, og kroppen vil sette i gang proteinsparing for å hindre funksjonelt vev i å svinne hen (Cahill & Owen, 1968). Likevel vil det i løpet av kort tid være en viss andel muskelmasse som går tapt.

Fordi muskelmassen og muskeltverrsnittet er de viktigste bestemmende faktorene for muskelstyrke, kan man ikke la være å tenke at et tap i muskelmasse vil gå utover muskelfunksjonen og evnen til å yte kraft. Muskelmassen er i tillegg et metabolsk aktivt vev og den viktigste bestemmende faktoren for det basale energiforbruket. En reduksjon i dette vevet kan føre til nedregulering av metabolske prosesser som er viktige for bl.a. reguleringen av kroppsvekt og kroppskomposisjon (Carbone, McClung & Pasiakos, 2012).

Studier med faste av kort varighet, f.eks. periodisk faste under ramadan, har vist lite, eller ingen endringer i hverken muskelstyrke, eller sprintprestasjon etter en fasteperiode (Aziz, Chia, Wahid, Png, Wong & Teh, 2010; Karli, Guvenc, Aslan, Hazir & Acikada, 2007; Chtourou, Hammouda, Chaouachi, Chamari & Souissi, 2012). Fastestudier med varighet opp til 3,5 dager har imidlertid vist tendenser til reduksjon i muskelfunksjonen (Bosco, Greenleaf, Bernauer & Card, 1974; Knapik, Jones, Meredith & Evans, 1987). Videre ville det være interessant undersøke å hvordan den fysiske prestasjonen påvirkes av faste av lengre varighet enn sistnevnte studier.

Det overordnede formål med denne studien var derfor å se på effekten av seks dagers faste på tap av muskelstyrke og muskelmasse. Mer spesifikt; effekten av seks dager faste på maksimal kraftutvikling i knestrekere, maksimal anaerob effekt og nitrogenutskillelse i urin. Muskelstyrken undersøkes ved å måle maksimal kraftutvikling i dynamometer, den anaerobe effekten gjenspeiles i prestasjonen i 10 sek modifisert Wingate sykkeltest, og tap av muskelmasse kvantifiseres ved å måle mengden nitrogen som skilles ut i urinen under fasteperioden.

1.1 Problemstillinger

Problemstillingene var dermed som følger:

- 1) Undersøke effekten av seks dager faste tap av muskelmasse.
- 2) Undersøke effekten av seks dager faste på maksimal styrke i knestrekere.
- 3) Undersøke effekten av seks dager faste på maksimal anaerob effekt ved 10 sek modifisert Wingate-test.

2.0 Teori

2.1 Energi i kroppen

Overskudd av energi i kroppen blir lagret hovedsakelig som glykogen i muskler og lever, eller som triglyserider i fettvev. Proteiner kan i noen tilfeller stå for noe av energien man bruker til daglig, avhengig av energitilgjengelighet (Frayn, 2009). Det største energilageret i kroppen er imidlertid fettvevet. Et gram fett inneholder 9 kilokalorier (kcal). Et gjennomsnittsmenneske på 70 kg har omtrent 12-16 kg triglyserider i fettvev, noe som tilsvarer rundt 100 000-150 000 kcal. Muskler og lever har også et lokalt lager på rundt 50 g triglyserider hver, 50 g fett tilsvarer rundt 450 kcal (Cahill, 1976).

Karbohydrater lagres som glykogen i hovedsakelig muskler og lever, og for å benytte glykogenet som energi må det brytes ned til glukose. Ett gram glukose gir 4 kcal. Flere vev har et lite glykogenlager for lokalt bruk, men kun muskler og lever har glykogenlagre som spiller en rolle for kroppsvev som trenger tilførsel av glukose (Wasserman, 2009). Muskler inneholder typisk rundt 15 gram glykogen per kg muskel i våtvekt, og musklene tilsvarer ca. 30-40% av kroppsvekten, tilsvarende ca. 20-30 kg hos en gjennomsnittsperson på 70 kg (Frayn, 2009; Janssen, Heymsfield, Wang & Ross, 2000). Hos godt veldig styrketrente personer, kan musklene tilsvare nærmere 80 % av kroppsvekten (Katch, Katch, Moffatt & Gittleson, 1980). Avhengig av størrelsen på musklene, så kan et fullt glykogenlager inneholde rundt 300-450 gram glykogen, og leveren vil inneholde rundt 100 gram glykogen. Dette utgjør henholdsvis omtrent 1200-1800 kcal og 400 kcal. I tillegg sirkulerer omtrent 12-15 gram glukose rundt i blodet.

Glykogenlageret i musklene er i hovedsak til lokalt bruk fordi muskelcellene ikke har enzymet glukose-6-fosfatase. Dette gjør at glykogenet i musklene ikke kan omdannes til glukose og fraktes ut i blodet. Likevel kan musklene indirekte bidra gjennom glukoneogenesen (Cahill 1976; Wasserman, 2009). Ved glykolyse blir glukose omdannet til pyruvat, og deretter laktat (dersom oksygentilførselen ikke er tilstrekkelig). Laktat kan fraktes fra musklene til leveren, der laktatet gjøres om til glukose gjennom Cori-syklusen. Pyruvat kan også transamineres til alanin i musklene, og sendes videre til leveren der alanin gjøres om til glukose igjen (glukose-alanin-syklusen) (Perriello et al., 1995). Leveren spiller derfor størst rolle når det gjelder å dekke glukosekravene i forskjellige kroppsvev under faste (Frayn, 2009).

I tilfeller der energitilgjengeligheten er lav, eller når kroppen ikke har tilgang på glukose, kan kroppen gjøre proteiner om til energi. Denne prosessen er derimot svært energikrevende. Skjelettmusklene er det største proteinlageret vi har, og når det er nødvendig hentes proteinene hovedsakelig derfra. Proteinene blir spaltet til aminosyrer og transportert til leveren, og videre omgjort til glukose gjennom glukoneogenese. En gjennomsnittsperson har omtrent 6000 gram «mobiliserbart» protein i muskelvevet, og 100 gram i leveren, noe som til sammen tilsvarer 24400 kcal (Cahill, 1976). Tabell 2.1, hentet fra Cahill og Owen (1968), illustrerer hvordan den lagrede energien i kroppen hos en gjennomsnittsperson på 70 kg kan se ut.

Tabell 2.1: Oversikt over tilgjengelige energisubstrater i kroppen ved starten av en faste, fra Cahill & Owen, 1968.

	Glycogen or glucose		'Mobilisable' protein		Triglyceride	
	g	calories	g	calories	g	calories
Blood	15	60	0	0	5	45
Liver	100	400	100	400	50	450
Brain	2	8	0	0	0	0
Muscle	300	1200	6000	24 000	50	450
Adipose	20	80	10	40	15 000	135 000

2.2 Energiforbruk

Balansen mellom energiinntak og energiforbruk er bestemmende for hvor store energilagrene i kroppen er. Et gjennomsnittsmenneske har et minimum energikrav på omtrent 1500 – 1800 kcal per dag. Dette kalles hvilemetabolismen (RMR) og er den energien som trengs for å opprettholde basale energikrav i hvile. RMR står for omtrent 60-75% av daglig energiforbruk, og hos de fleste mennesker er mengden muskelmasse den viktigste bestemmende faktoren for energiforbruket i hvile. Utholdenhetsutøvere kan for øvrig ha en høyere RMR enn det muskelmassen tilsier (Sjödín, Forslund, Westerterp, Andersson, Forslung & Hambraeus, 1996b).

Ved normale tilstander vil den termiske effekten av mat (TEF) og energiforbruket under aktivitet (TEA) komme i tillegg til hvilemetabolismen. TEF står for omtrent 10-15% av daglig energiforbruk (Poehlman, 1989; Woo, Daniels-Kush & Horton, 1985). TEA er den mest variable komponenten, og innbefatter både termisk effekt av treningsrelatert aktivitet og termisk effekt av ikke-treningsrelatert

aktivitet (Levine, 2004). TEA avhenger imidlertid av fysisk aktivitetsnivå, og kan derfor variere fra under 100 kcal per dag hos en stillesittende person, til over 1000 kcal hos en person som driver med veldig anstrengende fysisk aktivitet (Poehlman & Horton, 1989). I følge Levine (2004) kan TEA variere mellom 15% - 50% av daglig forbruk. Hos et gjennomsnittsmenneske med et gjennomsnittlig forbruk på 2500 kcal, kan det daglige energiforbruket altså øke til opp mot totalt 5000 kcal per dag ved tung fysisk aktivitet. Til sammenligning finnes det data på at syklister i Tour de France i gjennomsnitt bruker over 6000 kcal per dag i det 22 dager lange sykkelløpet, og de kan bruke opp mot 8000 kcal på de tyngste rittdagene (Saris, van Erp-Baart, Brouns, Westerterp & Ten Hoor, 1989).

Selv med et energiforbruk på 5000 kcal per dag kan kroppens fettvev i seg selv forsyne kroppen med nok energi til å leve uten mat i flere uker. En av utfordringene ved lengre perioder uten inntak av næring er imidlertid at hjernens energikrav kan være opp mot 145 gram glukose per dag, og at kroppens lager av glukose er begrenset (Owen, Morgan, Kemp, Sullivan, Herrera & Cahill, 1967; Cahill, 1976). Hos et gjennomsnittsmenneske på 70 kg vil den frie glukosen i kroppen, teoretisk sett, tilsvare en overlevelse på kun 30 min. Glykogenlagrene vil tilsvare overlevelse på ytterligere 24 timer, og fettvevet inneholder nok triglyserider til en overlevelse på omtrent 55 dager. Ikke alle proteiner kan benyttes som energi, men teoretisk sett kunne proteinlagrene holdt til en overlevelse på 21 dager (Frayn, 2009).

2.3 Fastens faser og fysiologi

Faste innebærer perioder uten noen form for matinntak. En lengre periode med fravær av energitilførsel fører til en rekke fysiologiske responser som har til hensikt å utsette tiden mot død så lenge som mulig. Ulike fysiologiske adaptasjoner bli igangsatt avhengig av hvor lenge fasteperioden vedvarer. Fasten kan dermed deles inn i fem forskjellige faser (Frayn, 2009):

2.3.1 Absorptiv fase

Den absorptive fasen starter rett etter at et måltid er inntatt. I denne fasen stiger blodglukosekonsentrasjonen og insulin/glukagon-ratioen øker. Fasen kjennetegnes i korte trekk ved

at det oppstår et skifte fra nedbrytning til opptak og lagring. Økt insulinnivå fører til økt glukoseopptak og glykogensyntese i vev, bl.a. i lever og muskler. Samtidig vil også noe glukose bli brutt ned til pyruvat og laktat. Disse endeproduktene vil igjen bli gjenbrukt i nydannelsen av glukose. (Cahill, 1976; Frayn, 2009). Insulin stimulerer til økt opptak av aminosyrer i kroppsvev og økt proteinsyntese i cellene. Fettsyrer fra blodet blir inkorporert i triglyserider og lagret i fettvev.

2.3.2 Postabsorptiv fase

Den postabsorptive fasen starter når maten som er inntatt er absorbert i tynntarmen. Dette kan ta mellom tre og åtte timer, avhengig av størrelsen og fettinnholdet i maten. Insulinnivåene reduseres, og glukagon øker. Dette fører til økt nedbrytning av glykogen og fettvev for å forsyne kroppens energikrav (Frayn, 2009).

Blodglukosekonsentrasjonen opprettholdes på ca. 5 mmol/l som følge av at leveren kontinuerlig bryter ned lagret glykogen og frigir glukose til blodbanen. Leverens glykogenlager varer imidlertid i omtrent 24 timer før det er tomt. Etterhvert som leverglykogenet blir mindre og mindre, vil musklene og leveren starte å samarbeide om å danne glukose gjennom glukoneogenesen for å oppfylle glukosebehovet. Glukoneogenesen bidrar også til hjernen, røde blodceller, og andre vev som har glukose som foretrukket energisubstrat fortsetter å få jevn tilførsel av dette (Wasserman, 2009).

Glukoneogenese er nydannelse av glukose fra stoffer som ikke er karbohydrater (Kierulf & Kristensen, 2017). Ved glykolyse omdannes glukose til pyruvat og laktat. Pyruvat kan transamineres til alanin i musklene og videresendes til leveren der alanin omdannes til glukose via glukose-alanin-syklusen. Laktat kan fraktes fra musklene til leveren, der laktat gjøres om til glukose igjen via Cori-syklusen. (Perriello et al., 1995). Glyserol fra triglyserider er også et viktig energisubstrat for glukoneogenese.

2.3.3 Glukoneogenetisk fase

Etter ca. 30 timer uten inntak mat, vil glukoneogenesen være kroppens viktigste og eneste kilde til dannelse av glukose (Frayn, 2009). Insulinkonsentrasjonen i blodet vil på dette punktet være noe redusert. Dette stimulerer blant annet til nedbryting av triglyserider i fettvev (lipolyse) og protein i muskelvevet (proteolyse). Lipolysen frigjør frie fettsyrer og glyserol til blodbanen. De frie fettsyrene blir oksidert i fett- og muskelcellene, mens glyserolmolekylene blir fraktet videre til leveren som substrat i nydanningen av glukose. Økt proteolyse gir også flere tilgjengelige aminosyrer til bruk i glukoneogenesen. Oksidasjon av fettsyrer vil på dette tidspunktet oppfylle mesteparten av kroppens energibehov, mens glukoneogenesen dekker energibehovet til hjernen og andre glykolytiske vev (Saudek & Felig, 1976). Glukoneogenesen har nådd sin topp etter omtrent to-tre dager faste (Cahill, 1976).

Hjernens energikrav kan være opp mot 145 g per døgn (Owen et al., 1967). Ikke alle aminosyrer kan gjøres om til glukose, og for å danne ett gram glukose kreves det derfor rundt 1,75 gram protein. Glutamin og alanin er de viktigste aminosyrene i prosessen for nydanning av glukose (Owen, Smalley, D'Alessio, Mozzoli & Dawson, 1998; Darmaun, Matthews & Bier, 1986). Dersom aminosyrer fra musklene skulle stått for all tilførsel av glukose til blodet under faste, ville det krevd en nedbryting av minst 150 gram proteiner per dag, tilsvarende utskillelse av rundt 20 gram nitrogen i urin per dag (Frayn, 2009). Proteintapet ville med andre ord gått svært raskt, og denne proteolysehastigheten kan derfor ikke opprettholdes for lenge uten at det går utover vitale funksjoner. For å overleve krever det at hjernen søker mot andre energisubstrater for å spare det begrensede proteinlageret (Cahill & Owen, 1968).

Ved å måle nitrogenutskillelsen i urin kan man kvantifisere proteintapet under faste. Man regner typisk at ett gram nitrogen tilsvarer 6,25 gram protein (Owen et al, 1998). Etter omtrent tre dager inn i fasten vil nitrogenutskillelsen være på 12 gram per døgn (75 g protein), og etter to til fire uker vil dette endres til et konstant tap på 3-4 gram nitrogen per døgn (18-25 g protein) (Cahill, 1983; Owen et al, 1998). Nedgangen i nitrogenutskillelse tyder på at det skjer endringer i metabolismen som reduserer proteinnedbrytningen. Én av grunnene er at hjernen begynner å benytte ketoner som energisubstrat fremfor glukose (Saudek & Felig, 1976).

2.3.4 Ketogen fase og proteinsparing

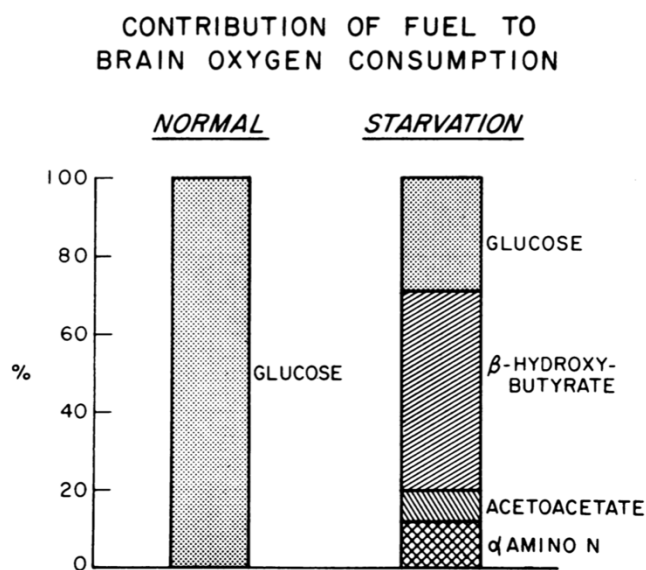
Endringer i hormonmiljøet i den ketogene fasen inkluderer blant annet økt glukagon/insulin-ratio og økt sekresjon av katekolaminer, veksthormon, kortisol og tyroideastimulerende hormon (Hilsted, Holst, Christensen, Henriksson, Galbo & Richter, 1977; Maughan et al, 2010). Etterhvert som fasten vedvarer vil lavere blodglukosekonsentrasjon, reduserte insulinnivåer og økt tilførsel av frie fettsyrer stimulere til produksjon av ketonlegemene β -hydroxybuturat og acetoacetat. Ketonlegemene dannes under nedbrytning av fettsyrer i leveren (Grey, Karl & Kipnis, 1975; Saudek & Felig, 1976).

Etter tre uker med faste kan oksidasjon av ketonlegemer utgjøre omtrent to tredjedeler av oksygenforbruket i

hjernen. Etter fem uker med faste blir glukose fra leveren redusert til 40 - 50 g per dag, sammenlignet med 150 - 250 g per dag i starten av fasten (Saudek & Felig, 1976). Figur 2.1, fra Cahill (1968), illustrerer bidraget av energisubstrater til hjernen under normale forhold og under fastende forhold.

Fordi hjernens endring av energisubstrat reduserer kroppens forbruk av glukose, vil en større andel muskelproteiner bli spart fordi færre aminosyrer kreves for å danne den nødvendige glukosen (Cahill, 1968). Det er også observert at en økning i ketonlegemer kan bremse proteinnedbrytningen ved å inhibere oksidasjonen av essensielle aminosyrer i musklene (Saudek & Felig, 1976).

I tillegg til den proteinsparende effekten til ketonlegemene, er flere av de overnevnte hormonelle endringene også med på å bremse nedbrytningen av energilagrene. Faste fører blant annet til reduksjon i tyroideahormonet T_3 i blodet. Owen og medarbeidere (1998) observerte at T_3 -konsentrasjonen brått ble redusert med 30% fra dag 0 til dag 4 av fasten. En nedgang i T_3 resulterer i at hastigheten på metabolismen blir skrudd ned, noe som også fører til at hastigheten på proteolyse i musklene blir redusert.



Figur 1.1: Fra Cahill, 1968. Hjernens bruk av energisubstrat under normale forhold og under faste. Under normale forhold benytter hjernen kun glukose, mens under faste vil ketonlegemer dekke mesteparten av hjernens energikrav.

Veksthormon er kjent for å ha anabole egenskaper. Det ser imidlertid ut til at økt sekresjon av veksthormon under faste spiller en rolle i proteinsparingen ved at det først og fremst stimulerer til økt lipolyse og frigjøring av frie fettsyrer og glyserol, som dermed bidrar til ytterligere dannelse av ketonlegemer og økt fettoksidasjon (Ho, Veldhuis, Johnson, Furlanetto, Evans, Albert & Thorner, 1988). I tillegg kan økte veksthormonnivåer indusere insulinresistens i lever og skjelettmuskulatur, noe som resulterer i redusert glukoseopptak i skjelettmuskulatur. Igjen fører dette til redusert oksidasjon av glukose og sparing av protein- og glykogenlagre (Møller & Jørgensen, 2009).

For å oppsummere, vil blant annet muskelvev, fettvev og lever jobbe sammen for å forsyne, omgjøre og bevare kroppens energisubstrater. I starten av fasten spiller glykogenolyse i leveren den viktigste rollen i å forsyne hjernen og blodet med tilstrekkelig glukose. Etterhvert vil økt proteolyse i muskelen gi aminosyrer for å danne glukose gjennom glukoneogenese. Etter noen dagers faste vil en proteinsparing starte, og hjernen og kroppen går over til å benytte ketonlegemer og fettsyrer for å tilfredsstille energikravene og spare på de begrensede substratlagrene.

2.4 Overlevelse og fettvevets rolle

Hvor lenge man overlever faste avhenger av størrelsen på energilagrene, men det er foreslått at man ikke kan overleve et tap på over 50% av kroppsvekten (Henry, 2001). Hos overvektige er det imidlertid observert en vekt nedgang på 65-80% ved langvarig faste (Elia, 2000). Andre foreslår at døden kun inntreffer når rundt 50% av proteinene i kroppen er gått tapt (Saudek & Felig 1976; LeMaho et al, 1988).

Den lengste fasten som er registrert varte i 382 dager, og ble gjort av en svært overvektig mann som veide 207 kg ved starten av fasten og 82 kg da han avsluttet fasten (Stewart & Fleming, 1973). I kontrast er den lengste registrerte fasten hos et normalvektig menneske (BMI på 22,5) kun 43 dager (Henry, 2001). Dette sammenfatter med at overvektige har større fettmasse enn normalvektige. Fordi overvektige har en større andel fettsyrer tilgjengelig for bruk, ser det ut til at de i større grad vil benytte fett som energisubstrat (Elia, Stubbs & Henry, 1999). Samtidig er det foreslått at et større fettvev har en proteinbesparende effekt fordi det blant annet forlenger den adapterte og ketogene

fasen under faste, noe som resulterer i forlenget overlevelse (Cherel, Robin, Heitz, Calgari & LeMaho, 1992).

Selv om det er foreslått at døden kan inntreffe ved 50% av tapt kroppsvekt hos normalvektige menn, ser det ikke ut til at dette forslaget gjelder i like stor grad for normalvektige kvinner. Tidligere studier rapporterer om kvinner i anoreksibehandling som fortsatt var i live etter å ha mistet opp til 58% av kroppsvekten (Berkman, Weir & Kepler, 1947). Det er i tillegg vist at kvinner bryter ned mindre proteiner og fettfritt vev enn menn under faste (Widdowson, 1976). Forklaringen ligger i de biologiske forskjellene, hovedsakelig i fettvev. Kvinner har typisk omtrent 10% høyere fettmasse enn menn (Karastergiou, Smith, Greenberg & Fried, 2012). Kvinner vil troligvis være i bedre stand til å spare på vevsproteinene under faste fordi de har større fettmasse. I tillegg viser det seg at kvinnekroppen også er flinkere til å mobilisere og benytte seg av de tilgjengelige fettsyrene enn menn (Henry, 2001).

Forbes & Drenick (1979) foreslår at proteinsparingen blir mer effektiv jo større fettmasse man har, men at denne effekten vil avta i det man passerer 50 kg fett. Videre viser de til at forholdet mellom nitrogentap og vekttap under lengre tids faste er inverst relatert til fettmasse. Normalvektige taper omtrent 20 nitrogen per kg fett, mens veldig overvektige taper 10 g nitrogen per kg fett (Forbes & Drenick, 1979). Lagring av mer enn 50 kg fett har ingen ytterligere positiv effekt, fordi det ser ut til at det er en grense for hvor lav nitrogenutskillelsen hos fastende mennesker kan bli (Cherel et al, 1992; Forbes & Drenick, 1979).

