

STYRKETRENING OG KOSTHOLD



Effekt av måltidshyppighet på utvikling av muskelmasse og styrke

Therese Fostervold

Masteroppgave i
idrettsernæring

Oslo 2006

Sammendrag

Formålet med dette studiet var å se om det er en effekt av måltidshyppighet på utvikling av muskelmasse og styrke etter en lengre periode med styrketrening hos trente individer.

Problemstillingen var; *vil et hyppig matinntak på 6 måltider/dag gi større økning i muskelmasse og styrke gjennom 12 ukers tilrettelagt styrketrening, sammenlignet med et mer konsentrert matinntak på 3 måltider/dag, når energi- og makronæringsstoff inntaket er likt for begge grupper?*

Totalt gjennomførte 26 forsøkspersoner mellom 18 og 25 år, med minst ett års erfaring innen styrketrening, hele studien. Forsøkspersonene ble stratifisert i to forsøksgrupper basert på sin gjennomsnittlige maksstyrke etter første runde med 6 ulike styrketest øvelser. Jenter og gutter ble separert matchet i par med tilsvarende gjennomsnittsstyrke, og deretter tilfeldig fordelt i de to måltidsgruppene (etter terningkast). 3-måltidsgruppen inntok all sin daglige kost via 3 store måltider pr dag, mens 6-måltidsgruppen inntok sin daglige kost fordelt på 6 måltider.

Deltagere i begge grupper fikk utdelt en individuelt utarbeidet meny som sørget for at alle deltagerne i prosjektet teoretisk skulle få i seg tilsvarende energi og næringsstoffmengder basert på kroppsvekt. Det ble lagt til rette for muskelvekst ved å legge til et energioverskudd på ~300kcal/dag for den enkelte. Begge måltidsgrupper trente etter samme 2-splitt styrketreningsprogrammet, hvilket innebar to tunge treningsøkter i uka og to lettere treningsøkter i uka. Programmet besto av et delprogram for ben og rygg, og ett delprogram for bryst, armer og skuldre. Det var alltid tilstede en instruktør for veiledning og hjelp i treningen. Treningsprogrammet var periodisert i 3 perioder, der RM ble redusert trinnvis fra 12-8 RM til 3-5 RM. Totalt 4 ganger i løpet av de 12 treningsukene ble 1RM testet, mens kroppssammensetning ble målt med DEXA før, midtveis og etter treningsperioden. Muskeltvernsnittsendringer ble målt med MR før og etter treningsperioden. Kostholdet ble kontrollert med 4 spredte 24-timers recallintervju gjennom de 12 treningsukene.

3-måltidsgruppen tenderte til å øke mer i lean body mass (LBM) enn 6-måltidsgruppen ($p=0,13$). 3-måltidsgruppen hadde en signifikant større endring av tverrsnittsarealet for overarmen, i tverrsnittsarealet for biceps, og tenderte til å øke mer i tverrsnittsarealet for triceps, sammenlignet med 6-måltidsgruppen (henholdsvis $p=0,13$, $p=0,01$ og $p=0,056$). Videre økte 3-måltidsgruppen signifikant mer i 1RM for overkroppen (gjennomsnitt av 1RM i benkpress, liggende roing, triceps nedpress og preacher curl) og tenderte til å øke mer i 1RM total (gjennomsnitt av 1RM for alle 6 testøvelser) sammenlignet med 6-måltidsgruppen (henholdsvis $p=0,03$ og $p=0,12$).

Stikk i strid med hypotesen vår, ser det altså ut til at det er en bedre effekt av få og store måltider (3 måltider/dag) enn flere, små måltider (6 måltider/dag) på utvikling av muskelmasse og styrke ved styrketrening. Vi kunne ikke forklare den sannsynlige årsaken til fordelene av få, store måltider, men det kan være at en stor økning av plasma-aminosyre konsentrasjonen har mer anabol effekt enn små endringer i plasma-aminosyre konsentrasjonen. Det ser også ut til at en noe skjev fordeling av andel jenter til gutter i de to måltidsgruppene har påvirket resultatene, ettersom jentene så ut til å ha bedre effekt av treningsperioden, og at det var nettopp i 3-måltidsgruppen at andelen jenter til gutter var størst. Det er behov for flere lignende prosjekter for å bekrefte resultatene, og muligens bør det gjennomføres med en treningsperiode i energiunderskudd for å maksimere effekten av måltidsfrekvens.

NØKKELOORD: Måltidsfrekvens, måltidshyppighet, proteininntak, proteinbehov, hypertrofi, muskelvekst, lean body mass, 1RM, MR, styrketrening, kostholdsregistrering,

FORORD

Dette prosjektet ble gjennomført høsten 2005 og våren 2006 ved Norges Idrettshøyskole i Oslo, ved seksjon for fysisk prestasjonsevne. Det ble gjennomført som et samarbeid mellom to masterstudenter ved Norges Idrettshøyskole og ved Institutt for Ernæring ved Universitetet i Oslo. I samarbeidet deltok også Olympiatoppen og Tine Meierier. Jeg vil få benytte sjansen til å rette en takk til personer som har vært sentrale i utarbeidelsen av denne oppgaven.

Først og fremst en stor takk til min veileder **Truls Raastad** som har gitt en tett, kritisk og lærerik oppfølging og tilbakemelding gjennom hele prosjektet, og ikke minst gjennom den skriftlige prosessen med denne oppgaven. Takk for at du alltid så blid og positiv har hatt tid til overs, og gitt lærerike innspill og tilbakemeldinger!

Øyvind Hansen har delt ansvaret for det praktiske arbeidet i dette prosjektet, og jeg er han en stor takk skyldig for at han (mer eller mindre?) frivillig påtok seg de sene kveldstimen med treningsøkter på NIH. Det har vært lange og mange kvelder for deg gjennom hele 6 mnd, en hjelp jeg ikke kunne vært foruten mtp pendleveg og min ”rolle” som småbarnsmamma!

Tusen takk til Tine Meierier for sponsingen de bidro med, slik at det i det hele tatt var mulig å gjennomføre prosjektet. Takker også for den frie leveransen av produkter!

Hjertelig takk til alle deltagerne som har kommet seg gjennom 3 mnd med hard trening og mer eller mindre store omveltninger i kostholdet. Bra jobbet!!!

Olympiatoppens ernæringsavdeling ved Christine Helle og Ina Garthe har dessuten bidratt med gode innspill, tilbakemeldinger og hjelp i både planleggingen av prosjektet, og undervegs i treningsprosjektet. En spesiell takk til Ina som har vært lett tilgjengelig for spørsmål.

Må også få takke Nils Kvamme og Dag-Sverre Fasting, som begge har gjort utallige tjenester for meg i forbindelse med den praktiske delen av prosjektet. Det var supert at dere har vært så behjelpelige og stadig hatt tid til overs for å hjelpe meg!

Det er også viktig for meg å få takke **mine foreldre** for støtten og motivasjonen de har gitt meg gjennom 9 års utdanning. Takk for at dere alltid har stilt opp for meg og gjort studietiden min til en minnesrik og positiv erfaring.

Therese ☺

INNHALDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG

FORORD

1 INNLEDNING	Side 1
2 TEORI	Side 2
2.1 STYRKETRENING	Side 2
2.1.1 <i>Faktorer som bestemmer muskelstyrken</i>	<i>Side 3</i>
2.1.2 <i>Hva skjer ved styrketrening</i>	<i>Side 4</i>
2.1.3 <i>Hvordan øke styrken?</i>	<i>Side 5</i>
2.2 KOSTHOLD OG STYRKETRENING	Side 5
2.2.1 <i>Næringsstoffers betydning for muskelvekst</i>	<i>Side 7</i>
2.3 TIDLIGERE STUDIER	Side 7
2.3.1 <i>Akutt studier; timing av proteininntak</i>	<i>Side 7</i>
2.3.2 <i>Akutt studier; måltidshyppighet</i>	<i>Side 9</i>
2.3.3 <i>Langtids studier; timing av proteininntak</i>	<i>Side 10</i>
2.3.4 <i>Langtidsstudier; Måltidshyppighet</i>	<i>Side 12</i>
2.3.5 <i>Aminosyrenes evne til stimulering av proteinsyntesen</i>	<i>Side 13</i>
2.3.6 <i>Betydningen av energiinntak for proteinmetabolismen</i>	<i>Side 14</i>
2.3.7 <i>Betydningen av personlig oppfølging ved styrketrening</i>	<i>Side 15</i>
2.4 OPPSUMMERING	Side 16
3 METODE	Side 17
3.1 UTVALG	Side 17
3.1.1 <i>Inndeling i kostholdsgrupper</i>	<i>Side 18</i>
3.2 PROTOKOLL	Side 18
3.3 STYRKETESTER	Side 19
3.4 STYRKETRENINGSPROGRAMMET	Side 20

3.4.1	<i>Treningsprogram del 1 av 2</i>	Side 21
3.4.2	<i>Treningsprogram del 2 av 2</i>	Side 23
3.5	MAGNETISK RESONANSTOMOGRafi, MR	Side 26
3.6	DUAL-ENERGY EXRAY ABSORPTIOMETRY, DEXA	Side 27
3.7	KOSTHOLDSREGISTRERING OG AKTIVITETSREGISTRERING	Side 27
3.7.1	<i>Meny utarbeiding</i>	Side 28
3.7.2	<i>24-timer recall intervju</i>	Side 29
3.8	SPONSOR	Side 30
3.9	STATISTIKK	Side 30
4	RESULTATER	Side 31
4.1	KROPPSVEKT	Side 31
4.2	ENDRING I TRENINGSMOTSTAND	Side 31
4.3	ENDRING I LEAN BODY MASS (LBM)	Side 32
4.4	ENDRING I MUSKELTVERRSNITT AREAL	Side 33
4.4.1	<i>Overarm</i>	Side 33
4.4.2	<i>Lårmuskulatur</i>	Side 35
4.5	ENDRING I STYRKE, 1RM	Side 36
4.6	ENDRING I KOSTHOLD	Side 37
4.7	KORRELASJONER	Side 38
4.8	SAMMENLIGNING AV KJØNN	Side 40
4.8.1	<i>Lean body mass (LBM)</i>	Side 40
4.8.2	<i>Endring i muskeltverrsnitt areal (TS)</i>	Side 40
4.8.3	<i>1RM</i>	Side 41
5	DISKUSJON	Side 42
5.1	ENDRING I MUSKELMASSE	Side 42
5.2	ENDRING I STYRKE, 1RM	Side 46
5.3	ENDRING I KOSTHOLD	Side 46

5.4 KORRELASJONER	Side 51
5.5 KJØNNSAVHENGIGE ENDRINGER	Side 55
6 KONKLUSJON	Side 57
7 REFERANSER	Side 58
8 VEDLEGG	



*”Et godt kosthold
kan ikke gjøre en middels god idrettsutøver
til en vinner,
men et dårlig kosthold
kan gjøre en god idrettsutøver
til en taper”*

-Prof. Ron Maughan

1 INNLEDNING

Kostholdets betydning for prestasjonsevnen i idrett har fått mer og mer oppmerksomhet de siste årene. Under intensivt arbeid med lang varighet (mer enn 1 t) avhenger prestasjon i stor grad av tilgjengelige karbohydrater og størrelse på glykogenlagre. Mye arbeid er også gjort i kondisjonspreget idrett mtp betydningen av såvel kostens sammensetning, som kilder, fysisk form og måltidsfrekvens for optimal glykogen resyntese (Wilkinson and Liebman 1998). Det finnes nå meget konkrete råd for mengde og type karbohydrater man bør innta før og etter slik aktivitet, og videre ved hvilken hyppighet og timing inntaket bør skje i forhold til aktivitet. Lignende er foreløpig lite dokumentert for optimal proteinsyntese etter styrketrening, en kunnskap som ville være av stor betydning for kraftidretter der maksimal styrke- og muskelvekst er sentralt.

Det har vist seg at en økning i plasma-konsentrasjonen av aminosyrer over hvilenivå resulterer i en kortvarig økning av muskelproteinsyntesen (Bohe et al 2001, Rennie et al 2002, Phillips et al 2005). Kombineres tilførselen av aminosyrer med en styrketreningsøkt, er effekten fordoblet (Biolo et al 1995a, Biolo et al 1997, Phillips et al 1997, Phillips et al 1999, Bennet et al 1989, Svanberg et al 1996, Rasmussen et al 2000). Det ser ikke ut til at det er noen forskjell på om aminosyrene infuseres eller inntas oralt (Tipton et al 1999a). Langvarig opprettholdelse av en høy aminosyrekonsentrasjon mister sin stimulerende effekt på proteinsyntesen etter ~1-2 timer (Miller et al 2003, Bohe et al 2001, Rennie et al 2002). Ett gjentatt inntak av aminosyrer mens plasma-konsentrasjonen fortsatt er over hvilenivå, stimulerer derimot proteinsyntesen i tilsvarende grad som første inntak (Miller et al 2003). Det ser altså ikke ut til at det er den absolutte konsentrasjon av aminosyrer som er avgjørende for økningen i proteinsyntesen, men snarere endringen i plasmakonsentrasjonen.

PROBLEMSTILLING

Med disse tidligere funn som bakgrunn, fant jeg det interessant hvorvidt måltidsfrekvens har effekt på muskel- og styrkeutviklingen gjennom en lengre periode med styrketrening. Jeg ønsket derfor med mitt planlagte studie, prøve å besvare følgende problemstilling:

- *Vil et hyppig matinntak på 6 måltider/dag gi større økning i muskelmasse og styrke gjennom 12 uker tilrettelagt styrketrening, sammenlignet med et mer konsentrert matinntak på 3 måltider/dag, når energi- og makronæringsstoff inntaket er likt for begge grupper?*

2 TEORI

Hos gjennomsnittsmennesket utgjør muskulaturen ca 35-40% av kroppsvekten (Raastad 2005). Den totale muskelmasse kan imidlertid reguleres raskt både opp og ned og dette er synliggjort med ekstremt utviklet muskulatur hos kroppsbyggere, eller med stor atrofi¹ slik man ser hos enkelte eldre mennesker og ved spesielle muskelsykdommer. Muskeltverrsnittet bestemmer en muskels evne til å skape maksimal kraft, hvilket betyr at en person med stor muskelmasse vil være sterkere enn en person med liten muskelmasse (McDonagh og Davies 1984, Antonio 2000, Allegre et al 2006). Stor muskelstyrke kan være avgjørende for optimal prestasjon i flere typer idretter, slik som vektløfting, styrkeløft, bryting, støt- og kastøvelser innen friidrett etc. I enkelte idretter er også den estetiske siden av å ha stor muskelmasse avgjørende for prestasjon (for eksempel i kroppsbygging og i fitness). En viktig del av treningen til utøvere av slike idretter er derfor å øke muskeltverrsnittet og muskelstyrken gjennom spesifikk, tilrettelagt trening.

Muskelmasse og styrke korrelerer dessuten positivt med forebygging en del livsstilsykdommer (for eksempel insulin resistens, diabetes type 2, dyslipedemi og overvekt) og bevaring av selvstendigheten og livskvalitet ved aldring (Karakelides og Sreekumaran 2005).

Muskelvev er et svært metabolsk aktivt vev, som tilpasser og justerer seg etter de fysiske og mekaniske krav som regelmessig stilles. Den naturlige tilnærming for å øke muskelmasse og styrke, er styrketrening. Men også faktorer i kosten påvirker muskelmassen. Proteiner utgjør byggestenene i musklaturen, og man har derfor vært opptatt av hva slags betydning tilførsel av proteiner har for utvikling av muskelmasse. Det er bla observert at tilførsel av aminosyrer (byggestener for proteiner) i hvile øker muskelproteinsyntesen, og at en kombinasjon av en styrketreningsøkt og tilførsel av aminosyrer fordobler effekten på muskelproteinsyntesen (Biolo et al 1995a, Biolo et al 1997, Phillips et al 1997, Phillips et al 1999, Bennet et al 1989, Svanberg et al 1996, Rasmussen et al 2000). Det vil derfor være naturlig at man fokuserer på så vel styrketrening som kosthold når man har et ønske om å øke sin muskelmasse og styrke.

2.1 Styrketrening

Styrketrening kan defineres som ”*All trening som er ment å utvikle eller vedlikeholde vår evne til å skape størst mulig kraft ved forskjellige forkortningshastigheter*” (Raastad 2005).

¹ Atrofi: muskelsvinn/ tap av muskelmasse

Man kan videre underkategorisere begrepet i maksimal styrketrening og eksplosiv styrketrening avhengig av den aktuelle forkortningshastigheten. I denne oppgaven er det maksimal styrke som er i fokus, hvilket videre kan defineres som ”den maksimale kraften man klarer å utvikle ved langsomme bevegelser eller isometriske kontraksjoner” (Raastad 2005).

2.1.1 Faktorer som bestemmer muskelstyrken

Økning av styrke avhenger av to hovedfaktorer; nervøse tilpasninger og fysiologiske tilpasninger (Staron et al 1994, Raastad 2005) (tabell 2.1).

TABELL 2.1; Faktorer i muskulatur og i sentralnervesystemet som påvirker evne til å utvikle kraft (Raastad 2005).

Fysiologiske faktorer; muskel-skjelett systemet	Nervøse faktorer; sentral nervesystemet
Muskelgruppens tverrsnitt: <ul style="list-style-type: none"> • Ant. muskelfibre • Fibrenes tverrsnitt • Arkitektur (fysiologisk tverrsnitt) 	Grad av aktivering: <ul style="list-style-type: none"> • Ant. motoriske enheter rekruttert • Fyringsfrekvens
Fibertype sammensetning (kraft-hastighet)	Samspill mellom agonister; koordinering
Muskellengde (kraft-hastighet)	Samspill mellom antagonister; teknikk
Vektarmer (utspring, feste, leddanatomi)	

Økning i en *muskels tverrsnitt* er den best dokumenterte effekten av maksimal styrketrening (McDonagh og Davies 1984, Antonio 2000, Allegre et al 2006). Faktorer som bestemmer tverrsnittet i en muskel, og som også er påvirkelig via styrketrening, er antall muskelfibre (økning betegnes som hyperplasi), deres enkelte tverrsnitt (økning betegnes som hypertrofi) og innfestningsvinkelen til senedragene for de fjærformede musklene (Staron et al 1991, Kawakami et al 1993, Roman et al 1993, Kawakami et al 1995, Antonio 2000, Alegre et al 2006).

Ved styrketrening kan man endre *fibertypesammensetningen* i musklaturen. En muskel med stor andel av raske muskelfibertyper (type IIA og IIX²) kan skape større kraft ved store forkortningshastigheter, mens ved langsomme forkortningshastigheter er det liten forskjell på fibertypene mtp kraften som kan skapes (Staron et al 1994, Raastad 2005). Ved maksimal styrketrening, øker andelen IIA fibre på bekostning av de hurtigere IIX fibre (Staron et al 1994). Endring i fibertype-sammensetning er, ved siden av ren muskelvekst, den best dokumenterte endringen ved styrketrening (Staron et al 1994, Raastad 2005).

Muskellengden påvirker kraften som kan skapes ved ulike leddutslag. Den aktive komponenten av maksimalt moment (kraft) ved ulike leddutslag bestemmes av grad av overlapp mellom myosin- og aktintrådene, og vektarmen til muskeldraget over leddets omdreiningsakse. Vi kan påvirke muskellengden ved trening, ved at antall sarkomerer i serie vil optimaliseres i det området som muskelen brukes mest (Mansell et al 1997, Raastad 2005, Allegre et al 2006). På denne måten optimaliseres arbeidsforholdene til musklaturen i forhold til den aktivitet den utsettes for (det dannes flere tverrbroer mellom aktin og myosin ved en aktuell muskellengde).

Vektarmen kan i liten grad påvirkes av trening, men en økning i muskeltverrsnitt kan flytte senedraget noe lenger vekk fra leddets omdreiningsakse i fjærformede muskler (Raastad 2005).

Kraftutviklingen fra en muskelgruppe avhenger også av nervøse tilpasninger. Antall *motoriske enheter* (hvor mange muskelfibre-) som rekrutteres og *fyringsfrekvensen* (ved hvilken frekvens nervesignalene når til disse muskelfibrene) regulerer kraftutviklingen (Åstrand et al 2003). Det har vist seg gjennom en rekke studier at både rekrutteringen av motoriske enheter og fyringsfrekvensen er tilnærmet optimal (85-100%) selv hos utrente individer, og at det derfor er lite å hente på disse faktorene for å øke styrken (Shield og Zhou 2004, Behm 1995). Behm et al (1995) påpeker derimot at det kan se ut som at god treningsstatus øker evnen til å oppnå optimal muskel aktivering i store muskelgrupper (quadriceps) umiddelbart etter en utmattende treningsøkt.

Samspillet mellom agonister og antagonister spiller en større rolle ved teknisk krevende øvelser (frivekter; feks knebøy, rykk og støt) enn ved mindre teknisk krevende øvelser (trening i apparater med fastlåste bevegelsesbaner). Neural adaptasjon har derfor størst påvirkning på styrkeutviklingen i den første, akutte styrkeøkningen ved bruk av kompliserte øvelser (Chilibeck et al 1998, Behm 1995, Antonio 2000, Rønnestad 2004).

2.1.2 Hva skjer ved styrketrening

Målet ved maksimal styrketrening, er å øke muskelmassen og styrken. Prinsippet for muskelvekst er å utfordre muskelen over dens evne, slik at den stimuleres til å tilpasse seg det økte krav til kraftutvikling. De stimuli som ser ut til å være viktigst for muskelvekst, er mekanisk strekk, metabolsk stress og hormonelt miljø (Antonio 2000, Raastad 2005).

Regelmessige mekaniske drag i musklaturen, enten ved hjelp av kraftig utstrekning, eller gjennom kontraksjoner, har vist seg effektive i både dyre og menneskestudier (Leivseth et al

1989, Alway et al 1989, Alway et al 1990). Det er størrelsen på draget og tiden det får virke, som er avgjørende for størrelsen på responsen. Videre er det observert en positiv, additiv effekt ved å stenge av muskelens blodtilførsel i kortere perioder, og slik forverre muskelens metabolske forhold (Rooney et al 1994, Raastad 2005). Hormoner som insulin, veksthormon, testosteron og IGF-1 øker muskelveksten, og disse dominerer i forhold der energibalansen er positiv. Ved energiunderskudd dominerer kortisol, som på sin side virker negativt for kroppens totale muskelmasse. Hormonene påvirkes dessuten av stresset kroppen utsettes for i treningsøkten; serier til utmattelse (~10RM) og korte hvilepauser (~1 min) øker produksjonen av de positive hormonene (Hickson og Marone 1993, Antonio 2000, Raastad 2005).

2.1.3 Hvordan øke styrken?

Det er først og fremst kombinasjonen av treningsmotstand, treningsvolum og treningshyppighet som avgjør resultatene i styrketreningen. Motstanden (vekt i kg på vektstang, eller % av 1RM) bør ligge over 60% av 1RM, og muligens optimalt rundt 80-90% av 1RM for trente personer (tilsvarer ca 4-8 repetisjoner) (Staron et al 1991, Roman et al 1993, Raastad 2005). Det ser ut til at overkropp og underekstremiteter svarer noe forskjellig på treningsvolumet (antall serier i hver øvelse). Generelt viser det seg at multiple serier gir bedre resultater enn én serie pr muskelgruppe, men det ser ut som at overkroppen blir tilstrekkelig stimulert med én serie (Paulsen et al 2003, Rønnestad 2004). Vedrørende treningshyppighet, foreligger det en balanse mellom behovet for tilstrekkelig restitusjon og nødvendig repetisjon for å oppnå maksimal styrke- og muskeltilvekst. Det ser ut til at samme muskelgruppe optimalt bør trenes 2-4 ganger pr uke når intensiteten ligger på 75-85% av 1RM (6-12 RM) og volumet på 2-4 serier (Raastad 2005).

Hypertrofi innebærer at en økt mengde proteiner innleires i muskelfibrene. De intracellulære aminosyrer som bidrar til slik proteinoppbygging tilføres fra kostens proteiner, eller fra annet nedbrutt muskelvev i kroppen. Skal den totale kroppsmasse økes, må proteiner forsørges via kosten slik at kroppsprøtein oppbygningen overstiger kroppsprøtein nedbrytningen, og proteinbalansen blir positiv.

2.2 Kosthold og styrketrening

Konsensus i dag er at styrketrenende har et større behov for proteiner enn sedate og utøvere som driver utholdenhetsidrett (Tarnopolsky 2002, Lemon 1998, Lemon 1992, Tarnopolsky et

al 1992). Flere akutt-studier² har vist at et restitusjonsinntak etter trening, med essensielle aminosyrer og evnentuelt karbohydrater, resulterer i en positiv proteinbalanse sammenlignet med placebo (Biolo et al 1997, Børsheim et al 2002, Miller et al 2003, Levenhagen et al 2001, Rasmussen et al 2000, Tipton et al 1999a, Tipton et al 1999b) (tabell 2.2).

Tabell 2.2: En kortfattet oversikt over akuttstudier som tar for seg effekt av postexercise næringsinntak med ulike næringsstoff sammensetning, på proteinsyntesen i muskulatur. Sortert etter årstall. CO = cross over, AA = aminosyrer (amino acids), EAA = essensielle aminosyrer, NEAA = ikke essensielle aminosyrer (non-essential amino acids), F = fett, CHO =karbohydrater, KV = kroppsvekt, RM = repetisjon maksimum

1	Tipton et al	1999b	6 CO	Totalt 40g AA, 40g EAA eller placebo; 100ml inntatt hvert 18-20.min i totalt 4 timer post-exercise. Oralt inntak. 60 min bentrening, 75% av 1RM	AA og EAA resulterte i tilsvarende positiv proteinbalanse, og på lik linje med når AA er infusert. Bedre enn placebo. NEAA ser ikke ut til å være nødvendig i postex. drink.
2	Roy et al	2000	10 CO	CHO (1g/kg KV), isoenergetisk CHO/F/AA (66%/12%/23%) eller placebo umiddelbart og 1t post-ex. Oralt 80 min styrketrening, 80% av 1RM (10RM)	CHO og CHO/F/AA gir tilsvarende lik økning i proteinsyntesen, og sign. mer enn placebo (gjenspeilet i <i>Nonoxidative leucine disposal</i>)
3	Børsheim et al	2002	6	Postexercise EAA-drink (6 g) 1 og 2 timer postexercise. Oralt. 40 min bentrening, 80% av 1RM (8RM)	6g EAA mer anabolt enn 3g EAA + 35g CHO (se nr 4), og like anabolt som 6g EAA+ 35g CHO (se nr 1, tabell 2.3). Ved gjentatt inntak, ser man samme respons.*
4	Miller et al	2003	10	6g AA, 35g CHO eller 6g AA+35g CHO; 1t postex. og 2t postexercise. Oralt. 40 min bentrening, 75% av 1RM (10-8RM)	Når AA og CHO kombineres, er økningen i proteinsyntesen lik summen av deres uavhengige effekt. For økning i proteinbalansen gjelder følgende forhold; AA = AA+CHO > CHO Den anabole respons til næringsinntak påvirkes ikke av forutgående inntak (1 time før) **
5	Børsheim et al	2004	16 CO	100g CHO eller placebo 1t postexercise. Oralt. 20 min bentrening, 80% av 1RM (8RM)	Karbohydrater økte proteinbalansen ved å redusere proteinnedbrytning. Placebo ingen effekt. Balansen nådde ikke positiv verdi, og effekten var langt fra like potent som da AA ble gitt i stedet (tidl. studie).