Studier på overvektige dyr og mennesker viser at proteinforbruket ikke blir mindre enn 3-7% av totalt energiforbruk per dag ved langvarig faste (Robin, Frain, Sardet, Groscolas & LeMaho, 1988; Göschke, Stahl & Thölen, 1975). Dersom vi grovt sett regner med at ett gram protein gir fire kalorier, og at mennesket har et energibehov på 1500 kcal, kan det overnevnte forbruket sammenlignes med normalvektige menneskers proteinforbruk, som vil stabilisere seg på 18-25 gram protein (3-4 nitrogen per døgn), tilsvarende omtrent 3,2% av daglig energiforbruk (Cahill, 1983; Owen et al, 1998). Andre studier viser at normalvektige mennesker kan ha et proteinforbruk på opp til 15% ved langvarig faste (Göschke et al., 1975).

Man kan konkludere med at overvektige vil leve lengre en normalvektige under langvarig faste fordi de har en større mengde fett tilgjengelig for bruk. Data på overvektige mennesker og dyr som fortsatt

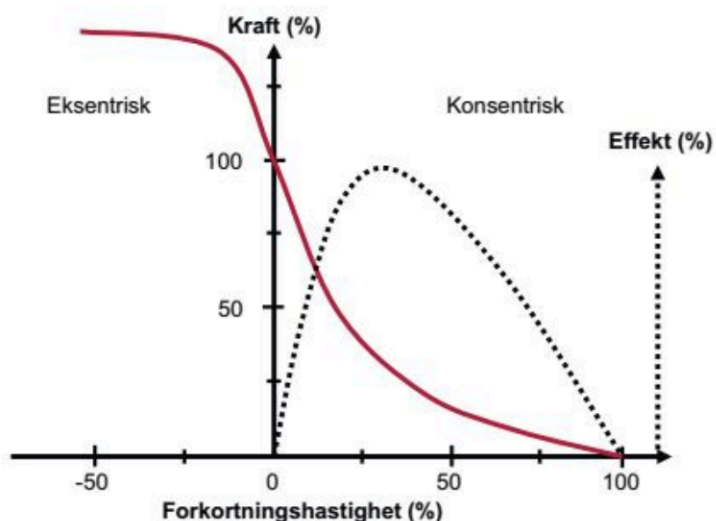
hadde 40% kroppsfett selv etter at halvparten av kroppsproteinet var borte, indikerer at det mest sannsynlig er tapet av kroppsprotein, og ikke tapet av fett, som er grunnen til død under langvarig faste hos overvektige (LeMaho et al, 1988; Cherel et al, 1992). Normalvektige drar ikke fordel av den proteinsparende effekten til stor fettmasse, og vil derfor gå døden i møte tidligere enn en overvektig. Det som bestemmer varigheten på overlevelse hos en normalvektig vil derfor ikke bare være tap av kroppsvekt, men også den individuelle tilgangen på fettsyrer (Cherel et al., 1992).

2.5 Styrkeprestasjon

Styrke kan beskrives som «den maksimale kraften, eller det dreiemomentet en muskel, eller en muskelgruppe kan skape ved en spesifikk, eller forutbestemt hastighet» (Knuttggen & Kraemer, 1987; Raastad, Paulsen, Refsnes, Rønnestad, & Wisnes, 2010). Maksimal styrke er den største kraften man klarer å utvikle ved en isometrisk muskelaksjon (statisk), eller ved en langsom forkortnings- (konsentrisk) og forlengingsbevegelse (eksentrisk) i muskelen. Eksplosiv styrke er evnen til å utvikle kraft hurtig og generere stor kraft ved høye vinkelhastigheter (Raastad et al., 2010).

2.5.1 Bestemmende faktorer for styrke og eksplosivitet

Kraftpotensialet i muskelen blir bestemt av flere faktorer, avhengig av forkortningshastighet. Forholdet mellom kraft og forkortningshastighet i et isolert muskelapparat kan illustreres ved Hills kurve (Hill, 1938) (figur 2.2). Hills kurve viser at maksimale konsentriske kontraksjoner alltid har lavere kraftproduksjon enn maksimal isometrisk og eksentrisk kontraksjon. Jo høyere forkortningshastighet, jo mindre kraft kan muskelen utvikle. Eksentriske kontraksjoner vil ofte resultere i høyere kraftutvikling enn isometrisk kontraksjon på grunn av at muskelen må «bremse» en bevegelse (Knuttggen & Kraemer, 1987).



Figur 2.2: Illustrerer sammenhengen mellom kraft, effekt og forkortningshastighet i muskel (Raastad et al., 2010).

Den viktigste faktoren for maksimal kraftutvikling er det *største* tverrsnittsarealet i en muskel. Det er antallet sarkomerer i parallell som bestemmer for hvor mye kraft muskelen kan yte.

Kontraksjonskraften i sarkomerene har en direkte sammenheng med mengden kontraktile proteiner (aktin og myosin), og hvor mange kryssbroer som blir dannet mellom disse (Dahl, 2008). For å kunne relatere tverrsnittsarealet til maksimal kraft må man også se på muskelarkitekturen i den valgte muskelen.

Vi skiller ofte mellom anatomisk og fysiologisk muskeltverrsnitt, der anatomisk tverrsnitt måles vinkelrett på muskelens lengdeakse, mens fysiologisk tverrsnitt måles vinkelrett på muskelfibrenes lengderetning. Fjærformede muskler har korte og skråstilte muskelfibre. Denne skråstillingen gjør også at det er plass til flere fibre i samme muskelvolum, og flere sarkomerer i parallell, noe som gir et stort fysiologisk tverrsnittsareal. Disse musklene vil dermed være gode til å skape stort dreiemoment over et ledd ved lave forkortningshastigheter. Spoleformede muskler har lange muskelfibre i lengderetningen til muskelen. Fordi disse musklene har mange sarkomerer i serie, vil de være svært godt egnet til å skape høye vinkelhastigheter rundt et ledd (McArdle, Katch & Katch, 2010; Raastad et al., 2010). Ved samme anatomiske muskeltverrsnitt kan muskelen altså inneha forskjellige egenskaper ettersom hvordan arkitekturen i muskelen er. Muskeltverrsnittet vil være den viktigste faktoren for maksimal styrke, mens lengde på muskelen og fibertypesammensetning være viktigere for den eksplosive styrken.

Man utvikler større kraft ved langsomme forkortningshastigheter fordi det hovedsakelig muliggjør et høyere antall kryssbrobindinger mellom de kontraktile proteinene (aktin og myosin) i muskelen per tid (Knuttggen & Kraemer, 1987). I en isometrisk muskelaksjon kan man typisk si at en muskel kan skape kraft tilsvarende 20-30 newton per cm^2 tverrsnittsareal når den er maksimalt aktivert og i sin optimale lengde (optimal overlapp mellom aktin- og myosinfilamentene) (Raastad et al., 2010). Eksentriske kontraksjoner, uansett hastighet, vil ofte resultere i høyere kraftutvikling enn isometrisk kontraksjon. Dette fordi kraften som utvikles i muskelen er mindre enn motkraften, og muskelen vil dermed forlenges til tross for at den prøver å forkorte seg. Høyere kraft skyldes at hver enkelt kryssbro mellom aktin og myosin blir satt på strekk før det slipper taket, og denne passiv-elastiske spenningen kommer i tillegg til kraften som kryssbroene yter (Dahl, 2008).

Muskelfibrene er delt inn i forskjellige typer avhengig av innholdet av ulike isoformer av «myosin heavy chain» (MHC), type I, type IIA og type IIX, i tillegg til flere mellomtyper. Disse muskelfibrene har ulike kontraktile egenskaper (McArdle et al., 2010). Muskelfibertype og antall muskelfibre er i utgangspunktet genetisk bestemt, men det er vist at fiberfordelingen kan påvirkes av langvarig trening (Dahl, 2008). Type I har lavest maksimale forkortningshastighet, men er svært utholdende og energiøkonomiske. Type IIA er litt raskere, men også utholdende, og type IIX er den aller raskeste fibertypen, men er svært lite utholdende (Dahl, 2008).

Eksplosiv styrke er i stor grad definert av kraft x hastighet, som uttrykkes ved effekt (W). Hvor hurtig kraften stiger i en maksimal isometrisk muskelkontraksjon kan måles i «rate of force development» (RFD), og er en viktig faktor for å produsere stor effekt. Muskelstyrken er også en av flere bestemmende faktorer for effekt, og en økning i muskelmassen (og type II-fibre) som følge av hypertrofi vil dermed kunne øke musklens evne til å produsere stor kraft på kort tid. Type II-fibrene har høyere ATP-ase aktivitet enn type I, noe som betyr at kryssbrosyklusene i disse fibrene kan dannes raskere, slik at kraften kan stige hurtig (Raastad et al., 2010). Type IIX-fibre er 3-4 ganger så raske som type I-fibre. Ved samme tverrsnittsareal, vil altså muskler som har en stor andel raske fibre kunne utvikle betydelig større effekt (W) enn muskler med langsomme fibre (Fitts & Widrick, 1996). Studier viser også at maksimal effekt (W) korrelerer med andelen type II-fibre i musklene (Fry, Schilling, Staron, Hagerman, Hikida & Thrush, 2003).

Dreiemomentet man kan skape over et ledd sier også mye om muskelstyrken. For å skape en dynamisk bevegelse over et ledd må det indre dreiemomentet til enhver tid være større enn det ytre dreiemomentet. Den indre momentarmen er muskelens momentarm, og blir bestemt av anatomiske

forhold i muskel, sene og knokler. Indre momentarm er den vinkelrette avstanden fra omdreiningssaksen til et ledd, til en linje midt i senen (muskelkraftens virkelinje). Den ytre momentarmen er avstanden fra omdreiningssaksen i leddet til den ytre motstående kraften (Erdemir, McLean, Herzog & van den Borgert, 2007). Leddvinkelen i en kontraksjon har betydning for hvor stort dreiemoment man klarer å skape over et ledd. Dette fordi senedraget og lengden på muskelen forandrer seg underveis i bevegelsen, og også fordi det vil være varierende grad av overlapp mellom aktin- og myosinfilamentene ettersom hvor i leddaksen vinkelen er. Dette kalles kraft-lengde-forholdet. Graden av overlapping mellom myofilamentene vil påvirke evnen til kraftutvikling (Raastad et al., 2010).

Det er imidlertid ikke kun de perifere faktorene som bestemmer muskelstyrken, men også sentrale komponenter spiller inn. Hvor stor kraft man yter i en muskelgruppe reguleres av antallet motoriske enheter som er rekruttert, og kraften man utvikler i de motoriske enhetene (McArdle, 2010). I rekrutteringshierarkiet vil vi ved liten muskulær kraftutvikling aktivere type I-enhetene, mens type II-enhetene aktiveres dersom vi utvikle større muskelkraft. Opp til 80% av maksimal kraft blir regulert av antall aktiverte motoriske enheter, men for å komme fra 80% til 100% av maksimal kraft må fyringsfrekvensen øke. Ved maksimale voluntære kontraksjoner har vi aktivert alle våre motoriske enheter (McArdle, 2010; Raastad et al., 2010).

For kraftutviklingen i styrkeøvelser vil samspillet mellom de motoriske enhetene og musklene, og samspillet mellom agonister, antagonister og synergister, sammen med timing og koordinasjon også være viktig. Faktorer som bestemmer styrkeprestasjon er oppsummert i tabell 2.2 (Raastad et al., 2010).

Tabell 1.2: Oversikt over perifere og sentrale faktorer som påvirker evnen til å utvikle kraft og dreiemoment over ledd.

Muskel og skjelett	Sentralnervesystemet
Muskelgruppens tverrsnittareal	Grad av aktivering
<ul style="list-style-type: none"> • Antall muskelfibre • Fibrenes tverrsnittareal • Arkitektur (fysiologisk tverrsnittareal) 	<ul style="list-style-type: none"> • Antall motoriske enheter rekruttert • Fyringsfrekvens i de motoriske enhetene
Fibertypesammensetning (kraft og hastighet)	Koordinering og teknikk
<ul style="list-style-type: none"> • Kraft og hastighet (antall sarkomerer i serie) • Kraft og muskellengde (i forhold til l_0) 	<ul style="list-style-type: none"> • Samspill mellom agonister, antagonister og synergister • Stabilitet og stilling av ledd
Konsentrasjon av kontraktile proteiner	
Biomekaniske forhold	
<ul style="list-style-type: none"> • Indre momentarmer (utspring, feste og leddanatomi) • Ytre momentarmer (knokkellengder) 	
l_0 = muskellengde med optimal overlapp mellom aktin- og myosinfilamentene	

2.5.2 Testing av maksimal styrke

Maksimal muskelstyrke blir i praksis ofte testet med én repetisjon maksimum, den tyngste vekten man klarer å løfte én gang, i en valgt øvelse. Ved profesjonell idrettstesting, eller ved andre kontrollerte forsøk, tar man ofte i bruk isometrisk og isokinetisk testing i dynamometer. Isokinetisk styrketesting blir nærmest regnet som gullstandard innenfor måling av ulike parametere innenfor styrkeprestasjon (Kannus, 1994; Baltzopoulos & Brodie, 1989). Vanlige testparametere i isokinetisk testing er blant annet maksimalt dreiemoment (newtonmeter, Nm), vinkelspesifikt dreiemoment (Nm/vinkelhastighet ($^{\circ}/s$)) muskellarbeid (joule), maksimal og gjennomsnittlig effekt (watt, W), og «rate of force development» (endringen i kraft per tid (N/s)) (Kannus, 1994).

2.6 Anaerob kapasitet og anaerob effekt

2.6.1 Energisystemer

Uavhengig av aerob, eller anaerob energiomsetning, er musklene avhengig av adenosintrifosfat (ATP) for å sette i gang et muskellarbeid. ATP blir både laget og lagret i muskelcellene. Den lagrede mengden ATP tilsvarer typisk 5 mmol/kg muskler i våtvekt, og holder kun til et 1-2 sekunders

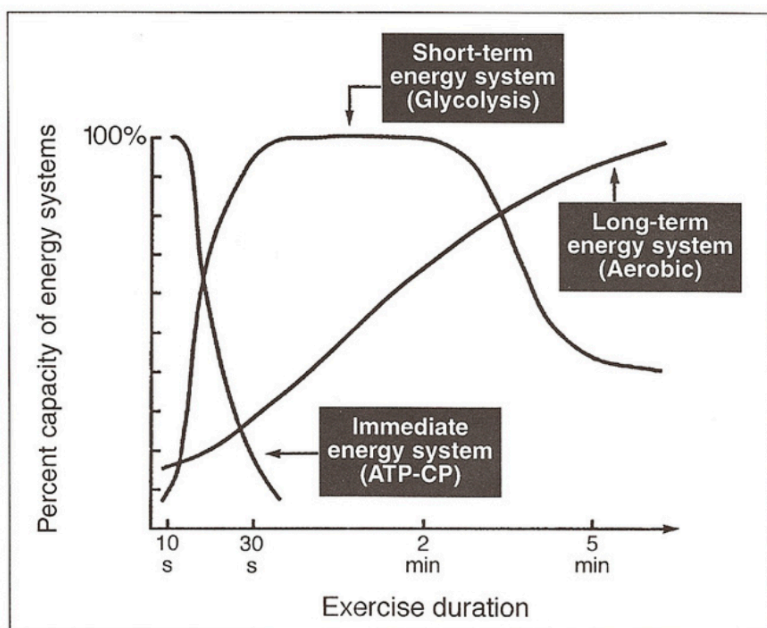
maksimalt arbeid. ATP må derfor stadig resyntetiseres. Det er tre forskjellige prosesser som opererer sammen for å opprettholde tilførselen av ATP til muskelen under arbeid (Heck et al., 2003; Michalsik, 2007).

Den første prosessen kalles det alaktiske anaerobe energisystemet. Dette systemet involverer splitting av høyenergi-fosfatbindelsen i kreatinfosfat (CrP), og danner ikke laktat – jf. alaktisk. Fosfatmolekyl fra CrP doneres bort og spaltingen gir energi til gjenoppbygning av ATP. Enkelt forklart kan ATP dermed syntetiseres fra ADP (adenosindifosfat) og fosfat fra CrP. $ADP + CrP \leftrightarrow ATP + Cr$. Syntetisering fra AMP (adenosinmonofosfat) forekommer også (Gastin, 2001; Plowman & Smith, 2007). CrP-lageret i musklene ligger på ca. 20 mmol/kg muskel i våtvekt, og er et «energidepot» for umiddelbar gjenoppbygning av ATP. Dette depotet kan holde til omtrent 5-6 sekunders maksimalt arbeid (Michalsik, 2007; Morton, 2008). ATP- og CrP-systemet vil yte maksimal ATP-produksjon løpet av de to første sekundene i et arbeid. Dersom ATP og CrP var eneste energikilde ville det i teorien kun holdt til syv sekunders arbeid med maksimal intensitet. I praksis vil de to andre energisystemene (laktisk og aerob) også komme til unnsetning for å opprettholde muskellarbeidet (Gastin, 2001). Selv om energisubstratene til ATP- og CrP-systemet blir «brukt opp» i løpet av få sekunder, blir de raskt fylt opp igjen etter endt arbeid. Allerede etter 30 sekunder er 70% av ATP og CrP-lageret tilbake, og etter 3-5 minutter er lageret 100% fylt opp igjen (Morton, 2008).

Den andre prosessen kalles det laktiske anaerobe energisystemet. Når arbeidet varer lengre enn noen sekunder, vil den anaerobe energifrigjøringen foregå ved spalting av glykogen lagret i musklene og nedbrytning av glukose til pyruvat, og videre til laktat når det ikke er tilstrekkelig med oksygen i cellen. Prosessen kalles også anaerob glykolyse, eller glykolytisk energifrigjøring. $Glukose + 2ADP + 2P \rightarrow 2ATP + 2 \text{ laktat}$ (Plowman & Smith, 2007). Maksimal hastighet på ATP-produksjon i denne prosessen oppnås etter omtrent fem sekunder, og produksjonshastigheten kan opprettholdes i ytterligere 40 sekunder (Gastin 2001; Morton, 2008).

Den tredje prosessen er det aerobe energisystemet. Dersom man utfører et arbeid over lengre tid, vil intensiteten også være lavere enn maksimal, og man vil kunne benytte oksidativ fosforylering i dannelsen av ATP. Ved aerob energiomsetning vil glykogen og glukose bli brutt ned pyruvat. Siden det er tilstrekkelig med oksygen involvert vil pyruvat brytes ned til acetylkoenzym A, som går inn i sitronsyresyklusen og elektrontransportkjeden, og som til slutt resulterer i vann, karbondioksid, og maksimalt 38 molekyler ATP (per glukosemolekyl) (Plowman & Smith, 2007). Denne prosessen er langsommere enn overnevnte anaerobe prosesser, men gir til gjengjeld nesten 20 ganger mer ATP

enn de anaerobe systemene (Morton, 2008). Muskelglykogenet tømmes etter ca. 1-1,5 time med høy intensitet. Fettsyrer er derfor den mest egnede energikilden ved arbeid med lang varighet (Frayn, 2010). Etter ca. 75 sekunders maksimalt arbeid ser det ut til at det er et likt energibidrag mellom anaerobe og aerobe energisystemer, og etter fem minutter er det aerobe systemet klart dominerende (Gastin, 2001; Plowman & Smith, 2007). Oversikt over energibidragene fra de ulike energisystemene under maksimalt arbeid av forskjellig varighet er illustrert i figur 2.3 (McArdle, Katch & Katch, 2010).



Figur 2.3: Grov oversikt over energibidragene fra de ulike energisystemene under maksimalt arbeid av forskjellig varighet, fra McArdle, Katch & Katch (2010).

2.6.2 Anaerob kapasitet, anaerob effekt og muskelstyrke

Innenfor anaerob energifrigjøring kan man skille mellom to begreper som til sammen er bestemmende for den anaerobe prestasjonsevnen; anaerob kapasitet og anaerob effekt.

Anaerob kapasitet kan sies å være den maksimale mengden energi (ATP) som er gitt ved anaerobe energiprosesser, eller det maksimale akkumulerte oksygenunderskuddet (Camus & Thys; 1991; Noordhof et al., 2013). Anaerob kapasitet er en prestasjonsbestemmende faktor i øvelser der varigheten ikke går over to minutter (Michalsik, 2007). Denne kapasiteten er ikke bare en viktig

parameter innenfor korte høyintensitetsaktiviteter, men også for sluttspurter i utholdenhetsidretter (Noordhof, Skiba & de Koning, 2013).

Maksimal anaerob effekt referer imidlertid til den maksimale hastigheten på energiomsetningen, og det eksterne arbeidet per tid, som er produsert uavhengig av oksygenforbruk (Haugen, Paulsen, Seiler & Sandbakk, 2018; Heck, Schulz & Bartmus, 2003). I motsetning til måling av maksimalt oksygenopptak, er det vanskelig å måle øvre grense for den anaerobe energiomsetningen direkte uten invasive metoder. Anaerob effekt blir derfor oftest målt indirekte, med ytre effektutvikling, uttrykt som absolutt (W) eller relativ (W/kg) (Haugen et al., 2018). Anaerob effekt er viktig i øvelser der man skal bruke kortest mulig tid på et gitt arbeid, eller produsere mest mulig kraft innenfor en bestemt tid. Typiske øvelser kan være sprint, hopp og kast (Vandewalle, Peres & Monod, 1987).

Flere metoder blir brukt til å måle anaerob kapasitet og effekt, blant annet ulike sprinttester på tredemølle og bane (maksimal anaerob løptest, 300 m sprint-test), horisontale hopp, og Margaria stair-running test. Den kanskje mest brukte testen for anaerob kapasitet er 30 sek Wingate-test på ergometersykkel (Chamari, Chaouachi & Racinais, 2010; Margaria & Rovelli, 1966)

Det er imidlertid vist at maksimal anaerob effekt oppnås innen 5-6 sekunder etter starten av et maksimalt arbeid, og at den ikke varer lengre enn 3-4 sekunder. En test på 30 sekunder ser derfor ikke ut til å være nødvendig for å kunne fastsette den maksimale anaerobe effekten (Morton, 2008). En studie av Zajac og medarbeidere (1999) sammenlignet 10- og 30-sekunder Wingate-test på godt trente kvinner og menn. De observerte at den maksimale effekten ved 10-sek-testen ble målt høyere, nådd tidligere og opprettholdt i en kortere periode sammenlignet med 30-sek-testen. Hastigheten på den anaerobe energifrigjøringen og det totale energiforbruket var altså høyere på den korte testen samtidig som det var indikasjoner på at den anaerobe glykolytiske energifrigjøringen var dominerende ved 30-sek-testen. De konkluderte dermed med at 30-sekunderstesten var mer verdifull i evalueringen av anaerob kapasitet, mens 10-sekunderstesten egnet seg til måling av maksimal effekt (Zajac, Jarzabek & Waskiewicz, 1999).

Som nevnt, er det sterke sammenhenger mellom muskelstyrke og ytre effektutvikling, og følgelig anaerob prestasjon. Flere studier bekrefter også dette. Kin-Isley og medarbeidere (2008) observerte sammenheng mellom effekt i 30-sek Wingate-test og maksimalt dreiemoment i isokinetiske kneekstensjoner. De fant at dreiemoment ved 60°/s, 150°/s og 240°/s var signifikant korrelert med både maksimal og gjennomsnittlig effekt i Wingate-testen hos mannlige amerikanske fotballspillere.

Sistnevnte studie bekreftet også Thorland og medarbeideres (1987) tidligere funn der de fant lignende sammenhenger mellom maksimalt dreiemoment ved ulike vinkelhastigheter i kneekstensjon og anaerob effekt og kapasitet hos kvinnelige sprint- og mellomdistanseløpere. Andre har også undersøkt sammenhengen mellom styrke og maksimal effekt hos profesjonelle rugbyspillere, og funnet sterk positiv korrelasjon mellom maksimal styrke og maksimal effekt (Baker & Nance, 1999).

2.7 Fysisk prestasjon og faste

2.7.1 Fysisk prestasjon og faste av kort varighet

Flere studier undersøker effekten av kortvarig faste (under 24 timer), og periodisk faste, på muskelstyrke og muskelfunksjon. Periodisk faste vil si flere kortvarige fasteperioder etter hverandre, med et opphold i mellom. I en RCT-studie undersøkte Tinsley og medarbeidere (2016) effekten av samtidig styrketrening og “time-restricted feeding” (TRF), en variant av periodevis faste, på næringsinntak, kroppskomposisjon og styrke. Omtrent annenhver dag gjennomførte gruppen tidsbegrenset matinntak, med tillatelse til å kun innta mat innenfor et fire-timers vindu i løpet av et døgn. De resterende dagene i uka gjennomførte gruppen styrketreningsøkter, og ved disse dagene var det ingen begrensninger på matinntaket. Gruppen som gjennomførte TRF reduserte kaloriinntaket med ca. 650 kcal per dag under dagene med tidsbegrenset matinntak, men TRF gikk ikke utover forbedringer i muskelstyrke, og de hadde ingen endringer i muskelmassen (Tinsley et al. 2017).

Periodisk faste praktiseres også innenfor religionen islam, der man i fastemånedens ramadan kun spiser innenfor et lite tidsrom i løpet av et døgn (etter solnedgang, og før daggry) i 30 dager. Studier som undersøker effekten av ramadan på muskelstyrke hos trente individer, viser at måneden med periodevis fasting ikke har negativ innvirkning på den maksimale muskelstyrken i benkpress, og ingen effekt på kroppsmasse og kroppskomposisjon (Aziz et al., 2010; Trabelsi et al., 2013). Det er imidlertid uklare resultater når det gjelder fastemånedens effekt på anaerob prestasjon ved 30 sekunder Wingate-test. Karli og medarbeidere (2007) fant at ramadan ikke fører til endring i maksimal, eller gjennomsnittlig effekt i Wingate-test (Karli et al., 2007). Lignende funn er sett på 30 m sprintprestasjon under ramadan hos unge judoutøvere (Chaouachi et al., 2009). En annen studie foreslo at Wingate-prestasjonen under fasten var avhengig av tid på dagen, fordi de kun observerte

en reduksjon i maksimal og gjennomsnittlig effekt når forsøkspersonene ble testet på kvelden (Chtourou, Hammouda, Chaouachi, Chamari & Souissi, 2012).

2.7.2 Fysisk prestasjon og faste av lengre varighet

Flere studier har undersøkt grepsstyrke for å måle endring i muskelkraft under faste. Consolazio og medarbeidere (1967a) rapporterte om at grepsstyrken ble signifikant redusert med 9,3% etter ni dager faste hos seks voksne menn (Consolazio et al., 1967a) En senere studie viser en tendens til redusert maksimal grepsstyrke og redusert arbeidskapasitet på ergometersykkel etter fem dagers faste hos 11 kvinner (Lennmarken, Rutberg, Jorfeldt & Larsson, 1990; Lennmarken, Sandstedt, Schenk & Larsson, 1986). En annen studie fant også redusert arbeidskapasitet på ergometersykkel, men ingen signifikant endring i grepsstyrke etter tre dager faste hos unge gutter (Gutiérrez, González-Gross, Delgado & Castillo, 2001). Elia og medarbeidere (1984) fant heller ingen endring i grepsstyrke etter fire dagers faste hos friske personer (Elia, Price, Hallworth & Neale, 1984).

Andre studier rapporterer også om reduksjon i evnen til å utføre et lengre anaerobt arbeid. Etter en fasteperiode på fire dager observerte Henschel og medarbeidere nedgang i prestasjonen ved 75 sekunders anaerobt arbeid på 14,5 km/t og 8,6% stigning på tredemølle hos friske menn (Henschel, Taylor & Keys, 1954).

Bosco og medarbeidere (1974) observerte at muskelstyrken i flere kroppsdelene ble redusert etter tre dagers faste (uten mat og vann, eller kun vann) hos 21 unge menn. Styrketestene som ble gjort inkluderte isometriske tester og øvelsene skulderekstensjon, albuefleksjon og kneekstensjon. Gruppen som avsto fra både mat og vann i tre dager reduserte den gjennomsnittlige kroppsstyrken sin med 10,4%, mens gruppen som fikk lov til å drikke vann under fasten reduserte styrken med 9,7%. Det må imidlertid tas i betraktning at kontrollgruppen også reduserte styrken sin med 7,5% (Bosco et al., 1974; Serfass, Stull, Alexander & Ewing, 1984).

En studie av Knapik og medarbeidere (1987) undersøkte effekten av 3,5 dagers faste på fysisk prestasjon, inkludert isometrisk og isokinetisk styrke i albuefleksorene, samt anaerob kapasitet og aerob utholdenhet. De fant at 3,5 dagers faste ikke hadde innvirkning på hverken isometrisk styrke, anaerob kapasitet (50 isokinetiske kontraksjoner ved 180 °/s i albuefleksorer) eller aerob utholdenhet, men de fant en liten nedgang i isokinetisk styrke ved 30 °/s og 180 °/s. De konkluderer med at fasting

over en periode på 3,5 dager har liten innvirkning på den fysiske prestasjonen, gitt at den fysiske aktiviteten holdes til det minimale under fasteperioden (Knapik et al., 1987).

3.0 Metode

Oppgaven er en del av et større prosjekt. Innsamlingsmetoder for dataene presentert i oppgaven vil bli beskrevet detaljert.

3.1 Intervensjon

Forsøkspersonene skulle faste i syv dager for å undersøke hvordan dette påvirket prestasjon i muskelstyrke og utholdenhet. I tillegg ble effekten av faste på kroppssammensetning, nitrogenutskillelse, glukosetoleranse og mange andre parametere undersøkt. Fasten innebar syv dager sammenhengende faste der det kun var lov å innta vann.

3.2 Rekruttering og inklusjonskriterier

Forsøkspersonene ble rekruttert gjennom en rekrutteringsposter som ble publisert på Norges idrettshøgskoles nettsider, og spredt videre i sosiale medier. I tillegg ble posteren hengt opp på forskjellige institusjoner i nærområdet.

Visse kriterier måtte innfris for at deltakerne kunne bli inkludert i studien. Deltakerne måtte være 18-45 år, og ha god fysisk og psykisk helse. BMI måtte være mellom 22 og 30, og fettprosenten kunne ikke være under 12% for menn, eller 15% for kvinner. Det krevdes også at forsøkspersonene hadde noe treningserfaring fra tidligere. Personer som hadde hjerte- og karsykdommer, diabetes, og andre metabolske sykdommer ble ekskludert fra studien. Bruk av medisiner som påvirker metabolismen og røyking var også en del av eksklusjonskriteriene.

Alle deltakerne fikk utdelt et detaljert informasjonsskriv før prosjektstart. Samtlige inkluderte forsøkspersoner skrev under på et skriftlig samtykkeskjema og fylte ut et helseskjema. Studieprotokollen ble først vurdert av Regional etisk komité for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk (2017/1052; REK sør-øst B), med beslutningen om at forskningsprosjektet var utenfor loven om medisinsk helseforskning. Studien ble senere godkjent av lokal etisk komité ved Norges Idrettshøgskole. Prosjektet ble gjennomført i henhold til Helsinkideklarasjonen.

3.3 Utvalg

Totalt 14 frivillige forsøkspersoner ble inkludert i studien. Én forsøksperson trakk seg etter påbegynt faste. Antropometriske målinger ved starten av fasten vises i tabell 3.1.

Tabell 3.1: Oversikt over alder og antropometriske data for forsøkspersoner ved start.

	Kvinner (n = 6)	Menn (n=7)	Totalt
Alder	28,1 ± 3,2	31 ± 1,7	29,7 ± 1,7
Kroppsvekt (kg)	64,5 ± 2,5	92,1 ± 5,6	79,4 ± 5
Høyde (cm)	169,3 ± 2,3	183,6 ± 3,4	177 ± 2,9
Fettprosent (%)	26,1 ± 3,2	22,9 ± 2,3	24,4 ± 1,9
Fettmasse (kg)	16,4 ± 2,4	20,5 ± 2,7	18,6 ± 1,8
Lean mass (kg)	45,9 ± 2,3	68,9 ± 4,4	58,3 ± 4,1
Fat free mass (kg)	48,6 ± 2,4	72,5 ± 4,5	61,5 ± 4,3

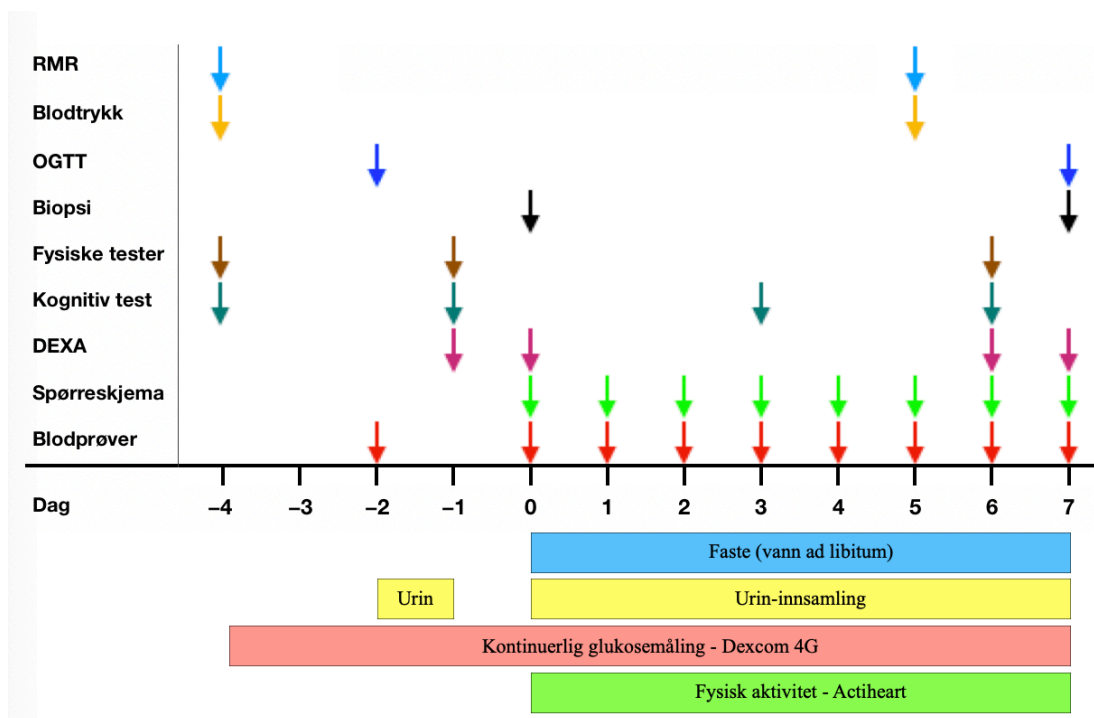
Totalt 13 personer fullførte forsøket, derav seks kvinner og syv menn. Data er oppgitt som gjennomsnitt ± SEM

3.4 Studiedesign

Studien ble designet for å undersøke hvordan syv dager faste påvirker nitrogenutskillelse og prestasjon i muskelstyrke og utholdenhet. Fasten innebar syv dager sammenhengende faste der det kun var lov å innta vann. Testperioden for alle forsøkspersoner (FP) varte i totalt to uker og krevde til sammen ti oppmøtedager.

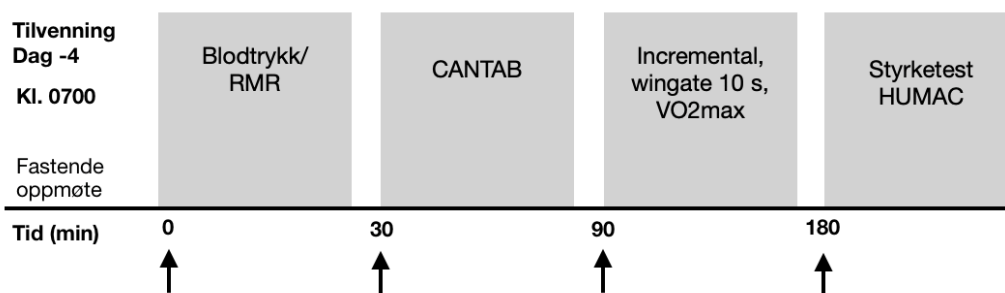
I forkant av fasten ble det gjennomført tilvenningstester (dag -4) og pretester (dag -4 til 0). Post-testene ble gjennomført de siste dagene i fasten (dag 5 til 7). Alle deltakerne bar en aktivitetsmåler (Actiheart, Cambridge Neurotechnology Ltd, Papworth, UK) i én uke før fasten for å måle normalt aktivitetsnivå, og under fasten for å måle aktivitet under fasteperioden. Forsøkspersonene ble oppfordret til å holde et så normalt aktivitetsmønster som mulig. I forkant fikk forsøkspersonene også satt på glukosemåler (Dexcom 4G Platinum, Dexcom, Inc., San Diego, CA) som skulle måle blodglukose kontinuerlig under fasten. I fasteperioden møtte deltakerne opp hver morgen mellom kl. 0600 og kl. 0900 for å ta blodprøver, måle kroppsvekt, fylle ut spørreskjema (VAS) og levere urin. Under fasten ble all urin samlet opp. Forsøkspersonene møtte opp til omtrent samme tid hver morgen.

Testene som ble gjennomført i løpet av perioden var følgende: Hvilemetabolisme, kroppssammensetning (DEXA), muskel- og fettbiopsi, fettoksideringsskapasitet, maksimal muskelstyrke, maksimalt oksygenopptak (VO_{2maks}), oral glukosetest (OGTT), kognitiv funksjon (CANTAB), spørreskjema (VAS), blodprøver, blodtrykk, kontinuerlig blodglukosemåling (Dexcom 4G), kontinuerlig aktivitetsmåling (Actiheart), samt innsamling av urin (fig. 3.1).



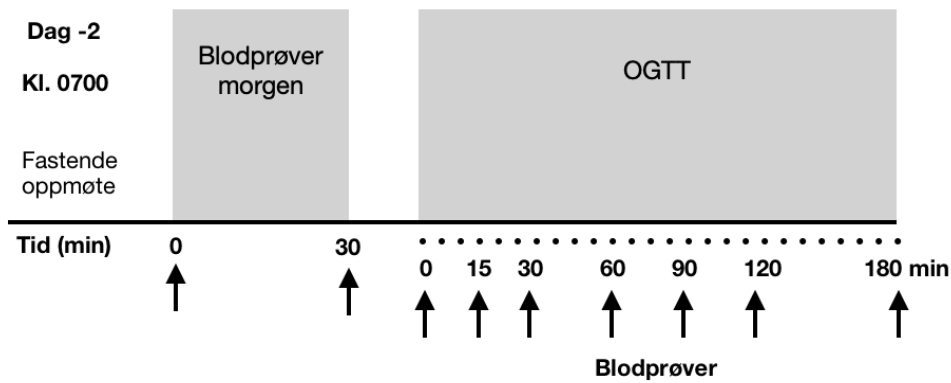
Figur 3.1: Oversikt over testdager og testene som ble gjennomført, samt dagene for oppmøte i intervensjonsperioden.

Fire dager før start av fasten (fig. 3.2) gjennomførte forsøkspersonene pretester av hvilemetabolisme (RMR), samt blodtrykk, og kognitiv test på iPad (CANTAB). Pretestene ble etterfulgt av tilvenningstester av de fysiske testene; test av styrke i knekstensorer i dynamometer, test av fettoksidasjon-, 10 sek modifisert Wingate-, og VO_{2maks} på ergometersykkel.



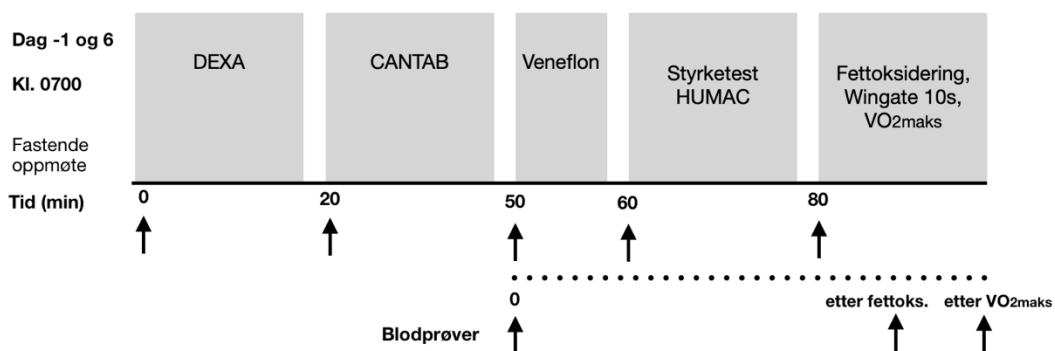
Figur 3.2: Oversikt over pretest for hvilemetabolisme (RMR) og kognitiv funksjon, samt tilvenning for de fysiske testene på dag -4.

To dager før fasten (fig. 3.3) ble det tatt blodprøver på morgenen for å undersøke pre-verdier i blodet. Etter blodprøvene ble det gjennomført pretest av oral glukosetoleranse.



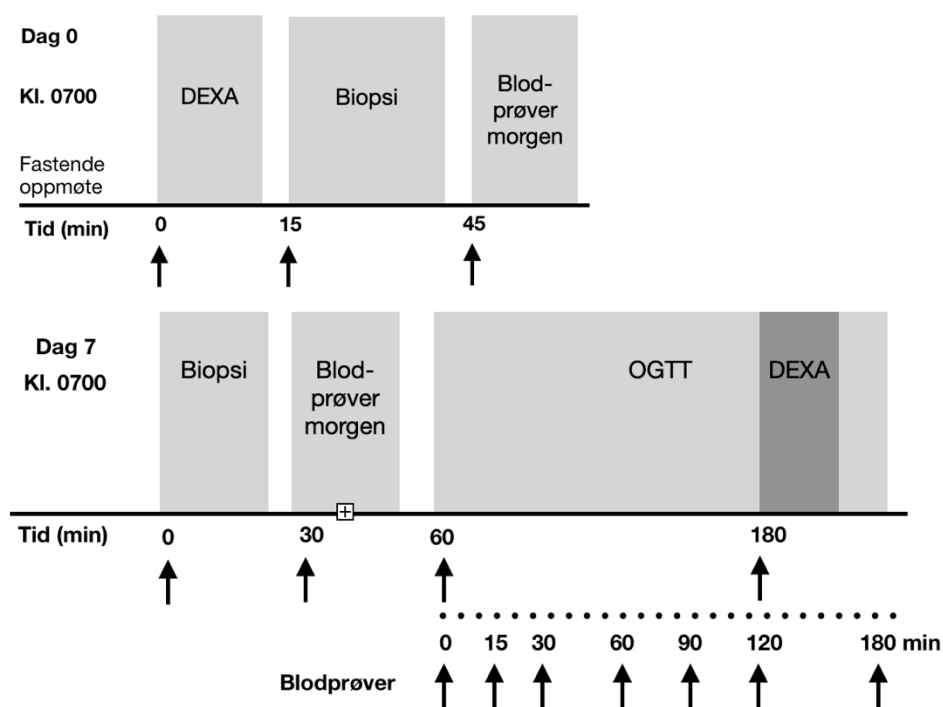
Figur 3.3: Oversikt over blodprøver og pretest av oral glukosetoleranse (OGTT) på dag -2.

Dagen før fasten startet (dag -1) ble prestestene gjennomført. Testdagen startet med DEXA-scan og en ny kognitiv test (CANTAB). Deretter fulgte de fysiske testene; måling av styrke i knestrekere i dynamometer, samt fettoksidasjons-, 10 sek Wingate-, og VO_{2maks} -test på ergometersykkel. Under sykkeltesten ble det også tatt blodprøver før, under, og etter test. Det ble ikke tatt morgenblodprøver ved pretest. Etter seks dagers faste ble de samme testene (posttester) gjennomført (fig. 3.4).



Figur 3.4: Oversikt over tester på pretest dag -1 og posttest dag 6.

På morgenen ved dag 0 av fasten (pretest) ble det gjennomført muskel- og fettbiopsi på fremsiden av låret, og ny DEXA-scan. Deretter ble det tatt blodprøver. Ved pretest dag 0 inntok deltakerne et siste måltid når alle deltakerne var ferdige med blodprøver og biopsi. Fasten startet etter endt måltid, rundt kl. 12 på dagen. Testene på dag 7 (posttest) er de samme testene som på dag 0 av fasten. På dag 7 ble det imidlertid gjennomført oral glukosetest (OGTT) i tillegg (fig. 3.5). Ved posttest dag 7 ble fasten avsluttet rett etter at siste blodprøve i OGTT var tatt. Sluttet på fasten ble markert ved at alle spiste et felles måltid, rundt kl. 12 på dagen.



Figur 3.5: Oversikt over pretester dag 0 og posttester dag 7. Testdagene inneholder de samme testene, men ved posttest dag 7 gjennomføres OGTT i tillegg.

Dag 1 til dag 5 (fig. 3.6) under fasten var relativt like, med blodprøver, spørreskjema og innlevering av urin hver dag. Det ble gjort enda en kognitiv test (CANTAB) ved dag 3 og posttesten for RMR og blodtrykk ble gjort ved dag 5 i fasten.

Dag 1 - 5					
Kl. 0700					
RMR					↓
Blodtrykk					↓
CANTAB			↓		
VAS	↓	↓	↓	↓	↓
Blodprøver	↓	↓	↓	↓	↓
Dag	1	2	3	4	5

Figur 3.6: Oversikt over tester dag 1 til dag 5. Dag 3 ble det i tillegg gjennomført kognitiv test, og dag 5 ble det tatt blodtrykk og RMR.

3.5 Tester

3.5.1 Styrketesting i dynamometer (HUMAC)

Test av maksimal kraftutvikling i kneekstensorer (m. quadriceps femoris) ble utført i Humac dynamometer (Humac NORM, Computer Sports Medicine Incorporated (CSMi), Stoughton, MA, USA). Testen besto av maksimal isokinetisk kraftutvikling ved 60°/s, 120°/s og 180°/s, samt maksimal isometrisk kraftutvikling ved 60° knevinkel. Styrketestene ble gjort omtrent til samme tid for hver forsøksperson (mellom kl. 6 og 10 på morgenen).

Ved tilvenningstesten ble dynamometeret og tilhørende stol individuelt stilt inn slik at dynamometerets omdreiningsakse og kneets leddakse (femurs laterale epikondyl) var likt orientert. Dette ble gjort ved hjelp av en lasermåler festet til omdreiningsaksen på dynamometeret. Vinkelen på stolsetet (hofteleddet) var satt til 85° for alle forsøkspersoner.



Figur 3.7: Illustrasjon av forsøkspersons posisjon i HUMAC-stolen.