*Sammenligner resultater med tilsvarende forskningsdesign gjort tidligere.

**5 deltagere gjør 3 av 3 intervensjoner, én deltager gjør 2 av de 3 intervensjonene, og 4 deltagere gjør 1 av de 3 intervensjonene. Tilsammen 7 deltagere i hver intervensjon.

Kunnskap om hvordan proteinene bør fordeles ut over dagen for å stimulere til optimal proteinsyntese og muskelvekst: hvor store enkeltdoser, ved hvilken hyppighet proteiner og måltider bør inntas, og timing av dette i forhold til treningsøkter, er foreløpig lite dokumentert.

² ”Akutt studie” forstås som en studie der man gjennomfører kun én treningsøkt med påfølgende tester.

2.2.1 Næringsstoffers betydning for muskelvekst

For å øke styrke og muskelmasse, er styrketrening den mest naturlige og selvsagte tilnærming. I akutt-studier med deltagere i fastende tilstand, har man sett at muskelproteinsyntesen kan økes mer enn 100% etter en styrketreningsøkt (Biolo et al 1995a, Børsheim et al 2002). Men selv om proteinbalansen *forbedres*, blir den ikke positiv ettersom også muskelprotein-nedbrytningen stimuleres. Muskulaturen trenger byggestoffer, aminosyrer, for å øke i volum. Skal den totale proteinbalansen gjøres positiv, må disse aminosyrene tilføres via kosten (Børsheim et al 2002).

Hyperinsulinemia³ i hvile, ved samtidig opprettholdt systemisk aminosyre nivå, har vist seg å gi anabolt signal til muskelprotein balansen, med en økning på 50% i proteinsyntesen (Biolo et al 1995b). I en situasjon som etter trening, har insulinet vist seg å virke anti-katabolt (reduserer protein nedbrytningen), men dets anabole virkning (øke proteinsyntesen) er trolig avhengig av tilgangen på aminosyrer (Biolo et al 1999).

I hvile vil hyperaminoacidemia⁴ per se stimulere muskelproteinsyntesen. Effekten har vist seg å være desto mer potent i kombinasjon med forutgående aktivitet, og har vært målt til en økning i proteinsyntesen på 200% (Biolo et al 1995a, Biolo et al 1997, Phillips et al 1997, Phillips et al 1999, Bennet et al 1989, Svanberg et al 1996, Rasmussen et al 2000).

Når man så kombinerer styrketrening, karbohydratinntak (oppnår hyperinsulinemi) og aminosyrer, kan muskelproteinsyntesen stimuleres til en økning på hele 400% (Rasmussen et al 2000).

2.3 Tidligere studier

Muskelproteinmetabolismen er stimulert i etterkant av en treningsøkt, og en skulle tro at inntak av næringsstoffer til oppbygning av musklatur vil være fordelaktig i denne tidsperioden.

2.3.1 Akutt studier; timing av proteininntak

Som nevnt har akutt studier vist at inntak av næringsstoffer etter en treningsøkt resulterer i signifikant bedre proteinbalanse sammenlignet med placebo. De akutte studiene antyder at stimulering av proteinsyntesen har likheter med glykogensyntesen. Det ser ut til at det finnes et tidsrom assosiert med en treningsøkt, hvor tilførsel av næringsstoffer er kritisk mtp å raskt opprette en positiv proteinbalanse og igangsette muskelhypertrofi. Men det strides pr i dag

³ *Hyperinsulinemia*: en serum-konsentrasjon av insulin over normalt, post-absorbtivt (*d.e. etter opptak av sist inntatte måltid*) hvilenivå.

⁴ *Hyperaminoacidemia*; en serum-konsentrasjon av aminosyrer over normalt, post-absorbtivt hvilenivå.

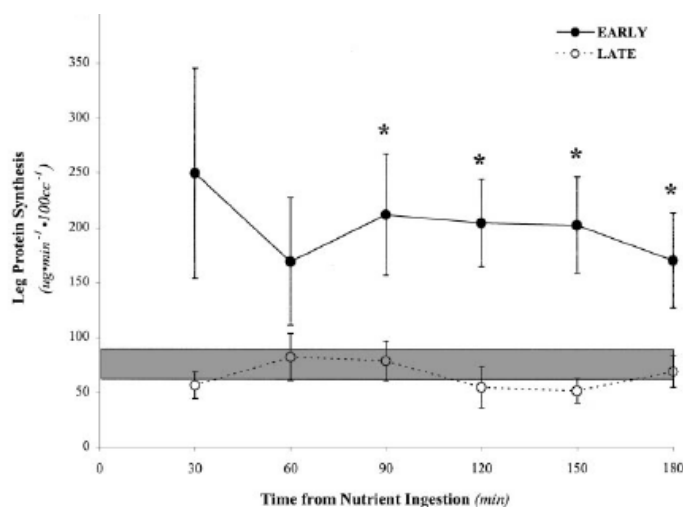
hvorvidt næringsstoffinntak umiddelbart etter en treningsøkt har større effekt enn ett forsinket inntak 2-3 timer etter treningsøkten (Rasmussen et al 2000, Levenhagen et al 2001) (tabell 2.3).

Tabell 2.3: Oversikt over akutt studier som tar for seg effekten av timing av næringsinntak i forhold til treningsøkten, på proteinsyntesen. Sortert etter årstall. CO = cross over, AA = aminosyrer (amino acids), EAA = essensielle aminosyrer, F = fett, CHO = karbohydrater, RM = repetisjon maksimum.

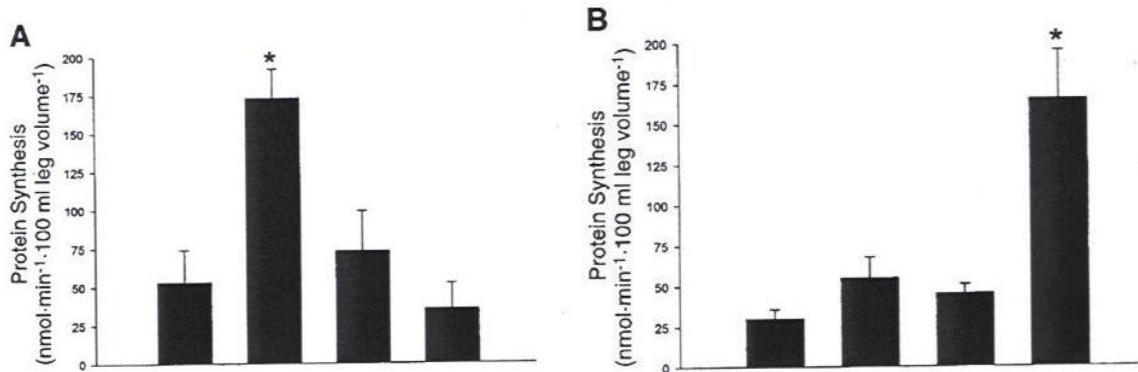
1	Rasmussen et al	2000	6 CO	6g EAA+35g CHO eller placebo 1t eller 3t postex. Oralt. 45 min bentrening, 80% av 1RM (8RM)	EAA+CHO resulterte i økt proteinsyntese og -balanse, mens placebo gav ingen effekt. Ulik timing av inntak utgjorde ingen forskjell.
2	Levenhagen et al	2001	10 CO	CHO/F/AA (8g/3g/10g) umiddelbart eller 3 t postexercise. Oralt. 60 min sykkeltraining ved 60% av VO_{2max}	Glukose- og AA-opptak var størst ved inntak rett etter trening. Det var netto proteinsyntese ved inntak rett etter trening, og netto protein-tap ved inntak 3 t postexercise.
3	Tipton et al	2001	6 CO	6g EAA+35g CHO eller placebo før eller etter treningsøkten. Oralt. 50 min bentrening, 80% av 1RM (8RM)	Inntak av EAA+CHO før trening gir større økning i proteinsyntesen enn inntak etter trening.

Levenhagen et al (2001) studerte betydningen av timing av næringsinntak (8g CHO/ 3g F/ 10g AA) etter én times sykkeltraining (60% VO_{2max}), for maksimalt opptak av glukose og aminosyrer, og for muskelproteinbalansen. En gruppe forsøkspersoner inntok næringsstoffene umiddelbart etter trening, mens en annen gruppe ventet til tre timer etter avsluttet treningsøkt. Til tross for et identisk substrat- og hormonelt miljø etter supplementering hos de to gruppene, var opptaket av glukose og aminosyrer større for gruppen som inntok supplementet umiddelbart etter treningen. Selv om ikke proteinnedbrytningen var forskjellig, var muskelproteinsyntesen i gruppen som inntok supplementet umiddelbart etter trening tre ganger større, hvilket resulterte i netto muskelproteinoppbygging (figur 2.1). Gruppen som inntok supplementet tre timer i etterkant av økten hadde et netto tap av muskelprotein. Disse funnene strider mot det forutgående studiet av Rasmussen et al (2000), der det ikke var noen forskjell i muskelproteinsyntesen dersom supplement ble inntatt én time eller tre timer etter styrketrening (figur 2.2). Sistnevnte resultat ble forklart med at muskelproteinsyntesen er økt i 48 timer etter aktivitet, og at en tilførsel av aminosyrer innenfor dette tidsrommet, ville gi økt hastighet på muskelproteinsyntese-maskineriet. Det bør i denne sammenheng påpekes at forskjellen i type aktivitet i de to studiene (sykkeltrening kontra styrketrening) sannsynligvis influerer resultatene, og vanskeliggjør direkte sammenligning. Det er trolig ulik effekt av timing på næringsinntak etter aktivitet når det er snakk om aerobisk aktivitet kontra styrketrening, og proteinsyntesen er bare moderat stimulert etter aerobisk trening (Børsheim et al 2002, Carraro et al 1990). Effekten av timing på næringsstoffinntak etter aerobisk trening

kan derfor snarere skyldes økt blodgjennomstrømning i musklaturen rett etter treningen, og dertil økt tilgjengelighet av substrater (Børsheim et al 2001).



Figur 2.1: Punkt-for-punkt framstilling av protein syntesen i benet til 10 deltagere som har fått næringsstoff-tilskudd enten umiddelbart ("Early") eller 3 timer ("Late") etter sykkeltraining. Skyggefarget, horisontal boks antyder basalverdier, gjennomsnitt ± SE
*Signifikant forskjellig, $p < 0,05$. (Levenhagen et al 2001).



Figur 2.2: Muskel proteinsyntese i benet i henholdsvis 0-1 timer, 1-2 timer, 2-3 timer og 3-4 timer etter styrketreningsøkten. Figur A fremstiller resultater fra gruppen med næringsinntak 1 time etter økten, og figur B fremstiller resultater fra gruppen med inntak 3 timer etter økten. *Signifikant forskjellig fra placebo og verdier før næringsinntak, $p < 0,05$ (Rasmussen et al 2000).

2.3.2 Akutt studier; måltidshyppighet

Det kan se ut til at det etter treningsøkter bare er små mengder proteiner som skal til for å øke proteinsyntesen, og at det bare er de essensielle aminosyrene som behøves. Både 40g EAA, 21,1g EAA, 13,4g EAA og 6g EAA har resultert i optimal økning i proteinsyntesen, og på lik linje med tilsvarende mengde av MIX (ikke-essensielle + essensielle aminosyrer) (Volpi et al 2003, Børsheim 2002, Rasmussen et al 2000, Tipton et al 1999a, Tipton et al 1999b).

Akuttstudiene antyder at et kosthold med hyppige, små måltider kan være optimalt mtp muskelhypertrofi og styrkeutvikling, og at inntak bør oppmuntres både før, muligens under, og etter treningsøkten (Lemon et al 2002). Hulmi et al (2005) lot halvparten (H1) av en gruppe styrketrente menn innta frokost tre timer før styrketrening samt et proteintilskudd (25g whey/casein miks) 30min før økten og umiddelbart etter økten. Den andre halvparten (H2)

fikk frokost og deretter bare proteintilskudd etter styrkeøkten. H1 oppnådde et større muskulært anabolsk miljø med økt konsentrasjon av insulin gjennom styrkeøkten og trolig også et økt muskelopptak av testosteron.

Tilsvarende ble funnet i studiet av Paddon-Jones et al (2005). Deres resultater ser ut til å antyde at flere, hyppige måltider (6 stk) gir større anabol effekt enn færre måltider (3 stk). Halvparten av 13 mosjonister fikk innta tre måltider gjennom dagen etter en treningsøkt (kontrollgruppen), mens resterende deltagere i tillegg fikk tre tilskudd mellom måltidene. Måltidene gav tilsvarende energi og næringsstoffer til begge gruppene, mens tilskuddet gav 15g proteiner og 30g karbohydrater ekstra pr inntak. Resultatene viste at tilskuddsgruppen oppnådde en større anabol effekt enn kontroll-gruppen (målt som *fractional synthetic rate* i 16 timer etter inntak). Videre så man at et forutgående inntak av tilskudd ikke påvirket den normale anabole responsen etter et påfølgende, vanlig måltid. Spørsmålet etter dette resultatet, var om den akutte økningen i proteinsyntesen, kunne ekstrapoleres til en målbar endring i muskelmassen over en lengre periode.

Akutt studiene som er gjort på muskelproteinsyntese etter styrketrening, tar bare for seg endringer over de nærmeste timene etter trening. Proteinsyntesen har vist seg å være økt i opptil 48 timer etter en styrketreningsøkt (Rennie & Tipton 2000, Phillips 2004, Phillips et al 1997). Mulige kompensatoriske endringer i syntese og degradering senere på døgnet, eller eventuelt tilpasninger som skjer ved trening, kan derfor potensielt hviske ut effektene som er målt i korttidsstudier (Lemon et al 2002). Langtidsstudier vil derfor være bedre egnet til å avsløre hvorvidt timingen av næringsstoff-inntak i forhold til en treningsøkt er avgjørende for optimal muskelprotein-syntese.

2.3.3 Langtids studier; timing av proteininntak

Flertallet av langtidsstudier finner ingen signifikant effekt når det gjelder timing av proteininntak i forhold til styrketreningsøkten, og heller ingen forskjell mellom protein- og karbohydrat inntak (henholdsvis Antonio et al 2000, Williams et al 2001, og Lemon et al 1992, Rankin et al 2004) (tabell 2.4). Antonio et al (2000) studerte 19 unge kvinner over en 6 ukers treningsperiode med styrketrening 3g/uke kombinert med 20 minutters aerob trening. Halvparten inntok ~ 9,5g essensielle aminosyrer 20 minutter før og 20 minutter etter treningsøkten, mens resterende inntok placebo. Trenden vist at den EAA-supplerte halvparten økte sin styrke mer enn den placebo-supplerte halvparten, med 20% versus 6% økning, men de fant ingen signifikant forskjell mellom gruppene.

Williams et al (2001) trente en liten gruppe mennesker fem dager i uka i totalt ti uker, der høyre og venstre ben ble trent annen hver dag. Dagene da det ene benet ble trent, inntok de alltid 0,8 g glucose/kg og 0,2g aminosyrer/kg rett etter treningsøkten, mens placebo ble inntatt på det andre benets treningsdag. De fant ingen signifikant forskjell i isokinetisk-, isometrisk- eller 1RM styrke mellom de to benene, men så en trend til større styrkegevinst i det supplerte benet mot slutten av studieperioden. De konkluderte med at supplering av glucose og aminosyrer umiddelbart etter trening ikke så ut til å ha betydning, men stilte spørsmål om hvorvidt studiets varighet var tilstrekkelig, ettersom det ble observert en trend til større styrkegevinst ved det supplerte benet. En annen tanke ved dette funnet, er at de antok uavhengighet av effekten av tilskuddet på det supplerte benet. Dette ble basert på at det trolig er en begrenset periode rett etter en treningsøkt, hvor næringsinntak har størst potensial til å påvirke protein metabolismen. Når det så tidligere er antydnet at proteinsyntesen er økt i opptil 48 timer etter en treningsøkt, kan man tenke seg at tilskuddet har gavnet begge ben i treningsperioden, og at man derfor ikke kunne finne noen signifikante forskjeller mellom bena.

Esmarck et al (2002) fant at den langvarige effekten (12 uker) av umiddelbar næringsinntak etter trening, kunne sidestilles med den ofte observerte akutte effekten. De trente 13 eldre menn 3 ganger/uke i 12 uker, hvor halvparten fikk restitusjonsinntak med proteiner, karbohydrater og fett fem minutter etter avsluttet treningsøkt, mens resterende måtte vente i to timer. Såvel muskelhypertrofi som styrkeøkningen var større i fem minutters gruppa i forhold til to timers gruppa. Dette er motstridende til funn av Rasmussen et al (2000) der tilsvarende design ble testet i et akuttstudie med yngre menn. Der ble det ikke funnet forskjell på økning i proteinsyntese hastighet mellom næringsinntak én time etter økten og inntak tre timer etter treningsøkten. Det er tidligere påpekt at eldre kan se ut til å ha en redusert sensitivitet til proteininntak, og at de trenger en større plasma-konsentrasjon av aminosyrer for å svare med tilsvarende endringer i muskel proteinsyntesen (Arnal et al 1999, Arnal et al 2000). Det kan derfor se ut til at tiden for næringsinntak etter treningsøkten er mer kritisk for eldre enn for yngre, mtp stimulering av muskelhypertrofi, men dette krever mer forskning for å avklares.

Tabell 2.4: Tabellen viser en kortfattet oversikt over langtidsstudier (*d.e. studier som ser på responser etter 6-14 uker med trening og intervensjon*) som tar for seg effekt av timing av næringsstoff inntak før/etter trening. Sortert etter årstall. EAA = essensielle aminosyrer, RM = repetisjon maksimum, P = proteiner, F = fett, CHO = karbohydrater, TS =muskeltverrsnitt

NR	FORFATTER	ÅR	ANTALL	UKER	INTERVENSJON	RESULTAT
1	Antonio et al	2000	21 unge kvinner	6	Effekten av restitusjonsinntak av 18,3g EAA eller placebo på kroppssammensetning, 12RM styrke og utholdenhet	Utholdenhet økte sign mer i EAA-gruppen. Kroppssammensetning og styrke endret seg ikke i noen av gruppene.
	Esmarck et al	2001	13 eldre men	12	Effekt av umiddelbart eller forsinket (2t) restitusjonsinntak av (10g P +7g CHO+3g F) på muskelvekst og styrke	Bare gruppen med umiddelbart inntak økte TS for quadriceps, samt at de økte både i dynamisk og isokinetisk styrke. 2t-gruppa økte bare dynamisk styrke.
3	Williiams et al	2001	7 unge menn og kvinner	10	Effekt av restitusjonsinntak av glukose/aminosyre tilskudd (kontra placebo) på styrkeutvikling. Høyre og venstre ben trenes annenhver dag; bare et ben suppleres i etterkant av økten.	Bare en trend til bedre økning for supplert ben. Ingen sign. forskjell mellom bena i 1RM, isometrisk eller isokinetisk styrkeøkning.
4	Andersen et al	2004	22 unge menn	14	Effekt av pre- og posttrenings tilskudd av enten 25g proteiner eller 25g karbohydrater på utvikling av musklatur og styrke	Bare proteingruppen økte muskelmassen og hophøyde, men ingen forskjell mellom gruppene i isometrisk og isokinetisk styrke.
5	Rankin et al	2004	19 unge menn	10	Effekt av restitusjonsinntak av melk eller karbohydratdrikk på 1RM styrke og kroppssammensetning	Bare en tendens til at melke-gruppen økte mer i kroppsvekt og lean body mass.

2.3.4 Langtidsstudier; Måltidshyppighet

I noen få arbeider har man studert betydningen av måltidsfrekvens for optimal styrketilsvest og muskelhypertrofi i forbindelse med trening (tabell 2.5).

En studie som er gjort på rotter (Bujko et al 1997) viser at måltidshyppighet spiller stor rolle for endring i kroppsvekt og proteinstatus. Rotter som spiste seks ganger om dagen hadde nærmere 20% høyere vekstrate sammenlignet med rotter som spiste samme energiinntak fordelt på to måltider om dagen. Resultatene indikerer at kroppens metabolske utnyttelsesgrad av en gitt mengde tilført proteiner influeres av måten det inntas på. Store måltider ser ut til å medføre mindre utnyttelse av tilførte aminosyrer, hvilket anses som bortkastet inntak, og resulterer i redusert innlagring av aminosyrer i kroppsvev.

Under en periode med vektreduksjon hos en gruppe bokserne, viste det seg at måltidsfrekvensen var av betydning for protein balansen (Iwao et al 1996). Alle bokserne inntok

1200kcal/dag, men én gruppe spredte inntaket på to måltider om dagen, mens den andre gruppen spredte inntaket på seks måltider om dagen. Begge grupper oppnådde samme vektreduksjon i løpet av to uker (ca 8% av kroppsvekten), men gruppen med to måltider hadde et større tap av fettfri kroppsmasse enn gruppen med seks måltider. Konklusjonen var at et kostmønster med flere spredte måltider, med sine blodsukker-stabiliserende og hormonelt stimulerende effekter, bidro til redusert protein katabolisme ved vektreduksjon, samt et større bidrag fra fettsyrer som energikilde.

Tabell 2.5: Tabellen viser en kortfattet oversikt over langtidsstudier (*d.e. studier som ser på responser etter 3-29 uker med trening og intervensjon*) som tar for seg effekt av måltidshyppighet på muskel og styrkeutvikling, sortert etter årstall.

NR	FORFATTER	ÅR	ANTALL	UKER	INTERVENSJON	RESULTAT
1	Iwao et al	1996	12 unge menn	2	Effekt av 2 eller 6 måltider/dag ved vektreduksjon, på kropps-sammensetning.	Like stor vektreduksjon, men 6-måltidsgruppa beholdt mer muskelmasse.
2	Bujko et al	1997	(rotter)	3	Effekt av 6 måltider eller 2 måltider på vekstrate, kroppsvekt og proteinstatus	6 måltidsgruppa vokste 20% mer, og utnyttet proteinet i kosten bedre.
3	Arnal et al	1999	15 eldre kvinner	29	Effekt av 3 måltider (mest protein i 2.måltid) og 4 måltider (protein jevnt fordelt) på proteinopptak hos eldre kvinner.	3 måltider mer effektivt enn 4 måltider for optimalt proteinopptak
4	Arnal et al	2000	16 yngre kvinner	4	Effekt av 3 måltider (mest protein i 2.måltid) og 4 måltider (protein jevnt fordelt) på proteinopptak hos yngre kvinner.	Ingen forskjell mellom måltidsmønstrene for optimalt proteinopptak

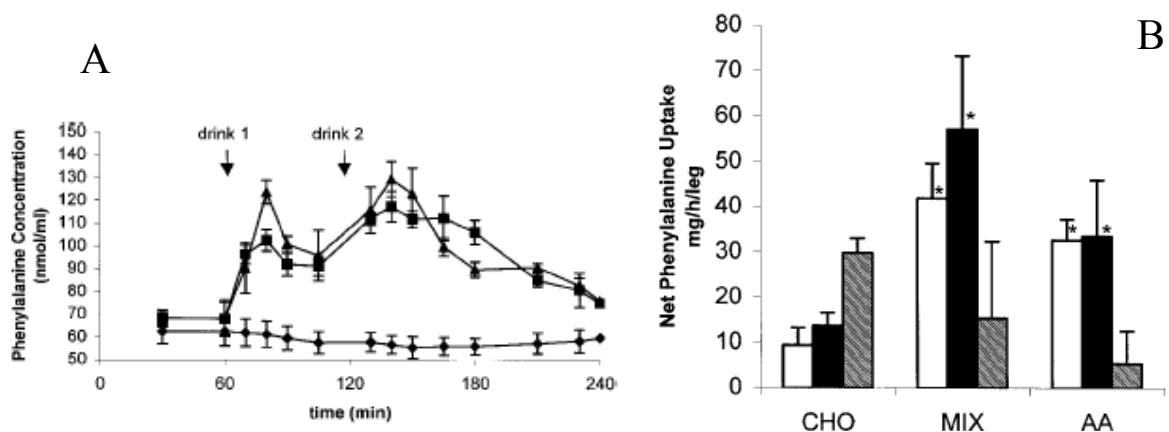
2.3.5 Aminosyrenes evne til stimulering av proteinsyntesen

Endringer i netto muskelproteinbalansen er hovedsakelig styrt av endringer i muskel protein syntesen, som på sin side responderer på tilførsel av aminosyrer (Phillips et al 2005).

Stimuleringen fra aminosyrer ser derimot bare ut til å være kortvarig og forbigående, til tross for at sirkulerende aminosyre konsentrasjon opprettholdes over basalnivået (Bohe et al 2001).

Funnet ble senere gjentatt av Rennie et al (2002). De infuserte aminosyrer i post-absorptiv hvile til et nivå på 170% av hvileverdier, hvilket økte muskelproteinsyntesen til fire ganger basalnivået. Etter to timer falt syntesen ned mot basalnivå igjen tross opprettholdt plasma-aminosyre konsentrasjon, og de overskytende aminosyrer gikk direkte til oksidering, ureagenese og glukoneogenese. Konklusjonen i studien gikk i retning av at kroppen har en maksimal kapasitet til å nyttiggjøre aminosyrer til proteinsyntese, og at dette begrenser kapasiteten til å lagre aminosyrer tilført via ett enkelt måltid.

I studiet av Miller et al 2003 ble det funnet at ved et umiddelbart oralt inntak av essensielle aminosyrer (EAA), karbohydrater eller en kombinasjon av essensielle aminosyrer og karbohydrater (MIX) gav EAA og MIX samme økte respons i muskelproteinsyntese etter en styrketreningsøkt. Muskelproteinsyntesen var tilbake på basalnivå til tross for at aminosyrekonsentrasjonen fortsatt var dobbelt så høyt som basalnivået én time etter supplementering. På bakgrunn av de tidligere funn hos Bohé et al (2001), forventet en derfor en dempet respons i muskelproteinsyntesen ved et gjentatt inntak én time etter første supplement-inntak. Tvert i mot viste det seg at et gjentatt inntak av EAA eller MIX begge gav en tilsvarende økning som det første inntaket i muskelproteinsyntesen (figur 2.3). Men også denne økningen falt mot basalnivå én time etter inntaket, tross fremdeles høy plasma-aminosyre konsentrasjon. Det ble konkludert med at muskelproteinsyntesen ser ut til å miste sin respons på en konstant opprettholdt, potensielt stimulerende, aminosyre-konsentrasjon. Proteinsyntesen ser derfor ut til å stimuleres av endringer i plasma- eller intracellulære aminosyre-konsentrasjoner snarere enn deres absolutte nivå.