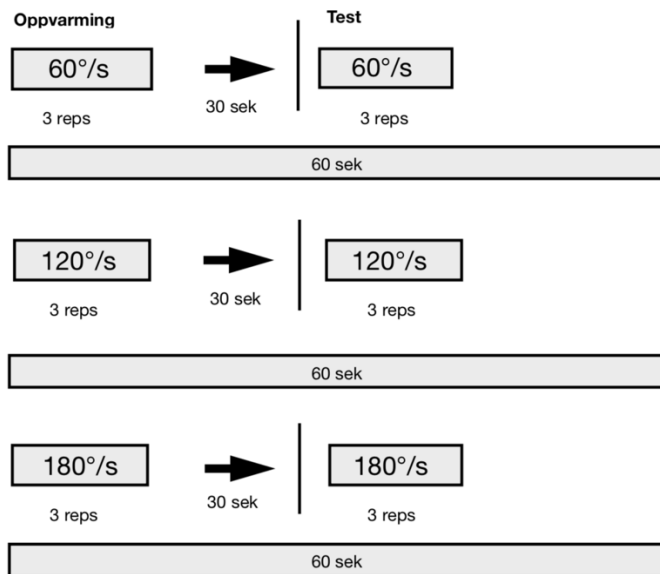
Forsøkspersonen ble fastspent i stolen med en firepunktssele. Dynamometerarmen ble plassert rett over ankelleddet og festet til ankelen med en rem med sterk borrelås. Forsøkspersonen holdt samme posisjon under hele testen (fig 3.7). Innstillingene ble skrevet ned for bruk i pre- og posttestene.

Før test ble forsøkspersonene bedt om å gjøre fem minutters oppvarming på ergometersykkel ved egenvalgt belastning (lett belastning). Før de maksimale isokinetiske testene ble det utført tre oppvarmingsrepetisjoner før hver vinkelhastighet. Etter oppvarmingen fulgte 30 sekunder pause, før det ble utført en test med tre repetisjoner med maksimal kraftutvikling på gitt vinkelhastighet. Mellom hver vinkelhastighet var det ett minutt pause. Forsøkspersonene ble bedt om å holde hendene på fanget under hele testen, og forsøkspersonen skulle kun yte kraft i ekstensjonsfasen. Bevegelsesutslaget var fra 90° knevinkel til full ekstensjon 0°.

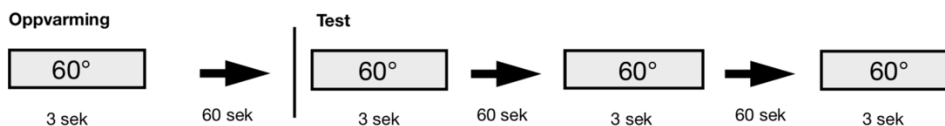
Maksimal isometrisk styrke ble testet ved en knevinkel 60°. Før testene ble det utført én oppvarmingsrepetisjon i samme vinkel, etterfulgt av tre repetisjoner med maksimal isometrisk kraftutvikling. Ved hver repetisjon skulle forsøkspersonene opprettholde maksimal kraft i tre sekunder. Mellom hver repetisjon var det ett minutt pause. Forsøkspersonene mottok verbal oppmuntring under hele testen. Repetisjonen med høyest målte dreiemoment ble valgt til senere analyser. I de utvalgte repetisjonene ble maksimalt dreiemoment (peak torque), tid til maksimalt dreiemoment (time to peak torque), gjennomsnittlig effekt per repetisjon (average power per rep.) og gjennomsnittlig dreiemoment (average torque) (isometrisk) notert og analysert.

Skjematisk oversikt over testprotokollen er illustrert i figur 3.8.

ISOKINETISK



ISOMETRISK



Figur 3.8: Skjematisk oversikt over protokollen for styrketest i dynamometer. Isokinetiske tester ved tre ulike vinkelhastigheter og isometrisk test ved 60° knevinkel.

3.5.2 10-sek Wingate-test

Det ble gjort tre forskjellige tester på ergometersykkel (Lode Excalibur Sport, Groningen, Nederland); test av fettoksideringsevne, maksimalt oksygenopptak ($VO_{2\text{maks}}$) og test av maksimal effekt (10 sek modifisert Wingate). Data fra test av fettoksideringstesten og $VO_{2\text{maks}}$ vil ikke bli presentert i denne oppgaven, og metode beskrives derfor ikke ytterligere.

Wingate-testen ble gjort for å teste maksimal effekt (arbeidsevne) på sykkel. Testen består av ti sekunder full spurt på ergometersykkel, der man samtidig registrerer den maksimale wattproduksjonen. Forsøkspersonen måtte gjennomføre hele Wingate-testen sittende, med hendene på styret. Torque factor var satt til $0.8 \cdot \text{kg}^{-1}$. Før selve spurten syklet forsøkspersonene ca. 30

sekunder på 100 watt. Forsøkspersonen ble bedt om å holde en kadens på rundt 90 RPM og øke gradvis opp mot 120 RPM før start. Testleder talte ned de siste fem sekundene før spurt, og ti sekunders maksimal spurt ble gjennomført samtidig som maksimal wattproduksjon ble målt. Forsøkspersonen ble oppfordret til å trå med maksimal kraft og ikke gi seg før ti sekunder var gått. Test av 10 sek modifisert Wingate ble gjennomført omtrent tre minutter etter fettoksideringstesten, og før VO_{2maks} -testen.

3.5.3 Hvilemetabolisme (RMR)

Forsøkspersonene møtte opp fastende på morgenen, og ble oppfordret til å være i minst mulig aktivitet før måling av hvilemetabolisme. Før RMR-testen startet ble det tatt hvilelaktat ved fingerstikk (1500 Sport, YSI Inc., Yellow Springs Instr., Ohio, USA), og blodtrykket ble målt (WelchAllyn Spot Vital Signs LXi 0297, Skeneateles Falls, NY, USA). FP ble bedt om å ligge på ryggen på en madrass i ca. 20 minutter, med VO_2 -maske (Hans Rudolph Instr., USA) plassert over nese og munn. Ekspirasjonsluften ble analysert med Oxycon Pro (Jager Instr., Hoechberg, Tyskland). Oksygenopptaket ble målt over hele perioden (20 min) og RER-verdiene ble notert hvert minutt i de siste fem minuttene av RMR-testen (steady state). Gjennomsnittet av oksygenopptaket og de individuelle RER-verdiene de siste fem minuttene av testen (steady state) ble brukt til å estimere energiforbruket i hvile. Hjerterefrekvens ble registrert underveis ved bruk av pulsmåler plassert på pekefinger (WelchAllyn Spot Vital Signs LXi 0297, Skeneateles Falls, NY, USA).

Energiforbruket ble regnet ut ved å finne kaloriekvivalenten ut i fra hver forsøkspersons RER, og deretter legge ekvivalenten inn i følgende formel: $RMR = VO_2 (L/min) \times RER \text{ kaloriekvivalent (kcal/L)} \times 1440$ (tid (min)). 1440 er antall minutter i døgnet.

3.5.4 Kroppssammensetning (DEXA)

Det ble gjort en analyse av kroppssammensetning ved hjelp av Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA) (Lunar iDXA, GE Healthcare, Madison, USA). Maskinen skiller mellom beinmasse, fettmasse og fettfri masse, totalt og fordelt mellom kroppssegmentene. Samtlige målinger ble gjort

fastende om morgenen. Alle gjenstander med metall (klokker, øredobber etc.) ble fjernet fra kroppen før skanning. Forsøkspersonen ble plassert liggende på rygg med strake ben (noe fra hverandre), armene ned langs siden og litt ut fra kroppen, hendene i ca. 45 graders supinasjon, og hodet med ansiktet mot taket. Knær og føtter ble stabilisert ved hjelp av reimer med borrelås. Forsøkspersonen måtte ligge helt i ro under hele skanningen som varte omtrent syv minutter.

3.5.5 Glukosemåler (Dexcom 4G)

Kontinuerlig glukosemåler (Dexcom G4 Platinum, Dexcom Inc., San Diego, CA, USA) ble festet på forsøkspersonene noen dager i forkant av fasten og ble tatt av ved avsluttet faste. Måleren ble brukt til å registrere blodglukosekonsentrasjonen i interstitiellvæsken i subkuntant fett kontinuerlig under hele perioden. Målingene ble registrert hvert 5. minutt. Målingen av blodglukosen ble også brukt som en kontroll på at forsøkspersonene overholdt fasten.

3.5.6 Aktivitetsmåler (Actiheart)

Fysisk aktivitet og hjertefrekvens ble målt i hele fasteperioden. Forsøkspersonene måtte bære aktivitetsmåler (Actiheart, Cambridge Neurotechnology Ltd, Papworth, UK) i én uke i forkant av fasten for å registrere normalt aktivitetsnivå, samt under hele fasteperioden for å registrere fysisk aktivitet under fasten. Data fra aktivitetsmålerne presenteres ikke i denne oppgaven og metoden vil derfor ikke bli beskrevet nærmere.

3.5.7 Spørreskjema - visuell analog skala (VAS)

Hver morgen ble forsøkspersonene bedt om å fylle ut et spørreskjema med 12 spørsmål om bl.a. sult og matlyst. Forsøkspersonene besvarte spørsmålene ved å sette en loddrett strek på en horisontal linje på ti cm. Hensikten var å overvåke og kartlegge blant annet motivasjon og sultfølelse hos forsøkspersonene underveis i fasteperioden. Data fra spørreskjemaet presenteres ikke i denne

oppgaven og metoden vil derfor ikke bli beskrevet nærmere.

3.5.8 Kognitiv funksjon (CANTAB)

Forsøkspersonene måtte gjennomføre en test av kognitiv funksjon totalt fire ganger i løpet av testperioden; to ganger før fasten, etter 72 timer, og i slutten av fasten. Programvaren CANTAB (Cambridge Cognition, Cambridge, UK) er et testbatteri med forskjellige kognitive tester som skal kvantifisere og måle ulike kognitive funksjoner. Testen ble gjennomført på iPad (Apple Inc, Cupertino, CA, USA). Data fra CANTAB presenteres ikke i denne oppgaven og metoden vil derfor ikke bli beskrevet nærmere.

3.5.9 Oral glukosetoleransetest (OGTT)

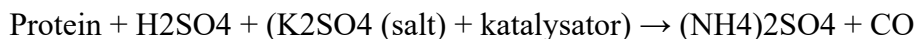
Oral glukosetoleransetest ble gjennomført to dager før start av fasten (dag -2), og rett før fasten ble avsluttet på dag syv. Forsøkspersonene drakk en blanding bestående av 75 gram glukose og 3 dl vann. Blodprøver ble tatt før inntak av glukosedrikk, og 15, 30, 60, 90, 120 og 180 min etter inntak for å måle endringen i blodglukose, insulin og andre hormoner. Data fra glukosetoleransetesten presenteres ikke i denne oppgaven og metoden vil derfor ikke bli beskrevet nærmere.

3.5.10 Nitrogeninnhold i urin

All urin under fasteperioden ble samlet inn. Det ble også samlet urin over en 24-timers periode før fastestart for å måle normalverdier. Urin ble samlet i plastdunker som rommet to liter.

Forsøkspersonene leverte urin hver morgen, i bytte med nye, tomme plastdunker. All innsamlet urin ble blandet og veid. Massetettheten ble målt ved å måle vekten av 5 x 1000 μ L urin og ta gjennomsnittet av dette. Massetettheten ble brukt til å regne ut totalt urinvolum ($\text{volum} = \text{vekt} \times \text{massetetthet}$). Videre ble urinprøven pipettert over i Eppendorfrør (3 x 1 mL + 1 x 13 mL) for videre analyser.

For å måle nitrogeninnholdet i urin ble Kjeldahl-metoden brukt (Kjeldahl, 1883). Urinprøven ble først kokt i konsentrert svovelsyre, og ved hjelp av en katalysator (Kjeldahl-tablett) ble nitrogenforbindelsene i prøven brutt:



Nitrogenet ble omdannet til ammoniakk og destillert over i tynn borsyre:



Deretter ble prøven titrert. Etter endt titrering ble det notert antall ml forbruk av 0,020 M HCl. Forbruk av 0,020 M HCl ekvivalerte den totale nitrogenmengden i prøven. Ved hjelp av ml forbruk HCl og nitrogenstandardene regnet man ut mengde nitrogen i prøvene:

$$\begin{aligned} X \text{ mg nitrogen i prøven} / \text{antall ml } 0,02 \text{ M HCl brukt for å titrere prøven} = \\ Y \text{ mg nitrogen} / \text{antall ml } 0,02 \text{ M HCl brukt for å titrere standardprøven} \end{aligned}$$

For å beregne proteininnholdet ble den utregnede nitrogenmengden multiplisert med en empirisk faktor 6,25 (Owen et al., 1998).

3.5.11 Blodprøver

Fastende venøse blodprøver ble tatt hver morgen (mellom kl 0600 og 0900) i ti dager, i tillegg ble det tatt blod ved test av oral glukosetoleranse og under ergometersykkeltest. Hver morgen ble det fylt fire-fem prøverør som til sammen rommet 21 mL blod. På dag 0, 3 og 7 ble det i tillegg fylt et rør á 5 mL. Morgenprøvene ble tatt med butterfly venekanyler og prøveglass. Under test av oral glukosetoleranse ble det innhentet totalt 55 mL blod fordelt på tre timer. Under fysisk test på ergometersykkel ble det tatt 48 mL blod fordelt på tre blodprøver over en periode på ca. 45 minutter (før test, under test, og etter test). Blodprøvene under OGTT og ergometersykkeltest ble tatt ved hjelp av veneflon (BD Veneflon™ Pro, Helsingborg, Sverige) tilkoblet en treveisventil og sprøyte.

Prøveglassene som ble benyttet var heparin-, serum- og EDTA- rør. Ett EDTA-rør var også tilsatt 60 µL AESBF protease-inhibitor. Prøveglassene med blod ble umiddelbart etter prøvetaking lagt i

isvann, og deretter sentrifugert ved 3500G ved 4°C i 10 minutter. Serumrør ble oppbevart i romtemperatur i minst 40 minutter før sentrifugering. Etter sentrifugering ble plasma fra prøverørene pipettert i alikvoter på 500-600 µL i 1,5 mL LoBind Eppendorf-rør. Det ble tilsatt 100 µL HCL i alikvotene fra EDTA-rørene med AESBF. Alikvotene tilsatt AESBF skulle brukes til måling av acetyleret ghrelin, men disse dataene er ikke presentert i oppgaven. Alikvotene ble pipettert over tørris for å holde temperaturen på plasma-prøvene så lav som mulig. Alikvotene ble så frosset i -80°C for oppbevaring før de ble sendt til videre analyser hos Fürst og andre institusjoner. Formålet med blodprøvene var å se på forskjellige hormoner og proteiner som påvirkes av faste.

3.5.12 Biopsi

Vevsprøver av muskelvev (m. vastus lateralis) og subkutant fettvev (abdominal) ble tatt før, og ved siste fastedag (dag 7). Prosedyren for muskel- og fettbiopsi var identiske, bortsett fra at man i fettbiopsien ikke gikk dypere enn underhudsfettet.

Før inngrepet ble hud (og muskelfascie) ved biopsiområdet lokalbedøvet (Xylocain 10 mg/ml AstraZeneca, Dublin, Ireland). Biopsiområdet ble desinfisert (Klorhexidin Fresenius Kabi 1 mg/ml, Halden, Norge) før det ble skåret et snitt i hud (og muskelfascie) på omtrent 10 millimeter med en steril skalpell. En steril Bergströmnål (6 mm) koblet til en 50 ml vakuumsprøyte ble ført inn i snittet. Det ble klippet ut omtrent 100-200 mg vev per biopsi. En bit av muskelbiopsien (ca. 50 mg) ble kuttet av og satt til side for analyse av elektronmikroskopisk (EM) analyse av glykogenpartikler. Vevet ble rensert for blod og bindevev, før det ble fordelt i ulike eppendorf-rør og umiddelbart fryst ned i flytende nitrogen. Prøvene ble deretter flyttet til oppbevaring ved i -80°C for videre analyser.

3.6 Statistikk

All data er oppgitt som gjennomsnitt \pm SEM. Signifikansnivået ble satt til $P < 0,05$, med mindre annet er beskrevet. Dataanalyser og utforming av tilhørende grafer ble gjort i GraphPad Prism 8 (GraphPad Software, La Jolla California, USA, www.graphpad.com). Endringer fra pre til post ble undersøkt med paret t-test. For repeterte målinger ble det brukt variansanalyse (ANOVA). For å måle den lineære sammenhengen mellom to variabler ble Pearsons R brukt som korrelasjonskoeffisient.

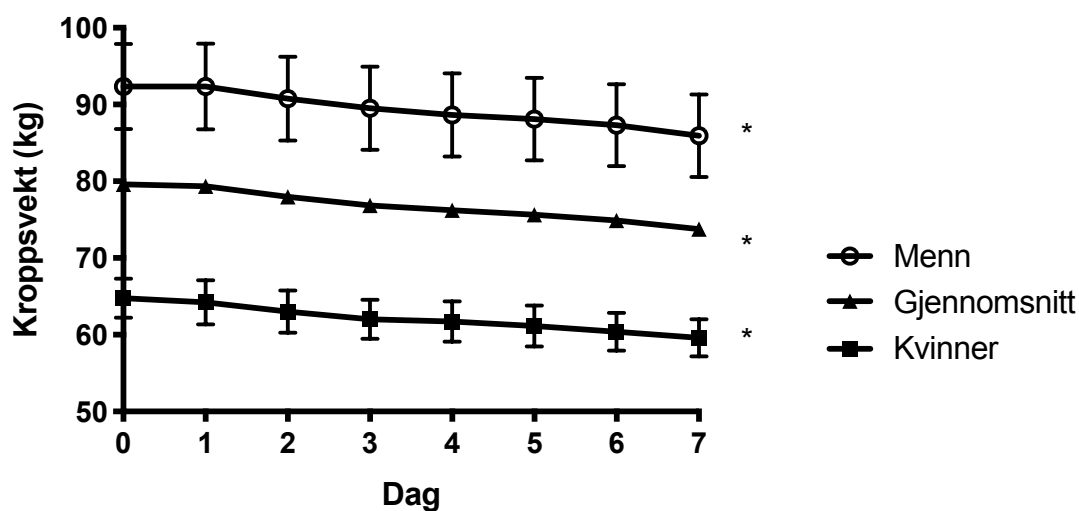
4.0 Resultater

Samtlige data blir presentert som en gruppe, med mindre annet er beskrevet.

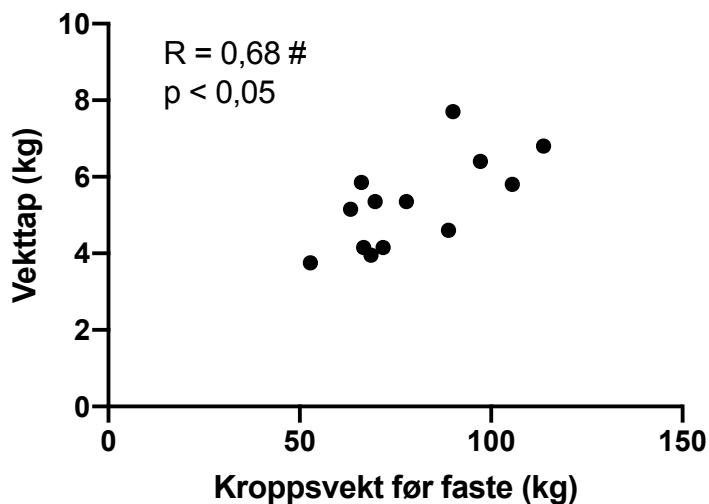
4.1 Vekttap

Kroppsvekten ble i gjennomsnitt redusert fra $79,4 \pm 5$ kg før fasten til $74 \pm 4,8$ kg etter fasten for hele gruppen, og var signifikant redusert fra pre til post hos både kvinner og menn ($p < 0,05$).

Gjennomsnittlig vekttap for gruppen var 0,8 kg per dag. Kvinner veide signifikant mindre enn menn ved starten av fasten ($p < 0,05$) (fig. 4.1). Vekttapet etter fasten korrelerte signifikant med kroppsvekten før faste for hele gruppen ($R = 0,68$, $p = < 0,05$) (fig. 4.2).



Figur 4.1: Kroppsvekt for menn, kvinner og samlet gjennomsnitt i løpet av syv dager faste. * signifikant forskjell, n menn = 7, n kvinner = 6, n total = 13.



Figur 4.2: Korrelasjon mellom kroppsvekt før faste og vekttap. * signifikant forskjell, $n = 13$.

DEXA-målinger viste signifikant reduksjon i fettmasse, fra $18,6 \pm 1,8$ kg til $17,3 \pm 1,9$ kg, og lean mass fra $58,3 \pm 4,1$ kg til $53,9 \pm 3,9$ kg ($p = 0,001$). Menn hadde signifikant høyere lean mass enn kvinner både ved starten av fasten og etter fasten ($p < 0,05$). Lean mass inkluderer i dette tilfellet muskelmasse, organer, essensielle fettsyrer i muskler og væske, men ekskluderer fettvev og skjelett (Scafoglieri & Clarys, 2018). Fettprosenten var ikke endret, da det samtidig var en nedgang i både fettmasse og lean mass (tabell 4.1).

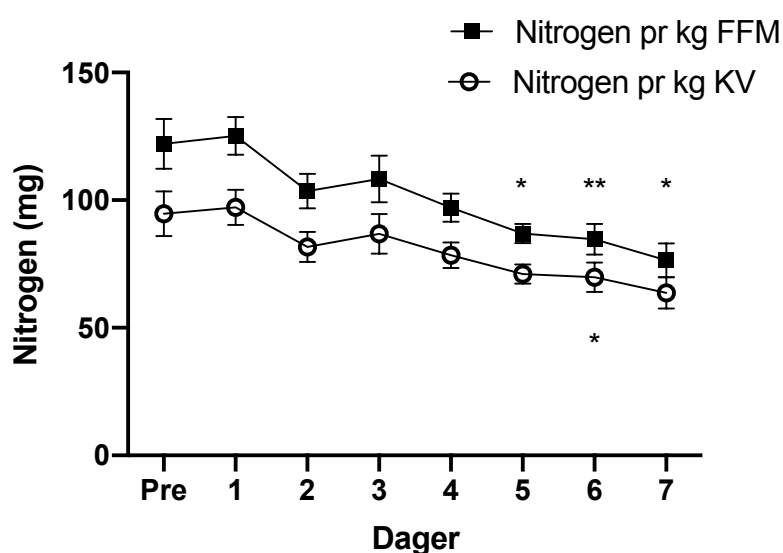
Tabell 2.1: Oversikt over endringer fra pre til post for kroppsvekt, fettprosent, fettmasse, og lean mass for hele gruppen.

	Pre	Post	Endring
Kroppsvekt (kg)	$79,4 \pm 5$	$74 \pm 4,8$	$-5,3 \pm 0,3$ *
Fettprosent (%)	$24,4 \pm 1,9$	$24,3 \pm 2$	$0,03 \pm 0,3$
Fettmasse (kg)	$18,6 \pm 1,8$	$17,3 \pm 1,9$	$-1,4 \pm 0,1$ *
Lean mass (kg)	$58,3 \pm 4,1$	$53,9 \pm 3,9$	$-4,4 \pm 0,4$ *

Data er oppgitt som gjennomsnitt \pm SEM. * signifikant forskjell, $p = 0,001$.