FIGUR 2.3: Figur A viser arteriell fenylalanin konsentrasjon i timer etter aktivitet, hvor sorte \diamond = karbohydrater, sorte \square = karbohydrat + aminosyrer (mix), og sorte \triangle = aminosyrer. Figur B viser AUC (arealet under kurven) for netto opptaket av fenylalanin, uttrykt på timebasis etter inntak av første drink. Åpne søyler er én time, sorte søyler er to timer, og skraverte søyler er tre timer etter første drink-inntak. CHO = karbohydrater, MIX = karbohydrater og aminosyrer, AA = aminosyrer. * Signifikant forskjellig fra CHO-gruppen (Miller et al 2003).

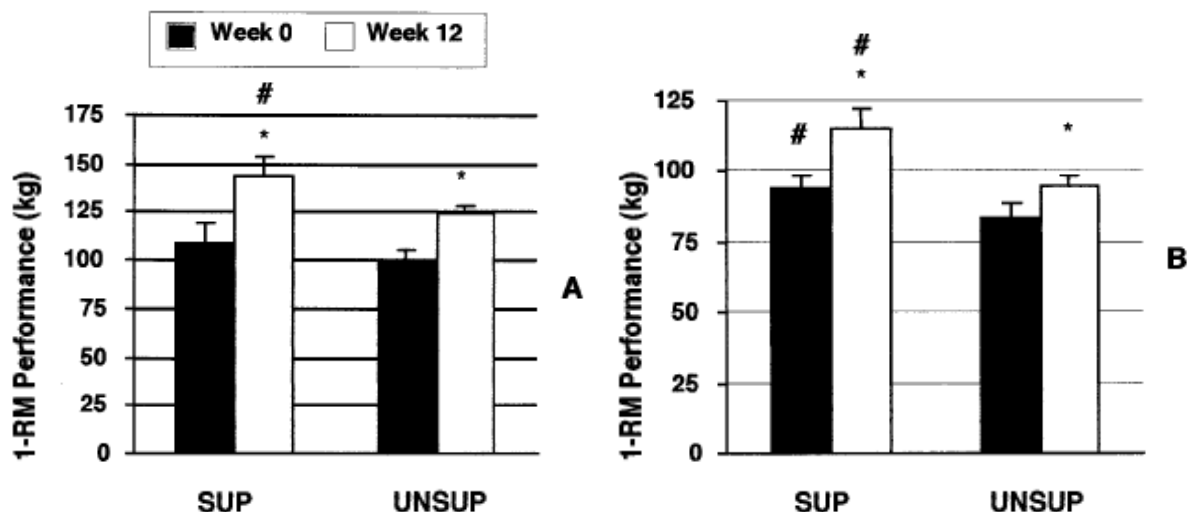
2.3.6 Betydningen av energiinntak for proteinmetabolismen

Proteiner er byggestenene i musklatur, men kan også bidra til forbrenning ettersom aminosyrene består av et karbonskjelett som ligner karbohydratenes kjemiske struktur. Aminosyrer brukes i forbrenning dersom inntaket overstiger det akutte behovet for proteinsyntese, eller dersom kroppen er i en negativ energibalanse hvor tilgangen til karbohydrater er begrenset (Manore & Thompson 2002, Tarnopolsky 2002). For å øke størrelsen på et kroppsvev, må kroppen være i positiv energibalanse (Slater 2002). Et tilstrekkelig inntak av karbohydrater ser ut til å være essensielt for muskelbygging, ettersom

disse sparer proteiner fra forbrenning, og fordi de stimulerer insulinutskillelsen (Manore & Thompson 2002, O'Connor et al 2002, Tipton & Wolfe 2001). Insulin har på sin side vist seg å både stimulere proteinsyntesen, og å dempe protein nedbrytningen (Tarnopolsky 2002). I perioder hvor man ønsker å øke muskelmassen, ser det altså ut til at det ikke bare er et tilstrekkelig inntak av proteiner som er nødvendig, men også et tilstrekkelig inntak av karbohydrater og energi.

2.3.7 Betydningen av personlig oppfølging ved styrketrening

Når en person har ansvaret for egen trening, kan man lett forespeile seg at denne lettere vil gi etter for subjektiv følelse av utmattethet og ikke alltid gjennomføre den progresjon som er fysisk mulig. En erfaren trener vil derimot kunne legge press på utøveren til å hente "det lille ekstra" når treningen er tung. Mazzetti et al (2000) sammenlignet effekten av å benytte individuell instruksjon og oppfølging ved hver treningsøkt gjennom 12 ukers periodisert, tung styrketrening, i forhold til å gjennomføre treningsperioden på egen hånd. I den instruerte gruppen var det instruktørene som bestemte størrelsen og hastigheten på økning i belastning, mens i den selvstendige treningsgruppen var det utøverne selv som avgjorde fremgangen på belastningene. Begge grupper fulgte samme treningsprogrammet, som var inndelt i fire faser av henholdsvis forberedende art (10-12 reps), hypertrofi fase (8-10 reps), styrke fase (5-8 reps) og styrke-formtoppings fase (3-5 reps). I samsvar med hva som er blitt observert tidligere, viste det seg at den personlig instruerte treningsgruppen oppnådde større og raskere økning i sin maks styrke gjennom de 12 ukene med trening (figur 2.4). De hadde dessuten en signifikant større økning i kroppsvekt, fettmasse og fettfri masse. Det viste seg at den instruerte gruppen hadde benyttet tyngre belastninger i de siste, mer tunge og krevende treningsfasene. Årsaken til den observerte styrkeforskjellen ble derfor forklart med større absolutt treningsbelastning i den instruerte gruppen, framfor betydningen av muntlig motivasjon gjennom instruktøren som var tilstede. Tunge belastninger fører nemlig til større aktivering av raske motoriske enheter med høyere rekrutterings terskel, hvilket er avgjørende for å indusere optimal styrkeøkning (Mezzetti et al 2000).



Figur 2.4: 1RM knebøy (A) og benkpress (B) i kg i uke 0 (sorte søyler) og uke 12 (hvite søyler). SUP = instruert gruppe, UNSUP = ikke-instruert gruppe. * Signifikant forskjellig fra uke 0, # Signifikant forskjellig fra UNSUP. (Mezzetti et al 2000)

2.4 Oppsummering

De nevnte studier ser ut til å peke i retning av at et hyppig matinntak som stadig endrer aminosyrekonsentrasjonen i blodet kan virke stimulerende på aminosyreopptaket til muskelceller, og forbruk av den intracellulær pool til muskelprotein syntese. Store enkelt inntak av aminosyrer vil på den annen side bare virke anabolsk stimulerende inntil en terskelverdi, hvorefter musklaturen ikke har kapasitet til å ta seg av større mengder aminosyrer. Et stort enkeltinntak vil også potensielt forårsake en økt aminosyrekonsentrasjon i blodet over en lengre tidsperiode. Dette ser ikke ut til å stimulere til større hypertrofi da nevnte studier har vist til at en konstant aminosyre-konsentrasjon mister sin anabolsk stimulerende effekt etter ~1-2 timer. Det kan se ut som at enkelt inntak er optimale mtp stimulering av proteinsyntese, når mengde proteiner er på ~6g EAA og mengden karbohydrater er på ~50g (gjennomsnittstall for en person på ca 70kg).

Videre bør en treningsperiode med fokus på muskeløkning også innebære en økning av det totale energiinntaket. Proteinnivået bør ligge på mellom 1,5-2g/kg KV/dag som anbefalt for styrketrenende, mens energiinntaket ellers bør økes via hovedsakelig høyere karbohydratinntak.

For å sikre optimale resultater fra et periodisert treningsprogram, ser det ut til at det er av stor betydning at det er tilrettelagt for at en kyndig instruktør er tilstede.

3 METODE

3.1 Utvalg

Forsøkspersoner i alderen 20-35 år med minst 1 års erfaring fra styrketrening ble rekruttert til denne studien. Det ble hengt opp rekrutteringsplakater på sentrale trenings- og samlingssteder for studenter i Oslo området (Domus Athletica, Blindern Athletica, Nydalen Athletica, Toppidrettsenteret i Oslo, Norges Idrettshøgskole, og informasjonstavle ved Politihøgskolen, Kringsjå studentby og Høgskolen i Oslo). Samtlige interesserte fikk informasjonsskriv tilsendt pr e-mail, og ble samtidig invitert til informasjonsmøte ved Norges idrettshøgskole. De som etter informasjonsmøtet var interessert i å delta, skrev under på samtykkeerklæring og informasjonsskrivet. Det ble gjort rede for at deltagelsen var frivillig, og at man når som helst kunne trekke seg fra studiet uten videre begrunnelse. Prosjektet ble godkjent av Regional komite for medisinsk forskningsetikk i Sør Norge.

Gjennom studiets første halvdel skjedde det et så stort frafall av forsøkspersoner (n=12, hvorav 3 fra 6-måltidsgruppen og 10 fra 3-måltidsgruppen), at vi så oss nødt til å gjenta studiet én gang til etter avsluttet første runde. Frafallet var begrunnet med skader (belastningsskader som lå til grunn før studiestart og som ikke ble opplyst; n=3, samt akutte skader oppstått på fritiden, n=3), tids konflikt, n=6, eller ikke tilstrekkelig antall treningsøkter gjennomført, n=1. Totalt gjennomførte 9 personer første del av studien med komplette resultater.

Ved neste rundes gjennomkjøring, hadde vi et frafall på 8 personer, hvorav 7 fra 3-måltidsgruppen og 1 fra 6-måltidsgruppen. Frafallet var begrunnet med skader (en belastningsskade direkte relatert til studiet og en akutt skade relatert til fritidsaktivitet, n=2), tids konflikt (n=3), personlige årsaker (n=2), og dårlig motivasjon (n=1). Totalt gjennomførte 26 personer (15 i 6-måltidsgruppen og 11 i 3-måltidsgruppen) hele studien.

Kriterier for å kunne delta, var minst ett år med erfaring fra styrketrening, at bruk av ergogene kosttilskudd ikke var forekommet 10 uker før eller gjennom studiet, at bruk av pro-hormoner eller anabole steroider aldri var forekommet, og at all annen, intensiv trening ikke forekom regelmessig parallellt med studiet (maks én ekstra økt pr uke av ikke-intensiv art).

3.1.1 Inndeling i kostholdsgrupper

Forsøkspersonene ble stratifisert i to grupper basert på deres resultater i pre-styrketestene. To og to forsøkspersoner med tilsvarende maks styrke ble matchet i par, og deretter tilfeldig fordelt i hver sin gruppe utfra terningkast. Jenter ble parmatchet i forhold til deres styrke separat, slik at gruppene ble homogene både i forhold til styrke og kjønnsfordeling. Frafall av deltagere undervegs i studiet, resulterte imidlertid i at måltidsgruppene fikk en skjev fordeling av andel gutter og jenter i forhold til hverandre (tabell 3.1).

De to gruppene trente samme treningsprogram, men fikk ulik kostintervensjon. Med tilsvarende energi og næringsstoffinntak, skulle én gruppe innta maten gjennom 3 måltider pr dag, mens den andre gruppen inntok maten gjennom 6 måltider pr dag.

Tabell 3.1; Gjennomsnittverdier \pm standardfeil for hver av måltidsgruppene før treningsperioden for deltagerne som fullførte studien (verdier er hentet fra første DEXA måling). Styrke er den gjennomsnittlige 1RM verdien for de 6 testøvelsene ved pre-testen. * Signifikant forskjellig fra 6-måltidsgruppen.

GRUPPE	ANT	ALDER	VEKT, kg	HØYDE	STYRKE, kg
3 måltider	11 [#]	29,8 \pm 1,4*	73,5 \pm 3,1	176,1 \pm 2,3	58,9 \pm 5,8
6 måltider	15 ^{\$}	24,3 \pm 0,8	75,4 \pm 5,0	176,2 \pm 2,9	57,5 \pm 4,8

n=11, 5 kvinner og 6 menn, \$ n=15, 6 kvinner og 9 menn

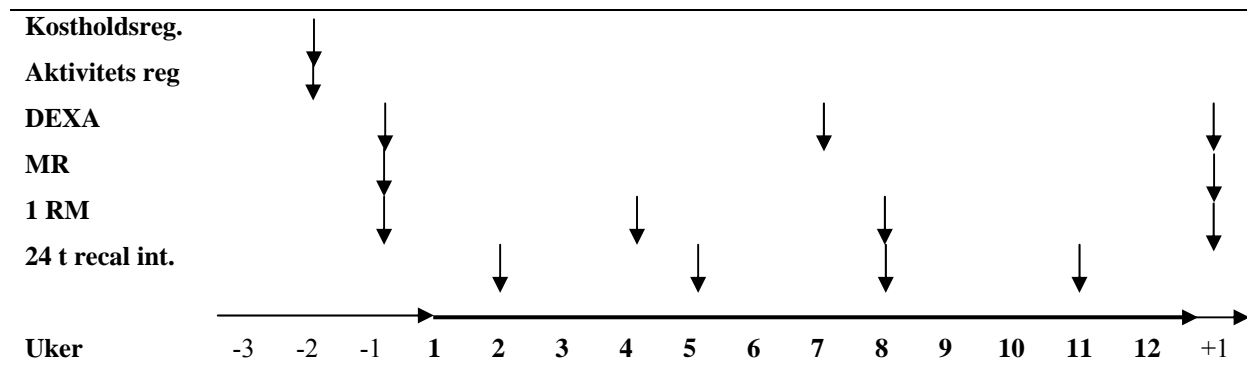
3.2 Protokoll

Tre uker før studiestart startet treningen med 2-splitt treningsprogrammet, slik at deltagerne ble vant med nye øvelser og den teknikk som ble påkrevd ved trening og testing.

Styrketreningen ble utført 4 ganger pr uke i studieperioden. 1RM styrketester av utvalgte øvelser ble gjennomført totalt 4 ganger: før-, i studieperioden og etter studieperioden, DEXA ble gjennomført før, midtveis og etter studieperioden, mens MR ble foretatt før og etter studieperioden (tabell 3.2).

To uker før studiestart ble det gjort en 4-dagers kostregistrering av deltagerne, samt en to-dagers aktivitetsregistrering. Gjennom studieperioden ble det gjennomført 4 jevnt spredte 24timers recall intervju av kostholdet (tabell 3.2).

Tabell 3.2: Tidspunkter for tilvenningsperiode, treningsperiode, div registreringer, styrketester, DEXA og MR.



3.3 Styrketester

Alle deltagerne fikk 1-2 tilvenningsuker med styrkeprogrammet før pre-testene ble gjennomført én uke før studiestart. All intensiv aktivitet ble avsluttet minst 48 t før styrketestene. Testen besto av 1RM løft i 6 utvalgte øvelser fra treningsprogrammet, valgt for å gjenspeile styrkeutvikling over hele kroppen (overkropp/underkropp, bakside/framside). Ved å velge testøvelser som ble jevnlig utført i treningsukene, fulgte vi spesifitetsprinsippet, og hadde dermed valide tester for å undersøke endringer i muskelens evne til å skape maksimal kraft. Testen ble delt på to dager, med 3 test øvelser hver i fastsatt rekkefølge. Dette for å unngå for lang testtid for hver enkelt, med påfølgende tap av energilagre og utvikling av muskulær tretthet.

På testdagen ble det gjennomført en generell oppvarming på 10 min (tredemølle, sykkel, romaskin) før den lokale oppvarmingen for hver av de enkelte øvelsene. Den lokale oppvarmingen besto av 4 serier med følgende belastning av forventet 1RM; 40% x 12 repit sjoner, 60% x 10rep., 75% x 7rep. og 85% x 3rep.. I første testrunde ble forventet maksløft basert på submaksimal treningsbelastning som var utprøvd i forutgående treningsuke. Tidligere studier har vist at en kan forvente en økning i styrke på 1% pr treningsøkt hos utrente (Raastad 2005). Ettersom vi hadde trente individer med i prosjektet, tok vi utgangspunkt i forutnevnte funn, og forventet en økning i 1% på maksstyrke pr uke. Det ble derfor kalkulert med 4% økning for å beregne forventede maksløft for de påfølgende styrketestene (gjennomført med ~ 4 ukers mellomrom).

Det første maks-løftet ble utført med 5% lavere belastning enn forventet maksløft, og deretter ble belastningen økt 0,6 – 10 kg for hvert løft, avhengig av hvor lett foregående løft ble utført. Mellom hvert maks-løft fikk forsøkspersonene 2-4 minutter hvile. For nærmere beskrivelse av løftene og retningslinjer for godkjente testløft, se ”styrketrening” under neste avsnitt.

Styrketestene ble utført i samme treningsrom som treningen daglig ble gjennomført i (treningsrommet på NIH), pre- og posttest ble utført til samme tid på døgnet for det enkelte individ, og de to testansvarlige var godt kjent med utøverne gjennom tilstedeværelse i treningsøktene.

3.4 Styrketreningsprogrammet

Programmet ble designet med hensikt å stimulere hypertrofi og øke maks styrke, med utgangspunkt i de retningslinjer som kom fram etter Styrketreningsmøtet som ble avholdt på NIH sommeren 2005, samt utfra resultater fra aktuell forskning. Det ble diskutert hvorvidt supramaksimal, eksentrisk trening skulle inngå i programmet, ettersom dette har vist seg å være effektivt for utvikling av maks styrke (*Colliander & Tesch 1989, Komi & Buskirk 1972*). Hensynet til sikkerhet, krav til spesielt utstyr og kvalifisert personale som medhjelpere, gjorde at dette ble utelukket.

Treningsprogrammet er et såkalt 2-splitt program, hvor kroppen deles i to, og trenes hver sin dag (to økter pr del-program pr uke). Vi valgte videre å periodisere treningsprogrammet både lineært og ved daglig variasjon. Konseptet om periodisering forklares i Selyes teori om ”det generelle tilpasnings syndrom”. Utsettes et system for en stressor, vil det tilpasse seg, for slik å imøtekomme kravene bedre (*Rhea et al 2002*). Når systemet er tilpasset, vil forbedringen innstilles. Periodisering brukes for å omgå dette problemet, ved kontinuerlig å endre stressfaktoren, og slik kontinuerlig stimulere til forbedringer. Periodisering i styrketrening kan gjøres på flere ulike måter. Man kan manipulere antall serier, repitisjon eller øvelser som utøves. Videre kan type eller størrelsen på motstanden varieres, likeså varigheten på pausen mellom repitisjon og serier. Variasjon på type muskelkontraksjoner som trenes, og frekvensen på treningsøktene, er også en mulighet (*Rhea et al 2002*). Vanligst er å periodisere treningen lineært; dvs at treningen deles inn i perioder (uker og måneder) der intensiteten gradvis øker mens volumet reduseres (*Rhea et al 2002*). En mindre brukt periodiseringsmetode, er å variere volum og intensitet innen samme uke. Rhea et al (2002) sammenlignet disse to periodiserings metoder, og i sin konklusjon anbefaler de daglig variasjon, spesielt for trente individer.

Vi valgte å dele inn treningsprogrammet i 3 mikrosykluser, der intensiteten gradvis økte fra 10RM til 2-5RM, mens volumet ble tilsvarende balansert for å opprettholde størrelsen på treningsstimuliet. I periode 1 (uke 1-4) var repitisjonantallet mellom 12 og 8, i periode 2 (uke 5-8) var repitisjonsantallet redusert til mellom 10 og 5, mens i siste periode (uke 9-12) var

repetisjonsantallet mellom 8 og 2. Videre ble programmet periodisert med ukentlig variasjon, der to av øktene var tunge (høy intensitet, lavere volum) og to av øktene var lette (lettere intensitet, høyt volum). Under samtlige tunge økter, samt de fleste lette øktene, var instruktør til stede for assistanse. *For nærmere detaljer om treningsprogrammet, se vedlegg..*

De utvalgte øvelsene skulle dekke de store muskelgruppene i kroppen. Samtidig ble antall øvelser og antall prioriterte muskelgrupper balansert mot tiden det skulle ta å gjennomføre treningsprogrammet (≤ 90 min).

Ukentlig (hver tirsdag) ble utøverne veid i treningsrommet/garderoben i tilsvarende lette påkledning (undertøy eller shorts/t-trøye) og til tilnærmet samme tidspunkt hver uke. Veingene fungerte som en kontroll på at energiinntaket var tilstrekkelig til å dekke energiforbruket samt et lite overskudd for å understøtte muskelhypertrofi.

3.4.1 Treningsprogram del 1 av 2

Knebøy i maskin (testøvelse)

Hver enkelt forsøksperson fikk målt sin individuelle dybde for et ”godkjent” løft; der lårbenet skulle befinne seg parallelt med gulvflaten ($\sim 100^\circ$ i kneleddet). Ved hjelp av et påklistret metermål på hver side av knebøystativet, og en strikk som ble spent på tvers mellom stengene, kunne deltagerne regulere strikken i henhold



til sin individuelle dybde under trening. Godkjent løft i testsituasjonen var når rumpen kom ned i berøring med strikken. På gulvet ble det klistret teipbiter som henvisning til hvor langt bak/fram føttene skulle stå i forhold til knebøystativet. Det ble benyttet løftebelte under trening og testing for å forebygge skader ved å støtte ryggen og øke buktrykket.

Hovedmusklatur som aktiveres i denne øvelsen er Quadriceps Femoris, Gluteus Maximus og Adductor Magnus, mens stabiliserende støttemuskulatur (Hamstrings, Rectus abdominis, Oblicues, erector spinae m.fl.) er involvert for å holde kroppen i posisjon og for å kontrollere bevegelsen (Delavier 2001).

Sittende legcurl (*testøvelse*)

For hver forsøksperson ble seteinnstilling justert slik at kneleddet lå parallellt med maskinens rotasjonspunkt, mens leggputen ble lagt under akillessenen. Når leggbenet var senket så langt ned at kneleddet var i 90 °, ble løftet regnet som godkjent i testsituasjonen. Hovedmusklatur som er involvert, er Hamstrings-gruppen samt Gastrocnemius (Delavier 2001).



Legextension

Sete innstilling ble justert individuelt slik at knærne lå parallellt med maskinens rotasjonspunkt, mens leggputen ble lagt over nedre del av leggbenet. Hovedmusklatur i bruk er Quadriceps femoris (Delavier 2001)

Tåhev

Deltagerne kunne variere mellom tåhev i benpressmaskin eller stående i knebøy-maskin. Ved sistnevnte valg, sto man på tærne på en stepbenk med hælene hengende fritt, og med knebøystangen på nakken som på ordinært vis. Hovedmusklatur i bruk er Gastrocnemius og Soleus (Delavier 2001).

Rygghev

Benken er skråstilt (~45 °) og ble regulert individuelt til å ligge i nivå med hofte/bekken region. Øvelsen ble utført med eller uten ytre belastning holdt mot nakken, og bevegelsen startet i nedre posisjon hvor man deretter rullet ryggen opp til utstrekning i linje med resten av kroppen. Hovedmusklatur i bruk er Erector Spinae, Hamstrings og Gluteus Maximus (Delavier 2001).

Sittende roing

Øvelsen ble utført med smalt grep med halv-supinert grep (tommelen oppover). Bevegelsen startet med armene og skuldrene strukket framover og ryggen svakt framoverlent. Deretter satt man seg opp med ryggen til en tilnærmet vertikal linje, og fullførte draget med armene og skuldrene bakover, til hender og grep traff mage i navle-regionen. Hovedmusklatur i bruk, er Latissimus Dorsi, Trapezius, Rhomboideus Major, Teres Major, Erector Spinae, Deltoideus posterior og Brachioradialis (Delavier 2001).

Liggende roing på spesial benk (testøvelse)

Øvelsen ble prioritert som testøvelse da den lettere kan standariseres enn øvrige tilgjengelige ryggøvelser/-maskiner.

Utøverne lå horisontalt på en høy benk (ca 1,20 m over bakken) med bena stropet fast til benken og haken rett utenfor benk-kanten. Stangen ble grepet med skulderbreddes avstand og med strake armer mot gulvet. Løftet skulle utføres helt opp til benken rett under bryst/mage-regionen uten at overkropp eller hake forlot benken (som i en kastbevegelse oppover).



Hovedmuskulatur involvert er Latissimus Dorsi, Trapezius, Rhomboideus, Teres Major og Minor, infraspinatur, samt Biceps Brachii og Brachialis (Delavier 2001).

Sit ups på benk

Benken kunne justeres valgfritt fra horisontalt liggende til ~10 graders helning bakover (decline), i tillegg til at ytre belastning (holdt mot pannen eller bakhodet) også kunne benyttes. Med knærne i 90 grader ble føttene festet inn mellom puter på benken, og øvelsen besto i å rulle seg opp fra horisontal/decline-liggende til punktet der korsryggen er ferd med å forlate benkeplaten. Hovedmuskulatur i bruk, er rectus abdominis, obliquus externus abdominis, samt tensor fasciae latae og quadriceps rectus femoris (Delavier 2001).

Magemaskin

Maskinen var utformet slik at man sittende grep tak i to bøyler over hodet, som man trakk ned over hver skulder, og holdt tett mot nakke, skuldre og bryst. Føttene kunne plasseres nedenfor og framfor kroppen enten oppe på, eller inne mellom en festeordning. Bevegelsen startet oppe i (mage-)utstrakt stilling, for deretter å crunche/rulle seg ned slik at albuer møter navle- og lår region. Hovedmuskulatur i bruk, er som over.

3.4.2 Treningsprogram del 2 av 2

Skulder sidehev

Stående med en hantel i hver hånd og armene avslappet ned langs siden i halvsupinert posisjon, hevet man armene ut til siden. Albuer og lillefinger ledet bevegelsen an, og armene

ble holdt utstrukt med en svak vinkel i albueleddet. Hovedmusklatur som brukes, er Deltoideus anterior og lateral, trapezius anterior, samt supraspinatus (Delavier 2001).

Skulder press, sittende

Sittende på en benk med 90 graders ryggstøtte, satt man med en hantel i hver hånd i ørehøyde. Presset gjøres ved å heve hantlene opp og sammen over hodet, for deretter å senke ned til ørehøyde igjen. Hantlene holdes horisontalt vendt med håndflaten vendt framover.

Hovedmusklatur i bruk, er Deltoideus (fremre, midtre og bakre del), samt triceps Brachii (Delavier 2001).

Fremoverlent skulder sidehev

Stående framoverlent, gjerne med en hånd støttet mot en hevet benke-rygg, hevet man den ene armen ut mot siden. Øvelsen gjøres på samme måte som ”Skulder sidehev”, men med én arm om gangen, og med overkroppen struktet framover. Hovedmusklatur som brukes, er Deltoideus posterior, Trapezius, Teres major/minor, Rhomboideus og infraspinatus (Delavier 2001).

Benkpress (testøvelse)

Med krav om at hode, skuldre, og rumpe skulle ligge mot benken, samt at føttene sto i ro på gulvet, ble løftet utført med markert stopp mot brystet.

Grepsbredde var individuelt bestemt, men gjentatt ved hver enkelt test for den individuelle. Utøverne ble oppfordret til et bredt grep for å utnytte brystmuskulaturen best mulig. Hovedmusklatur i bruk er Pectoralis Major, Coracobrachialis, Deltoideus Anterior og Triceps Brachii (Delavier 2001).



Brystpress

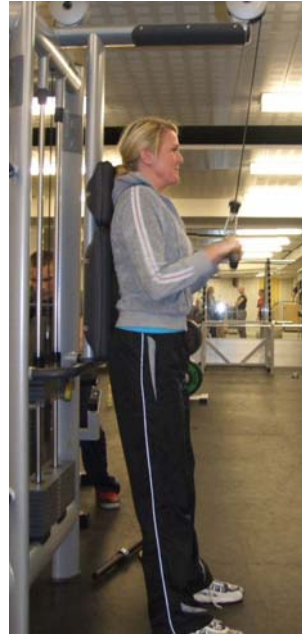
Benken ble innstilt på ~35 grader incline. Øvelsen starter med armene strake over hodet, og hantlene horisontalt mot hverandre (håndflaten framover). Hver arm senkes nedover, slik at hantlenes indre vekt-magasin berører yttersiden av skuldrene. I bunnlaget skal det kjønes en viss grad av strekk over bryst og framsiden av skuldrene, før en deretter presser vektene opp og sammen over hodet igjen. Hovedmusklatur i bruk, er Pectoralis Major, Serratus Anterior, Deltoideus anterior og lateral, samt triceps brachii (Delavier 2001).

Flyes

Benken ble innstilt som i øvelsen over; ~35 grader incline. Øvelsen starter med armene strukket opp over kroppen (svak vinkel i albueene opprettholdes i hele bevegelsesbanen) og håndflatene vendt mot hverandre. Armene senkes deretter ut til hver side og ned i retning gulvet. Albueene utgjør laveste punktet i arm-lengden. Vektene senkes så langt at det kjennes et godt strekk over bryst og framsiden av skuldrene, før de deretter heves opp og sammen til utgangsposisjon. Hovedmusklatur i bruk, er Pectoralis Major (Delavier 2001).

Triceps nedpress (testøvelse)

Øvelsen ble utført med ryggen stabilisert mot en pute i maskinen ("vegg") og føttene plassert svakt framfor kroppen. Presset startet fra høyde med brystet mens albueene lå i ro mot siden på kroppen. Utførelsen skulle skje uten påfallende bruk av rygg/skuldre (holde overkroppen i ro mot ryggputen) og ble avsluttet i det albueene var utrettet og stangen var senket ned mot låret. Hovedmusklatur som er involvert er Triceps Brachii (Delavier 2001).



Franskpress

Rygg-liggende på en flat benk, holder man, med et smalt grep, en stang på strake armer over hodet. Stangen senkes ned mot pannen ved at man bøyer i albueleddet; overarmen skal være i minst mulig bevegelse. Albueene skal optimalt være parallellt samlet og peke opp mot taket/fremover. Stangen presses deretter opp til strake armer igjen. Hovedmuskulatur i bruk er Triceps Brachii (lange og mediale hode) (Delavier 2001).

Bicepscurl incline benk

Sittende på en benk som heller svakt bakover (~75 grader) holder man en hantel i hver hånd på hver side av kroppen. I utgangsposisjonen faller armene bak kroppens lengdeakse. Armene heves alternerende opp i en buet bevegelse, der albuen løftes opp foran kroppen mens hantelen heves opp mot skulderen. Bevegelsen stopper før tyngdekraften virker inn og "slipper" hantelen passivt ned mot skulderen. Deretter senkes vekten i tilsvarende buet bane ned til siden av kroppen igjen. Hovedmusklatur i bruk, er Biceps Brachii, Brahialis, Bracioradialis og Deltoideus Anterior (Delavier 2001).

Preacher curl i cabelcross maskin (testøvelse)

Benken ble individuelt innstilt i høyde, slik at man fikk brystputen godt innunder armhulene. Benkens avstand til maskinen var standardisert. Løftet startet med utrettede armer og skulle utføres helt til hendene/stangen berørte haken.

Hovedmuskulatur i bruk, er biceps brachii, Brachialis og Brachioradialis (Delavier 2001).



3.5 Magnetisk Resonanstomografi, MR

MR ble utført ved Sentrum Røntgeninstitutt i Oslo. Ved MR blir bilder framstilt ved hjelp av radiobølger og et magnetfelt i en stor trommel. Atomkjerner i kroppen med magnetiske egenskaper gis kontrollerte bevegelser, og det fremstilles snittbilder som kan leses av på en dataskjerm. Maskinen var av modell ”MR GE Signa HD 1.5 T”. Vi tok transaksiale bilder av lårmuskulatur og armmuskulatur for å kunne bestemme endringer i muskeltverrsnittet.

- Føttene ble fiksert med et bånd og hevet opp på en liten pute, slik at hamstrings ble løftet ut av klem fra vekten av bena. For benmuskulaturen ble maskinen sentrert til 2/3 distalt på Femur. Maskinen ble vinklet etter femurs lengdeakse og det ble tatt 9 jevnt fordelte bildesnitt fra knespalten og oppover.
- Ikke-dominant arm ble strukket over hodet og kroppen forskjøvet på benken slik at dominant arm kom mest mulig i senter. Den dominante armen lå stropet fast med håndflaten vendt mot kroppen og underarmen hevet på en pute, slik at triceps ikke lå i klem fra vekten av armen. Maskinen ble sentrert til midt på overarmen, og deretter vinklet etter humerus lengdeakse. Lengden av humerus ble delt på 10 for å få snittavstanden til de 9 bildene. Snittene ble startet fra toppen av caput humeri.

Bildene ble siden overført til en egen pc for analyse og beregning av endring i

muskeltverrsnitt fra pre- til post-bildene, ved hjelp av analyseprogrammet GE Adw 4.1.

Framsida av låret (quadriceps femoris og m.sartorius) ble analysert separert fra baksida av låret (adduktorer og hamstrings). Framsida av armen (biceps brachii og m.brachialis) ble analysert separert fra baksida av armen (triceps brachii).

Variasjonskoeffisienten ved bruk av MR har tidligere vært rapportert til å ligge på 1,8% ved måling av overekstremitet, og sammenlignet med vannveiting, estimerer metoden 3,7% høyere verdier for muskelvolum (Roman et al 1993).

3.6 Dual-Energy Exray Absorptiometry, DEXA

DEXA ble utført ved Volvat Medisinske Institutt ved Majorstua av Trine Larem ("Lunar Prodigy densiometer", GE Medical Systems Wisconsin, USA DEXA). Dette er pr dags dato den mest brukte metode for å måle benmineraltetthet, men i dataene får man også ut opplysninger om sammensetning av bløtdelsvev; deriblant lean body mass og fettvev. Det styres en scanner med to lav-energi røntgenstråler fra hvert sitt hold over hele kroppen til forsøkspersonen. Svekkingen av strålene (hvor mye som tas opp i kroppen) brukes til å kalkulere ben og bløtdelsmassen (Durkin et al 2002). Etersom væskebalansen i kroppen kan påvirke resultatene, ble deltagerne anmodet til å spise tilsvarende mat og drikke i forkant av de 3 målingene. Inntak av mat og drikke skulle være avsluttet minst 2 timer før undersøkelsen, og trening skulle ikke forekomme samme dag som en måling. Alle målinger ble utført av samme person, i samme maskin, ved hvert testtidspunkt. Samtlige data ble hentet av undertegnede etter hver testrunde.

Variasjonskoeffisienten ved bruk av DEXA for å måle lean body mass, har tidligere vært rapportert til 1,07% (Rankin et al 2004), 1,6% ved måling av undervektige personer (Haderslev et al 2005), og ellers blitt rapportert som et fullgodt middel til måling av lean body mass (Visser et al 1999, Hendel et al 1996).

3.7 Kostholdsregistrering og aktivitetsregistrering

Målet med kostholdet var at begge testgruppene skulle innta tilsvarende mengde makronæringsstoffer og energi pr kg kroppsvekt. Vi ønsket at dette skulle skje ved at hver forsøksperson i størst mulig grad fikk opprettholde sitt vanlige matvarevalg.

Det finnes pr dags dato dessverre ingen nøyaktig og problemfri metode for å måle næringsinntak. Veid kostholdsregistrering er en relativt omfattende og tidkrevende metode, men anses likevel å være "gullstandarden" innen kostholdsforskning (Deakin 2002). Det optimale er en registreringsperiode på 7 dager, men med den innsatsen en slik registreringsmetode krever, blir belastningen på deltagerne stor. En registreringsperiode på 3-4 dager, som strekker seg over uke- og helgedager, gir et godt inntrykk på inntak av makronæringsstoffer, samtidig som belastningen for deltagerne er akseptabel (Deakin 2002, Manore & Thompson

2000). Vi valgte derfor å gjøre en 4-dagers veid kostholdsregistrering for å finne hver enkelts energiinntak og valg av type matvarer. Disse opplysninger ble brukt i utarbeidingen av de individuelle kost-programmene som skulle følges gjennom de 12 ukene med trening. Hver deltager fikk utdelt en kjøkkenvekt (1 g presisjon) og et registreringshefte med en kort veiledning tilknyttet. Ved utlevering fikk hver enkelt instruksjoner for hvordan registreringen skulle gjøres. All mat og drikke gjennom 4 dager ble veid og notert med navn, utgave (ordinær vare/light utgave) og produsent. Registreringen løp f.o.m. onsdag t.o.m. lørdag to uker før studieperioden startet. *For innblikk i registreringsheftet; se vedlegg.*

Samtidig som kostholdsregistreringen ble startet, gjorde deltagerne en aktivitetsregistrering. Registreringsark og instruksjoner ble gitt personlig ved utlevering av kjøkkenvekter til kostholdsregistreringen. På registreringsarket skulle det føres ned aktivitet hvert 30. minutt og ved behov også angis intensitet (*se vedlegg*). Det er tidligere funnet at Cunninghams formel for energiforbruk gir de beste kalkulerte verdier for både aktive kvinner og aktive menn (Manore & Thompson 2002, Manore & Thompson 2000). Energiforbruket ble derfor beregnet utfra Cunninghams formel (Manore & Thompson 2002):

$$\text{RMR} = 500 + 22(\text{LBM})$$

og en aktivitetsfaktor fra 1 (sover) - 6,6 (trening) ble multiplisert for hvert 30.minutt etter angivelse fra aktivitetsregistreringen (FAO/WHO/UNU 1985). En snittverdi for energiforbruk ble beregnet fra to dager med aktivitetsregistreringer (onsdag og torsdag).

3.7.1 Meny utarbeiding

Med utgangspunkt i de matvarer hver enkelt rapporterte å spise, samt det energiinntak de rapporterte å innta (kontrollert for det kalkulerte energiforbruket), ble det utarbeidet en individuell, veiledende meny. Målsetningen for inntak av makronæringsstoffer ble basert på internasjonale anbefalinger for styrke idrettsutøvere;

- Proteininntaket bør for styrketrenende ligge mellom 1,5-1,7g/kg KV/dag (Tarnopolsky 2002, Lemon 1998)
- Karbohydratinntaket for styrketrenende bør ligge på 5-7g/kg KV/dag (Burke, L. 2002)
- Fettinntaket bør ligge under 30E% (Sosial- og helsedirektoratet 2005, Deakin 2002)
- Energiinntak basert på personlig, normalt energiinntak, kontrollert med energiforbruket rapportert via aktivitetsregistrering.

Underrapportering av energiinntak er ikke uvanlig ved kostholdsregistrering (Manore & Thompson 2000, Deakin 2002). Det ble derfor lagt til 10% til det rapporterte energiinntaket for å kompensere for dette. Videre ble det lagt til ekstra 1260 KJ/dag for å understøtte muskelvekst, i samsvar med hva som tidligere er påpekt nødvendig (Hawley & Burke 1998). I etterkant av denne menyutarbeidingen, ble energiinntaket og makronæringsstoff inntaket justert slik at de to måltidsgruppene skulle ha like verdier for matinntak.

I menyen ble det tatt hensyn til at inntaket av spesielt jern, kalsium og vitamin D ble dekket i følge de generelle anbefalinger fra Sosial og Helsedirektoratet, og at inntaket av vitamin C lå på ~200 mg/dag (Manore & Thompson, 2000). Den videre utarbeidingen av de individuelle kostplanene ble basert på de generelle norske anbefalinger for kosthold, der bla frukt og grønt-inntaket skulle ligge på ~750 g/dag, kostfiber på 30-35 g/dag, tilsatt sukker på under 10E%, og fettinntaket ble basert på hovedsakelig umettede fettsyrer (Sosial- og helsedirektoratet 2005). For deltagerne i gruppen med 6 måltider, ble det tilrettelagt for et restitusjonsmåltid med 0,1g protein pr kg KV og 1g karbohydrat pr kg KV etter treningen (Burke 2002).

3.7.2 24-timer recall intervju

Som en kontroll på at menyene ble fulgt gjennom de 12 treningsukene, ble det gjennomført uvarslede 24-timers kostholdsintervju totalt 4 ganger spredt over studieperioden (se protokollfigur 1). For ikke å fange opp evnt forskjeller i matinntak som skjer pga en spesiell ukedag, ble intervjuene alltid foretatt på samme dag; torsdager (Callmer et al 1986). Intervjuet ble første gangen gjennomført på tomannshånd i forkant av en torsdags treningsøkt, og deretter gjentatt pr telefon eller personlig i sammenheng med en treningsøkt. Intervjuet ble alltid gjennomført av samme person i henhold til et forhånds utarbeidet skjema med åpne spørsmål og et avsluttende spørsmål etter evnt oversette detaljer (det ble oppramset en del typiske ting som brødmargarin, stekefett, og pastiller, frukt etc som er typisk i mellommåltider). Intervjuet fanget opp inntak av mat og drikke for det forutgående døgnet (24t), og seansen tok mellom 5-15 minutter å gjennomføre. Intervju resultatene ble deretter analysert og sammenlignet med meny-oppsettet, og eventuelle betydningsfulle avvik ble deretter tilbakerapportert pr mail. *Skjema er lagt med som vedlegg.*

Alle kostholdsdata ble behandlet av en og samme person for å unngå forskjeller i subjektive tolkninger av rapportert matvare, kontra tilgjengelig matvare i dataprogrammet el.l. .

Dataprogrammet som ble brukt i analysen av kostholdsregistreringen, utarbeidingen av menyen, og analysene av recall-intervjuene, var Mat På Data versjon 4.2 utgitt av Landsforeningen for Kosthold og Helse. I de tilfeller der matvarer ikke ble funnet i programmet, ble disse lagt inn manuelt. Ettersom mikronæringsstoff inntaket var av mindre interesse, anses dette som en akseptabel metode.

3.8 Sponsor

Tine Meierier inngikk som sponsor i prosjektet, først og fremst involvert på bakgrunn av sitt samarbeid med Olympiatoppen (-som var deltagende i dette prosjektet). Tine Meierier bidro totalt med kr 55 300,- til utgifter med DEXA og MR, samt at de sponset yoghurtprodukter tilsvarende 2 stk God Morgen yoghurter og én liter Sans drikeyoghurt pr forsøksperson pr uke.

3.9 Statistikk

Microsoft Excel og SPSS er brukt til statistiske beregninger og grafiske fremstillinger av resultatene. Figurene viser % endring fra pretest. For tallmaterialet over styrketestene, manglet vi verdier fra de to midterste styrketestene for én person i 3-måltidsgruppen. For denne personen ble det kalkulert teoretiske verdier utfra den prosentvise framgang han viste fra pre- til posttest, ved å dividere den totale prosentvise framgang på 3 (antall tester etter pre-test), og deretter legge disse prosentvise økninger til pre-verdien. Vi manglet også verdier fra én person i 6-måltidsgruppa i styrketest 3. For denne personen ble det intrapolert verdier utfra resultater fra den forutgående og etterfølgende styrketest. En person i 3-måltidsgruppen kunne ikke gjennomføre knebøy i posttesten, og ettersom hun viste jevn fremgang i treningsbelastningen i denne øvelsen t.o.m. uken før posttestene, ble det kalkulert en posttestverdi utfra den prosentvise framgang hun viste ved de forutgående knebøytester. I tallmaterialet over endringer i kroppsvekt gjennom trenings-perioden, manglet vi verdier i uke 12 for en person i hver av måltidsgruppene. For disse ble det intrapolert verdier utfra foregående og etterfølgende verdi (post verdi).

Det ble benyttet parret t-test for å finne eventuelle, signifikante endringer fra pre- til posttest innad i hver av gruppene, samt uparret t-test for å finne eventuelle signifikante forskjeller mellom gruppene. Testene ble utført på %-vis endring når annet ikke er presisert, og signifikans nivå ble satt til $p \leq 0,05$. Ved korrelasjonsanalyser ble Pearson R beregnet. Tall i oppgaven oppgis som gjennomsnitt \pm standardfeil.

4 RESULTATER

4.1 Kroppsvekt

Begge grupper økte kroppsvekten signifikant gjennom studiet, med en totaløkning på $2,0 \pm 0,5$ kg fra uke 1 til uke 12 i 6-måltidsgruppen ($p < 0,01$), og $3,4 \pm 0,6$ kg i 3-måltidsgruppen ($p < 0,01$, tabell 4.1 og figur 4.2). 3-måltidsgruppen tenderte til å øke mer i kroppsvekt enn 6-måltidsgruppen ($p = 0,07$).

Tabell 4.1: Total kroppsvekt (kg) for de to måltidsgruppene gjennom treningsperioden. Endring i kroppsvekt i forhold til treningsuke 1 er vist i kursiv i påfølgende rad. Verdier gjennomsnitt \pm standardfeil.

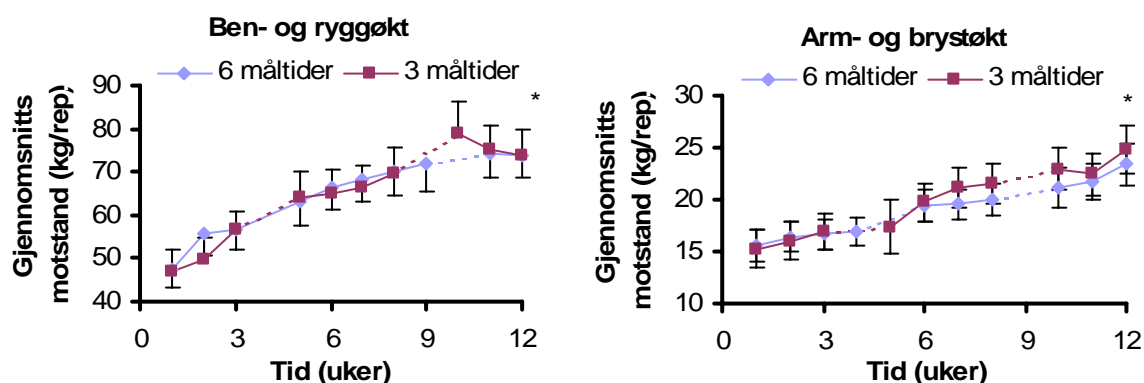
*Signifikant forskjellig fra uke 1 hos begge måltidsgrupper ($p < 0,04$). Det er ingen signifikant forskjell mellom gruppene.

	Uke 1	Uke 3	Uke 6	Uke 9	Uke 12
3 måltider (n=11)	$73,7 \pm 3,2$	$74,6 \pm 3,3$	$75,4 \pm 3,3$	$76,8 \pm 3,2$	$77,2 \pm 3,3^*$
(% endring fra pre)		$1,1 \pm 0,3$	$2,3 \pm 0,5$	$4,3 \pm 0,6$	$4,7 \pm 0,9$
6 måltider (n=15)	$76,0 \pm 4,9$	$76,8 \pm 4,9$	$77,6 \pm 4,8$	$74,7 \pm 7,0$	$78,0 \pm 4,8^*$
(% endring fra pre)		$0,9 \pm 0,3$	$2,2 \pm 0,4$	$2,5 \pm 0,6$	$2,8 \pm 0,7$

4.2 Endring i treningsmotstand

Den gjennomsnittlige motstanden (gjennomsnittet av motstanden i alle seriene i en treningsøkt) for de to ulike treningsprogrammene økte signifikant for begge gruppene i løpet av de 12 treningsukene ($p < 0,01$, figur 4.1). Det var ingen signifikant forskjell mellom gruppene hverken i absolutt gjennomsnitts motstand eller relativ gjennomsnitts motstand (% endring fra uke 1) for de to delprogrammene gjennom de 12 treningsukene.

I forhold til uke 1 var det over flere uker, signifikant forskjell mellom gruppene i endring av treningsmotstand for enkelte av øvelsene i hver av de to treningsprogrammene (tabell 4.2).



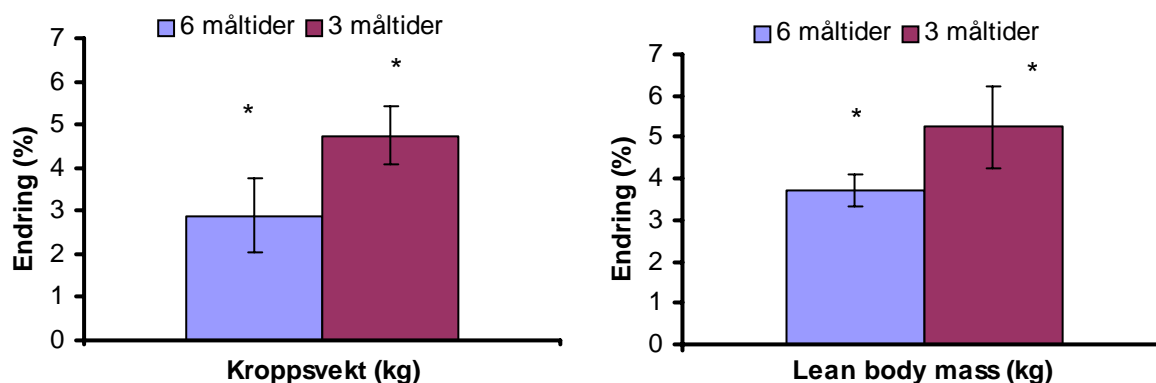
Figur 4.1: Gjennomsnittsmotstand (kg) pr serie for ben- og ryggprogrammet (til venstre), og arm- og brystprogrammet (til høyre). Verdier er gjennomsnitt og feilmarkører uttrykker standardfeil. Stiplet linje antyder interpolering mellom to uker pga manglende treningsverdier i testuker. * Signifikant forskjellig fra uke 1 for begge grupper ($p < 0,01$). Merk at skalaen på y-aksen er forskjellig på de to figurene!

Tabell 4.2: Endring (%) av treningsmotstand i forhold til uke 1 i de øvelsene det var signifikant forskjell mellom de to måltidsgruppene. Verdier er gjennomsnitt ± standardfeil.

	Uke 2	Uke 6	Uke 7	Uke 8	Uke 9	Uke 10
KNEBØY ($p < 0,04$)						
3 måltider	40,7 ± 8,8	62,5 ± 9,4		64,6 ± 8,8		78,5 ± 8,7
6 måltider	19,3 ± 4,1	35,9 ± 3,5		44,3 ± 4,3		50,0 ± 6,7
BENKPRESS ($p < 0,04$)						
3 måltider		22,2 ± 4,1	26,1 ± 4,0	28,9 ± 4,0		
6 måltider		11,3 ± 2,3	15,3 ± 3,0	14,3 ± 2,6		
FRANSKPRESS ($p < 0,05$)						
3 måltider		39,8 ± 6,6	45,9 ± 5,4	47,5 ± 6,4	59,9 ± 7,1	61,9 ± 8,6
6 måltider		22,4 ± 5,2	23,2 ± 4,4	23,1 ± 4,5	30,3 ± 8,3	40,3 ± 5,5

4.3 Endring i lean body mass (LBM)

Begge gruppene økte LBM signifikant fra pre- til posttest med $2,0 \pm 0,2$ kg i 6-måltidsgruppen og $2,7 \pm 0,5$ kg i 3-måltidsgruppen ($p < 0,01$, figur 4.2). Hverken den absolutte endring av LBM, eller den prosentvise endring i forhold til egen pre-verdi, var signifikant forskjellig mellom måltidsgruppene, men det er en tendens til større prosentvis økning i 3-måltidsgruppen ($p = 0,13$).



Figur 4.2: Endring i kroppsvekt (til venstre) og i LBM (til høyre) fra pre- til post-test for de to måltidsgruppene. Verdier er gjennomsnitt og feilmærker viser standardfeil.
*Signifikant forskjellig fra pre-verdi for begge gruppene ($p < 0,01$). Det var ingen signifikant forskjell mellom gruppene.

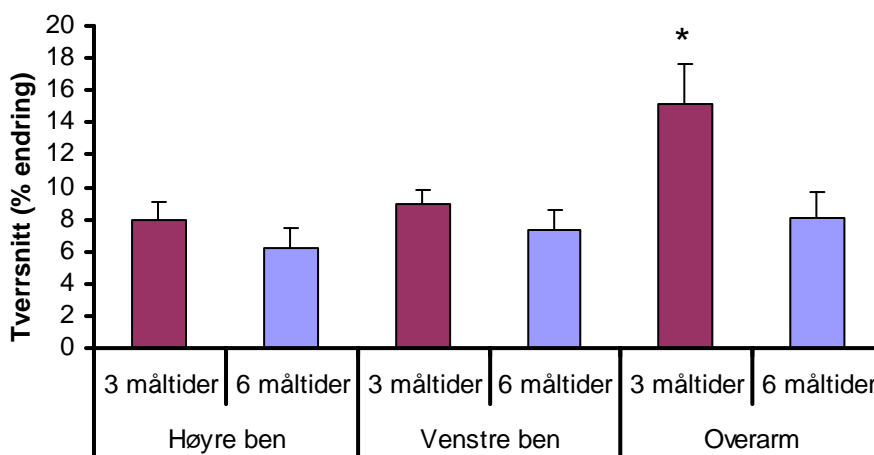
Både 3-måltidsgruppen og 6-måltidsgruppen økte LBM for overkroppen signifikant fra pre til posttest ($p < 0,01$, tabell 4.3). Det var ingen signifikant forskjell mellom gruppene. LBM for underkroppen økte signifikant fra pre til posttest for begge måltidsgrupper ($p < 0,01$, tabell 4.3). Det var en svak trend til at 3-måltidsgruppen økte mer i LBM for underkroppen ($p = 0,21$), men det var ingen signifikant forskjell mellom gruppene.

Tabell 4.3: Utvikling av LBM (kg) for overkropp og underkropp fra pre- til posttest for de to måltidsgruppene. Verdiene er gjennomsnitt ± standardfeil. * Signifikant forskjellig fra tilhørende pre-verdi ($p \leq 0,01$).