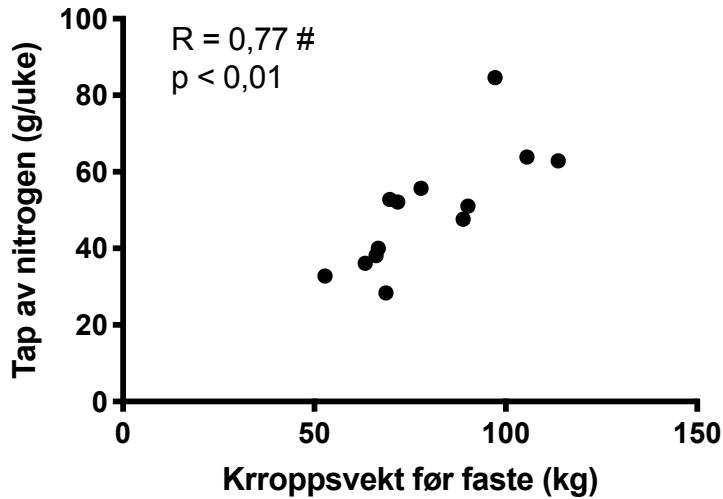
4.2 Nitrogen

Det var en signifikant reduksjon i nitrogenutskillelse i urin i mg per kg kroppsvekt (KV) per dag fra pre (dag 0) til dag 6 av fasten (* $p = 0,05$). Det var også en signifikant reduksjon i nitrogenutskillelse i mg per kg fettfri masse (FFM) fra pre (dag 0) til dag 5, 6, og 7. (* Pre vs. dag 5 og dag 7, $p < 0,05$, ** Pre vs. dag 6, $p < 0,005$) (fig. 4.3). Forsøkspersonene hadde et nitrogentap på totalt $310 \pm 26,5$ g. Menn hadde signifikant høyere nitrogenutskillelse enn kvinner ($p < 0,05$). Kvinner ($n = 6$) hadde et totalt nitrogentap på $38 \pm 3,4$ g, og menn ($n = 7$) hadde et nitrogentap på $59,7 \pm 4,4$ g etter syv dager faste. Gjennomsnittlig nitrogentap per dag var $6,2 \pm 0,4$ g, tilsvarende $39 \pm 2,7$ g protein.

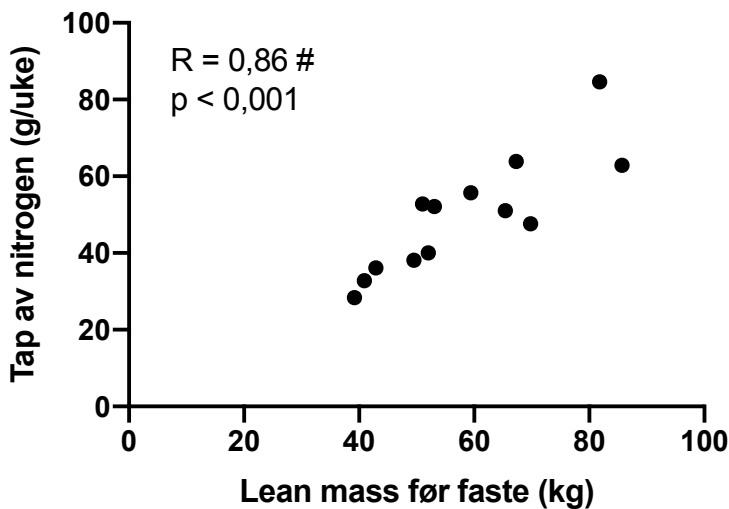


Figur 4.3: Graf som viser nitrogenutskillelse i urin under fasteperioden. *, ** signifikant, $n = 13$.

Tap av nitrogen i urin (g/uke) hadde en signifikant sammenheng med kroppsvekt før faste for både kvinner og menn ($R = 0,77$, $p < 0,01$) (fig. 4.4). Det var også en signifikant korrelasjon mellom tap av nitrogen (g/uke) og lean mass før fasten for hele gruppen ($R = 0,86$, $p < 0,001$) (fig. 4.5).



Figur 4.4: Graf som viser korrelasjon mellom tap av nitrogen i urin per uke og kroppsvekt før faste. # signifikant, $n = 13$.



Figur 4.5: Graf som viser korrelasjon mellom tap av nitrogen per uke og lean mass før faste. # signifikant, $n = 13$.

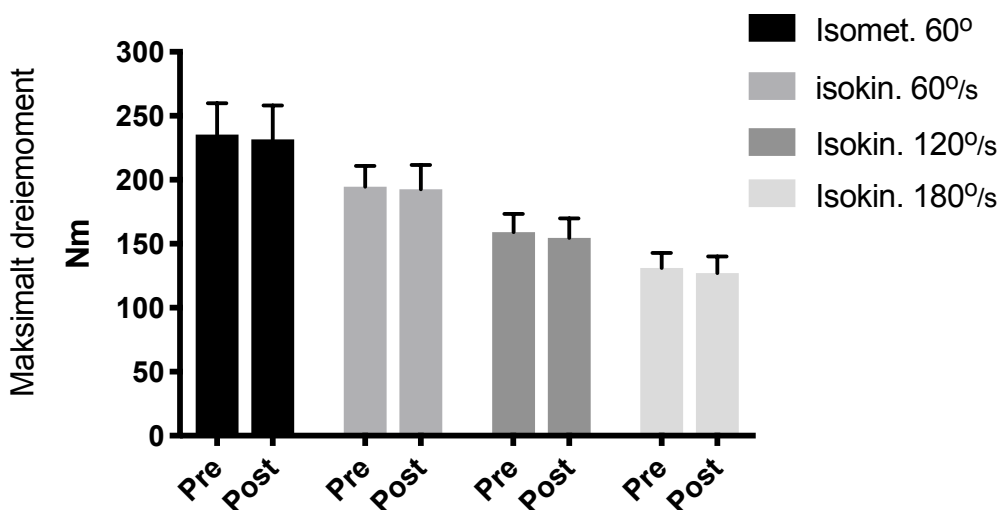
Gruppen hadde i gjennomsnitt et totalt vekttap på $5,3 \pm 0,3$ kg. Det var en reduksjon i fettmasse på 1378 ± 122 g, samt nedgang i total beinmasse på 13 ± 11 g. Gruppen hadde i løpet av fasteuken en total nitrogenutskillelse i urin på $49,7 \pm 4,2$ g. Dette tilsvarer et proteintap på totalt $310 \pm 26,5$ g. Muskler inneholder typisk 20 % protein (Pearson, 2012; Owen et al., 1998). Forutsatt at all tapt protein kommer fra skjelettmuskulatur, kan man estimere et tap på omtrent 1550 ± 133 g muskelmasse (tabell 4.2).

Tabell 4.2: Oversikt over gjennomsnittlig reduksjon i kroppsvekt, fettmasse, muskelmasse, beinmasse, og annet vekttap i fasten, n=13.

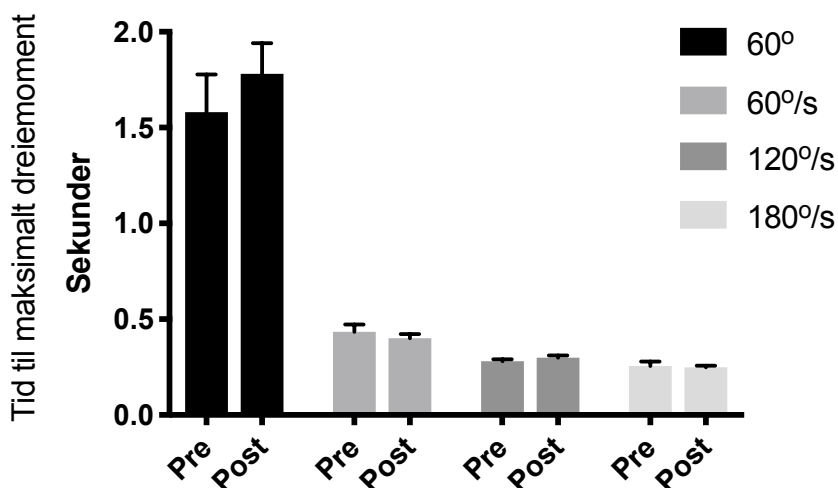
Tap av kroppsvekt (g)	5308 ± 332
Reduksjon fettmasse (g)	1378 ± 122
Reduksjon muskelmasse (g)	1550 ± 133
Reduksjon beinmasse (g)	13 ± 11
Annet vekttap (g)	2367

4.3 Styrketester i dynamometer (HUMAC)

Gruppen viste ingen endring i maksimalt dreiemoment i knestrekkeren ved 60° isometrisk kontraksjon (235 ± 25 Nm til 232 ± 27 Nm). Det var heller ikke signifikante endringer ved 60°/s (195 ± 16 Nm til 193 ± 19 Nm), 120°/s (159 ± 14 Nm til 155 ± 15 Nm), eller 180°/s (131 ± 12 Nm til 127 ± 13 Nm) isokinetisk kontraksjon (fig. 4.6). Ingen av de målte parameterne viste signifikante forskjeller mellom kjønn. Det var heller ingen signifikante endringer i tid til maksimalt dreiemoment ved 60° isometrisk kontraksjon (1,58 ± 0,2 sek til 1,78 ± 0,16 sek), eller ved noen av de isokinetiske kontraksjonene (fig. 4.7).

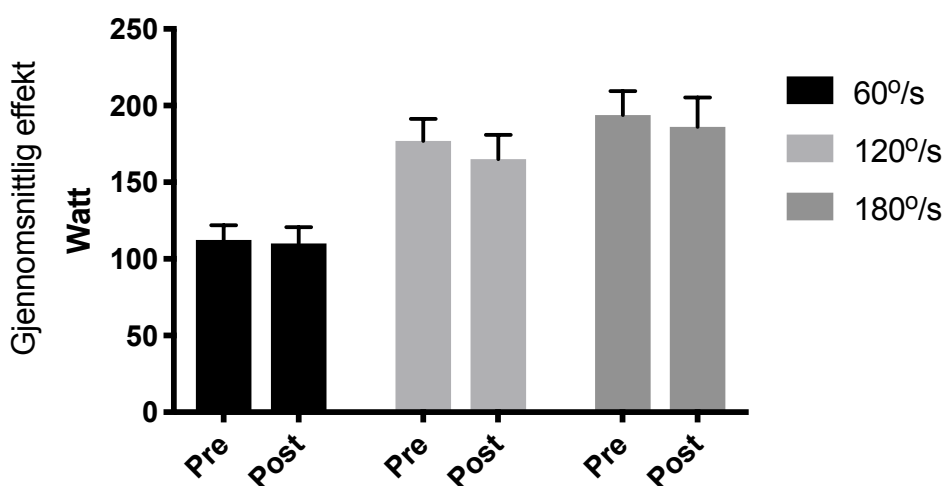


Figur 4.6: Endring i maksimalt dreiemoment (peak torque) i knestensorer før og etter faste, ved 60° isometrisk og 60°/s, 120°/s, 180°/s isokinetisk kontraksjon, n = 13.



Figur 4.7: Tid til maksimalt dreiemoment ved 60° isometrisk kontraksjon.

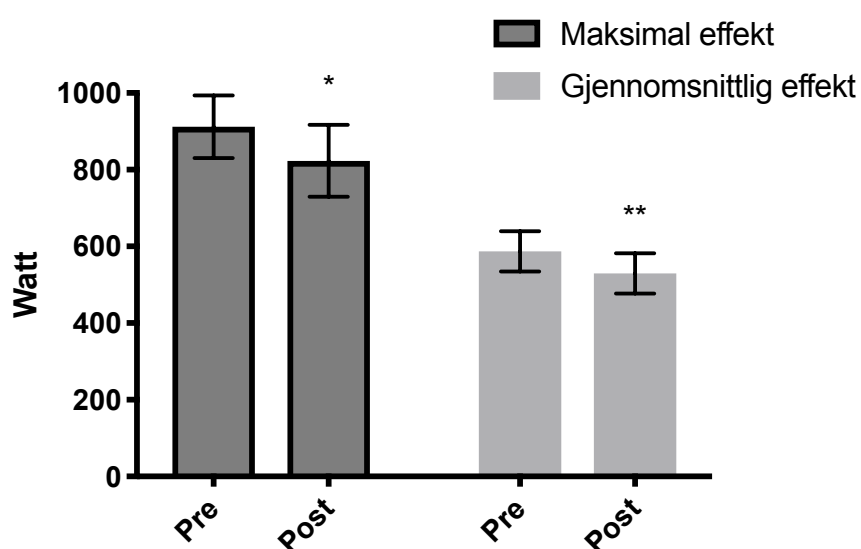
Forsøkspersonene hadde ingen signifikant endring i gjennomsnittlig effekt per repetisjon ved 60°/s (112 ± 10 W til 110 ± 11 W), 120°/s (177 ± 14 W til 165 ± 16 W), eller 180°/s (194 ± 16 W til 186 ± 19 W) isokinetisk kontraksjon (fig. 4.9). I gjennomsnittlig dreiemoment ved 60° isometrisk kontraksjon fant man heller ingen endring fra pre til post (202 ± 19 Nm til 201 ± 22 Nm) (fig. 4.8).



Figur 4.8: Gjennomsnittlig effekt (average power) per repetisjon ved 60°/s, 120°/s, og 180°/s isokinetisk kontraksjon.

4.4 10-sek Wingate-test

I Wingate 10 sek sykkeltest ble maksimal effekt (peak power) signifikant redusert fra 912 ± 81 W til 823 ± 94 W ($p < 0,05$). Den gjennomsnittlige effekten (mean power) hadde også en signifikant reduksjon fra 587 ± 52 W til 529 ± 53 W ($p < 0,001$) (fig. 4.9). Det var ingen signifikante endringer mellom kjønn, men menn hadde signifikant høyere maksimal og gjennomsnittlig effekt både før og etter faste sammenlignet med kvinner ($p < 0,001$).



Figur 4.9: Graf som viser pre- og postverdier av topeffekt (peak power) og gjennomsnittlig effekt (mean power) i Wingate 10 s sykkeltest. * ($p < 0,05$), ** ($p < 0,001$) signifikant, $n = 13$.

4.5 Hvilemetabolisme og blodprøver

Forsøkspersonene viste ingen endring i hvilemetabolisme (RMR) fra før til etter fasten. Menn hadde signifikant høyere hvilemetabolisme enn kvinner både før og etter faste ($p < 0,05$). Respiratorisk utvekslingskvotient (RER) ble signifikant redusert fra $0,86 \pm 0,02$ til $0,76 \pm 0,01$ ($p < 0,001$) etter fasten. Hvilelaktat ved måling av RMR viste også en signifikant reduksjon fra $1,13 \pm 0,08$ mM til $1,43 \pm 0,10$ mM etter fasten ($p < 0,05$) (tabell 4.3).

Tabell 4.3: Oversikt over RMR, RER og hvilemetabolisme, n=13.

	Pre	Post
RMR (kcal/dag)	1925 ± 126	1982 ± 140
RER (VCO₂/CO₂)	0,86 ± 0,02	0,76 ± 0,01 *
Hvilelaktat (mM)	1,13 ± 0,08	1,43 ± 0,10 *

C-peptid i blodserum ble signifikant redusert fra 442 ± 59 pmol/L til 157 ± 15 pmol/L etter fasten (p < 0,05). Det var også en signifikant reduksjon i fritt T₃ (fra 5,4 ± 0,2 pmol/L til 2,7 ± 0,2 pmol/L) og fritt T₄ (fra 17,2 ± 0,7 pmol/L til 16 ± 0,8 pmol/L) (p < 0,05). TSH, testosteron og kortisol viste ingen signifikante endringer i blodserum før fasten sammenlignet med etter (tabell 4.4).

Tabell 4.4: Serumkonsentrasjon av kortisol, c-peptid, T₃ og T₄ i blod før og etter faste, n=12.

	Pre	Post
C-peptid (pmol/L)	442 ± 59	157 ± 15 *
Fritt T₃ (pmol/L)	5,4 ± 0,2	2,7 ± 0,2 *
Fritt T₄ (pmol/L)	17,2 ± 0,7	16 ± 0,8 *
TSH (mU/L)	2,0 ± 0,3	2,0 ± 0,2
Testosteron (nmol/L)	10 ± 2,5	8,7 ± 2,1
Kortisol (nmol/L)	501 ± 48	498 ± 55

5.0 Diskusjon

Denne studien hadde til hensikt å undersøke flere problemstillinger. Det første formålet var å undersøke hvilken effekt seks dager faste hadde på tap av muskelmasse ved å måle nitrogenutskillelse i urin. Det andre formålet var å undersøke hvilken effekt seks dager faste hadde på maksimal kraftutvikling i knestrekkerne og det tredje formålet var å undersøke effekten av seks dager faste på maksimalt arbeid på 10 sekunder modifisert Wingate-test.

5.1 Hovedfunn

Resultatene viste at forsøkspersonene skilte ut 49,7 g N, tilsvarende 310 g kroppsprotein i løpet av syv dager faste. Forutsatt at all tapt protein stammer fra muskelvevet, vil det tilsvare 1550 g tapt muskelmasse. Vi fant en signifikant reduksjon i nitrogenutskillelse i urin i mg/kg kroppsvekt/dag når man sammenlignet data før og etter seks dager faste, noe som viser at det skjer metabolske tilpasninger under fasten som reduserer proteinnedbrytningen. Det var også en signifikant korrelasjon mellom tap av nitrogen (g/uke) og kroppsvekt før faste, og tap av nitrogen (g/uke) og lean mass før faste.

Dataene på muskelstyrke viste at maksimal kraftutvikling i knestrekkerne var uendret etter seks dager faste. Det var ingen signifikante endringer i noen av styrkeparameterne i hverken isometrisk kontraksjon, eller i de tre forskjellige vinkelhastighetene i isokinetisk kontraksjon. I Wingate 10 sek sykkeltest viste resultatene derimot en reduksjon i maksimal og gjennomsnittlig effekt etter seks dager faste.

5.2 Tap av kroppsmasse

5.2.1 Tap av total vekt og fettmasse

Etter syv dager faste ble kroppsmassen for hele gruppen redusert med 5,3 kg. Vekten ble gradvis redusert i løpet av fasten og gjennomsnittlig vektreduksjon var på 0,8 kg per dag. Andre studier som undersøker vekttap og faste har funnet lignende resultater hos normalvektige. Studien til Göschke og medarbeidere (1975) fant at normalvektige menn i gjennomsnitt hadde et vekttap på 5,3 kg, og normalvektige kvinner hadde et vekttap på 4,8 kg etter seks dager faste. En annen studie viste en vektnedgang på kun 3,6 kg etter fem dager faste (Afolabi et al., 2007). Mens en tredje studie rapporterte om 4 kg vektnedgang etter fem dager faste og 7,3 kg etter ti dager faste hos seks normalvektige menn (Krzywicki, Consolazio, Matoush & Johnson, 1968). Overnevnte studier viser et gjennomsnittlig daglig vekttap på omkring 0,8 kg, noe som samsvarer med våre funn. Vekttap etter en tilsvarende fasteperiode viser seg å være noe høyere hos overvektige sammenlignet med normalvektige (Drenick, Swendseid, Bland & Tuttle, 1964; Göschke et al. 1975).

Dataanalysene viste at det var en signifikant korrelasjon mellom kroppsvekt før faste og vekttapet under fasteperioden (fig 4.2) ($R = 0,68$, $p < 0,05$). En studie på faste og overvektige viser også lignende korrelasjon mellom utgangsvekt og vekttap etter faste (Thomson et al., 1966). Høyere kroppsvekt har sammenheng med blant annet større muskelmasse hos normalvektige. Fordi hvilemetabolismen er sterkt knyttet til muskelmasse, kan det tenkes at jo større kroppsmasse og muskelmasse, jo høyere energiforbruk under hvile, og dermed større vekttap (Levine, 2004; Sjödin, et al., 1996). Dette stemmer overens med at menn i vår studie var omtrent 30% tyngre enn kvinner, og hadde omkring 33% større lean mass og 30% høyere hvilemetabolisme enn kvinner ved starten av studien. En eldre reviewartikkel som har studert 26 forskjellige pattedyr, inkludert mennesker, foreslår at det er en sterk sammenheng mellom kroppsvekt og metabolisme, og at korrelasjonskoeffisienten er så høy som 0,98 (Kleiber, 1947).

DEXA-målinger viste at fettmassen ble redusert med 1378 gram fett, noe som tilsvarer 26 % av total vektnedgang og et energiforbruk på omtrent 9646 kcal etter syv dager faste. I studien til Göschke og medarbeidere (1975), hadde normalvektige menn og kvinner et gjennomsnittlig fettforbruk på henholdsvis 1810 kcal og 1530 kcal per dag, noe som tilsvarer en estimert reduksjon i fettmasse på 1206 gram hos menn og 1020 gram hos kvinner etter seks dager faste. Til sammenligning vil et

fettforbruk på 1819 kcal per dag tilsvare omtrent 12670 kcal i løpet av syv dager, noe som ikke er ulikt vårt funn. Andre studier har funnet en noe høyere reduksjon i fettmasse. Blant andre Krzywicki og medarbeidere (1975) rapporterte om en fettreduksjon på 3680 gram hos normalvektige menn, tilsvarende hele 92% av total vekt nedgang, etter bare fem dager faste. Fettprosenten i vår studie var ikke endret som følge av at det var en samtidig nedgang i fettmasse og lean mass.

I løpet av den syv dager lange fasten mistet forsøkspersonene i gjennomsnitt 1378 g fett, tilsvarende 9646 kcal. Dersom man tar utgangspunkt i at gruppen hadde 100 gram leverglykogen som ble oksidert de første dagene, tilsvarer det en forbrenning på 400 kcal (Cahill 1976). Proteintapet fra kroppsvev var på omtrent 310 gram, evt. 1550 g muskler dersom proteinet utelukkende stammer fra muskelmasse, tilsvarende 1240 kcal. Totalt vil dette gi et minimumsestimat på energiforbruk på 11286 kcal, eller 1612 kcal per, dag i løpet av syv dager faste.

Som illustrert i tabell 4.2, står reduksjonen i fett-, bein- og muskelmasse for kun 2941 gram av det totale vekttapet på 5308 g. Resterende 2367 g, tilsvarende 45% av det totale vekttapet, skyldes mest sannsynlig vekttap som følge av bl.a. tarminnhold, salter, og væske i kroppen. Andre studier har også funnet indikasjoner på at nærmere halvparten av vektreduksjonen under faste kan skyldes væsketap (Consolazio et al., 1967b)

5.2.2 Nitrogenutskillelse, proteintap og muskeltap

Proteintap kan kvantifiseres ved å måle mengden nitrogen (N) som skilles ut i urinen under fasteperioden. Ett gram nitrogen tilsvarer 6,25 gram protein (Owen et al., 1998). Total nitrogenutskillelse for gruppen var 49,7 g N, tilsvarende 310 g protein, i løpet av syv dager faste. Gjennomsnittlig nitrogentap per dag var 6,2 g N, tilsvarende 39 g protein. Dersom man forutsetter at all tapt protein kommer fra skjelettmuskulatur, og tar utgangspunkt i at muskler i våtvekt inneholder 20% proteiner, vil 310 g protein tilsvare et tap på 1550 g muskelmasse (Pearson, 2012).

Som illustrert i figur 4.3, ble den daglige nitrogenutskillelsen gradvis redusert gjennom hele fasteperioden, fra 7,7 g N ved dag 0 til 4,5 g N ved dag 7 av fasten. Ved dag 5, 6 og 7 var nitrogenutskillelsen signifikant redusert sammenlignet med preverdi ($p < 0,05$). Gradvis reduksjon i nitrogenutskillelse er også sett i flere andre studier som studerer nitrogentap og faste (Göschke et al.,

1975; Consolazio et al., 1967b; Owen et al., 1998). Et høyere nitrogentap ved starten av fasten tyder på at proteiner i kroppen blir katabolisert til bruk i glukoneogenesen. Vi observerte også en signifikant reduksjon av c-peptid i plasma etter tre og fem dager faste ($p < 0,001$). Reduksjon i c-peptid gjenspeiler en reduksjon i insulinutskillelse, noe som resulterer i økt proteolyse i bl.a. annet musklene, men også økt nedbrytning av fettvev (Jones & Hattersley, 2013). Den etterfølgende reduksjonen i nitrogenutskillelse, særlig ved dag 5, 6 og 7, indikerer at blant annet hjernen i større grad benytter ketoner som energisubstrat, og at andre adapterte mekanismer har sørget for reduksjon i proteinnedbrytningen og sparing av bl.a. muskelmasse (Cahill, 1968). En annen forklaring på redusert nitrogenutskillelse kan også være at aminosyrene i større grad benyttes til gjenbruk i proteinsyntesen. Hos rotter er det rapportert om 10-30% gjenbruk av aminosyrer fra nedbrytning av muskler i normal tilstand, og økt gjenbruk av aminosyrer fra muskler etter kort faste. Det er imidlertid ikke helt klart hvilken grad dette gjelder for mennesker (Young, Haverberg, Bilmazes & Munro, 1973).