	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>% endring</i>
LBM, overkropp, kg			
3 måltider (n=11)	25,9 ± 1,2	27,0 ± 1,2*	4,6 ± 1,3
6 måltider (n=15)	25,3 ± 1,5	26,1 ± 1,6*	3,2 ± 0,9
LBM, underkropp, kg			
3 måltider (n=11)	18,9 ± 1,3	19,8 ± 1,2*	5,4 ± 1,3
6 måltider (n=15)	18,5 ± 1,4	19,1 ± 1,4*	3,5 ± 0,9

4.4 Endring i muskeltverrsnittsareal

For armene var bare 5 av 9 MR-bildesnitt analyserbare (de 3 mest proksimale bildesnitt viste for stor del av skuldermusklaturen til at analysene av armmuskulatur ville bli korrekt, samt at det mest distale bildesnitt viste for mye artefakter). For bena var 7 bildesnitt analyserbare (de 2 mest distale var hos en stor del av deltagerne vanskelig å lese fordi de gikk inn i kneleddet). Den gjennomsnittlige endring av muskeltverrsnittsareal for hele overarmen var signifikant større for 3-måltidsgruppen enn for 6-måltidsgruppen ($p = 0,02$, figur 4.3).



Figur 4.3: Endring av det gjennomsnittlige muskeltverrsnitt for henholdsvis høyre og venstre ben, og for den dominante overarm for de to måltidsgruppene. Verdiene er gjennomsnitt ± standardfeil. * Signifikant større økning enn 6-måltidsgruppen ($p=0,02$).

4.4.1 Overarm

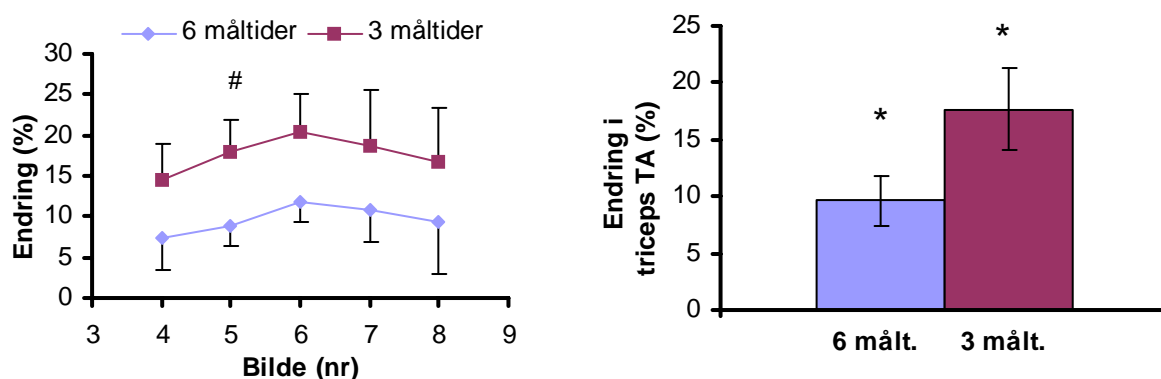
Arealøkningen for gjennomsnittet av de 5 analyserte armbildene, viser at 3-måltidsgruppen har signifikant større endring enn 6-måltidsgruppen fra pre til posttest, med henholdsvis $15,2 \pm 2,5$ % og $8,10 \pm 1,6$ % ($p=0,02$, figur 4.3).

Arealøkningen for gjennomsnittet av de 5 analyserte tricepssnittene fra pre til posttest, var signifikant for både 3-måltidsgruppen og 6-måltidsgruppen ($p < 0,01$, tabell 4.4). 3-måltidsgruppen tenderte til å øke triceps arealet mer enn 6-måltidsgruppen fra pre til posttest ($p = 0,056$, figur 4.4).

Arealøkningen for gjennomsnittet av de 5 analyserte bicepssnittene fra pre til posttest, var signifikant for både 3-måltidsgruppen og 6-måltidsgruppen ($p < 0,01$, tabell 4.4). 3-måltidsgruppen økte biceps arealet signifikant mer enn 6-måltidsgruppen ($p = 0,01$, figur 4.5).

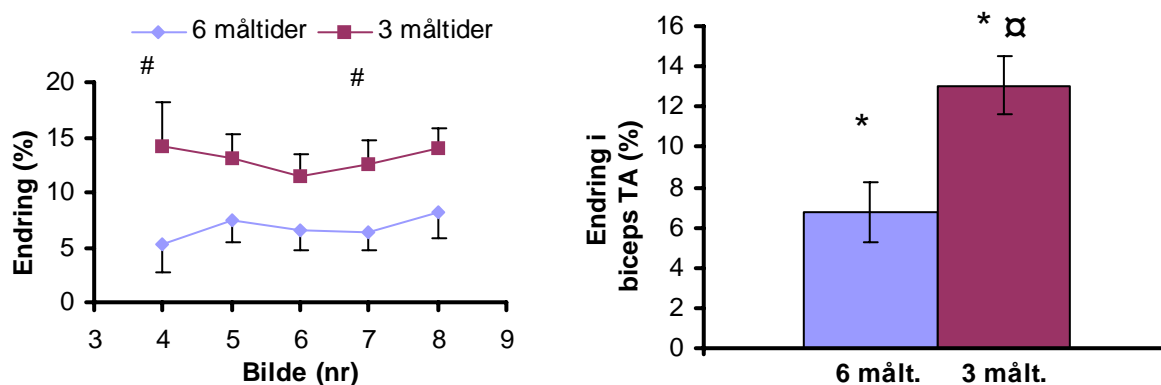
Tabell 4.4: Gjennomsnitts areal (mm^2) for henholdsvis triceps brachii, og biceps brachii og brachialis for de to måltidsgruppene. Verdier er gjennomsnitt \pm standardfeil. *Signifikant forskjell fra tilhørende pre-verdi ($p < 0,01$), # Signifikant mer enn 6 måltidsgruppen ($p = 0,01$).

	Triceps			Biceps og brachialis		
	Pre	Post	% endring	Pre	Post	% endring
3 måltider	2242 ± 218	$2582 \pm 210^*$	$17,7 \pm 3,6$	2090 ± 204	$2331 \pm 200^*$	$13,1 \pm 1,5^\#$
6 måltider	2390 ± 207	$2586 \pm 208^*$	$9,6 \pm 2,2$	2105 ± 181	$2228 \pm 181^*$	$6,7 \pm 1,5$



Figur 4.4: Endring i triceps tverrsnitt for de 5 ulike analyserte bildesnittene (til venstre), óg for gjennomsnittet av samtlige bildesnitt (til høyre) for de to måltidsgruppene. Bilde 1-5 er proksimale snitt, bilde 6-9 er distale snitt. Verdier er gjennomsnitt og feilmærker viser standardfeil.

* Signifikant forskjell fra pre-verdi ($p < 0,05$). # Signifikant forskjell mellom de to måltidsgruppene ($p = 0,05$)



Figur 4.5: Endring i biceps tverrsnitt for de 5 analyserte bildesnittene (til venstre), óg for gjennomsnittet av samtlige bildesnitt (til høyre) for de to måltidsgruppene. Bilde 1-5 er proksimale snitt, bilde 6-9 er distale snitt. Verdier er gjennomsnitt og feilmærker viser standardfeil. * Signifikant forskjell fra pre-verdi ($p < 0,01$). # Signifikant forskjell mellom de to måltidsgruppene ($p \leq 0,05$). □ Signifikant forskjell mellom de to måltidsgruppene ($p = 0,01$).

4.4.2 Lårmuskulatur

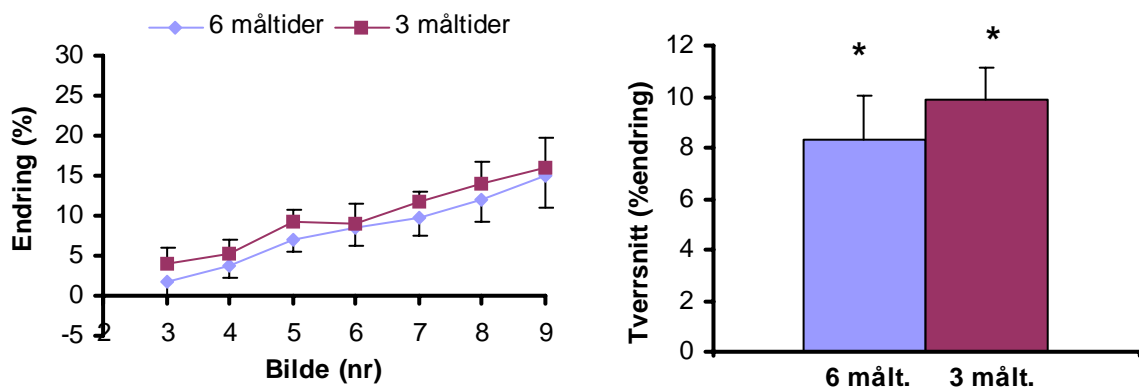
Arealøkningen for gjennomsnittet av de 7 analyserte benbildene for høyre og venstre ben individuelt, viser at det er en signifikant økning fra pre til posttest for begge grupper på begge ben ($p < 0,01$, figur 4.3), samt for hamstrings høyre og venstre ben ($p < 0,01$, tabell 4.5, figur 4.6) og for quadriceps høyre og venstre ben ($p < 0,01$, tabell 4.6, figur 4.7). Det var ingen signifikant forskjell mellom gruppene for hverken preverdier, postverdier eller endring (%) fra individuell pre-verdi for noen av benmuskulatur endringene.

Tabell 4.5: Gjennomsnitts areal for venstre og høyre hamstrings separat for de to måltidsgruppene. Verdier er gjennomsnitt \pm standardfeil.* Signifikant endring fra tilhørende preverdi ($p < 0,01$).

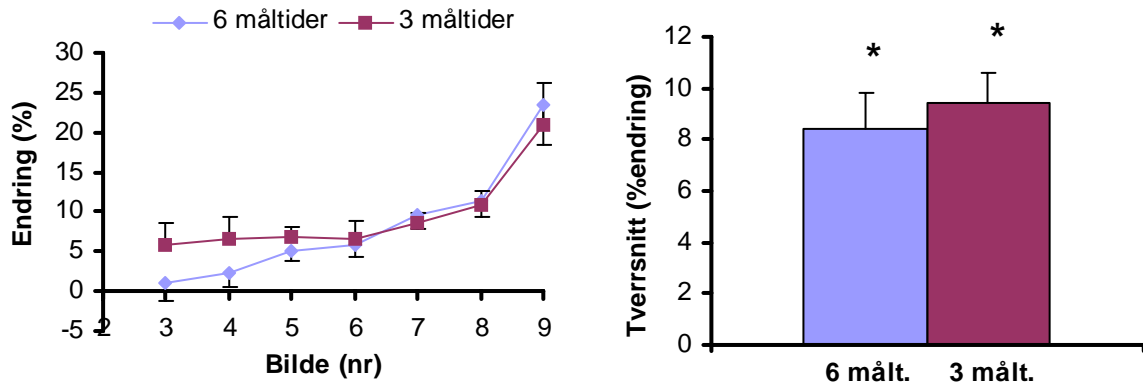
	Venstre hamstrings			Høyre hamstrings		
	Pre	Post	% endring	Pre	Post	% endring
3 måltider	5837 \pm 306	6369 \pm 335*	10,3 \pm 1,2	5919 \pm 311	6385 \pm 336*	9,46 \pm 1,4
6 måltider	5564 \pm 350	5969 \pm 353*	9,3 \pm 1,8	5738 \pm 362	6065 \pm 365*	7,3 \pm 1,6

Tabell 4.6: Gjennomsnitts areal for venstre og høyre quadriceps separat for de to måltidsgruppene. Verdier er gjennomsnitt \pm standardfeil.* Signifikant endring fra tilhørende preverdi ($p < 0,01$).

	Venstre quadriceps			Høyre quadriceps		
	Pre	Post	% endring	Pre	Post	% endring
3 måltider	7360 \pm 472	7983 \pm 494*	9,7 \pm 1,2	7456 \pm 501	8050 \pm 537*	9,2 \pm 1,5
6 måltider	7181 \pm 537	7679 \pm 560*	8,6 \pm 1,6	7252 \pm 524	7723 \pm 554*	8,2 \pm 1,5



Figur 4.6: Endring i gjennomsnittet for venstre og høyre hamstrings for de 7 analyserte bildene (til venstre), óg for gjennomsnittet av samtlige bildesnitt (til høyre) for hver av de to måltidsgruppene. Bilde 1-5 er proksimale, bilde 6-9 er distale snitt. Verdier er gjennomsnitt og feilmarkører viser standardfeil. * Signifikant endring fra pre-verdi ($p < 0,01$).

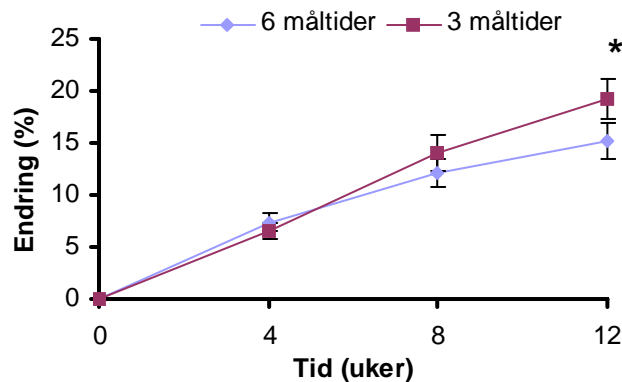


Figur 4.7: Endring i gjennomsnittet for venstre og høyre quadriceps for de 7 analyserte bildene (til venstre), og for gjennomsnittet av samtlige bildesnitt (til høyre) for hver av de to måltidsgruppene. Bilde 1-5 er proximale snitt, bilde 6-9 er distale snitt. Verdier er gjennomsnitt og feilmarkører viser standardfeil. * Signifikant endring fra pre-verdi ($p < 0,01$).

4.5 Endring i styrke, 1RM

Etter 12 treningsuker økte begge gruppene 1RM signifikant i alle testøvelsene (tabell 4.7).

Endringen i total 1RM (dvs gjennomsnittet av 1RM for de 6 utvalgte testøvelsene) fra pre- til posttest var signifikant for begge måltidsgruppene ($p < 0,01$, figur 4.8). Det var ingen signifikant forskjell mellom måltidsgruppene, men 3 måltidsgruppen tenderte til å øke mer fra pre til posttest enn 6 måltidsgruppen ($p = 0,12$).

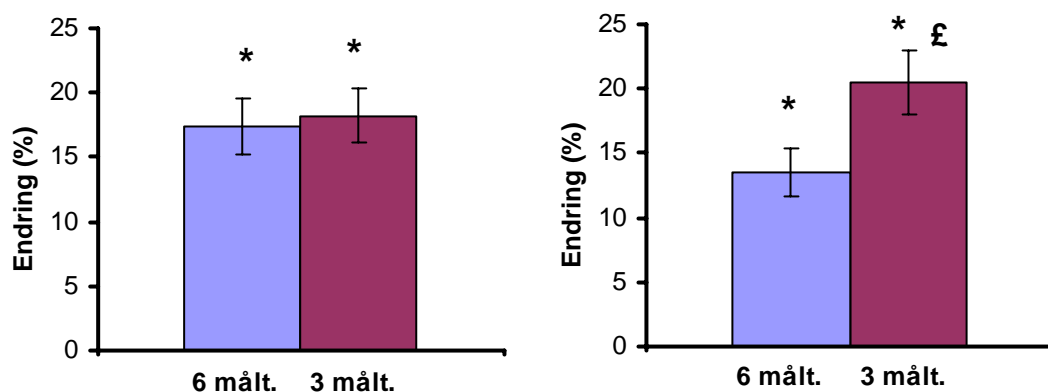


Figur 4.8: Endring i total 1 RM (gjennomsnittsbelastningen av 1RM i alle testøvelsene) gjennom de 4 styrketestene for de to måltidsgruppene. Verdiene er gjennomsnitt og feilmarkører uttrykker standardfeil. * Signifikant økning i forhold til pre-verdi hos begge måltidsgruppene ($p < 0,01$)

Begge gruppene økte sin total 1RM for overkroppen signifikant fra pre- til posttest (gjennomsnittresultat for 1RM i benkpress, liggende roing, preacher curl og tricepsnedpress) ($p < 0,01$, tabell 4.7 og figur 4.9). Endringen i total 1RM for overkropp var signifikant større for 3 måltidsgruppen enn 6 måltidsgruppen ($p = 0,03$).

Endring i 1RM benkpress var signifikant større for 3 måltidsgruppen ved posttest ($p=0,01$), mens endring i 1RM triceps nedpress var signifikant større for 3-måltidsgruppen i forhold til 6-måltidsgruppen både ved 3.styrketest og posttest ($p<0,03$, tabell 4.7).

Begge måltidsgruppene økte sin maksimalstyrke signifikant for underkroppen (gjennomsnittresultat for 1RM i knebøy og legcurl) fra pre- til posttest ($p<0,01$, tabell 4.7 og figur 4.9). Det var ingen signifikante forskjeller mellom måltidsgruppene.



Figur 4.9: Endring fra pre til post i gjennomsnittsstyrke for underkroppen (knebøy og legcurl) til venstre, og for overkroppen (benkpress, liggende roing, tricepsnedpress, preacher curl) til høyre, i de to måltidsgruppene. Verdiene er gjennomsnitt og feilmærker uttrykker standardfeil

* Signifikant økning i forhold til pre-verdi ($p<0,01$)

£ Signifikant større økning i 3-måltidsgruppen i forhold til 6-måltidsgruppen ($p=0,03$).

Tabell 4.7: 1RM i de ulike testøvelsene før og etter treningsperioden for måltidsgruppene. Verdiene er gjennomsnitt \pm standardfeil. *Signifikant økning fra preverdi ($p<0,01$), # Signifikant større økning enn 6 måltidsgruppen ($p=0,01$)

	6 måltider			3 måltider		
	Pre	Post	% endring	Pre	Post	% endring
Knebøy (kg)	86,5 \pm 8,3	104,0 \pm 9,5*	21,8 \pm 3,3	93,6 \pm 9,2	111,4 \pm 10,3*	20,1 \pm 3,2
Legcurl (kg)	71,0 \pm 5,3	79,5 \pm 5,7*	12,7 \pm 2,2	67,7 \pm 5,3	78,0 \pm 5,6*	15,8 \pm 1,9
Liggende roing (kg)	61,8 \pm 5,1	68,3 \pm 5,2*	11,4 \pm 1,5	65,0 \pm 6,1	73,6 \pm 6,1*	14,8 \pm 2,7
Benkpress (kg)	63,0 \pm 6,5	69,3 \pm 6,7*	11,4 \pm 1,8	64,5 \pm 9,0	75,7 \pm 9,0*	20,9 \pm 3,4 [#]
Triceps nedpress (kg)	34,0 \pm 2,7	38,8 \pm 2,6*	15,8 \pm 3,0	33,0 \pm 3,1	41,9 \pm 3,6*	28,9 \pm 4,0 [#]
Preacher curl (kg)	28,6 \pm 2,8	33,3 \pm 2,5*	21,1 \pm 4,2	29,4 \pm 3,2	36,4 \pm 3,6*	25,0 \pm 2,8

4.6 Endring i kosthold

Kostregistreringen som ble gjort før studiestart, viste at det ikke var signifikante forskjeller mellom måltidsgruppene i næringsstoffinntak. Menyene som deltagerne i de to måltidsgruppene fikk utdelt etter kostregistreringen, var tilnærmet identiske i næringsstoffinntak, og det var derfor ingen signifikante forskjeller mellom gruppene.

Menyene innebar en signifikant reduksjon i fettinntak og økning i karbohydratinntak for 3-

måltidsgruppen ($p \leq 0,01$), og signifikante endringer i samtlige næringsstoffinntak for 6-måltidsgruppen ($p < 0,01$, tabell 4.8). Recall intervjuene viste at det ikke var noen signifikant forskjell mellom gruppene i næringsstoffinntak, men proteininntaket tenderte til å være lavere hos 6-måltidsgruppen ($p = 0,06$). Meny- og recall næringsstoffverdier var signifikant forskjellig for 3-måltidsgruppen i energi- og i karbohydratinntak ($p < 0,01$), og for 6-måltidsgruppen i samtlige næringsstoffinntak ($p \leq 0,01$). Når resultatene fra recall intervjuene blir basert på kroppsvekt fra uke 0 (da menyen ble utarbeidet), viser resultatene at 3-måltidsgruppen inntar mindre energi, karbohydrater og mer fett enn beregnet. 6-måltidsgruppen inntar mindre karbohydrater og mer fett enn beregnet.

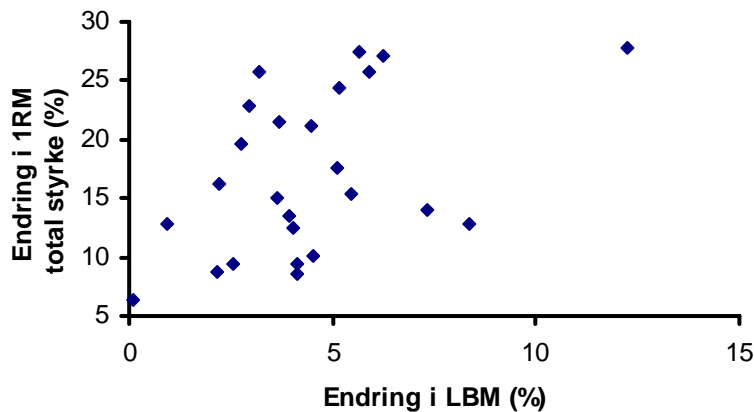
Tabell 4.8: Oversikt over næringsstoffinntaket ved kostholds registreringen (*kost.reg.*) før studiestart, for menyen (*meny*) hver enkelt fikk utarbeidet, for gjennomsnittet fra de 4 recall intervjuene (*recall*) som ble gjort som en kontroll gjennom studieperioden, og for gjennomsnittet fra de 4 recallintervju basert på kroppsvekt da menyen ble utarbeidet (uke 0) (*recall-M*). Verdiene er gjennomsnitt \pm standardfeil, og basert på aktuell kroppsvekt for hver periode når ikke annet er påpekt (KJ/kg KV og g/kg KV). * Signifikant forskjellig fra tilhørende kostholds registrerings-verdi ($p < 0,01$). # Signifikant forskjellig fra tilhørende meny-verdi ($p < 0,04$).

	3 måltids gruppen				6 måltids gruppen			
	Kost. reg.	Meny	Recall	Recall-M	Kost. reg.	Meny	Recall	Recall-M
Energi	166,7 \pm 14,3	169,7 \pm 4,2	152,0 \pm 5,8 [#]	155,4 \pm 5,88 [#]	137,3 \pm 6,7	165,9 \pm 3,8*	145,7 \pm 7,1 [#]	150,4 \pm 7,14
Protein	1,7 \pm 0,2	2,0 \pm 0,1	1,9 \pm 0,1	2,0 \pm 0,1	1,5 \pm 0,1	1,9 \pm 0,0*	1,7 \pm 0,1 [#]	1,7 \pm 0,1
Karboh.	4,6 \pm 0,4	5,5 \pm 0,2*	4,5 \pm 0,2 [#]	4,6 \pm 0,2 [#]	4,0 \pm 0,2	5,6 \pm 0,1*	4,5 \pm 0,2 [#]	4,7 \pm 0,2 [#]
Fett								
(E%)	30,8 \pm 2,2	24,0 \pm 0,4*	26,1 \pm 1,2	27,7 \pm 1,2 [#]	29,6 \pm 1,7	23,5 \pm 0,7*	27,1 \pm 1,1 [#]	27,1 \pm 1,1 [#]

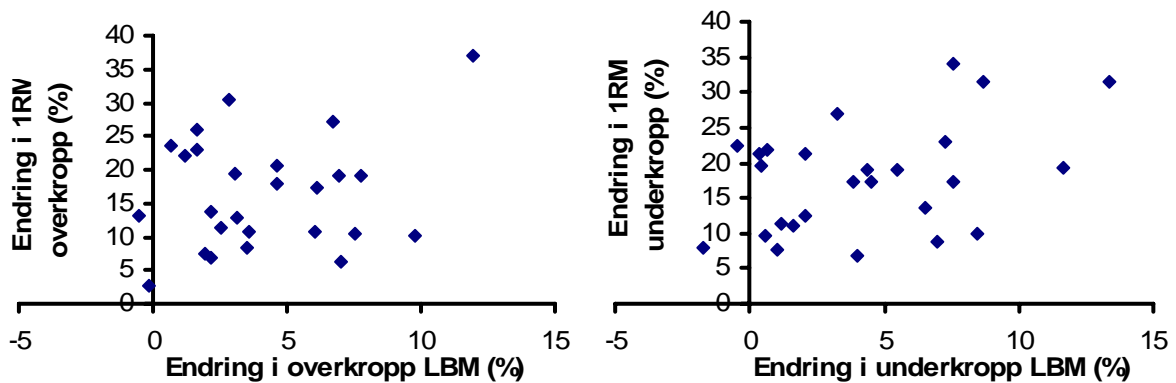
4.7 Korrelasjoner

Det var en signifikant korrelasjon mellom endring i LBM og 1RM styrke for hele gruppen fra pre- til posttest ($r = 0,46$, $p = 0,02$, figur 4.10). Det var også en signifikant korrelasjon mellom LBM underkropp og 1RM underkropp ($r = 0,4$, $p = 0,04$, figur 4.11), men ikke for korrelasjonen mellom endring i LBM for overkropp og 1RM for overkropp ($r = 0,23$, $p = 0,25$, figur 4.11).

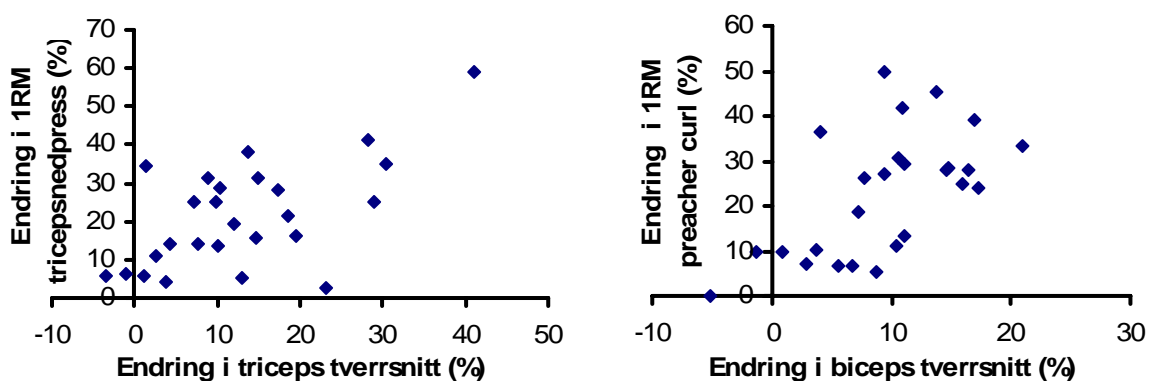
Det var tilsvarende signifikant korrelasjon mellom endring i tricepsnedpress 1RM og gjennomsnittlig endring i triceps tverrsnitt, og mellom endring i preacher curl 1RM og gjennomsnittlig endring i biceps tverrsnitt, var tilnærmet likt (henholdsvis $r = 0,62$, $p < 0,01$ og $r = 0,60$, $p < 0,01$, figur 4.12). Det var også en signifikant korrelasjon mellom endring i legcurl 1RM og gjennomsnittlig endring i hamstrings tverrsnitt (gjennomsnitt for høyre og venstre ben, $r = 0,41$, $p = 0,04$, figur 4.13)



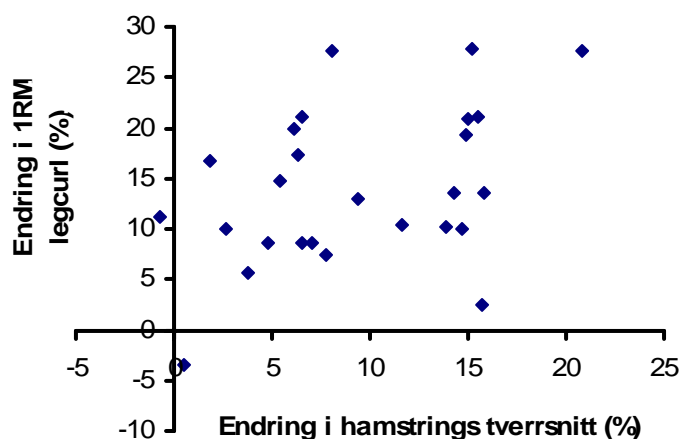
Figur 4.10: Korrelasjon mellom endring i LBM fra pre- til posttest og endring i 1RM totalstyrke fra pre- til posttest for gruppen som helhet, $r = 0,46$, $p=0,02$.



Figur 4.11: Korrelasjon mellom endring i overkropp LBM og endring i overkroppens 1RM totalstyrke fra pre- til posttest for gruppen som helhet, $r = 0,23$, $p=0,25$ (til venstre). Korrelasjon mellom endring i underkropp LBM og endring i underkroppens 1RM totalstyrke fra pre- til posttest for gruppen som helhet, $r = 0,4$, $p=0,04$ (til høyre).



Figur 4.12: Korrelasjon mellom gjennomsnittlig endring i triceps tverrsnitt og endring i 1RM i triceps nedpress fra pre- til posttest for gruppen som helhet, $r = 0,62$, $p<0,01$ (til venstre). Korrelasjon mellom gjennomsnittlig endring i biceps tverrsnitt og endring i 1RM i preacher curl fra pre- til posttest for gruppen som helhet, $r = 0,60$, $p<0,01$ (til høyre).



Figur 4.13: Korrelasjon mellom gjennomsnittlig endring i gjennomsnittet av venstre og høyrebens hamstrings og endring i 1RM i legcurl fra pre- til posttest for gruppen som helhet, $r = 0,41$, $p=0,04$.

4.8 Sammenligning av kjønn

Jeg har valgt å inkludere noen resultater basert på kjønn, uavhengig av måltidsgruppene, da det pga frafall ble ulikt forhold av andel jenter og gutter i de to gruppene.

4.8.1 Lean body mass (LBM)

Jentene hadde signifikant lavere LBM (kg) enn guttene både før og etter treningsperioden ($p<0,01$). Endringen i LBM gjennom treningsperioden, var signifikant for både jenter og gutter ($p<0,01$), men jentene tenderte til å øke mer enn guttene fra pre- til posttest ($p=0,06$). Både jenter og gutter hadde en signifikant forbedring fra pre- til posttest i LBM for overkropp og underkropp (tabell 4.9). Jentene viste dessuten en signifikant større forbedring i LBM for underkroppen i forhold til guttene ($p=0,05$).

Tabell 4.9: LBM for overkropp og underkropp ved pre- og posttest, samt endring fra pre til post, for gutter og jenter uavhengig av måltidsgruppe. Verdier er gjennomsnitt \pm standardfeil. * Signifikant forskjellig fra preverdi ($p<0,01$), # Signifikant mer enn jentene ($p<0,001$), \square Signifikant mer enn guttene ($p=0,05$).

	LBM, overkropp, kg			LBM, underkropp, kg		
	Pre	Post	% endring	Pre	Post	% endring
Gutter (n=15)	29,1 \pm 0,8 #	30,0 \pm 0,9* #	3,0 \pm 1,0	22,1 \pm 0,8 #	22,7 \pm 0,7* #	3,0 \pm 0,8
Jenter (n=11)	20,7 \pm 0,6	21,7 \pm 0,7*	4,8 \pm 1,0	14,0 \pm 0,5	14,9 \pm 0,6*	6,0 \pm 1,3 \square

4.8.2 Endring i muskeltverrsnittsareal

Guttene hadde signifikant større tverrsnittsareal (mm^2) for både triceps og biceps, og for høyre og venstre quadriceps og -hamstrings, både før og etter treningsstudien. Både jenter og gutter økte tverrsnittsarealet signifikant for arm og for lår fra pre til posttest ($p<0,01$), og

jentene økte mer i arm tverrsnittareal enn guttene ($p = 0,01$). Både jenter og gutter økte triceps og biceps tverrsnittareal signifikant fra pre- til posttest, men jentene økte biceps tverrsnittareal signifikant mer enn guttene ($p=0,04$). Det var ellers ingen signifikante forskjeller mellom guttene og jentene i utvikling av tverrsnittareal for de ulike analyserte muskelgruppene.

4.8.3 1RM

Jentene var signifikant svakere enn guttene ved både pre og posttest (kg, $p<0,01$).

Både jenter og gutter økte sin totale 1RM signifikant gjennom treningsperioden ($p<0,01$), men jentene hadde en signifikant større fremgang i total 1RM i samtlige testrunder i forhold til guttene ($p<0,04$). Også for overkropp og underkropp var guttene signifikant sterkere ved både pre og post test (kg, $p<0,01$, tabell 4.10). Både jenter og gutter økte sin 1RM for overkropp og underkropp fra pre til posttest ($p<0,01$), men jentene forbedret sin 1RM for overkroppen signifikant mer enn guttene ($p=0,01$).

Tabell 4.10: 1RM for overkropp og underkropp ved pre- og posttest, samt endring fra pre til post, for gutter og jenter uavhengig av måltidsgruppe. Verdier er gjennomsnitt \pm standardfeil. * Signifikant forskjellig fra preverdi ($p<0,01$), # Signifikant mer enn jentene ($p<0,01$), \square Signifikant mer enn guttene ($p=0,05$).

	Styrke, overkropp, kg			Styrke, underkropp, kg		
	Pre	Post	% endring	Pre	Post	% endring
Gutter (n=15)	59,6 \pm 2,3 #	66,9 \pm 2,4* #	12,7 \pm 1,6	95,8 \pm 4,3#	110,8 \pm 4,7* #	16,1 \pm 1,8
Jenter (n=11)	30,6 \pm 1,5	37,2 \pm 1,9*	21,5 \pm 2,4 \square	57,4 \pm 2,8	68,6 \pm 3,2*	20,0 \pm 2,5

5 DISKUSJON

Vi startet dette prosjektet med en hypotese om at en måltidsfrekvens på 6 måltider/dag ville resultere i større muskelmasse og styrke gjennom 12 tilrettelagte styrketreningsuker, sammenlignet med en måltidsfrekvens på 3 måltider/dag. Treningsperioden medførte signifikante økninger i muskelmasse, muskel tverrsnittsareal og styrke for begge måltidsgruppene fra pre til posttest. Resultatene viser at det ikke er signifikant forskjell mellom måltidsgruppene i utvikling av LBM, men at det er en tendens til at 3-måltidsgruppen øker mer ($p=0,13$). For overkroppen var det ingen signifikant forskjell, og for underkroppen var det bare en svak tendens til at 3-måltidsgruppen økte mer enn 6-måltidsgruppen ($p=0,21$).

Endring i muskeltverrsnittsarealet for hele armen var signifikant større for 3-måltidsgruppen enn for 6-måltidsgruppen, med signifikant forskjell i biceps tverrsnittsarealet. Endringen i triceps tverrsnittsarealet tenderte å være større for 3-måltidsgruppen i forhold til 6-måltidsgruppen ($p=0,056$). Det var ingen signifikante forskjeller mellom gruppene i endring av tverrsnittsarealet for lårmuskulaturen.

Det var en tilsvarende tendens for utvikling av 1RM som i LBM, der 3-måltidsgruppen tenderte til å øke mer enn 6-måltidsgruppen ($p=0,12$). For overkroppen økte 3-måltidsgruppen signifikant mer i styrke enn 6-måltidsgruppen ($p=0,03$), mens for underkroppen var det ingen signifikant forskjell mellom gruppene.

Resultatene fra studien viser altså at det ikke ser ut til å være noen fordel av mange, små måltider (6 måltider/dag) på utviklingen av muskelmasse og styrke, slik vi antok. Snarere ser det ut til at det er en fordel av få og store måltider (3 måltider/dag), ettersom det for flere av resultatene enten er signifikant større økning, eller tendens til større økning for gruppen som spiste 3 måltider/dag.

Jentene ser dessuten ut til å ha respondert bedre på treningen enn guttene, da de har signifikant større økning i total LBM og LBM for underkroppen, i arm- og biceps tverrsnittsarealet, samt i total 1RM og 1RM for overkroppen, enn guttene.

5.1 Endring i muskelmasse

3-måltidsgruppen og 6-måltidsgruppen økte LBM med henholdsvis $2,7 \pm 0,5$ kg og $2,0 \pm 0,2$ kg. Dette tilsvarer $0,19$ kg pr treningsuke eller $0,04$ kg pr treningsøkt for hele gruppen samlet.

Dette er i samsvar med hva som er funnet i tidligere studier (henholdsvis 2 kg, 0,17 kg/uke og 0,06 kg/økt) (oppsummert av Kvamme 2005). LBM er et uttrykk for alt kroppsvev bortsett fra fett- og benvev (altså muskelvev, organer og bindevev). Med de tendenser som ble observert, er det er mulig vi ville finne signifikante endringer i muskelmasse mellom gruppene dersom vi hadde et mål på isolert muskelmasse framfor LBM. Men endringene som observeres i LBM gjennom treningsperioden, kan mest sannsynlig tilskrives endringer i muskelmasse, og vil derfor fungere som et godt mål på muskelmasse. Dette er også i samsvar med hva som er gjort i tidligere studier (Chillibeck et al 1998, Antonio et al 2000, Dangin et al 2003, Esmarck et al 2001, Rankin et al 2004).

Gjennomsnittlig endring av tverrsnittsarealet for låret for hele gruppen var 0,16% pr økt (0,14% for 6-måltidsgruppen og 0,18% for 3-måltidsgruppen). Dette ligner gjennomsnittet som er funnet etter en oppsummering av tidligere studier, på 0,18% pr økt (Kvamme 2005). Man finner normalt større endringer for armene i muskeltverrsnitt i forhold til endringene i bena. I artikkelene oppsummert av Kvamme (2005) ble det funnet en gjennomsnittlig tverrsnittsøkning på 0,34% pr økt for overkroppen, mens i vårt studie lå den gjennomsnittlige tverrsnittsøkningen for gruppen på 0,23% pr økt (0,32% for 3-måltidsgruppa og 0,16% for 6-måltidsgruppa). Resultatene på tverrsnittsøkningene i overarmen ligner altså funn fra tidligere studier. Armene viser en større effekt av treningen enn bena, ettersom det er en signifikant større endring i muskeltverrsnitt i armene enn i bena ($p=0,04$). Det har tidligere vært påpekt at overkroppsmuskulatur lettere svarer på styrketrening enn underkroppsmuskulatur, fordi a) benmuskulatur brukes mer i hverdagen, og har derfor tatt ut mer av sitt vekstpotensiale, og b) muskulatur nær hodet har større tetthet av androgene reseptorer enn muskler mer distalt, og kan derfor respondere bedre på utskillelsen av androgene hormoner i etterkant av en treningsøkt (oppsummert av Rønnestad 2004). En forutsetningen for den første påstanden, er at den relative endringen fra pretestene er signifikant større for armer i forhold til ben, hvilket vi altså finner. Den andre teorien har vist interessante resultater i ulike studier de senere årene (Rønnestad 2004). Et nylig studie på effekten av én eller tre serier på overkropps- og underkropps muskulatur hos utrente, konkluderte med at overkroppsmuskulatur bare trenger én serie i hver øvelse for optimal styrkeutvikling, mens benmuskulatur krever minst tre serier per øvelse (Rønnestad 2004). Det ble spekulert i om tettheten av androgene reseptorer i nakke- og brystregionen var noe av årsaken til disse funnene, men i likhet med vårt studie, ble det ikke målt konsentrasjon av androgene hormoner. Den kanskje beste forklaringen på at armene vokser mer enn bena i vårt studie, er nok forskjellen i det totale treningsvolumet for de to

kroppsdelene. Benmuskulaturen trenes spesifikt bare i det ene treningsprogrammet, gjennom 4 ulike øvelser. Armene involveres derimot i begge treningsprogrammene gjennom spesifikke armøvelser og skulder- og brystøvelser den ene dagen, og ryggøvelser den andre dagen. Den totale treningsmengden blir derfor større for muskulaturen i armene.

Endring i tverrsnitt av overarmen er signifikant større for 3-måltidsgruppen sammenlignet med 6-måltidsgruppen gjennom treningsperioden. Samtidig ble det observert at 3-måltidsgruppen hadde en signifikant større endring av treningsmotstand i benkpress i uke 6-8, og i franskpess i uke 6-10. Dette er uker som hovedsakelig ligger i treningsperiode 2 (uke 4-8) hvor treningsmotstanden ligger på mellom 8RM og 5RM. Repetisjonsantallet ligger i et intervall som spesielt stimulerer utviklingen av styrke (Mazzetti et al 2000, Raastad 2005), og kan derfor være forklaringen på 3-måltidsgruppens bedre styrkeutvikling ved de påfølgende 1RM testene. Tunge belastninger medfører større aktivering av raske motoriske enheter med høyere rekrutterings terskel. Aktivering av disse er avgjørende for å indusere optimal styrkeøkning (Mezzetti et al 2000).

Sammenhengen, eller helst rekkefølgen, på utviklingen av tverrsnittsarealet for armen og 3-måltidsgruppens signifikant større endringen av treningsmotstand i periode 2, er dog ikke lett å avklare. Det er naturlig å tenke seg at en større endring i treningsmotstand vil medføre en påfølgende, større muskelutvikling. Men det kan også være slik at en raskere muskelutvikling muliggjør raskere framgang i treningsmotstand. Etersom vi ikke hadde hyppigere måling av tverrsnittsarealet for armen, eventuelt midtveis i studien, er det vanskelig å avklare rekkefølgen av disse endringene. Det er dessuten mulig at en eventuelt tidlig endring i tverrsnittsarealet for armen, er så liten at dagens målemetoder vanskelig kan fange opp disse forutgående endringer. Vi kan imidlertid sammenligne treningsmotstand i de uker det ble funnet forskjell mellom gruppene, med maksløft fra den mest nærliggende 1RM-testen for å se om den relative treningsmotstand (% av 1RM) var forskjellig mellom gruppene. Det var ingen signifikante forskjeller mellom gruppene i treningsmotstand relativt til maksløft. I benkpress ligger begge grupper på ~80% av 1RM (franskpess er ingen 1RM øvelse, og det kan derfor ikke gjøres tilsvarende analyser). Tilsvarende analyser for treningsuke 1, viser at det ikke er noen signifikant forskjell mellom gruppene i motstand relativt til maksløftet i første 1RM-test (~72% av 1RM). Årsaken til ulik endring i treningsmotstand kan derfor ikke skyldes at 3-måltidsgruppen har startet med relativt lettere vekter de første treningsukene, og dermed hatt større forbedringspotensiale. 3-måltidsgruppen ser derfor ut til å ha hatt en større

økning i 1RM styrke for benkpress, óg større økning i overarms- og triceps tverrsnitt, til tross for samme relative treningsmotstand sett i forhold til 1RM. Det kan derfor være nærliggende å tro at 3-måltidsgruppen har hatt en hurtigere utvikling av muskelmasse enn 6-måltidsgruppen, og derfor har kunnet øke sin treningsmotstand (relativt til uke 1) raskere.

Den signifikant større endringen i tverrsnittsarealet for biceps i 3-måltidsgruppen kan ikke skyldes forskjeller i treningsmotstand, ettersom denne var lik mellom gruppene både sett i forhold til 1RM resultater i bicepstestøvelsen, og i forhold til endring fra treningsmotstand i uke 1. Det vil være nærliggende å tro at forskjellen derfor skyldes nettopp måltidshyppigheten, men en alternativ forklaring vil også diskuteres senere i oppgaven.

Figuren over endringene muskeltverrsnitt for de ulike snittene på triceps, viser at det er størst endring midt på armen (snitt 6). Dette er i samsvar med tidligere studier, som viser at den prosentvise største endringen av tverrsnittet i en muskelbuk, er på bukens allerede tykkeste område (Hakkinen et al 2001, Raastad 2005). Tilsvarende er det for tverrsnittene for biceps, der de største endringene ser ut til å være i snitt 5 (fra 4-6, altså fra medialt mot distalt område), hvilket samsvarer med muskelgruppens tykkeste område (Netter 2000). Regionale forskjeller i muskelhypertrofi innen den samme muskelbuk er også tidligere funnet (Roman et al 1993). Etter 12 ukers trening av albuebøyerne hos eldre menn, så man ved hjelp av MR, en større endring i muskel-tverrsnittsareal distalt i buken sammenlignet med proksimalt.

For figurene over endringer i tverrsnittsareal i de ulike snittene for hamstrings og quadriceps, ser man at det som forventet er stor vekst midt i muskelbuen, hvor det allerede er et stort muskeltverrsnitt (Roman et al 1993, Hakkinen et al 2001). For hamstrings ser det ut til at endringen er størst i medial-distale snitt (bilde 3-5). En MR-undersøkelse av muskelaktivitet ved ulike styrkeøvelser viser at ulike muskelbuker i en muskelgruppe aktiveres i ulik grad avhengig av øvelsen (Tesch 1993). Sittende legcurl aktiverte i hovedsak m.semitendonosus, m.sartorius og m.gracilis, og i svært liten grad m.biceps femoris, mens knebøy med skulderbreddes avstand mellom bena, i hovedsak aktiverte adduktor-gruppen på lårets bakside, samt m.semitendonosus og m.gracilis. I våre resultater ser det da også ut til at spesielt m.semitendonosus og m.gracilis har fått den største treningsbelastningen på baksiden, og at deres noe mer distale område for tykkeste tverrsnitt gjenspeiles i tverrsnitts-resultatene. For quadriceps var de største endringene av tverrsnittsarealet medial-distalt (bilde 3 og 4), hvilket ser ut til å ha sammenheng med type treningsøvelser som er brukt. Siden det spesielt

er m.vastus medialis som har det største tverrsnitt distalt, vil det være naturlig å forvente at denne i stor grad er årsaken til de endringer vi ser. M.rectus femoris har derimot sitt tykkeste parti medially-proximally, og har sannsynligvis ikke hatt stor betydning i tverrsnittsendringene som ble observert medial-distalt. Denne forskjellen i muskelutvikling skyldes mest sannsynlig valg av treningsøvelser, der knebøy i hovedgrad aktiverer vastus lateralis og -medialis, og i mindre grad rectus femoris (Tesch 1993). Dette støttes av tidligere studier, der en så på effekten av en periode med styrketrening, målt i tverrsnittsendring av quadriceps-muskelgruppen (Häkkinen et al 2001). De fant bare endring i m.vastus lateralis og m.vastus medialis etter 21 ukers trening med benpress og legextension, og størst endring ble observert i midtre del av muskelbukene, hvor tverrsnittet allerede er størst.

Årsaken til at 3-måltidsgruppen ser ut til å svare bedre på styrketreningen mtp muskelutvikling i forhold til 6-måltidsgruppen, kan vanskelig forklares med den totale treningsbelastningen. Det var ingen forskjeller på den totale treningsbelastningen for hverken overkropp- eller underkroppsprogrammet, heller ikke på endring i gjennomsnitt motstand i de to del-programmene gjennom de 12 ukene. Det skulle derfor ikke foreligge forskjeller i det direkte vekststimuli som styrketreningen gir.

5.2 Endring i styrke, 1RM

Det var en signifikant forskjell mellom gruppene i endring av 1RM styrke i overkroppen, der 3-måltidsgruppen hadde bedre progresjon enn 6-måltidsgruppen. Forskjellen var forårsaket av signifikant større økning i 1RM styrke i benkpress og tricepsnedpress for 3-måltidsgruppen enn 6-måltidsgruppen ($p < 0,01$). Det var ingen signifikant forskjell i den absolutte styrke for hverken overkroppen totalt, benkpress eller franspress ved pretestene. Jeg har tidligere diskutert hvorvidt forskjellen i endring av LBM skyldtes ulik endring i treningsmotstand. Samme forklaringer vil mest sannsynlig også gjelde de ulike endringene i 1RM: det kan altså se ut som at en raskere muskelutvikling i 3-måltidsgruppen har gjort det mulig å øke treningsmotstanden raskere, og dermed også øke 1RM styrken raskere enn 6-måltidsgruppen.

5.3 Endring i kosthold

Siden kostholdet til deltagerne var normalisert til kg kroppsvekt (feks proteiner/kg kroppsvekt) ville det være naturlig å justere menyen ettersom kroppsvekten endret seg. Men siden alle deltagerne viste en jevn vektøkning gjennom treningsperioden, hvilket antyder at energiinntaket er tilstrekkelig for å understøtte muskelvekst, ble original menyene beholdt slik de i utgangspunktet var. Når gjennomsnittresultatene fra de fire recallintervjuene kalkuleres

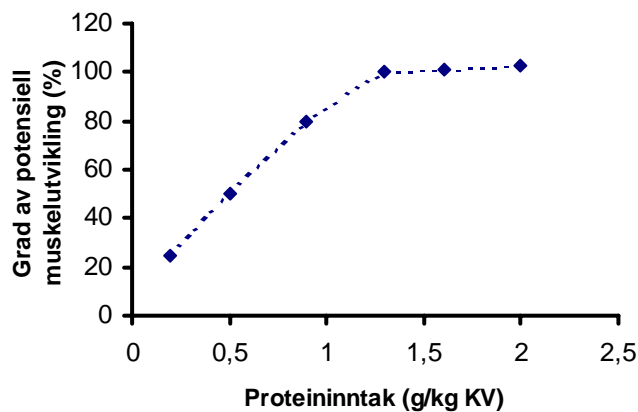
med kroppsvekten som menyen i utgangspunktet var basert på, og deretter sammenlignes med næringsstoff-inntaket i menyen, viser de at karbohydratinntaket var noe lavt og fettinntaket var noe høyt i begge gruppene. I 3- og 6-måltidsgruppen var energiinntaket dessuten noe lavere enn foreslått i menyen, mens det i 6-måltidsgruppen var en tendens til at proteininntaket var noe lavere enn ønskelig utfra meny. For 6-måltidsgruppen viste de 4 recallintervjuene at det var en trend til å øke inntaket i samtlige næringsstoffer opp mot de nivåer som var foreslått i menyen.

Når man sammenligner næringsstoff og energiinntaket i de to gruppene med hver periodes aktuelle kroppsvekt, viser gjennomsnittet for de 4 recallintervjuene at det var tilnærmet likt inntak i begge grupper, men en tendens til lavere proteininntak i 6-måltidsgruppen.

Recallintervjuene ble repetert jevnt utover treningsperioden, og ble alltid fulgt opp med individuell tilbakemelding og konkret rettleiding ved avvik. Intervjuene ble i all hovedsak foretatt på torsdager (gjenspeilet kostholdet på en treningsfri dag, onsdagen), og gir bare et lite innblikk i hvert individs kostvaner. Det ble enkelte ganger kommentert at noen dager var vanskeligere å gjennomføre enn andre mtp matvarevalg (studiesituasjon, overtidssjopping etc), eller at "dette er ikke typisk for meg" (henspeiler til matvarevalg el.l.). Det er dessuten alltid et tolkningsaspekt med i bildet, når et uøvet individ skal anslå matmengder ved slike kostintervju. Det kan derfor være at det har blitt spist en del mer eller mindre av en spesiell matvare, hvilket vil slå merkbart ut på inntak av et/flere næringsstoff. I en review-artikkel rapporteres det om en variasjonskoeffisient på mellom 4 til 400% ved anslag av næringsstoff-inntak ved bruk av 24-timers recall intervju sammenlignet med observerte inntak (Bingham 1991). I samme oppsummeringsstudie ser man at når individer skal anslå vekt for matporsjoner i stedet for å virkelig veie de, er variasjonskoeffisienten på rundt 50%. Dårlig kontroll over virkelig kosthold er en av svakhetene ved å gjennomføre kostholdsforskning på frittlevende individer. Men en "frittlevende situasjon" vil i større grad gjenspeile en normal hverdag, og dermed gjøre overføringen av forskningsresultater til virkeligheten, mer reell.

Til tross for at det var en tendens til at 6-måltidsgruppen hadde lavere proteininntak enn 3-måltidsgruppen, lå de 0,2 g over det nedre anbefalte proteininntaket for styrketrening (1,5 g protein/kg kroppsvekt/dag). Det er lite trolig at det er de små forskjellene i proteininntak som er årsaken til tendensen til forskjell i muskelutvikling, spesielt ettersom de ligger relativt høyt på proteininntaket. Lemon et al (1992) fant bla ingen forskjell i muskel- eller styrke utvikling i to grupper unge mosjonister som trente i én måned med et typisk kroppsbygger

treningsprogram, til tross for en forskjell på proteininntak med 1,35 g/kg KV/dag og 2,62 g/kg KV/dag. Det laveste proteininntaket i dette studiet lå 0,35 g under inntaket for 6-måltidsgruppen i vårt studie, hvilket indikerer at 6-måltidsgruppen inntok tilstrekkelig med proteiner. Det finnes mest trolig en øvre grense for optimal utnyttelse av kostproteiner til muskelbygging, og det kan se ut til at denne grensen ligger i området 1 - 1,5 g proteiner/kg kroppsvekt (figur 5.1). Det vil da være liten gevinst i å øke sitt proteininntak over denne grensen, og den overskytende proteinmengde vil mest trolig gå til oksidering, ureagenese og/eller glukoneogenese, slik det tidligere er vist ved høyt proteininntak (Rennie et al 2002).



Figur 5.1: En tenkt sammenheng mellom daglig proteininntak (g proteiner/kg kroppsvekt) og effekten det vil ha på den potensielle muskelutviklingen etter en lengre tid med styrketrening. Det er grunn til å tro at den øvre grense for optimalt muskelstimulerende proteininntak ligger ett sted mellom 1 og 1,5g proteiner/kg kroppsvekt.