Resultatene viste at det var en signifikant korrelasjon mellom kroppsvekt før faste og nitrogenutskillelse i urin ($R = 0,77$, $p < 0,05$). Det var også en sterk sammenheng mellom kroppsvekt før faste og lean mass før faste ($R = 0,86$, $p < 0,001$). Dette antyder at proteintapet under faste avhenger av utgangsvekten, og at personer med stor kroppsmasse og muskelmasse mister mer proteiner enn et menneske med mindre kropps- og muskelmasse. Dette er i tråd med at kvinner i vår studie hadde signifikant lavere kroppsmasse og lean mass enn menn ($p < 0,05$), og også signifikant lavere nitrogenutskillelse ($p < 0,001$) i løpet av fasteperioden. Elia og medarbeidere (1999) foreslår at utgangsstørrelsen på de ulike energilagrene i kroppen er bestemmende for mye masse man vil tape i de ulike kroppsvevene under faste.

Vår studie viser et noe lavere proteintap enn det man finner for normalvektige i andre fastestudier. Göschke og medarbeidere (1975) observerte et totalt proteintap på 459 g for menn og 314 g for kvinner etter seks dager faste, og et daglig proteintap på hhv. 76,3 g og 52,3 g. Til sammenligning hadde våre menn et totalt proteintap på 373 g, og kvinner hadde et totalt tap på 238 g. Gjennomsnittlig nitrogentap per dag var 39 g for hele gruppen. Consolazio og medarbeidere (1967b) rapportere også om et høyere proteintap, der seks normalvektige menn mistet 53 g protein per dag, og hadde et totalt tap på 535 g protein i løpet av ti dager faste.

Studiene til Göschke (1975) og Consolazio (1967b) opplyser imidlertid bare om kroppsvekten til

forsøkspersonene, men sier ingenting om muskelmassen. En større kropps- og muskelmasse kan være forklaringen på at de overnevnte studiene viser et høyere proteintap. Imidlertid ser det ikke ut som dette er tilfelle, da gjennomsnittsvekten hos menn i sistnevnte studier ikke var over 80 kg, mens våre normalvektige menn hadde en gjennomsnittsvekt på over 90 kg. En annen forklaring kan være at våre forsøkspersoner har underrapportert urintapet, eller at måle metodene og analysene ikke har vært nøyaktige nok. Göschkes studie (1975) brukte imidlertid samme metode for nitrogenanalyse som vår studie (Kjeldahl-metoden).

DEXA-målinger viste at lean mass for hele gruppen ble redusert fra 58,3 kg til 53,9 kg, tilsvarende en endring på -4,4 kg. Lean mass-målinger ved DEXA-skann er blitt foreslått som gullstandard for estimering av muskelmasse, og blir ofte benyttet i studier som undersøker endringer i muskelmasse (Scafoglieri & Clarys, 2018; Buckinx et al., 2018). DEXA-apparatet skiller mellom bein, fett og annet bløtvev (inkludert muskler og organer m.m.). Måleapparatet bruker bl.a. vanninnhold og andre organiske forbindelser til å skille mellom beinvev og bløtvev. Som følge av dette kan blant annet kroppstykkelser og hydreringsstatus påvirke målingen av muskelmasse og annet bløtvev (Buckinx et al., 2018). Blant andre Consolazio og medarbeidere (1967b) foreslo at nærmere halvparten av vektreduksjonen de så etter ti dager faste var på grunn av væsketap i kroppen, og mild dehydrering. Selv om vi ikke målte væskeinntak og væsketap i vår studie, er det ingen grunn til å se bort ifra at våre forsøkspersoner også led av dehydrering etter syv dager faste. Denne svakheten i måleapparatet gjør at estimering av muskelmasse ved DEXA-skann ikke vil gi mål som er nøyaktige nok hos personer som har fastet over en lengre periode.

Som tidligere nevnt, viser analyser at gruppen hadde et proteintap på 310 g. Dersom all tapt protein hadde kommet fra skjelettmuskulatur ville vi sett et tap på 1550 gram muskelmasse. Det er imidlertid viktig å ta i betraktning at nitrogenet som utskilles i urin også kommer fra nedbrytning av andre kroppsvev, f.eks. organer. I tillegg gir nitrogenutskillelsen i urin bare et minimumsmål på proteintapet fordi man ikke har kontroll over proteiner som skilles ut i svette, eller døde hudceller, hår og negler (Ballard & Tomas, 1983).

Skjelettmusklene består av ca. 20% proteiner, og de kontraktile proteinene aktin og myosin står for omtrent 50-65% av alle proteinene i skjelettmusklene (Pearson, 2012; Haus, Carrithers, Carroll, Tesch & Trappe, 2007; Young & Munro, 1978). 3-methylhistidin (3-MeH) er en aminosyre og en komponent i de myofibrillære proteinene i musklene, særlig i proteinet aktin. Over 90% av 3-MeH i

kroppen ligger i skjelettmuskulaturen (Bilmazes, Uauy, Haverberg & Munro, 1983). Når de kontraktile proteinene i musklene brytes ned, frigjøres 3-MeH, men aminosyren blir ikke gjenbrukt til proteinsyntese. Utskillelsen av 3-MeH i urin blir derfor ofte benyttet som et mål på tap av muskelmasse. Selv om mesteparten av 3-MeH befinner seg i proteiner i skjelettmuskulaturen, vil ikke utskillelsen av 3-MeH i urin utelukkende reflektere tap av skjelettmuskelmasse. Dette fordi 3-MeH også frigjøres fra andre vev, blant annet hjertet og annen glatt muskulatur (Haschek, Rousseaux, Wallig, Bolon & Ochoa, 2013). Andre studier konkluderer med at 3-MeH likevel vil være et godt mål på muskeltap, da man kan anta at 3-MeH fra andre vev enn muskler utgjør en ubetydelig del av den totale utskillelsen av aminosyren (Young et al., 1973).

Vi har ikke målt utskillelsen av 3-MeH i urin, og dessverre vet vi ikke hvilke vev de nedbrutte proteinene stammer fra, men det går an å forsøke å regne seg frem til et hypotetisk tall. Våre forsøkspersoner var relativt godt trent og hadde minst 60% muskelmasse i kroppen. Dersom man dermed tenker seg at også 60% av det totale proteintapet på 310 g stammer fra muskelproteiner, ender man med et muskelproteintap på 186 g, tilsvarende 930 g muskelmasse. I følge Young & Munro (1978) består skjelettmuskler av 50-65% kontraktile proteiner. Dersom man tar utgangspunkt i at 65% av muskelproteintapet stammer fra kontraktile proteiner (aktin og myosin), kan man regne seg frem til et tap på ca. 605 g kontraktilt vev. Etter syv dager faste har man hypotetisk sett mistet 930 g muskler, inkludert 605 g kontraktil muskelmasse. Dette er imidlertid en helt hypotetisk estimering som ikke må forveksles med fakta.

Studier har rapportert om en noe redusert hvilemetabolisme (RMR) etter en lengre fasteperiode (Owen et al., 1998; Consolazio, 1967a). Nedsatt RMR under faste kan skyldes nedsatt metabolisme som følge av adaptasjoner i fasten, blant annet endringer i thyreoideahormoner, og/eller som følge av tap av muskelmasse (Secor & Carey, 2016; Levine, 2004; Sjödén, et al., 1996). Andre studier har derimot ikke sett endringer i hvilemetabolismen etter faste (Dewasmes, LeMaho, Cornet & Groscolas, 1980; Elia, Lammert, Zed & Neale, 1984). Våre resultater viste heller ingen signifikant endring i RMR, selv om vi fant en signifikant reduksjon i både kroppsvekt ($p < 0,05$) og thyreoideahormonene T_3 og T_4 ($p < 0,05$). Man kan spekulere i om muskeltapet sannsynligvis var for lite til å ha innvirkning på basalmetabolismen, eller at fasteperioden på syv dager var for kort til at man kunne observere tilstrekkelig reduksjon i metabolismen som følge av faste.

5.3 Fysiske tester

5.3.1 Maksimale styrketester i dynamometer

Resultatene ved styrketestene i dynamometer viste ingen endring i maksimalt dreiemoment i knestrekke ved 60° isometrisk kontraksjon, eller ved 60°/s, 120°/s og 180° isokinetisk kontraksjon. Det var heller ingen endring i gjennomsnittlig dreiemoment ved 60° isometrisk kontraksjon, og ingen endring i effekt per repetisjon ved 60°/s, 120°/s og 180° isokinetisk kontraksjon.

De observerte resultatene er i tråd med studier som har sett på effekten av periodisk faste på muskelstyrke, som viser at kortvarig faste (under 24 timer) ikke har negativ innvirkning på hverken muskelmasse, eller muskelstyrke (Tinsley et al. 2017; Aziz et al., 2010; Trabelsi et al, 2013). Det kan imidlertid være uhensiktsmessig å sammenligne disse resultatene med våre funn, da faste over tre dager vil gi adaptasjoner som i større grad kan påvirke muskelfunksjonen (Frayn, 2009). Studier som har sett på muskelstyrke og faste over flere dager viser for øvrig sprikende funn.

Flere studier undersøker effekten av over tre dagers faste og maksimal grepsstyrke. Grepsstyrke har blitt foreslått som en markør for endringer i ernæringsstatus, muskelstyrke og muskelmasse, særlig hos pasienter som er innlagt på sykehus (Johnson, Kriedl, Frykman & Moore, 1994). I Minnesota Semi-Starvation Experiment fra midten av 1940-tallet observerte de at grepsstyrken ble redusert etterhvert som kroppsvekten også ble lavere, og motsatt da kroppsvekten økte igjen (Keys, Brožek, Henschel, Mickelsen & Taylor, 1950). Det er sannsynligvis derfor flere studier benytter denne testen for å undersøke muskelfunksjon under faste.

To studier som testet maksimal grepsstyrke hos friske personer fant ingen signifikante endringer etter henholdsvis tre og fire dager faste (Gutiérrez et al., 2001; Elia et al., 1984). En studie som undersøkte grepsstyrke etter fem dager faste viste en tendens til reduksjon i muskelstyrke, mens en annen studie rapporterte om signifikant reduksjon i grepsstyrke etter ni dager faste (Lennmarken et al., 1990; Consolazio et al., 1967a). Dette kan tyde på at effekten av faste på muskelstyrke avhenger av varigheten på fasten. På en annen side kan det diskuteres om grepsstyrke er et godt nok mål på muskelstyrke, eller om det har noen praktisk betydning, da denne testen kun involverer mindre muskelgrupper. Johnson og medarbeidere (1994) fant ingen sterk korrelasjon mellom fettfri masse

og grepsstyrke. De fant heller ingen endring i grepsstyrken selv om forsøkspersonene, etter en periode med negativ energibalanse, i gjennomsnitt reduserte kroppsvekten med 15,6% og reduserte den fettfrie massen. De konkluderte med at grepsstyrke ikke er en holdbar målemetode for muskulære endringer hos friske personer.

Andre studier har imidlertid undersøkt effekten av faste på muskelstyrken i større muskelgrupper etter 3,5 dager faste. Bosco og medarbeidere (1974) observerte at den maksimale isometriske muskelstyrken i albuefleksjon, skulder-, og kneekstensjon samlet sett ble redusert med 10,4% etter tre dagers faste uten vann. Han påpeker imidlertid at kontrollgruppen også reduserte muskelstyrken i de nevnte øvelsene med 7,5%. Knapik og medarbeidere (1987) rapporterte derimot om ingen endring i isometrisk styrke, men en liten nedgang i isokinetisk styrke ved 30 %/s og 180 %/s. Samtidig konkluderer de med at fasting over en periode på 3,5 dager har liten innvirkning på den fysiske prestasjonen så lenge den fysiske aktiviteten holdes til det minimale under fasteperioden (Knapik et al., 1987).

Som tidligere nevnt, er det godt dokumentert at muskelmasse har en sterk sammenheng med muskelstyrke (Dahl, 2008). At muskeltapet etter syv dagers faste ikke var stort nok til å påvirke muskelstyrken kan være én del av forklaringen på hvorfor både vi og andre studier kun observerer liten, eller ingen, endring i muskelfunksjon under faste. I vår studie observerte vi et proteintap på 310 g etter syv dager faste. Selv om vi ikke vet hvor i kroppen dette proteinet stammer fra, kan man anta at noe muskelprotein også er en del av dette tapet. I en studie av Lennmarken og medarbeidere (1986) konkluderer de imidlertid med at muskelmassen er omtrent den samme etter fem dager faste. Samtidig kan det være verdt å ta i betraktning at det finnes forskjellige typer proteiner i musklene, og at det i hovedsak er de kontraktile proteinene, sammen med bindevevsproteinene (f.eks. kollagen), som er viktige for kraftoverføring fra musklene (Dahl, 2008). Musklene består av omtrent 50-65% kontraktile proteiner, og selv om man opplever et stort muskelproteintap er det dermed ikke sikkert at det vil gå nevneverdig utover de kontraktile egenskapene i musklene (Haus et al., 2007; Young & Munro, 1978).

Spennende studier på tap av muskelmasse og styrke under simulerte romfarer (flere dager i et rom uten tyngdekraft) viser at det under visse omstendigheter kan være et misforhold mellom tap av muskelmasse og tap av muskelstyrke (Borina, Pellegrino, D'antona & Bottinelli, 2010). En studie som har undersøkt atrofi som følge av minimal muskelbruk og mangel på tyngdekraft over 35 dager,

observerte at muskelfunksjonen og de viktige kontraktile proteinene i m. quadriceps i stor grad ble opprettholdt, selv om muskelvolumet ble redusert med over 10% (Haus et al., 2007). Dette kan tyde på at det er et visst hierarki for hvilke muskelproteiner som går tapt først under perioder med atrofi. En logisk teori vil være at proteiner som er ikke er like viktige med tanke på muskelfunksjon og kontraktile egenskaper vil bli brutt ned først, men dette er bare spekulasjoner.

5.3.2 Sykkeltest Wingate 10 sek

Resultatene i 10-sek Wingate sykkeltest viste en signifikant reduksjon i maksimal effekt ($p < 0,05$) og gjennomsnittlig effekt ($p < 0,001$). Studier på anaerobt arbeid og faste viser imidlertid sprikende resultater. Studier på anaerob effekt under periodisk faste (ramadan) antyder at maksimal og gjennomsnittlig effekt, målt i 30 sek Wingate, ikke blir påvirket av faste av kortere varighet (Karli et al., 2007; Chaouachi et al., 2009). Ved faste over tre dager ser det heller ikke ut til at den anaerobe kapasiteten (målt i 50 hurtige isokinetiske repetisjoner ved 180 %s i albuefleksorer) blir påvirket nevneverdig (Knapik et al., 1987). Andre studier viser derimot en reduksjon i evnen til å utføre et lengre anaerobt arbeid på tredemølle (75 sek arbeid ved 14,5 km/t og 8,6% stigning) (Henschel et al., 1954).

Det vil for øvrig ikke være helt riktig å sammenligne våre resultater med studiene som ser på effekten av periodisk faste (ramadan) på anaerob effekt, da kroppen ved faste under 24 timer ikke vil rekke å oppnå de samme adaptasjonene som oppnås etter tre-fire dager faste. I tillegg vil man ved periodisk faste dra nytte av de anabole egenskapene som økt insulin/glukagon-ratio gir når man inntar mat etter et visst antall timer (Cahill, 1976). Det er imidlertid ingen, eller få studier meg bekjent som ser på anaerob effekt og faste på over fire dager. Det kan uansett spekuleres i forklaringer på en eventuell reduksjon i anaerob prestasjon etter lengre tids faste.

Ved maksimalt arbeid under ti sekunder vil det alaktiske ATP- og CrP-systemet stå for mesteparten av energitilførselen. Ved arbeid på over ti sekunder vil det laktiske glykolytiske systemet være dominerende. Etterhvert som tiden på det maksimale arbeidet øker vil aerobe systemer stå for en større andel av energifrigjøringen (McArdle et al., 2010; Gatin, 2001). Ved et anaerobt arbeid på 30 sekunder, f.eks. Wingate-test, vil det glykolytiske systemet frigjøre en stor mengde laktat som følge av at det ikke er tilstrekkelig med oksygen til det maksimale arbeidet. Bogdanis og medarbeidere

(1996) observerte en tidobling i laktatkonsentrasjonen i blodplasma, sammenlignet med baseline, etter 30 sekunder sprint på ergometersykkel (Bogdanis, Boobis & Lakomy, 1996). En studie på aerob prestasjon under faste konkluderte blant annet med at tiden til muskulær tretthet ved 86% av VO_{2maks} ble redusert etter 24 timer faste, noe som sannsynligvis skyldes en høyere blodlaktatkonsentrasjon under faste, sammenlignet med normale tilstander (Loy, Conlee, Winder, Nelson, Arnall & Fisher, 1986).

Det er tidligere foreslått at det er opphopning av laktat og det medfølgende fallet i pH som er medvirkende til muskeltretthet ved et intenst arbeid. Nyere undersøkelser viser at det mest sannsynlig er det en kombinasjon av at økt laktat under intenst arbeid fører til lavere pH, som igjen resulterer i opphopning av blant annet kaliumioner i musklene (Morton, 2008). I vår studie observerte vi også en signifikant høyere hvilelaktat i fasteperioden sammenlignet med før fasten ($p < 0,05$) (fig. 4.3). Den selv om denne økningen i laktat sannsynligvis er en strategisk fysiologisk adaptasjon som følge av fasten, kan det hende at denne økningen er hemmende for prestasjonen i øvelser med varighet over ti sekunder. Dette forklarer imidlertid ikke hvorfor vi fant reduksjon i maksimal effekt ved ti sekunders maksimalt arbeid etter syv dager faste.

Det finnes ingen kilder, meg bekjent, som viser at faste påvirker ATP- og CrP-systemet. En reduksjon i maksimal og gjennomsnittlig effekt ved ti sekunder maksimalt arbeid må i så fall være et resultat av andre muskulære endringer som følge av fasten. Det er godt etablert at det er en sterk sammenheng mellom muskelglykogeninnhold og evnen til å motstå tretthet, både ved langvarig (mer enn én time) og mer høyintensivt arbeid (Ørtenblad, Westerblad & Nielsen, 2013). Det kan tenkes at man vil ha et redusert innhold av muskelglykogen etter flere dager faste, men flere studier antyder at det ikke er noen forskjell i muskelglykogeninnhold i en uthvilt muskel under faste (Loy et al., 1986; Knapik, Meredith, Jones, Suek, Young & Evans, 1988). Upubliserte tall fra datainnsamlingen til denne studien viser også at muskelglykogenlageret ikke blir fullstendig tømt etter syv dager faste, og at muskelglykogenlagrene til en viss grad blir fylt opp igjen etter hardt fysisk arbeid.

En annen teori er at evnen til å yte maksimal effekt blir redusert som følge av dehydrering under faste. Flere studier har rapportert om at personer som gjennomgår faste over flere dager blir dehydrert til tross for normalt væskeinntak (Consolazio et al., 1967b; Henschel et al., 1954). Ettersom reduksjonen i bein-, fett- og mulig muskelvev, bare sto for halvparten av det totale vekttapet, tyder det på at også våre forsøkspersoner var dehydrerte under fasten (tabell 4.2). Det er

dokumentert at evnen til maksimal kraftutvikling til en viss grad blir negativ påvirket av dehydrering (Hayes & Morse, 2010). I og med at vi ikke har konkrete tall på væskebalansen i løpet av fasteperioden, kan vi bare spekulere i om dette var tilfelle også i denne studien.

I og med at kraften som utvikles i musklene blir nøye regulert av rekrutterte motoriske enheter og fyringsfrekvens, kan det også være mulig at en reduksjon i maksimal effekt skyldes sentral trøtthet (Raastad et al., 2010). Målinger av tid maksimalt dreiemoment i dynamometer kan blant annet brukes til å evaluere evnen til hurtig kraftproduksjon og eksplosivitet. Redusert tid til maksimalt dreiemoment kan indikere redusert rekruttering av de raske type II-fibrene (Kannus, 1994). I og med at vi hverken fant endring i tid til maksimalt dreiemoment ved 60° isometrisk kontraksjon, eller endringer i tid til maksimalt dreiemoment i noen av de isokinetiske vinkelhastighetene, kan vi til en viss grad utelukke sentral trøtthet. En annen forklaring på den observerte reduksjonen kan også ligge i omstendighetene rundt selve testingen av maksimal og gjennomsnittlig effekt.

Det er viktig å ta i betraktning at den modifiserte 10-sek Wingate-testen ble gjennomført kun tre minutter etter en fettoksideringstest på 45% av VO_{2maks} . I og med at fettoksideringstesten krever noe aerobt arbeid vil en del muskelglykogen bli benyttet for å dekke det aerobe energikravet. Det må derfor forventes at glykogeninnholdet i musklene var lavere enn ved starten av 10-sek Wingate-testen, enn ved starten av fettoksideringstesten. Det må også nevnes at ikke alle forsøkspersonene maktet å gjennomføre hele fettoksideringstesten ved post-testene fordi testen var for tung å utføre. Dette skyldes at forsøkspersonene syklet på en høyere relativ belastning under fasten sammenlignet med før fasten, fordi VO_{2maks} var redusert ved posttesten. Data fra studien, som ikke er beskrevet i denne teksten, viser også at forsøkspersonene hadde høyere RPE og høyere puls på posttestene på ergometersykkel. Den maksimale og gjennomsnittlige effekten i sprinttesten vil dermed unektelig bli påvirket av det foregående arbeidet i fettoksideringstesten. Det er uvisst om man i det hele tatt ville sett en forskjell dersom forsøkspersonene hadde vært helt uthvilt før den modifiserte 10-sek Wingate-testen.

Som tidligere nevnt, er det sterke sammenhenger mellom maksimalt dreiemoment i isokinetiske kontraksjoner og ytre effektutvikling (Kin-Isley et al., 2008; Thorland et al., 1987; Raastad et al., 2009). Det at vi ikke observerte en negativ endring i den maksimale kraftutviklingen i dynamometer i løpet av fasten, styrker teorien om at faste heller ikke vil påvirke evnen til ytre maksimal effektutvikling i nevneverdig grad. Vi kan dermed konkludere med at reduksjonen i maksimal effekt

i 10 sek Wingate-test mest sannsynlig ikke oppstår som følge av fasten, men skyldes omstendighetene rundt testprotokollen for testene på ergometersykkel.

5.4 Begrensninger med studien

En av de største begrensningene er at man i denne studien ikke har hatt kontroll over forsøkspersonene til enhver tid. En viktig del av rekrutteringsprosessen var imidlertid å velge ut pålitelige forsøkspersoner. For å forsikre oss om at ingen hadde inntatt noe annet enn vann under fasteperioden var vi nødt til å sette inn mye krefter på jevnlig oppfølging og daglig kontakt med de utvalgte. Glukosemålerne som forsøkspersonene bar på seg kunne avsløre om forsøkspersonene hadde inntatt karbohydrater, men dersom de inntok fett ville det ikke gitt utslag på glukosemålerne.

Estimeringen av muskelproteintap gjennom måling av nitrogen i urin har også sine begrensninger. Selv om man har valgt å stole på forsøkspersonene, og hadde de inne for blodprøver og annet tilsyn hver dag, har man ingen garanti for at absolutt all urin blir samlet opp. Det er derfor muligheter for at det faktiske proteintapet blir underestimert. I tillegg vil man ikke kunne skille mellom muskelprotein og andre vevsproteiner gjennom å måle tapt nitrogen, utregningene vil derfor kun være estimater. Et mer nøyaktig mål vil kunne være å måle tap av 3-methylhistidin som finnes i de kontraktile proteinene, aktin og myosin.

En annen begrensning var at vi hadde mange fysiske og invasive tester, men begrenset med tid, noe som gjorde at man ikke fikk en tilstrekkelig restitusjonsperiode i blant annet de forskjellige styrketestene. Invasive målinger, som biopsi, ble også tatt dagen etter krevende muskelarbeid. Omstendigheter som dette vil selvfølgelig kunne påvirke resultatene.

Selv om vi hadde en tilvenningstester før pretest, kan man kan jo også spekulere i om manglende endring i maksimal kraftutvikling i dynamometer skyldes at forsøkspersonene ikke har vært tilstrekkelig familiarisert med testprosedyren før selve testen.

Analyser av muskelbiopsiene ville også kunne gitt mer informasjon om perifere endringer som skjer i musklene under faste. Disse dataene var dessverre ikke tilgjengelig da denne oppgaven ble skrevet.

5.5 Oppsummering og praktiske konsekvenser

Denne studien viser at det er tilnærmet en lineær sammenheng mellom kroppsstørrelse før faste og tap av kroppsvekt under fasten. Det er i tillegg en sammenheng mellom tap av vevsproteiner under faste og kroppsvekt før faste, og også en sammenheng mellom tap av vevsproteiner og lean mass før faste. Selv om man kan regne med at en del muskelmasse går tapt etter syv dager faste, påvirker ikke dette styrkeprestasjonen i knestrekkerne, eller evnen til å yte sekunder maksimalt arbeid av veldig kort varighet. Det kan derfor tenkes at muskelproteiner i større grad blir spart, eller resirkulert under faste.

For å svare på problemstillingene kan vi konkludere med at:

- 1) Seks dager faste fører mest sannsynlig til et lite tap av muskelmasse.
- 2) Seks dager faste påvirker ikke evnen til maksimal kraftutvikling i knestrekke.
- 3) Seks dager faste påvirker mest sannsynligvis ikke evnen til å yte maksimal anaerob effekt ved 10 sek modifisert Wingate-test.

Dette kan ha betydning for blant annet militæret som gjennomfører flere dagers øvelser uten mat. I tillegg kan dette være nyttig informasjon for idrettsutøvere som av ulike grunner må være i energiunderskudd og samtidig prestere innenfor idretten.

I og med at denne studien inkluderte både kvinner og menn på mosjonistnivå, kan ikke disse resultatene nødvendigvis tilegnes godt trente idrettsutøvere, eller militærpersonell. Det ville derfor vært interessant å se om syv dager faste har samme konsekvenser for godt trente personer.

Referanser

Aziz, A. R., Chia, M., Wahid, M. F., Png, W., Wong, J. T., & Teh, K. C. (2010). Effect of Ramadan fasting on maximal bench press strength performance in trained athletes.

Baker, D., & Nance, S. (1999). The relation between running speed and measures of strength and power in professional rugby league players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 13(3), 230-235.

Ballard, F. J., & Tomas, F. M. (1983). 3-Methylhistidine as a measure of skeletal muscle protein breakdown in human subjects: the case for its continued use. *Clinical science*, 65(3), 209-215.

Baltzopoulos, V., & Brodie, D. A. (1989). Isokinetic dynamometry. *Sports medicine*, 8(2), 101-116.

Berkman, J. M., Weir, J. F., & Kepler, E. J. (1947). Clinical observations on starvation edema, serum protein and the effect of forced feeding in anorexia nervosa. *Gastroenterology*, 9(4), 357-390.

Bilmazes, C., Uauy, R., Haverberg, L. N., Munro, H. N., & Young, V. R. (1978). Muscle protein breakdown rates in humans based on N τ -methylhistidine (3-methylhistidine) content of mixed proteins in skeletal muscle and urinary output of N τ -methylhistidine. *Metabolism*, 27(5), 525-530.

Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., & Lakomy, H. K. (1996). Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *Journal of applied physiology*, 80(3), 876-884.

Borina, E., Pellegrino, M. A., D'antona, G., & Bottinelli, R. (2010). Myosin and actin content of human skeletal muscle fibers following 35 days bed rest. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(1), 65-73.

Bosco, J. S., Greenleaf, J. E., Bernauer, E. M., & Card, D. H. (1974). Effects of acute dehydration and starvation on muscular strength and endurance. *Acta Physiologica Polonica*, 25(5), 411.

Brosnan, J. T., & Watford, M. (2015). Starvation: metabolic changes. *eLS*.

Buckinx, F., Landi, F., Cesari, M., Fielding, R. A., Visser, M., Engelke, K., ... & Bauer, J. (2018). Pitfalls in the measurement of muscle mass: a need for a reference standard. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*, 9(2), 269-278.

Cahill Jr, G. F., & Owen, O. E. (1968). Starvation and survival. *Transactions of the American Clinical and Climatological Association*, 79, 13.

- Cahill, J. G. (1976). Starvation in man. *Clinics in endocrinology and metabolism*, 5(2), 397-415.
- Cahill Jr, G. F. (1983). President's address. Starvation. *Transactions of the American Clinical and Climatological Association*, 94, 1.
- Cahill Jr, G. F. (2006). Fuel metabolism in starvation. *Annu. Rev. Nutr.*, 26, 1-22.
- Camus, G., & Thys, H. (1991). An evaluation of the maximal anaerobic capacity in man. *International journal of sports medicine*, 12(04), 349-355.
- Carbone, J. W., McClung, J. P., & Pasiakos, S. M. (2012). Skeletal muscle responses to negative energy balance: effects of dietary protein. *Advances in Nutrition*, 3(2), 119-126.
- Chamari, K., Chaouachi, A., & Racinais, S. (2010). Anaerobic power and capacity. *Exercise Physiology: from a Cellular to an Integrative Approach*.
- Chaouachi, A., Coutts, A. J., Chamari, K., Wong, D. P., Chaouachi, M., Chtara, M., ... & Amri, M. (2009). Effect of Ramadan intermittent fasting on aerobic and anaerobic performance and perception of fatigue in male elite judo athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(9), 2702-2709.
- Cherel, Y., Robin, J. P., Heitz, A., Calgari, C., & Le Maho, Y. (1992). Relationships between lipid availability and protein utilization during prolonged fasting. *Journal of Comparative Physiology B*, 162(4), 305-313.
- Chtourou, H., Hammouda, O., Chaouachi, A., Chamari, K., & Souissi, N. (2012). The effect of time-of-day and Ramadan fasting on anaerobic performances. *International journal of sports medicine*, 33(02), 142-147.
- Consolazio, C. F., Nelson, R. A., Johnson, H. L., Matoush, L. O., Krzywicki, H. J., & Isaac, G. J. (1967)a. Metabolic aspects of acute starvation in normal humans: performance and cardiovascular evaluation. *The American journal of clinical nutrition*, 20(7), 684.
- Consolazio, C. F., Matoush, L. O., Johnson, H. L., Nelson, R. A., & Krzywicki, H. J. (1967)b. Metabolic aspects of acute starvation in normal humans (10 days). *The American journal of clinical nutrition*, 20(7), 672-683.
- Dahl, H. A. (2008). Mest om muskel: essensiell muskelbiologi. Cappelen akademisk.
- Darmaun, D., Matthews, D. E., & Bier, D. M. (1986). Glutamine and glutamate kinetics in humans. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 251(1), E117-E126
- Dewasmes, G., Le Maho, Y., Cornet, A., & Groscolas, R. (1980). Resting metabolic rate and cost of locomotion in long-term fasting emperor penguins. *Journal of Applied Physiology*, 49(5), 888-896.

Drenick, E. J., Swendseid, M. E., Bland, W. H., & Tuttle, S. G. (1964). Prolonged starvation as treatment for severe obesity. *Jama*, *187*(2), 100-105.

Elia, M., Lammert, O., Zed, C., & Neale, G. (1984). Energy metabolism during exercise in normal subjects undergoing total starvation. *Human nutrition. Clinical nutrition*, *38*(5), 355-362.

Elia, M. R. J. S., Stubbs, R. J., & Henry, C. J. K. (1999). Differences in fat, carbohydrate, and protein metabolism between lean and obese subjects undergoing total starvation. *Obesity research*, *7*(6), 597-604.

Erdemir, A., McLean, S., Herzog, W., & van den Bogert, A. J. (2007). Model-based estimation of muscle forces exerted during movements. *Clinical biomechanics*, *22*(2), 131-154.

Fitts, R. H., & Widrick, J. J. (1996). Muscle mechanics: adaptations with exercise-training. *Exercise and sport sciences reviews*, *24*, 427-473.

Forbes, G. B., & Drenick, E. J. (1979). Loss of body nitrogen on fasting. *The American journal of clinical nutrition*, *32*(8), 1570-1574.

Frayn, K. N. (2009). *Metabolic regulation: a human perspective*. John Wiley & Sons.

Fry, A. C., Schilling, B. K., Staron, R. S., Hagerman, F. C., Hikida, R. S., & Thrush, J. T. (2003). Muscle fiber characteristics and performance correlates of male Olympic-style weightlifters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *17*(4), 746-754.

Gastin, P. B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports medicine*, *31*(10), 725-741.

Grey, N. J., Karl, I., & Kipnis, D. M. (1975). Physiologic mechanisms in the development of starvation ketosis in man. *Diabetes*, *24*(1), 10-16.

Gutiérrez, Á., González-Gross, M., Delgado, M., & Castillo, M. J. (2001). Three days fast in sportsmen decreases physical work capacity but not strength or perception-reaction time. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, *11*(4), 420-429.

Göschke, H., Stahl, M., & Thölen, H. (1975). Nitrogen loss in normal and obese subjects during total fast. *Klinische Wochenschrift*, *53*(13), 605-610.

Hall, K. D. (2008). What is the required energy deficit per unit weight loss? *International journal of obesity*, *32*(3), 573.

Haugen, T., Paulsen, G., Seiler, S., & Sandbakk, Ø. (2018). New records in human power. *International journal of sports physiology and performance*, *13*(6), 678-686.

Haus, J. M., Carrithers, J. A., Carroll, C. C., Tesch, P. A., & Trappe, T. A. (2007). Contractile and connective tissue protein content of human skeletal muscle: effects of 35 and 90 days of simulated microgravity and exercise countermeasures. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, *293*(4), R1722-R1727.

- Haschek, W. M., Rousseaux, C. G., Wallig, M. A., Bolon, B., & Ochoa, R. (Eds.). (2013). *Haschek and Rousseaux's handbook of toxicologic pathology*. Academic Press.
- Henschel, A., Taylor, H. L., & Keys, A. (1954). Performance capacity in acute starvation with hard work. *Journal of applied physiology*, 6(10), 624-633
- Henry, C. J. K. (2001). The biology of human starvation: some new insights. *Nutrition Bulletin*, 26(3), 205-211.
- Hill, A. V. (1938). The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. Proceedings of the Royal Society of London. Series B-Biological Sciences, 126(843), 136-195.
- Hilsted, J., Holst, J. J., Christensen, N. J., Henriksson, J., Galbo, H., & Richter, E. A. (1977). Hormonal regulation during prolonged exercise. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 301(1), 72-80
- Ho, K. Y., Veldhuis, J. D., Johnson, M. L., Furlanetto, R., Evans, W. S., Alberti, K. G., & Thorner, M. O. (1988). Fasting enhances growth hormone secretion and amplifies the complex rhythms of growth hormone secretion in man. *The Journal of clinical investigation*, 81(4), 968-975.
- Johnson, M. J., Kriedl, K. E., Frykman, P. N., & Moore, R. J. (1994). *Loss of muscle mass is poorly reflected in grip strength performance in healthy young men*. ARMY RESEARCH INST OF ENVIRONMENTAL MEDICINE NATICK MA.
- Jones, A. G., & Hattersley, A. T. (2013). The clinical utility of C-peptide measurement in the care of patients with diabetes. *Diabetic medicine*, 30(7), 803-817.
- Kannus, P. (1994). Isokinetic evaluation of muscular performance. *International journal of sports medicine*, 15(S 1), S11-S18.
- Karastergiou, K., Smith, S. R., Greenberg, A. S., & Fried, S. K. (2012). Sex differences in human adipose tissues—the biology of pear shape. *Biology of sex differences*, 3(1), 13.
- Karli, U., Guvenc, A., Aslan, A., Hazir, T., & Acikada, C. (2007). Influence of Ramadan fasting on anaerobic performance and recovery following short time high intensity exercise. *Journal of sports science & medicine*, 6(4), 490.
- Katch, V. L., Katch, F. I., Moffatt, R., & Gittleson, M. (1980). Muscular development and lean body weight in body builders and weight lifters. *Medicine and science in sports and exercise*, 12(5), 340-344.
- Keys, A., Brožek, J., Henschel, A., Mickelsen, O., & Taylor, H. L. (1950). *The biology of human starvation* (2 vols).

Kierulf, Peter & Kristensen, Tom. (2017, 20. desember). glukoneogenese. I Store medisinske leksikon. Hentet 9. mai 2019 fra <https://sml.snl.no/glukoneogenese>

Kjeldahl, J. (1883). *Neue methode zur bestimmung des stickstoffs in organischen körper.* Analytische Chemie 22: 366-382, 1883

Kleiber, M. (1947). Body size and metabolic rate. *Physiological reviews*, 27(4), 511-541.

Knapik, J. J., Jones, B. H., Meredith, C., & Evans, W. J. (1987). Influence of a 3.5 day fast on physical performance. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 56(4), 428-432.

Knapik, J. J., Meredith, C. N., Jones, B. H., Suek, L., Young, V. R., & Evans, W. J. (1988). Influence of fasting on carbohydrate and fat metabolism during rest and exercise in men. *Journal of Applied Physiology*, 64(5), 1923-1929.

Knuttgen, G. H., & Kraemer, J. W. (1987). Terminology and Measurement in Exercise Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1(1), 1-10.

KRZYWICKI, H. J., CONSOLAZIO, C. F., MATOUSH, L. O., & JOHNSON, H. L. (1968). Metabolic aspects of acute starvation: body composition changes. *The American journal of clinical nutrition*, 21(1), 87-97.

Lenmarken, C., Rutberg, H., Jorfeldt, L., & Larsson, J. (1990). Effect of starvation on work capacity and voluntary skeletal muscle function in man. *Clinical Nutrition*, 9(4), 231-233.

Lenmarken, C., Sandstedt, S., Schenck, H. V., & Larsson, J. (1986). The effect of starvation on skeletal muscle function in man. *Clinical Nutrition*, 5(2), 99-103.

Levine, J. A. (2004). Non-exercise activity thermogenesis (NEAT). *Nutrition reviews*, 62(suppl_2), S82-S97.

Lignot, J. H., & LeMaho, Y. (2012). A history of modern research into fasting, starvation, and inanition. In *Comparative physiology of fasting, starvation, and food limitation* (pp. 7-23). Springer, Berlin, Heidelberg.

Loy, S. F., Conlee, R. K., Winder, W. W., Nelson, A. G., Arnall, D. A., & Fisher, A. G. (1986). Effects of 24-hour fast on cycling endurance time at two different intensities. *Journal of Applied Physiology*, 61(2), 654-659.

Margaria, R., Aghemo, P., & Rovelli, E. (1966). Measurement of muscular power (anaerobic) in man. *Journal of applied physiology*, 21(5), 1662-1664.

Maughan, R. J., Fallah, J., & Coyle, E. F. (2010). The effects of fasting on metabolism and performance. *British journal of sports medicine*, 44(7), 490-494.

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2010). *Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance*. Lippincott Williams & Wilkins.

- Michalsik, L. B. (2007). *Anaerob præstationsevne: tolerance-, production- og hurtighedstræning*. Brøndby: Danmarks Idræts-Forbund.
- Morton, A. R. (2008). Exercise physiology. In *Pediatric Respiratory Medicine* (pp. 89-99). Mosby.
- Møller, N., & Jørgensen, J. O. L. (2009). Effects of growth hormone on glucose, lipid, and protein metabolism in human subjects. *Endocrine reviews*, 30(2), 152-177.
- Noordhof, D. A., Skiba, P. F., & de Koning, J. J. (2013). Determining anaerobic capacity in sporting activities. *International journal of sports physiology and performance*, 8(5), 475-482.
- Owen, O. E., Morgan, A. P., Kemp, H. G., Sullivan, J. M., Herrera, M. G., & Cahill, G. J. (1967). Brain metabolism during fasting. *The Journal of clinical investigation*, 46(10), 1589-1595.
- Owen, O. E., Smalley, K. J., D'Alessio, D. A., Mozzoli, M. A., & Dawson, E. K. (1998). Protein, fat, and carbohydrate requirements during starvation: anaplerosis and cataplerosis. *The American journal of clinical nutrition*, 68(1), 12-34.
- Pearson, A. M. (Ed.). (2012). *Muscle and meat biochemistry*. Elsevier.
- Perriello, G., Jorde, R., Nurjhan, N., Stumvoll, M., Dailey, G., Jensen, T., ... & Gerich, J. E. (1995). Estimation of glucose-alanine-lactate-glutamine cycles in postabsorptive humans: role of skeletal muscle. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 269(3), E443-E450.
- Plowman, S. A., & Smith, D. L. (2007). Anaerobic Metabolism during Exercise. *Sports-Specific Rehabilitation*, 23, 39-63.
- Poehlman, E. T. (1989). A review: exercise and its influence on resting energy metabolism in man. *Medicine and science in sports and exercise*, 21(5), 515-525.
- Poehlman, E. T., & Horton, E. S. (1989). The impact of food intake and exercise on energy expenditure. *Nutrition reviews*, 47(5), 129-137.
- Raastad, T., Paulsen, G., Refsnes, P. E., Rønnestad, B. R., & Wisnes, A. R. (2010). *Styrketrening: i teori og praksis*. Oslo: Gyldendal undervisning.
- Robin, J. P., Frain, M. I. C. H. E. L., Sardet, C. L. A. U. D. E., Groscolas, R. E. N. E., & Le Maho, Y. V. O. N. (1988). Protein and lipid utilization during long-term fasting in emperor penguins. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 254(1), R61-R68.
- Rothschild, J., Hoddy, K. K., Jambazian, P., & Varady, K. A. (2014). Time-restricted feeding and risk of metabolic disease: a review of human and animal studies. *Nutrition reviews*, 72(5), 308-318.

Saris, W. H. M., van Erp-Baart, M. A., Brouns, F. J. P. H., Westerterp, K. R., & Ten Hoor, F. (1989). Study on food intake and energy expenditure during extreme sustained exercise: the Tour de France. *International Journal of Sports Medicine*, 10(S 1), S26-S31.

Saudek, C. D., & Felig, P. (1976). The metabolic events of starvation. *The American journal of medicine*, 60(1), 117-126.

Scafoglieri, A., & Clarys, J. P. (2018). Dual energy X-ray absorptiometry: gold standard for muscle mass? *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*, 9(4), 786–787. doi:10.1002/jcsm.12308

Secor, S. M., & Carey, H. V. (2016). Integrative Physiology of Fasting. *Comprehensive Physiology*, 6(2), 773.

Serfass, R. C., Stull, G. A., Alexander, J. F., & Ewing Jr, J. L. (1984). The effects of rapid weight loss and attempted rehydration on strength and endurance of the handgripping muscles in college wrestlers. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 55(1), 46-52.

Sherwood, L. M., & Parris, E. E. (1970). Starvation in man. *New Engl. J. Med*, 282, 668-675.

Sjödin, A. M., Forslund, A. H., Westerterp, K. R., Andersson, A. B., Forslund, J. M., & Hambraeus, L. M. (1996). The influence of physical activity on BMR. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(1), 85-91

Soeters, M. R., Soeters, P. B., Schooneman, M. G., Houten, S. M., & Romijn, J. A. (2012). Adaptive reciprocity of lipid and glucose metabolism in human short-term starvation. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 303(12), E1397-E1407.

Stewart, W. K., & Fleming, L. W. (1973). Features of a successful therapeutic fast of 382 days' duration. *Postgraduate medical journal*, 49(569), 203-209.

Thomson, T. J., Runcie, J., & Miller, V. (1966). Treatment of obesity by total fasting for up to 249 days. *Lancet*, 2, 992-996.

Thorland, W. G., Johnson, G. O., Cisar, C. J., Housh, T. J., & Tharp, G. D. (1987). Strength and anaerobic responses of elite young female sprint and distance runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 19(1), 56-61.

Tinsley, G. M., Forsse, J. S., Butler, N. K., Paoli, A., Bane, A. A., La Bounty, P. M., ... & Grandjean, P. W. (2017). Time-restricted feeding in young men performing resistance training: A randomized controlled trial. *European journal of sport science*, 17(2), 200-207.

Trabelsi, K., Stannard, S. R., Ghilissi, Z., Maughan, R. J., Kallel, C., Jamoussi, K., ... & Hakim, A. (2013). Effect of fed-versus fasted state resistance training during Ramadan on body composition and selected metabolic parameters in bodybuilders. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 10(1), 23.

Vandewalle, H., Peres, G., Heller, J., Panel, J., & Monod, H. (1987). Force-velocity relationship and maximal power on a cycle ergometer. *European journal of applied physiology and*

occupational physiology, 56(6), 650-656.

Wasserman, D. H. (2009). Four grams of glucose. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 296(1), E11-E21.

Watford, M. (2015). Starvation: Metabolic Changes. eLS, 1–7.

Widdowson, E. M. (1976). The response of the sexes to nutritional stress. *Proceedings of the Nutrition Society*, 35(2), 175-180.

Woo, R., Daniels-Kush, R., & Horton, E. S. (1985). Regulation of energy balance. *Annual review of nutrition*, 5(1), 411-433.

Young, V. R., Haverberg, L. N., Bilmazes, C., & Munro, H. N. (1973). Potential use of 3-methylhistidine excretion as an index of progressive reduction in muscle protein catabolism during starvation. *Metabolism*, 22(11), 1429-1436.

Young, V. R., & Munro, H. N. (1978, July). Ntau-methylhistidine (3-methylhistidine) and muscle protein turnover: an overview. In *Federation proceedings* (Vol. 37, No. 9, pp. 2291-2300).

Zajac A. Jarzabek, R., & Waskiewicz, Z. (1999). The Diagnostic Value of the 10- and 30-Second Wingate Test for Competitive Athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 13(1), 16-19.

Tabelloversikt

Tabell 2.1: Oversikt over tilgjengelige energisubstrater i kroppen ved starten av en faste, fra Cahill & Owen, 1968.

Tabell 3.2: Oversikt over perifere og sentrale faktorer som påvirker evnen til å utvikle kraft og dreiemoment over ledd.

Tabell 3.1: Oversikt over alder og antropometriske data for forsøkspersoner ved start.

Tabell 4.1: Oversikt over endringer fra pre til post for kroppsvekt, fettprosent, fettmasse, og lean mass for hele gruppen.

Tabell 4.2: Oversikt over gjennomsnittlig reduksjon i kroppsvekt, fettmasse, muskelmasse, beinmasse, og annet vekttap i fasten, $n=13$.