Det er hevdet at for å oppdage en eventuell effekt av kosttilskudd på utvikling av muskelmasse, kreves det sannsynligvis minst ett år, med streng oppfølging av trening og kosthold (Tipton og Wolfe 2001). Så lenge proteininntaket ligger over det laveste anbefalte inntak for styrketrenende, og resten av kosten og energiinntaket er optimalt, skulle en anta at det samme gjelder for sammenligning av to ulike, men høye proteininntak. Det viser seg å være en dårlig korrelasjon mellom proteininntaket (g/kg KV) og utviklingen i muskelmasse (LBM) i vår studie ($r=-0,08$, $p=0,8$), hvilket bekrefter at forskjellene i proteininntak ikke har hatt stor betydning for forskjellene i muskelutvikling.

Selv om det ikke var signifikante forskjeller i energiinntak (KJ/kg kroppsvekt) mellom gruppene, viste de første recallintervju at 3-måltidsgruppa lå noe over 6-måltidsgruppa. Dette gjaldt både recallverdier justert for periodens gjeldende kroppsvekt, og justert for den kroppsvekt da menyen ble utarbeidet (uke 0). Resultatene viser ikke bare at 6-måltidsgruppen inntar noe mindre energi enn 3-måltidsgruppen, men også at variasjonen innad i gruppen er en del større enn innad i 3-måltidsgruppen. Denne trenden for større energiinntak i 3-måltidsgruppen, gjenspeiler seg sannsynligvis i kroppsvekt endringene, ettersom 3-måltidsgruppa tenderer sterkt til å øke mer i kroppsvekt enn 6-måltidsgruppa ($p=0,07$). Det

kan derfor være nærliggende å anta at tendensen til at 3-måltidsgruppen øker mer i LBM, skyldes et mer positivt energioverskudd enn det som observeres hos 6-måltidsgruppen. En nærmere analyse av sammenhengen mellom energiinntak (KJ/kg KV) og muskelutvikling (LBM), viser derimot dårlig korrelasjon ($r=-0,19$, $p=0,35$), og man kan derfor anta at ulikt energiinntak ikke var årsaken til forskjellene i muskelutvikling mellom måltidsgruppene.

Det er altså mulig at nettopp måltidshyppigheten i seg selv er årsaken til de observerte forskjellene i endring av LBM. Proteinbalanse er et resultat av likevekt mellom proteinsyntese og proteinnedbrytning. For at det totale muskelvev skal øke, må balansen økes gjennom a) økt proteinsyntese, b) redusert proteinnedbrytning, eller c) en kombinasjon av alternativ a og b. Det ble innledningsvis påpekt at det ser ut som at endringer i plasmaamino-syre-konsentrasjonen, snarere enn dens absolutte konsentrasjon, er stimulerende på protein-syntesen. Man kan derfor tenke seg at et måltidsmønster med 3 store måltider, som bla resulterer i en høy og varig plasma-amino-syre-konsentrasjon, mister sin stimulerende effekt på proteinsyntesen etter kort tid (~1-2 timer) til tross for at amino-syre-konsentrasjonen fremdeles er over hvilenivå. Utfra dette ble det derfor forventet at måltidsgruppen med inntak på 6g/dag ville oppnå bla bedre muskelutvikling enn 3-måltidsgruppen. Når det nå ser ut til å være motsatt, kunne dette muligens forklares med at proteinbalansen er preget av en lengre periode med uendret/ redusert proteinnedbrytning. Normalt vil det postabsorptivt være en forbigående proteinnedbrytning fra hovedsakelig muskelvev for å opprettholde amino-syre-konsentrasjonen i blodet (Biolo et al 1997). Ettersom de store måltidene til 3-måltidsgruppa trolig forårsaket en langvarig høy konsentrasjon av plasma-amino-syrer, ville dette kunne resultere i uendret/ redusert proteinnedbrytning, siden det er et redusert behov for å hente amino-syrer fra muskelvev. Det er på den annen side likevel tvilsomt at 6-måltidsgruppen har hatt noen lengre faser med postabsorbtiv muskelproteinnedbrytning, ettersom de relativt hyppig tilfører amino-syrer i sitt måltidsmønster med flere, små måltider pr dag.

Arnal et al (1999) fant at det for eldre kvinner resulterer i større muskelproteinsyntese og proteinretensjon dersom kosten fordeles med 3 måltider/dag framfor 4 måltider/dag. Den største forskjellen mellom disse gruppene, var fordelingen av proteiner i de ulike måltidene. For 3-måltidsgruppen var hovedinntaket av proteiner (80%) i det midterste måltidet, mens det for 4-måltidsgruppen var en jevn spredning av proteiner på de 4 måltidene. Resultatene ble forklart med at eldre mennesker har en redusert postprandial proteinsyntesestimulering etter matinntak, og at det må til en svært stor økning i plasma-amino-syre-konsentrasjonen for å

oppnå en normal økning proteinsyntesen. Disse resultatene viser at få, store måltider, som tilfører en stor konsentrasjon av næringsstoffer, fører til at kroppen øker sin utnyttelsesevne av næringsstoffer. Selv om disse funnene hovedsakelig ble forklart med en aldersrelatert endring i metabolisme, kan våre resultater antyde at noe lignende ligger til grunn for resultatforskjellene vi observerer mellom måltidsgruppene.

Med de små forskjellene som foreligger i næringsstoff inntak, er det lite som tyder på at det er dette som er årsaken til de forskjeller som observeres i utvikling av muskelmasse og styrke. Recall intervjuene viste at deltagerne i hovedsak holdt seg til sine antall måltider pr dag, men det forekom at deltagere i 3-måltidsgruppen rapporterte et ekstra måltid, eller at deltagere i 6-måltidsgruppen ikke hadde klart å dekke alle måltidene for en dag. Slike avvik ble bare observert 3-4 ganger i løpet av de 4 recallintervjuene for hele gruppen. Enkelte av deltagerne opplevde nok å få sine vanlige kostvaner betraktelig endret, mest mtp planlegging og tilrettelegging for hvert måltid for å dekke de næringsbehov vi hadde som målsetning. Også oppdeling i riktig antall måltider ble en utfordring for enkelte. Vi kan ikke se bort fra at det har skjedd avvik fra måltidshyppighet og næringsinntak, men siden deltagerne ikke har rapportert annet, må vi gå utfra at kostplanen i det store og det hele er fulgt. Det var i utgangspunktet lagt opp til at hvert måltid skulle ha et bidrag av proteiner (~6g EAA), men det ble i recall intervjuene observert at det i enkelte mellommåltider bare ble inntatt frukt. Disse avvikene var noe hyppigere observert enn avvikene fra oppsett for måltidsfrekvens, men i hovedsak ble anbefalingene fra menyen fulgt. Avvik ble raskt korrigert via tilbakemeldinger, men det viser altså at kostplanen ikke alltid ble fulgt etter anbefalingene. Disse avvikene kan ha hatt innvirkning på resultatene i studien, og fjernet potensielle forskjeller som finnes mellom ulik måltidshyppighet. Vi må imidlertid anta at måltidsplanen generelt ble fulgt ettersom annet ikke er rapportert. Deltagerne som fullførte studien virket godt motiverte, og ble dessuten med jevne mellomrom opplyst om hvor viktig det var å melde i fra dersom avvik fra kostplanen forekom. Det ser altså ut til at det er noe i selve måltidshyppigheten som er årsak til de forskjeller vi finner, og ikke pga de små forskjeller som finnes i næringsstoffinntak.

Det er mulig at det må et energiunderskudd til for at måltidshyppighet skal ha en klar effekt på utvikling av styrke og musklatur. Adekvat inntak av proteiner fra kosten er ofte poengtert ved energirestriksjon, for å spare kroppsproteinene fra oksidering. Iwao et al (1996) påviste en

effekt av måltidshyppighet for å bevare LBM under en kort periode med energirestriksjon hos bokse-utøvere.

Interessante funn fra upubliserte data fra et pågående dr.grads prosjekt viser at selv toppidrettsutøvere, som mest trolig har tatt ut det meste av sitt vekstpotensiale, selv under energirestriksjon med vektreduksjon til følge, klarer å øke LBM dersom vekttrening inngår i treningsprogrammet (Garthe 2006, upubliserte data). Disse utøverne er instruert til å spise små, hyppige måltider, samt ligge på et proteininntak over 1,5g/kg KV/dag. Så lenge man inntar en adekvat mengde energi, og som i vårt tilfelle: ett energioverskudd for å tilrettelegge for muskelvekst, kan det være at hverken det hormonelle miljø eller substrat konsentrasjonen blir forskjellig nok mellom intervensjonsgruppene, til å resultere i ulik muskelvekst.

5.4 Korrelasjoner

Korrelasjonsanalysene viser at det er en signifikant positiv sammenheng mellom utvikling i LBM og styrke. Det var også signifikant sammenheng mellom utvikling av LBM i underkropp og 1RM underkropp, samt for sammenhengen mellom endring av tverrsnittsareal for hamstrings og 1RM legcurl. Det var ingen signifikant korrelasjon mellom utvikling av LBM i overkropp og 1RM overkropp, men korrelasjonen mellom endring i tverrsnittsareal for triceps og endring i 1RM i tricepsnedpress, og endring i tverrsnittsareal for biceps og endring i 1RM i preacher curl, var derimot sterk.

Korrelasjonsanalysene viser at det foreligger en viss spredning i gruppen, og at noen kan ha relativ stor utvikling i muskelmasse, men mindre framgang i styrke, og omvendt. I gjennomsnitt ser det ut til at endringen i styrke er større enn endringen i muskel tverrsnitt. Feks ble styrken i legcurl i gjennomsnitt endret med mellom ~12 og 16%, mens tverrsnittsarealet for hamstrings tilsvarende endret seg mellom ~7 og 10%. For triceps er endringen i tverrsnitt i gjennomsnitt mellom ~9 og 17%, tilsvarende en endring i styrke i tricepsnedpress på mellom ~15 og 29%. Og for biceps er endringen i tverrsnitt i gjennomsnitt mellom ~6,5 og 13%, mens styrken i gjennomsnitt ble endret mellom ~21 og 25%. Det kan være flere forklaringer på disse forskjellene.

Styrken avhenger av fysiologiske og nevrologiske faktorer, og man har lenge ment at den første styrkeøkningen etter en treningsperiode, skyldes hovedsakelig nevrologiske faktorer (Antonio 2000). Antagelsen er basert på at man har et misforhold mellom utvikling av styrke og utvikling av muskelmasse, og at man ikke har lyktes å måle tilsvarende størrelse på

hypertrofi som styrkeøkningen (Antonio 2000, Häkkinen et al 2001, Allegre et al 2006, Chillibeck et al 1998). Som nevnt i innledningen, er det blitt hevdet at nevrologiske forbedringer ikke forekommer, ettersom både fyringsfrekvens og rekruttering av motoriske enheter allerede er optimal hos utrente. Men samspillet mellom agonister og antagonister spiller en rolle ved teknisk krevende øvelser (frivekter; feks knebøy, rykk og støt, og benkpress). Med bedret teknikk, kan man derfor forvente en viss neural adaptasjon i den første, akutte styrkeøkningen ved bruk av kompliserte øvelser (Chillibeck et al 1998, Behm 1995, Antonio 2000). Flere av våre deltagere opplevde enkelte av frivektsøvelsene som helt nye, spesielt knebøy og benkpress. Videre var vi strenge til teknisk gjennomføring av øvelser som feks tricepsnedpress, og for enkelte kan det ha innebært en helt ny teknikk-innkjøring. Man skal derfor ikke se bort i fra at forbedringer i løfteteknikk kan være en årsak til større forbedring i styrke kontra muskel-tverrsnitt. Dette støttes av funnene i studien av Chillibeck et al (1998), der man oppnådde signifikant økning i 1RM i bla benkpress og arm curl fra pre- til midstudie, og fra mid- til poststudie etter 20 uker trening. Hypertrofi var derimot bare signifikant den første halvdel av studien for armene, og bare den siste halvdel av studien for bena. Det var en dårlig korrelasjon mellom endring i styrke og endring i muskelmasse. Det ble antatt at hypertrofi skjer tidlig i lite teknisk krevende øvelser (arm curl), mens neurale tilpasninger spiller en større rolle for styrkeøkningen ved komplekse benøvelser den første perioden av en styrketreningsperiode.

Det er også en viss mulighet for at våre målemetoder ikke har klart å fange opp virkelig endring i muskelmasse. Enten fordi målemetoden er for upresis, eller fordi deltagerne ikke har etterkommet kravene for at målingen skal bli mest mulig presis. Sistnevnte gjelder spesielt DEXA-målingene, der det er viktig at deltagerne er i samme hydrerings tilstand fra måling til måling, at de spiser og drikker tilsvarende i forkant av hver måling, og at de har avsluttet siste måltid senest 2 timer før en måling. Målemetodenens presisjon avhenger av både maskinvaren og av den som gjennomfører og deretter tolker analysene. Med DEXA blir resultatene mindre presise ved bruk av hel-kroppss scanning for benete områder som overkropp, armer og hode (Brownbill og Illich 2005). Det brukes da en større pixel størrelse ved bildetakingen, hvilket kan resultere i at pixler der det inngår små deler av ben, regnes som LBM. Det blir likevel framholdt at DEXA kan gi gode estimat for endring i mykvev i grupper (Brownbill og Illich 2005). Tidligere rapporterte variasjonskoeffisienter på 1,07% og 1,6% støtter dessuten denne oppfatningen (henholdsvis Rankin et al 2004 og Haderslev et al 2005).

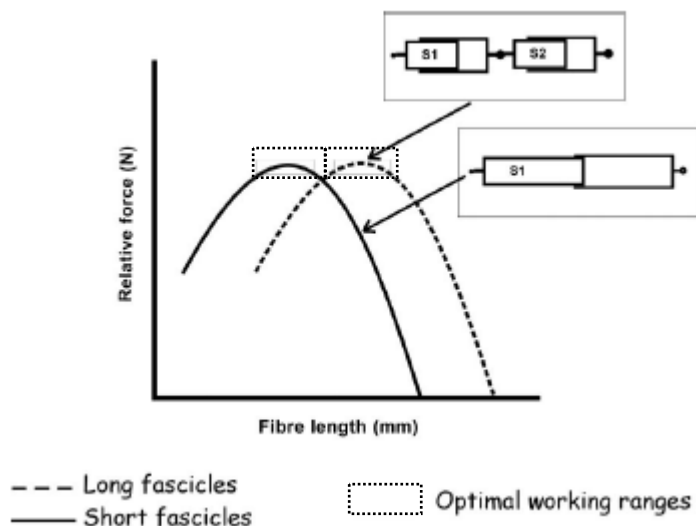
Ved MR er det viktig at individene ligger tilnærmet likt på undersøkelsesbenken fra måling til måling, og at avlesningene starter og oppdeles ved samme intervall. Ved avlesning av resultatene i vårt studie, ble det hos enkelte observert noe ulike pre- og postbilder hvor det opprinnelig skulle være to like bildesnitt. Også selve avlesningen, som skjer manuelt og er et resultat av subjektiv tolkning, bærer med seg en viss feilmargin. Eventuell unøyaktigheter i MR-resultatene skulle uansett ramme begge grupper likt, ettersom avlesningene ble gjort fortløpende, uavhengig av gruppetilhørighet. Det viktigste målet i studiet, å oppdage forskjeller mellom gruppene, skulle derfor ikke berøres betydelig av slike unøyaktigheter. Det ser dessuten ut til at unøyaktighetene er små, ettersom korrelasjonene mellom styrke og muskelmasse målt med MR er gode. Tidligere rapportert variasjonskoeffisient på 1,8% gir grunn til å tro at MR-målingen gir rimelig presise målinger (Roman et al 1993).

Det er først og fremst det fysiologiske tverrsnittet som korrelerer best med den maksimale styrke, men målt på riktig måte, kan også det anatomiske tverrsnittet være et godt estimat (Bamman et al 2000). Dette betyr at tverrsnittet bør måles ved flere muskellengder for å finne det største tverrsnittet. Roman et al (1993) viste at størrelsen på tverrsnittøkningen av albuefleksorene var avhengig av hvor man målte endringen, og at den største endringen var der muskelgruppen allerede var tykkest. Tilsvarende ble funnet i tidligere nevnte studie, der man så på effekten av en periode med styrketrening, målt i tverrsnittsendring av quadriceps-muskelgruppen (Häkkinen et al 2001). Våre resultater viser at det er stor forskjell på de ulike MR-snittene når det gjelder endring fra pre- til posttest. Ved å ta utgangspunkt i det snittet som viste best framgang for hamstrings, og korrelere det til styrkeutvikling i legcurl, ble det derimot en dårligere sammenheng ($r=0,16$ sammenlignet med gjennomsnittet for alle MR-snitt på hamstrings, $r=0,41$). Tilsvarende var det for tricepssnittene ($r=0,56$ kontra $r=0,6$ for gjennomsnittet av alle tverrsnittssnittene). Den mest korrekte måten å sammenligne sammenhengen mellom styrke og muskelstørrelse, vil være å ta utgangspunkt i hver deltagers individuelle endringer. Differansen mellom største tverrsnitt før treningsstudien og største tverrsnitt etter treningsstudien vil sannsynligvis korrelere bedre med den individuelle endringen i styrke. Disse analyser ble ikke foretatt, delvis pga det omfattende arbeidet dette krever i forhold til tid tilgjengelig, og delvis fordi korrelasjonen mellom alle muskeltverrsnittene og endring i styrke viste en tilfredsstillende sammenheng.

En svak korrelasjon mellom muskelutvikling (tverrsnittsareal) og styrkeutvikling, kan skyldes arkitekturelle endringer, som feks at muskelfibrenes innfestningsvinkel endres (Raastad 2005,

Häkkinen et al 2001, Alegre et al 2006). Det er tidligere vist at muskelfibre i fjærformede muskler øker sin innfestningsvinkel til senen, og slik kan bidra til økt kraft, uten å øke muskeltverrsnittet tilsvarende (Kawakami et al 1995).

Endringer i muskelens fysiologiske lengde kan også være med å forklare misforholdet mellom utvikling i styrke og i tverrsnittsareal. Muskulaturen øker lengde ved å addere sarkomerer i serie dersom arbeidskravene stimulerer til dette, uten at tverrsnittet øker (Allegre et al 2006, Raastad 2005). Dette kan teoretisk bidra til å bedre overkomme det kritiske punkt i en bevegelsesbane ved 1RM-testing, siden det da er flere kraftskapende filamenter (aktin og myosin) i aktivitet i den kritiske delen av bevegelsesbanen (figur 5.1). Figur 5.1 er hentet fra Allegre et al (2006), men kurven for kraftforløpet for muskelen med lengre fibre burde vært tegnet med en bredere optimal ”working range” (bredere parti av kurve-toppens), for å være helt korrekt.



Figur 5.1: Skjematisk fremstilling av to muskler med ulik fiberlengde. Ved samme pre-strekk, vil muskelen med lengre fibre, ha sine sarkomerer ved sine optimale lengder, mens i muskelen med kortere fibre, vil sarkomerene være på den fallende delen av lengde-spennings kurven. S=sarkomer. (Allegre et al 2006).

Siden kraften som utvikles i en fiber, sprer seg gjennom samtlige sarkomerer i serie, vil den være proporsjonal med muskelens tverrsnitt og uavhengig av muskelens lengde. Men dersom man kan tenke seg at det festes bindevev til midtre deler av en fiber i en fjærformet muskel, vil kraften fra sarkomerer i serie kunne adderes (Jones et al 1999). Det er foreløpig usikkert hvorvidt dette skjer som følge av styrketrening, men dette kan altså være en alternativ forklaring til misforhold mellom styrkeøkning og muskelutvikling. Man kan videre tenke seg at enkelte myofibriller i en fiber ikke er festet til bindevev, og dermed ikke bidrar til kraftutvikling ved forkortning. Disse skulle dermed kunne bidra til økt kraftutvikling uten

videre økning i tverrsnitt, dersom disse etter en styrketrenings-periode danner bindevevsforankringer og dermed kan bidra i kraftutviklingen (Jones et al 1989).

5.5 Kjønnssavhengige endringer

På grunn av noe skjevt frafall, ble andelen jenter til gutter ulik i de to måltidsgruppene. I 3-måltidsgruppen er forholdet 5:6, mens i 6-måltidsgruppen er forholdet 6:9. Separate analyser mellom jenter og gutter, uavhengig av måltidsgrupper, avslører kjønnsforskjeller i responsen på styrketrenings perioden. Jentene viste signifikant større forbedring enn guttene i en rekke av testene. På lik linje som 3-måltidsgruppen, øker jentene signifikant mer i 1RM benkpress og tricepsnedpress, men også for preacher curl, sammenlignet med guttene. Dette kan forklares med at jentene viser en større endring (i forhold til uke 1) i treningsmotstand i flere av treningsøvelsene. Likevel er det bare i tricepsnedpress at man finner signifikante forskjeller mellom jenter og gutter i treningsmotstand, når man sammenligner med deres respektive 1RM styrke i samme øvelse. Denne forskjellen kan være forklaringen på at jentene har større relativ framgang i 1RM benkpress og tricepsnedpress, ettersom triceps er sentral i disse øvelsene. Det kan også være at jentene har hatt en raskere muskelutvikling enn guttene, og slik har kunnet øke sin relative treningsmotstand (sett i forhold til uke 1) og 1RM styrke raskere, som forklart for forskjellene observert mellom 3- og 6-måltidsgruppa. Teorien står enda sterkere sett i lyset av hvilke treningsvaner som ofte observeres hos jenter og gutter i treningsstudio. Basert på personlige erfaringer og observasjoner gjennom snart over 15 år med styrketrening, vil jeg påstå at gutter generelt trener frivektsøvelser som benkpress, biceps curl og tricepsnedpress mer enn jenter gjør. Gutter trener dessuten også oftere med tung motstand med ønske om å bygge større muskler, mens jenter oftere trener med lett motstand i ønske om å "tone", eller forme og stramme opp, kroppen. Dersom dette også skulle gjelde våre deltagere, vil det være en stor sannsynlighet for at jentene har et større vekst- og utviklings potensial i nevnte øvelser, sammenlignet med guttene, selv om treningsbakgrunnen i antall år med styrketrening er lik.

Jentene viste også større endring i biceps tverrsnitt i forhold til guttene. Jentene hadde en signifikant større endring av treningsmotstand (sett i forhold til uke 1) i preacher curl, sammenlignet med guttene. Men når man ser på relativ belastning i forhold til 1RM styrken i den samme øvelsen, er det ingen signifikante forskjeller mellom gutter og jenter. Det kan altså se ut som at jentene har hatt en raskere muskelutvikling enn guttene, og at de også derfor har kunnet øke sin treningsmotstand raskere. Den signifikant større endringen i biceps tverrsnitt

hos jentene, kan være årsaken til den signifikant større endringen i biceps tverrsnitt observert i 3-måltidsgruppen. Det viser seg nemlig at for de resultater hvor det forelå trend til, eller virkelig signifikante forskjeller mellom jenter og gutter, forelå det tilsvarende trend til signifikant forskjell, eller også virkelig forskjell, mellom 3- og 6-måltidsgruppen (tabell 5.1). Endringene gikk alltid i favør for 3-måltidsgruppen, og tilsvarende for jentene i de kjønnsspesifikke sammenligninger. Man kan derfor anta at misforholdet mellom jenter og gutter i de to gruppene gjenspeiles i resultatene til måltidsgruppene, ettersom det var en større andel jenter i forhold til gutter i 3-måltidsgruppen, sammenlignet med 6-måltidsgruppen.

Tabell 5.1: Tabellen viser p-verdier etter signifikanstesting mellom henholdsvis måltidsgruppene, og mellom kjønnsgruppene. P-verdien er representert for den gruppen den gikk i favør for, og tall i parentes antyder tendens til signifikant forskjell, mens celler med manglende tall indikerer ingen tendens til signifikant forskjell.

	LBM total	LBM overkr	LBM underkr	Arm CSA	Biceps CSA	Triceps CSA	Lår CSA	1RM total	1RM overkr	1RM underkr
3 målt. (n=11)	(0,12)	-	(0,21)	0,02	0,01	(0,056)	-	(0,12)	0,03	-
Jenter (n=11)	(0,06)	-	0,05	0,01	0,04	-	-	0,04	0,01	(0,21)

For å kontrollere om det utelukkende var kjønnssammensetningen i måltidsgruppene som var årsak i de observerte forskjellene mellom måltidsgruppene, gjorde vi ytterligere en analyse der vi tok hensyn til både kjønn og måltidsgruppe. Når jentene i 3-måltidsgruppen (n=5) ble sammenlignet med jentene i 6-måltidsgruppen (n=6), viste det seg at førstnevnte tenderte til å øke mer enn sistnevnte i LBM, 1RM overkropp, tverrsnittsareal for triceps og i tverrsnittsareal for biceps ($p < 0,19$). Tilsvarende analyser mellom guttene i de to måltidsgruppene, viste at gutter i 3-måltidsgruppen (n=6) tenderte til å øke mer enn gutter i 6-måltidsgruppen (n=9) i 1RM overkropp ($p = 0,09$). Det viser seg altså at forskjellene som finnes mellom de kjønnuavhengige måltidsgruppene også finnes mellom de kjønnsavhengige måltidsgruppene. Selv om resultatene til den opprinnelige 3-måltidsgruppen ser ut til å være preget av en større andel jenter til gutter enn 6-måltidsgruppen, ser det altså ut til at måltidsfrekvens har en innvirkning på resultatene uavhengig av kjønn også.

6 KONKLUSJON

Stikk i strid med vår hypotese økte 3-måltidsgruppen signifikant mer enn 6-måltidsgruppen i arm- og biceps tverrsnittsareal, og i 1RM styrke for overkroppen. De tenderte dessuten til å øke mer i total-LBM, LBM for underkropp, triceps tverrsnittsareal og total-1RM. Det kan se ut som at resultatene er noe preget av ulik andel jenter til gutter i gruppene, men det viser seg også at selve måltidshyppigheten ser ut til å ha effekt alene på resultatene.

For 3-måltidsgruppen, kan man tenke seg en ”catch up” effekt ved hvert måltid, slik at næringsstoff- og energibehov som ikke ble dekket ved sist måltid, tas igjen ved neste matinntak. Denne hypotesen innebærer at når behovet for proteiner ikke dekkes i et lengre intervall uten næringsstofftilførsel, har kroppen en økt evne til å utnytte proteiner som tilføres ved et neste måltid. Dette kan forsvares med observasjoner fra tidligere studier, der proteinsyntesen ser ut til å være økt i opptil 48 timer etter en styrketreningsøkt. Det er også mulig at store endringer i plasmakonsentrasjonen av aminosyrer (~3 måltider/dag) medfører større anabolt stimuli enn mindre endringer i plasma-aminosyrekonsentrasjonen (~6 måltider/dag). Dette ble observert da en studerte effekten av å spre proteininntaket på hovedsakelig ett stort måltid av totalt 3 måltider, sammenlignet med å innta proteinene jevnt fordelt på 4 måltider hos eldre kvinner (Arnal et al 1999).

Siden vi ikke var i stand til å finne noen god og sikker forklaring på hvorfor 3 måltider/dag gir bedre effekt enn 6 måltider/dag etter en styrketreningsperiode, bør resultatene bekreftes i flere studier før man trekker en endelig konklusjon om betydningen av måltidshyppighet for utvikling av musklatur og styrke.

Som tidligere påpekt, er det mulig at det bør være en negativ energibalanse for at man skal kunne finne store forskjeller mellom ulik måltidshyppighet. Et pågående prosjekt ser ut til å antyde at muskelmasse effektivt kan økes ved styrketrening selv ved energiunderskudd, så lenge proteininntaket holdes høyt. Ved energiunderskudd kan man tenke seg at den eventuelle ”catch up” effekt ikke får mulighet til å virke ettersom kroppen alltid vil være på energi- og næringsstoff etterskudd. Det ville være interessant å føre denne tankegangen videre ved senere prosjekter, hvor man tar utgangspunkt i energirestriksjon, for å sammenligne effekten av måltidshyppighet.

7 REFERANSER

- Alegre LM, Jimenez F, Gonzalo-Orden JM, Martin-Acero R, Aguado X. 2006. *Effects of dynamic resistance training on fascicle length and isometric strength*. J Sports Sciences, 1-8. Review.
- Alway SE, Winchester PK, Davis ME, Gonyea WJ. 1989. *Regionalized adaptations and muscle fiber proliferation in stretch-induced enlargement*. J Appl Physiol, 66(2):771-81.
- Alway SE, Gonyea WJ, Davis ME. 1990. *Muscle fiber formation and fiber hypertrophy during the onset of stretch-overload*. Am J Physiol, 259(1 Pt 1): C92-102.
- Antonio J. 2000. *Nonuniform response of skeletal muscle to heavy resistance training: can bodybuilders induce regional muscle hypertrophy?* J Strength Condit Research, 14(1): 102-113.
- Antonio J, Sanders MS, Ehler LA, Uelmen J, Raether JB, Stout JR. 2000. *Effects of exercise training and amino acid supplementation on body composition and physical performance in untrained women*. Nutrition 16, 1043-1046.
- Arnal, MA., Mosoni, L., Boirie, Y., Houlier, ML., Morin, L., Verdier, E., Ritz, P., Antoine, JM., Prugnaud, J., Beaufrère, B., Patureau, MP. 1999. *Protein pulse feeding improves protein retention in elderly women*. Am J Clin Nutr 69:1202-1208.
- Arnal, MA., Mosoni, L., Boirie, Y., Houlier, ML., Morin, L., Verdier, E., Ritz, P., Antoine, JM., Prugnaud, J., Beaufrère, B., Patureau, MP. 2000. *Protein feeding pattern does not affect protein retention in young women*. J Nutr 130:1700-1704.
- Behm DG. 1995. *Neuromuscular implications and applications of resistance training*. J Strength Cond Res, 9:264-274.

- Bennet, WM., Connacher, AA., Scrimgeour, CM, Smith, K., Rennie, MJ. 1989. *Increase in anterior tibialis muscle protein synthesis in healthy man during mixed amino acid infusion: studies of incorporation of [1-13C]leucine.* Clin Sci 76:447-454.
- Bingham SA. 1991. *Limitations of the various methods for collecting dietary intake data.* Ann Nutr Metab, 35(3):117-27.
- Biolo, G., Maggi, SP., Williams, KD., Tipton, K., Wolfe, RR. 1995a. *Increased rates of muscle protein turnover and amino acid transport after resistance exercise in humans.* Am J Physiol 268:E514-E520.
- Biolo, G., Declan Fleming, RY., Wolfe, RR. 1995b. *Physiologic hyperinsulinemia stimulates protein synthesis and enhances transport of selected amino acids in human skeletal muscle.* J Clin Invest 95:811-819
- Biolo, G., Tipton, KD., Klein, S., Wolfe, RR. 1997. *An abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise on muscle protein.* Am J Physiol 273: E122-E129.
- Biolo, G., Williams, BD., Fleming, RY., Wolfe, RR. 1999. *Insulin action on muscle protein kinetics and amino acid transport during recovery after resistance exercise.* Diabetes 48:949-957.
- Bohe, J, Low JF, Wolfe RR, Rennie MJ. 2001. *Latency and duration of stimulation of human muscle protein synthesis during continuous infusion of amino acids.* J Physiol, 15;532(Pt 2):575-9.
- Brownbill RA, Ilich JZ. 2005. *Measuring body composition in overweight individuals by dual energy x-ray absorptiometry.* BMC Medical Imaging, 5:1.
- Burke, L. 2002. *Nutrition for recovery after competition and training.* In Clinical sports nutrition, Chapter 15 (edited by Louise Burke and Vicki Deakin). McGraw-Hill, Australia.

- Bujko, J, Schreurs, VV., Koopmanschap, PE, Furstenberg, E., Keller, JS. 1997. *Benefit of more but smaller meals at a fixed daily protein intake.* Z Ernahrungswiss. 36(4):347-349. Bare sammendrag.
- Bylund-Fellenius AC, Ojamaa KM, Flaim KE, Li JB, Wassner SJ, Jefferson LS. 1984. Protein synthesis versus energy state in contracting muscles of perfused rat hindlimb. Am J Physiol, 246:E297-E305.
- Børsheim E, Tipton KD, Wolf SE, Wolfe RR. 2002. *Essential amino acids and muscle protein recovery from resistance exercise.* Am J Physiol Endocrinol Metab 283: E648-E657.
- Børsheim E, Cree MG, Tipton KD, Elliot TA, Aarsland A, Wolfe RR. 2004. *Effect of carbohydrate intake on net muscle protein synthesis during recovery from resistance exercise.* J Appl Physiol 96: 674-678.
- Callmer E, Hagman U, Haraldsdottir J, Løken EB, Seppänen R, Trygg K. 1986. *Proposal for the standardisation of 24-hour recall and similar interview methods.* Vår Føda Suppl. 4.
- Carraro F, Stuart CA, Hartl WH, Rosenblatt J, Wolfe RR. 1990 *Effect of exercise and recovery on muscle protein synthesis in human subjects.* Am J Physiol, 259(4 Pt 1):E470-6.
- Chillibeck PD, Calder AW, Sale DG, Webber CE. 1998. *A comparison of strength and muscle mass increases during resistance training in young women.* Eur J Appl Physiol, 77: 170-175.
- Colliander EB, Tesch PA. 1989. *Bilateral eccentric and concentric torque of quadriceps and hamstring in females and males.* Eur J Appl Physiol, 59; 227-232.
- Deakin, Vicki. 2002. *Measuring nutritional status of athletes: Clinical and research perspectives.* In Clinical sports nutrition, Chapter 3 (edited by Louise Burke and Vicki Deakin). McGraw-Hill, Australia.

- Delavier F. 2001. *Strength training anatomy*. Human Kinetics, Champaign IL.
- Esmarck, B, Andersen, JL., Olsen, S., Richter, EA., Mizuno, M., Kjær, M. 2001. *Timing of postexercise protein intake is important for muscle hypertrophy with resistance training in elderly humans*. J Physiol. 535(1): 301-311.
- FAO/WHO/UNU. 1985. *Energy and protein requirements*. Annex 5. 724. Geneva, WHO. World Health Organization: Technical report series.
- Fleck SJ, Kraemer WJ. 2004. *Designing resistance training programs*. Human Kinetics: 3rd edition.
- Garthe, I. 2006. *Pågående prosjekt hvor effekten av energirestriksjon kombinert med ekstra vekttrening hos ulike idrettsutøvere vurderes*. NIH/Olympiatoppen
- Gautsch TA, Anthony JC, Kimball SR, Paul GL, Layman DK, Jefferson LS. 1998. *Availability of eIF4E regulates skeletal muscle protein synthesis during recovery from exercise*. Am J Physiol 274;C406-c414.
- Hakkinen K, Pakarinen A, Kraemer WJ, Hakkinen A, Valkeinen H, Alen M. 2001. *Selective muscle hypertrophy, changes in EMG and force, and serum hormones during strength training in older women*. J Appl Physiol, 91(2):569-80.
- Haderslev KV, Haderslev PH, Staun M. 2005. *Accuracy of body composition measurements by dual energy x-ray absorptiometry in underweight patients with chronic intestinal disease and in lean subjects*. Dynamic Medicine 4:1.
- Harris C, DeBeliso MA, Spitzer-Gibson TA, Adams KJ. 2004. *The effect of resistance-training intensity on strength-gain response in the older adult*. J Strength and Conditioning Research, 18(4), 833-838.
- Hawley J & Burke L. 1998. *Changing body size and shape*. In Peak Performance: training and nutritional strategies for sport. Chapter 11. Sidney: Allen & Unwin.

- Hendel HW, Gotfredsen A, Hojgaard L, Andersen T, Hilsted J. 1996. *Change in fat-free mass assessed by bioelectrical impedance, total body potassium and dual energy x-ray absorptiometry during prolonged weight loss.* Scand J Clin Lab Invest, 56:671-679.
- Hickson RC, Marone JR. 1993. *Exercise and inhibition of glucocorticoid-induced muscle atrophy.* Exerc Sport Sci Rev, 21:135-67. Review.
- Hulmi JJ, Volek JS, Selanne H, Mero AA. 2005. *Protein ingestion prior to strength exercise affects blood hormones and metabolism.* Med Sci Sports Exerc 37(11), 1990-1997
- Iwao, S., Mori, K., Sato, Y. 1996. *Effects of meal frequency on body composition during weight control in boxers.* Scan J Med Sci Sports 6:265-272.
- Karakelides H, Sreekumaran NK. 2005. *Sarcopenia of aging and its metabolic impact.* Curr Top Dev Biol, 68: 123-48.
- Kawakami Y, Abe T, Fukunaga T. 1993. *Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles.* J Appl Physiol, 74: 2740-2744.
- Kawakami Y, Abe t, Kuno SY, Fukunaga T. 1995. *Training-induced changes in muscle architecture and specific tension.* Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 72: 37-43.
- Komi PV, Buskirk ER. 1972. *Effect of eccentric and concentric muscle conditioning on tension and electrical activity of human muscle.* Ergonomics, 15; 417-434.
- Kvamme, Nils Helge. 2005. *Effekt av styrketrening med ein og tre seriar på satelittceller og muskelvekst. Masteroppgåve idrettsfysiologi, Norges Idrettshøgskole, Oslo.*
- Leivseth G, Torstensson J, Reikeras O. 1989. *Effect of passive muscle stretching in osteoarthritis of the hip.* Clin Sci (Lond), 76: 113-117.
- Lemon PWR, Tarnopolsky MA, MacDougall JD, Atkinson SA. 1992. *Protein requirements and muscle mass/strength changes during intensive training in novice bodybuilders.* J Appl Physiol. 73(2): 767-775.

- Lemon, PW. 1998. *Effects of exercise on dietary protein requirements*. Int J Sport Nutr, 8(4); 426-47.
- Lemon PWR, Tarnapolsky MA, MacDougall JD, Atkinson SA. 1992. *Protein requirements and muscle mass/strength changes during intensive training in novice bodybuilders*. J Appl Physiol 73(2): 767-775.
- Lemon PWR, Berardi JM, Noreen EE. 2002. *The role of protein and amino acid supplements in the athlete's diet: does type or timing of ingestion matter?* Curr Sports Med Reports, 4:214-221.
- Levenhagen, DK., Gresham, JD., Carlson, MG., Maron DJ., Borel, MJ., Flakoll, PJ. 2001. *Postexercise nutrient intake timing in humans is critical to recovery of leg glucose and protein homeostasis*. Am J Physiol Endocrinol Metab. 280: E982-E993
- Leverton, RM., Gram, MR. 1949. *Nitrogen excretion of women related to the distribution of animal protein in daily meals*. J Nutr 39:57-65.
- McDonagh MJ, Davies CT. 1984. *Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 52(2):139-55. Review.
- Manore M, Thompson J. 2000. *Antioxidant Nutrients*. In Sport Nutrition for Health and Performance, Chapter 10. Human Kinetics.
- Manore M, Thompson J. 2002. *Energy requirements of the Athlete: assessment and evidence of energy efficiency*. In Clinical sports nutrition, Chapter 6 (edited by Louise Burke and Vicki Deakin). McGraw-Hill, Australia.
- Mansell S, Phillips SK, Rutherford OM. 1997. *Muscle length changes following strength training of the adductor pollicis muscle*. J Physiol, 499P, 83P.
- Mazzetti SA, Kreamer WJ, Volek JS, Duncan ND, Tatamess NA, Gómez AL, Newton RU, Häkkinen K, Fleck SJ. 2000. *The influence of direct supervision of resistance training on strength performance*. Med Sci Sports Exerc, 32(6): 1175-1184.

- Miller, SL., Tipton, KD., Chinkes, DL, Wolf, SE., Wolfe, RR. 2003. *Independent and combined effects of amino acids and glucose after resistance exercise*. Med Sci Sports Exerc. 35 (3): 449-455.
- Netter, FH. 2000. *Atlas der Anatomie des Menschen*. 2.opplag, Novartis AG, Sveits.
- O' Connor H, Sullivan T, Caterson I. 2002. *Weight loss and the athlete*. In Clinical sports nutrition, Chapter 7 (edited by Louise Burke and Vicki Deakin). McGraw-Hill, Australia.
- Paddon-Jones D, Sheffield-Morre M, Aarsland A, Wolfe RR, Ferrando AA. 2005. *Exogenous amino acids stimulate human muscle anabolism without interfering with the response to mixed meal ingestion*. Am J Physiol Endocrinol Metab 288, E761-E767.
- Paulsen G, Myklestad D, Raastad T. 2003. *The influence of volume of exercise on early adaptations to strength training*. J Strength Cond Res, 17: 115-120.
- Phillips, SM, Tipton, KD, Aarsland, A., Wolfe, SE., Wolfe, RR. 1997. *Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans*. Am J Physiol 273:E99-107.
- Phillips, SM, Tipton, KD, Ferrando, AA., Wolfe, RR. 1999. *Resistance training reduces the acute exercise-induced increase in muscle protein turnover*. Am J Physiol 276:E118-E124.
- Phillips SM. 2004. *Protein Requirements and supplementation in strength sports*. Nutr 20:689-695.
- Phillips SM. 2005. *Dietary protein to support anabolism with resistance exercise in young men*. J Am Coll Nutr, 24(2):134S-139S. Review.
- Raastad, T. 2004. *Styrketrening: hva bestemmer vår styrke, og hvordan påvirker vi disse faktorene ved trening?* Gymnos Tema 2.

- Raastad, T. 2005. *Fysiologisk adaptasjon til styrketrening*. Kompendie ved Norges Idrettshøgskole, 4.utgave.
- Rankin JW, Goldman LP, Puglisi MJ, Nickols-Richardson SM, Earthman CP, Gwazdauskas FC. 2004. *Effect of post-exercise supplement consumption on adaptations to resistance training*. J Am Coll Nutr 23(4): 322-330.
- Rasmussen, BB., Tipton, KD., Miller, SL., Wolf, SE, Wolfe, RR. 2000. *An oral essential amino acid-carbohydrate supplement enhances muscle protein anabolism after resistance exercise*. J Appl Physiol. 88: 386-392.
- Rhea MR, Ball SD, Phillips WT, Burkett LN. 2002. *A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for strength*. J Strength and Conditionin Research, 16(2); 250-255.
- Rennie MJ, Tipton KD. 2000. *Protein and amino acid metabolism during and after exercise and the effects of nutrition*. Annu Rev Nutr, 20: 457-483.
- Rennie MJ, Bohe J, Wolfe RR. 2002. *Latency, duration and dose response relationships of amino acid effects on human muscle protein synthesis*. J Nutr, 132(10):3225S-7S. Review.
- Rennie MJ, Tipton KD. 2000. *Protein and amino acid metabolism during and after exercise and the effects of nutrition*. Annu Rev Nutr, 20: 457-83.
- Roman WJ, Fleckenstein J, Stray-Gundersen J, Always SE, Peshock R, Gonyea WJ. 1993. *Adaptions in the elbow flexors of elderly males after heavy-resistance training*. J Appl Physiol 74(2): 750-754.
- Rooney KJ, Herbert RD, Balnave RJ. 1994. *Fatigue contributes to the strength training stimulus*. Med Sci Sports Exerc, 26(9):1160-4.

- Roy BD, Fowles JR, Hill R, Tarnapolsky MA. 2000. *Macronutrient intake and whole body protein metabolism following resistance exercise*. Med Sci Sports Exerc 32(8):1412-1418.
- Rønnestad, BR. 2004. *Effekten av ett og tre setts styrketrening på styrke og muskeltverrsnitt i under- og overkroppsmuskulatur*. Hovedfagsoppgave i idrettsbiologi ved Norges Idrettshøgskole, Oslo.
- Shield A, Zhou S. 2004. *Assessing voluntary muscle activation with the twitch interpolation technique*. Sports Med, 34(4):253-67. Review.
- Slater G. 2002. *Practice tips*; in *Proteins and amino acid needs for training and bulking up*. In Clinical sports nutrition, Chapter 5 (edited by Louise Burke and Vicki Deakin) by Tarnapolsky . McGraw-Hill, Australia.
- Sosial- og helsedirektoratet 2005. *Norske anbefalinger for ernæring og fysisk aktivitet*, http://www.shdir.no/vp/multimedia/archive/00002/IS-1219_2606a.pdf
- Staron RS, Leonardi MJ, Karapondo DL, Malicky ES, Falkel JE, Hagerman FC, Hikida RS. 1991. *Strength and skeletal muscle adaptations in heavy-resistance-trained women after detraining and retraining*. J Appl Physiol, 70(2):631-40.
- Staron RS, Karapondo DL, Kraemer WJ, Fry AC, Gordon SE, Falkel JE, Hagerman FC, Hikida RS. 1994. *Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women*. J Appl Physiol, 76(3):1247-55.
- Svanberg, E., Moller-Loswick, AC., Matthews, DE., Korner, U., Andersson, M., Lundholm, K. 1996. *Effects of amino acid on synthesis and degradation of skeletal muscle proteins in humans*. Am J Physiol 271:E718-E724.
- Tarnapolsky MA, Atkinson SA, MacDougall JD, Chesley A, Phillips S, Schwarcz HP. 1992. *Evaluation of protein requirements for trained strength athletes*. J Appl Physiol 73(5): 1986-1995.

- Tarnopolsky, M. 2002. *Proteins and amino acid needs for training and bulking up*. In Clinical sports nutrition, Chapter 5 (edited by Louise Burke and Vicki Deakin). McGraw-Hill, Australia.
- Tesch, P. 1993. *Muscle meets magnet*. PA TESCH AB, Stockholm.
- Tipton KD, Ferrando AA, Phillips SM, Doyle D, Wolfe RR. 1999a. *Postexercise net protein synthesis in human muscle from orally administered amino acids*. Am J Physiol 276 (39): E628-E634.
- Tipton KD, Gurkin BE, Martin S, Wolfe RR. 1999b. *Nonessential amino acids are not necessary to stimulate net muscle protein synthesis in healthy volunteers*. J Nutr Biochem. 10(2):89-95.
- Tipton, KD., Rasmussen, BR., Miller, SL., Wolf, SE., Owens-Stovall, SK., Petrini, BE., Wolfe. RR. 2001. *Timing of amino acid-carbohydrate ingestion alters anabolic response of muscle to resistance exercise*. Am J Physiol Endocrinol Metab 281: E197-E206.
- Tipton, KD, Wolfe, RR. 2001. *Exercise, protein metabolism, and muscle growth*. Int J Sport Nutr Exercise Metab, 11; 109-132. Review.
- Visser M, Fuerst T, Lang T, Salamone L, Harris T. 1999. *Validity of fan-beam dual-energy x-ray absorptiometry for measuring fat-free mass and leg muscle mass. Health, aging and body composition study – Dual Energy Absorptiometry and Body Composition Working Group*. J Appl Physiol, 87: 1513-1520.
- Volpi E, Kobayashi H, Sheffield-Moore M, Mittendorfer B, Wolfe R. 2003. *Essential amino acids are primarily responsible for the amino acid stimulation of muscle protein anabolism in healthy elderly adults*. Am J Clin Nutr. 78:250-8.
- Williams AG, van den Oord M, Sharma A, Jones DA. 2001. *Is glucose/amino acid supplementation after exercise an aid to strength training?* Br J Sports Med 35:109-113.

Wilkinson, JG and Liebman, M. 1998. *Nutrition in exercise and sport (3rd ed)* Boca Raton, FL; CRC, p.63-99.

Åstrand PO, Rodahl K, Dahl HA, Strømme SB. 2003. *Textbook of work physiology, physiological basis of exercise*. Human Kinetics, Champaign IL.

VEDLEGG

**Treningsprogrammet med de tre periodiseringene
(uke 1-4, uke 5-8, uke 9-12)**

PERIODE 1
Trenings uker 1-4

UKE:
GRUPPE:
NAVN:

DATO: TUNG ØKT: *BEN-RYGG-MAGE*

ØVELSE	Repetisjoner	Innstilling	KG, sett 1	KG, sett 2	KG, sett 3	KG, sett 4	KG, sett 5
Knebøy maskin	X+12+10+[2*8]						
Legextension	10 + 8 + 8						
Sit. Legcurl	10 + 8 + 8						
Tåhev i benpress app.	12 + 10 + 8						
Rygghev	12 + 10 + 8						
Sittende roing	10 + 8 + 8						
Roing i maskin	10 + 8 + 8						
Sit up's benk	12 + 10 + 10						
Magemaskin	12 + 10 + 10						

Eventuelle kommentarer;

DATO: TUNG ØKT: *SKULDRE-BRYST-ARMER*

ØVELSE	Repetisjoner	Innstilling	KG, SETT 1	KG, SETT 2	KG, SETT 3	KG, SETT 4	KG, SETT 5
Stående hantel sidehev	12 + 10 + 8						
Sittende skulder press	10 + 8 + 8						
Framoverlent enarms sidehev	12 + 10 + 10						
Benkpress	X+10+8+[2*6]						
Incline brystpress 30 °	10 + 8 + 8						
Flyes 30°	12 + 10 + 8						
Triceps nedpress	10 + 8 + 8						
Franskpress	10 + 8 + 8						
Preacher Curl med kabel	10 + 8 + 8						
Sittende, incline bicepscurl	10 + 8 + 8						

Eventuelle kommentarer;

PERIODE 1
Trenings uker 1-4

UKE:
GRUPPE:
NAVN:

DATO: LETT ØKT: *BEN-RYGG-MAGE*

ØVELSE	Repetisjoner	Innstilling	KG, SETT 1	KG, SETT 2	KG, SETT 3	KG, SETT 4
Knebøy maskin	X + [3*10]					
Legextension	12 + 10 + 10					
Sit. Legcurl	12 + 10 + 10					
Tåhev i benpress app.	[3*15]					
Rygghev	12 + 10 + 10					
Sittende roing	12 + 10 + 10					
Roing i maskin	12 + 10 + 10					
Sit up's benk	12 + 10 + 10					
Magemaskin	12+10+10					

Eventuelle kommentarer;

DATO: LETT ØKT: *SKULDRE-BRYST-ARMER*

ØVELSE	Repetisjoner	Innstilling	KG, SETT 1	KG, SETT 2	KG, SETT 3	KG, SETT 4
Stående hantel sidehev	12 + 10 + 10					
Sittende skulder press	12 + 10 + 10					
Framoverlent enarms sidehev	12 + 10 + 10					
Benkpress	X + [3*10]					
Incline brystpress 30 °	12 + 10 + 10					
Flyes 30 °	12 + 10 + 10					
Triceps nedpress	12 + 10 + 10					
Franskpress	12 + 10 + 10					
Preacher curl med kabel	12 + 10 + 10					
Sittende, incline bicepscurl	12 + 10 + 10					

Eventuelle kommentarer;

PERIODE 2
Trenings uker 5-8

UKE:
GRUPPE:
NAVN:

DATO: TUNG ØKT: *BEN-RYGG-MAGE*

ØVELSE	Repetisjoner	Innstilling	KG, sett 1	KG, sett 2	KG, sett 3	KG, sett 4	KG, sett 5
Knebøy maskin	X+10+8+[2*5]						
Legextension	8 + 8 + 5						
Sit. Legcurl	8 + 8 + 5 + 5						
Tåhev i benpress app.	10 + 8 + 8						
Rygghev	10 + 8 + 8						
Sittende roing	X + 10 + 8 + 5						
Roing i maskin	10 + 8 + 5 + 5						
Sit up's benk 10°	10 + 8 + 5						
Magemaskin	10+8+8						

Eventuelle kommentarer;

DATO: TUNG ØKT: *SKULDRE-BRYST-ARMER*

ØVELSE	Repetisjoner	Innstilling	KG, SETT 1	KG, SETT 2	KG, SETT 3	KG, SETT 4	KG, SETT 5
Stående hantel sidehev	10 + 8 + 8						
Sittende skulder press	8 + 8 + 5						
Framoverlent enarms sidehev	10 + 8 + 8						
Benkpress	X+10+8+[3*5]						
Incline brystpress 30°	8 + 8 + 5						
Flyes 30°	10 + 8 + 8						
Triceps nedpress	10 + 8 + 5						
Franskpress	10 + 8 + 5						
Preacher Curl med kabel	8 + 8 + 5						
Sittende, incline bicepscurl	8 + 8 + 5						

Eventuelle kommentarer;

PERIODE 2
Trenings uker 5-8

UKE:
GRUPPE:
NAVN:

DATO: LETT ØKT: *BEN-RYGG-MAGE*

ØVELSE	Repetisjoner	Innstilling	KG, SETT 1	KG, SETT 2	KG, SETT 3	KG, SETT 4
Knebøy maskin	X + [3*10]					
Legextension	[3*10]					
Sit. Legcurl	[3*10]					
Tåhev i benpress app.	[3*10]					
Rygghev	[3*10]					
Sittende roing	[3*10]					
Roing i maskin	[3*10]					
Sit up's benk 10°	[3*10]					
Magemaskin	[3*10]					

Eventuelle kommentarer;

DATO: LETT ØKT: *SKULDRE-BRYST-ARMER*

ØVELSE	Repetisjoner	Innstilling	KG, SETT 1	KG, SETT 2	KG, SETT 3	KG, SETT 4
Stående hantel sidehev	[3*10]					
Sittende skulder press	[3*10]					
Framoverlent enarms sidehev	[3*10]					
Benkpress	X + [3*10]					
Incline brystpress 30°	[3*10]					
Flyes 30°	[3*10]					
Triceps nedpress	[3*10]					
Franskpress	[3*10]					
Preacher curl med kabel	[3*10]					
Sittende, incline bicepscurl	[3*10]					

Eventuelle kommentarer;

PERIODE 3
Trenings uker 9-12

UKE:
GRUPPE:
NAVN:

DATO: TUNG ØKT: *BEN-RYGG-MAGE*

ØVELSE	Repetisjoner	Innstilling	KG, sett 1	KG, sett 2	KG, sett 3	KG, sett 4	KG, sett 5
Knebøy maskin	X+10+8+5+[2*3]						
Legextension	8 + 5 + 5						
Sit. Legcurl	8 + 5 + 5 + 5						
Tåhev i benpress app.	10 + 8 + 5						
Rygghev	10 + 8 + 8						
Sittende