Tabell 4.3: Oversikt over RMR, RER og hvilemetabolisme, $n=13$.

Tabell 4.4: Serumkonsentrasjon av kortisol, c-peptid, T_3 og T_4 i blod før og etter faste, $n=12$.

Figuroversikt

Figur 4.1: Fra Cahill, 1968. Hjernens bruk av energisubstrat under normale forhold og under faste. Under normale forhold benytter hjernen kun glukose, mens under faste vil ketonlegemer dekke mesteparten av hjernens energikrav.

Figur 5.2: Illustrerer sammenhengen mellom kraft, effekt og forkortningshastighet i muskel (Raastad et al., 2010).

Figur 2.6: Grov oversikt over energibidragene fra de ulike energisystemene under maksimalt arbeid av forskjellig varighet, fra McArdle, Katch & Katch (2010).

Figur 3.1: Oversikt over testdager og testene som ble gjennomført, samt dagene for oppmøte i intervensjonsperioden.

Figur 3.2: Oversikt over pretest for hvilemetabolisme (RMR) og kognitiv funksjon, samt tilvenning for de fysiske testene på dag -4.

Figur 3.3: Oversikt over blodprøver og pretest av oral glukosetoleranse (OGTT) på dag -2.

Figur 3.4: Oversikt over tester på pretest dag -1 og posttest dag 6.

Figur 3.5: Oversikt over pretester dag 0 og posttester dag 7. Testdagene inneholder de samme testene, men ved posttest dag 7 gjennomføres OGTT i tillegg.

Figur 3.6: Oversikt over tester dag 1 til dag 5. Dag 3 ble det i tillegg gjennomført kognitiv test, og dag 5 ble det tatt blodtrykk og RMR.

Figur 3.7: Illustrasjon av forsøkspersons posisjon i HUMAC-stolen.

Figur 3.8: Skjematisk oversikt over protokollen for styrketest i dynamometer. Isokinetiske tester ved tre ulike vinkelhastigheter og isometrisk test ved 60° knevinkel.

Figur 4.1: Kroppsvekt for menn, kvinner og samlet gjennomsnitt i løpet av syv dager faste. * signifikant forskjell, n menn = 7, n kvinner = 6, n total = 13.

Figur 4.2: Korrelasjon mellom kroppsvekt før faste og vekttap. * signifikant forskjell, n = 13.

Figur 4.3: Graf som viser nitrogenutskillelse i urin under fasteperioden. *, ** signifikant, n = 13.

Figur 4.4: Graf som viser korrelasjon mellom tap av nitrogen i urin per uke og kroppsvekt før faste. # signifikant, n = 13.

Figur 4.5: Graf som viser korrelasjon mellom tap av nitrogen per uke og lean mass før faste. # signifikant, n = 13.

Figur 4.6: Endring i maksimalt dreiemoment (peak torque) i kneekstensorer før og etter faste, ved

60° isometrisk og 60°/s, 120°/s, 180°/s isokinetisk kontraksjon, $n = 13$.

Figur 4.7: Tid til maksimalt dreiemoment ved 60° isometrisk kontraksjon.

Figur 4.8: Gjennomsnittlig effekt (average power) per repetisjon ved 60°/s, 120°/s, og 180°/s isokinetisk kontraksjon.

Figur 4.9: Graf som viser pre- og postverdier av topp effekt (peak power) og gjennomsnittlig effekt (mean power) i Wingate 10 s sykkeltest. * ($p < 0,05$), ** ($p < 0,001$) signifikant, $n = 13$.

Forkortelser

ATP = adenosintrifosfat

ADP = adenosindifosfat

AMP = adenosinmonofosfat

BMI = body mass index

CANTAB = test for kognitiv funksjon

CrP = kreatinfosfat

DEXA = Dual-energy X-ray absorptiometry

FFM = fettfri masse

FP = forsøksperson

kcal = kilokalorier

MHC = myosin heavy chain

N = nitrogen

Nm = newtonmeter

N/s = newton per sekund

OGTT = oral glukosetoleransetest

RCT = randomized controlled trial

RER = respiratorisk utvekslingskvotient

RFD = rate of force development

RMR = hvilemetabolisme

RPE = rate of perceived exertion

RPM = runder per minutt

SEM = standardfeil

T₃ = trijodtyronin

T₄ = tyroksin

TEA = termisk effekt av aktivitet

TEF = termisk effekt av mat

TRF = time restricted feeding

TSH = thyreoideastimulerende hormon

VAS = visuell analog skala

VO_{2maks} = maksimalt oksygenopptak

W = watt (effekt)

Vedlegg

Vedlegg I: Rekrutteringsplakat



VIL DU DELTA I FORSKNING?

Forskningsprosjekt om effekt av faste på muskelmasse, styrke og utholdenhet



Vi søker forsøkspersoner til et prosjekt som skal undersøke hvilken effekt syv dagers faste har på utholdenhet, styrke og tap av muskelmasse.

Hva:

- Fasting i syv dager
- Oppmøte hver morgen for blodprøver (varighet ca. én time)
- Fysiske tester før og etter faste

Hvem:

- Menn og kvinner mellom 18 og 45 år
- Over 12% kroppsfett for menn, over 15% for kvinner
- Fysisk og psykisk friske personer

Hva skal testes:

- Kroppssammensetning (DEXA)
- Muskelstyrke- og funksjon
- Maksimalt oksygenopptak
- Hvilemetabolisme
- Fettoksideringskapasitet
- Nitrogenbalanse (i urin)
- Hormoner og metabolitter som påvirker metabolismen (muskel- og fettbiopsi, blodprøver)

Fordeler:

- Gratis testing - fysiologiske tester som i utgangspunktet er dyre
- Detaljert informasjon om ulike fysiologiske parametere
- Innblikk i gjennomføring av et forskningsprosjekt
- Tett oppfølging
- Veiledet trening av instruktører ved NIH dersom ønskelig

Ulemper:

- Man kan oppleve sult, spesielt de første dagene av fasten
- Periodevis føle seg sliten og trøtt
- Lavt blodsukker - tidvis ukonsentrert

All testing gjennomføres på NIH. **Opstart snarest!** Forsøk kjøres gjennom hele høsten og januar. Dersom dette er av interesse, kontakt prosjektansvarlig professor Jørgen Jensen jorgen.jensen@nih.no, eller masterstudenter Steffen J. Brufladt 92622429 / steffen.brufladt@gmail.com og Emelie T. F. Nilsen 9709903 / nilsen.emelie@gmail.com



Forespørsel om deltagelse som forsøksperson

Effekt av faste på muskelmasse, styrke og utholdenhet

Bakgrunn og hensikt

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt som skal undersøke hvorvidt syv dagers faste vil påvirke muskelmasse, muskelstyrke og utholdenhet.

Overvekt og fedme er et økende problem både i Norge og på verdensbasis. Overvekt oppstår når kroppens fettlagre er blitt for store som følge av for høyt energiinntak over lang tid. For å gå ned i vekt er det nødvendig å redusere matinntaket slik at kroppen benytter seg av disse fettlagrene som energi. For å redusere energiinntaket, er det utviklet flere strategier som kan innebære perioder med faste av ulik lengde (f.eks. 5:2 dietten, eller intermittent fasting). Ved vektnedgang som følge av faste, vil både kroppens fettlagre og muskelmasse reduseres. I de første dagene av faste vil kroppen bruke opp glykogenlagrene i lever og bryte ned muskelproteiner, samtidig som noe fett oksideres. Etter ca. to-tre dager vil kroppen i hovedsak bruke fett som energi. Det er få studier som undersøker hvorvidt faste av lengre varighet påvirker fysisk prestasjon og tap av muskelmasse. Formålet med prosjektet er derfor å undersøke hvorvidt langvarig faste vil påvirke muskelmasse, muskelstyrke og utholdenhet.

Hva innebærer studien?

Dersom du ønsker å delta kreves det at du faster i syv dager i strekk. Det er kun tillatt å innta vann. Du skal møte opp på Norges idrettshøgskole hver dag under fasten for blodprøver og andre tester. I tillegg må du møte opp til noen fysiske tester før og etter studien. Det vil bli tett oppfølging under hele perioden.

Testing

Testene som vil bli gjennomført i løpet av perioden er test av hvilemetabolisme, kroppssammensetning (DEXA), muskel- og fettbiopsi, blodprøver, reaksjonstest, fettoksidertingskapasitet, maksimal styrke, maksimalt oksygenopptak (VO₂maks), oral glukosetest, samt innsamling av urin.

Intervensjon

Når testene før fasteperioden (pretest) er gjennomført, starter fasten som varer i syv dager. Posttest blir på slutten av fasten. Som deltaker vil du bli oppfordret til å holde et så normalt trenings- og aktivitetsmønster som mulig. Hver morgen skal du møte på NIH for blodprøver.

Det vil også bli gjennomført tester på reaksjonsevne, samt utfylling av et spørreskjema. I tillegg skal du samle opp all urin i fasteperioden. Som forsøksperson skal du til enhver tid under fasten bære en aktivitetsmåler og en glukosemåler.

Mulige fordeler og ulemper

Som deltaker vil du oppleve sultfølelse, spesielt de første 24 timer. Det er imidlertid tidligere rapportert om lite til ingen sultfølelse under faste av lengre varighet. Sultfølelsen avtar vanligvis etter ca. 36 timer. Du vil troligvis få relativt lavt blodsukker etter et par dager, noe som kan gjøre deg periodevis sliten, trøtt og ukonsentrert. Dette kan også gå på bekostning av humør og energinivå. Aktivitet og trening kan oppleves som tung som følge av lavt energiinntak. Det vil bli tatt muskel- og fettbiopsier, laktatprøver og blodprøver, noe som kan gi ubehag og smerte i området rundt penetrering. Testene av maksimalt oksygenopptak, power og muskelstyrke er til utmattelse, og vil oppleves som maksimalt anstrengende.

Som forsøksperson vil du få detaljert informasjon om dine fysiologiske forutsetninger og kvaliteter. Du vil få vite ditt maksimale oksygenopptak, din evne til å oksidere fett, din maksimale power og maksimal kraftproduksjon i muskulatur, hvilemetabolisme, og kroppssammensetning. Forsøkspersonene vil bli tett fulgt opp. I tillegg kan det ordnes veiledet trening av instruktører ved NIH under prosjektperioden. Du vil få innblikk i hvordan et forskningsprosjekt gjennomføres.

Frivillig deltakelse:

Dersom du ønsker å delta signerer du på vedlagt samtykkeskjema. Du kan når som helst trekke deg fra studien uten å oppgi grunn, og uten konsekvenser. Du kan også kreve at all informasjon om deg blir slettet, med mindre informasjonen allerede er brukt i analyser eller publisert i vitenskapelige artikler. Dersom du har spørsmål vedrørende studien kan du kontakte professor Jørgen Jensen (jorgen.jensen@nih.no), eller masterstudenter Steffen J. Brufladt (92622429 / steffen.brufladt@gmail.com) eller Emelie T. F. Nilsen (97099039 / nilsen.emelie@gmail.com).

Hva skjer med informasjonen om deg?

Informasjonen som registreres vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer, eller andre direkte gjenkjennende opplysninger. Det vil brukes nummererte koder i stedet for navnet ditt. Alle data vil bli behandlet anonymt og ingen bortsett fra deg og testlederne kan knytte dataene tilbake til deg. Det vil derfor ikke være mulig å identifisere deg i resultatene i studien når disse publiseres.

Ytterligere informasjon om studien finnes i kapittel A

– utdypende forklaring av hva studien innebærer.

Ytterligere informasjon om biobank, personvern og forsikring finnes i kapittel B

– personvern, biobank, økonomi og forsikring.

Samtykkeerklæring følger etter kapittel B.

Kapittel A – Utdypende forklaring om hva studien innebærer

Kriterier for deltakelse i studien

A. Inklusjonskriterier:

- 18-45 år.
- BMI mellom 22-30.
- Minimum 12% kroppsfett for menn, minimum 15% kroppsfett for kvinner
- Fysisk og psykisk friske personer

B. Eksklusjonskriterier

- Ingen sykdommer, som f.eks. hjerte- og karsykdom, diabetes og andre sykdommer som har innvirkning på metabolismen
- Røyker
- Bruk av medisiner

Bakgrunn og hensikt med studien – utdyping av variabler som skal måles

Mange ønsker å gå ned i vekt av helsemessige grunner. Flere metoder for vektnedgang innebærer perioder med fasting av ulik lengde (f.eks. 5:2-dietten, intermittent fasting, osv.). Ved lengre perioder med fasting (syv dager) vil man de første dagene miste en del muskelprotein, men etterhvert vil kroppen i hovedsak gå over til å oksidere fett. Dersom fasten varer i kortere perioder (5:2-dietten), vil kroppen i større grad bryte ned muskelprotein under fasten.

Få studier undersøker hvorvidt langvarig faste påvirker fysisk prestasjon og tap av muskelmasse. Formålet med prosjektet er derfor å undersøke hvordan faste vil påvirke muskelmasse, muskelstyrke og utholdenhet.

Det skal gjennomføres syv dager med sammenhengende faste. Det er kun lov å drikke vann under fasten. Én uke før fasten må man gjennom tilvenningstester, der det også blir delt ut aktivitets- og glukosemåler. Aktivitets- og glukosemåler skal bæres av forsøkspersonene under hele prosjektet. Det gjennomføres pre-tester før fasten starter. Etter fasten gjennomføres det post-tester. Forsøkspersonene *må* møte på Norges idrettshøgskole hver dag, for blodprøvetaking og andre tester. Se tabell for detaljert informasjon.

Tilvennings- tester	↓											
Fysiske tester			↓							↓		
Reaksjon		↓		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
OGTT		↓									↓	↓
RMR	↓								↓			
DEXA			↓	↓						↓	↓	
Biopsier				↓							↓	↓
Blodprøve		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Dag	-4	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	

Tilvenningstest:

Det vil bli gjennomført tilvenning av power-, styrke-, fettoksideringsskapasitet- og VO_{2maks} -test én uke før fasten starter. Gjennomkjøring av testene har til hensikt å gjøre forsøkspersonene kjent med testene som skal gjennomføres senere.

Hvilemetabolisme

Med hvilemetabolisme menes hvor mye energi kroppen forbruker i hvile. Forsøksperson må møte opp fastende om morgenen, og skal bevege seg så lite som mulig før testen. Testen gjennomføres ved at forsøkspersonen ligger helt i ro på en madrass i ca. 20 min, med en oksygenmaske plassert over nese og munn. Hvilemetabolismen estimeres ved at man leser av oksygenopptaket under fullstendig hvile, og deretter regner ut energiforbruket.

Kroppssammensetning

Måling av kroppssammensetning ved hjelp av en Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA). Maskinen kan skille mellom beinmasse, fettmasse og fettfri masse. Det vil bli gjennomført to målinger før faste og to målinger ved slutten av fasten. DEXA brukes for å gi detaljerte antropometriske data.

Biopsi

Vevsprøve tas av lårmuskelen (vastus lateralis) og subkutan fett i mageregionen. Biopsi tas før fasten begynner, og etter syv dagers faste. I muskelbiopsiene vil det bli målt glykogen, samt transkripsjon og ekspresjon av proteiner involvert i metabolisme av ketonlegemer. I fettbiopsiene vil det bli målt ekspresjon av proteiner involvert i metabolisme av fett. Ca. 150 mg muskelvev innhentes ved hver biopsi. Biopsiene fryses i flytende og lagres i en fryser som holder $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Fettoksideringskapasitet og maksimalt oksygenopptak (VO₂maks)

Forsøkspersonene skal sykle på ergometersykel i 5 min på 25% av VO₂maks som oppvarming. Deretter følger økning i belastning hvert 3 minutt tilsvarende 30%, 40%, 50%, 60% 70% og 80% av VO₂maks. Fettoksideringstesten er oppvarming til power-testen (beskrevet under) og VO₂maks-testen. Under VO₂maks-testen starter forsøkspersonene på terskelbelastning og øker med omtrent 25W hvert minutt helt til utmattelse. Det tas tre blodprøver i forbindelse med fettoksidasjons-testene.

Sprint (power)

Test av maksimal power (watt) over en periode på 10 sekunder. Gjennomføres sittende på ergometersykel. Det skal gjøres en maksimal spurt på 10 sekunder. Testen gjøres rett etter fettoksideringstesten og før VO₂maks-testen.

Styrke

Test av maksimal isokinetisk kraftutvikling i lårmuskulatur (quadriceps) ved tre forskjellige vinkelhastigheter (60°/s, 120°/s og 180°/s), og maksimal isometrisk kraftutvikling ved 60° i dynamometer. 5-10 min oppvarming på ergometersykel gjøres før test. I tillegg vil det bli tre oppvarmingsrepetisjoner før hver vinkelhastighet, samt to isometriske oppvarmingsrepetisjoner før maksimal isometrisk test.

Blodprøver

Blodprøver (4-5 rør) tas hver dag. Formålet er å se på forskjellige hormoner og proteiner som påvirkes av faste.

Nitrogenbalanse

All urin under fasteperioden samles inn og leveres når man ankommer på morgenen for blodprøver. Formålet med innsamlingen av urin er å få et mål på proteinnedbrytning under fasten.

Aktivitetsmål

Forsøkspersoner skal gå med aktivitetsmåler over en periode på syv dager før fasten, og gjennom hele fasten. Formålet er å registrere om aktivitetsmønsteret til forsøkspersonene endres gjennom fasten.

Glukosemåling

Forsøkspersoner skal bære en sensor (Dexcom G4) som kontinuerlig måler blodglukosekonsentrasjonen.

Oral glukosetoleransetest

Gjennomføres før fasten starter, og rett før fasten avsluttes på dag syv av fasten. 75 g glukose blandet i vann blir inntatt oralt. Blodprøver tas før inntak, og 15, 30, 60, 90, 120, 180 min etter inntak for å måle glukose, insulin og andre hormoner.

Reaksjonstest

Omtrent annenhver dag skal forsøkspersonene gjennom en kort reaksjonstest. Denne testen skal kartlegge kognitiv funksjon og reaksjonsevne under fasteperioden.

Visuell analog skala (VAS) spørreskjema

Hver dag under fasten må det fylles ut et spørreskjema med omtrent 12 enkle spørsmål. Hensikten er å overvåke blant annet motivasjon og sultfølelse hos forsøkspersonene.

Kapittel B - Personvern, biobank, økonomi og forsikring

Personvern

Opplysninger som registreres om deg er kroppssammensetning, vekt, høyde, maksimal styrke, alder, og resultater fra de fysiologiske testene.

Professor Jørgen Jensen er daglig ansvarlig for prosjektet, og Norges idrettshøgskole ved administrerende direktør er databehandlingsansvarlig. Datamaterialet vil kun bli benyttet av forskere og masterstudenter ved samme institusjon.

Biobank

Bloodprøvene som blir tatt og informasjonen utledet av dette materialet vil bli lagret i en forskningsbiobank ved Norges idrettshøgskole. Hvis du sier ja til å delta i studien, gir du også samtykke til at det biologiske materialet og analyseresultater inngår i biobanken. Professor Jørgen Jensen er ansvarshavende for forskningsbiobanken. Etter publisering av vitenskapelige artikler vil materiale destruert etter interne retningslinjer.

Retten til innsyn og sletting av opplysninger om deg og sletting av prøver

Dersom du sier ja til å delta i studien, har du rett til å få innsyn i hvilke opplysninger som er registrert om deg. Dersom du trekker deg fra studien, kan du kreve å få slettet innsamlede prøver og opplysninger, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner.

Studien og biobanken er finansiert gjennom forskningsmidler fra Norges idrettshøgskole.

Forsikring

NIH er en statlig vitenskapelig høgskole, og staten er selvsassurandør.

Samtykke til deltakelse i studien

"Effekten av faste på muskelmasse, styrke og utholdenhet"

Jeg er villig til å delta i studien

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om studien

(Signert, rolle i studien, dato)

Vedlegg III: Helseskjema

Egenerklæring for forsøkspersoner

Etternavn:	Fornavn:
Fødselsdato:	
E-post:	
Tlf.:	
FP nr.	
Idrettsbakgrunn (angi omtrent hvor mange timer du trener per uke):	

Takk for at du vurderer å delta som forsøksperson ved Norges idrettshøgskole! Før du kan delta, må vi imidlertid kartlegge om din deltakelse kan medføre noen form for helserisiko. Vær snill å lese gjennom alle spørsmålene nøye og svar ærlig ved å krysse av for JA eller NEI. Hvis du er i tvil, bør du be om å få snakke med legen som er ansvarlig for forsøket.

Hvis du krysser av for JA på ett eller flere av disse spørsmålene, må du gjennomgå en legeundersøkelse før forsøksstart.

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

Gi beskjed straks dersom din helsesituasjon forandrer seg fra nå og til undersøkelsen er ferdig, f.eks. ved at du blir forkjølet eller får feber.

Sted – dato

Underskrift

Vedlegg IV: Oversikt over blodprøver

Rør (Sykkel)	Alikvoter	
5 ml Serum m/gel	2 x 600 µl	Koagulert 30 min i romtemperatur
5 ml Heparin m/gel	3 x 600 µl + 1 x 200 µl	Plassert på is, sentrifugert med en gang.
6 ml EDTA	3 x 600 µl	Plassert på is, sentrifugert med en gang.
Rør (Morgen)	Alikvoter	
3 ml rør u/tilsetning	3 x 500 µl	Overført til 4 ml EDTA rør tilsatt 60 µl AEBSF
5 ml Serum m/gel	4 x 500 µl	Koagulert 30 min i romtemperatur
5 ml Heparin m/gel	4 x 500 µl	Plassert på is, sentrifugert med en gang.
8 ml EDTA	7 x 500 µl	Plassert på is, sentrifugert med en gang. Buffycoat pipettert over til 1,5 ml eppendorfrør
Rør (OGTT)	Alikvoter	
3 ml rør u/tilsetning	3 x 500µl	Kun ved 180 min. Overført til 4 ml EDTA rør tilsatt 60 µl AEBSF
5 ml Serum m/gel	4 x 500 µl	Kun ved 180 min. Koagulert 30 min i romtemperatur
5 ml Heparin m/gel	2 x 800 µl + 1 x 200 µl	Plassert på is, sentrifugert med en gang.
6 ml EDTA	2 x 800 µl	Plassert på is, sentrifugert med en gang.

Vedlegg V: Spørreskjema – VAS

Spørreskjema VAS

ID: _____ Date: _____

Vekt:

All urin samlet?:

Hvor sulten føler du deg?

Ikke sulten

Ekstremt sulten

Hvor sterkt er ønsket om å spise?

Ingen ønske

Ekstremt sterkt

Hvilke(t) matprodukter har du mest lyst på akkurat nå?

Hvor sterkt er ønsket om å spise dette produktet nå?

Ingen ønske

Ekstremt sterkt

Hvor sterkt er ønsket om å avbryte fasten?

Ingen ønske

Ekstremt sterkt

Hvor fysisk sliten føler du deg?

Ikke sliten

Ekstremt sliten

Hvor psykisk sliten føler du deg?

Ikke sliten

Ekstremt sliten

Hvor motivert er du til å fortsette med fasten?

Ikke motivert

Ekstremt motivert

Ønsker du å spise noe søtt?

Ikke i det hele tatt

Ekstremt stort ønske

Ønsker du å spise noe salt?

Ikke i det hele tatt

Ekstremt stort ønske

Ønsker du å spise noe velsmakende?

Ikke i det hele tatt

Ekstremt stort ønske

Ønsker du å spise noe fett?

Ikke i det hele tatt

Ekstremt stort ønske

Søvn:

Kommentarer: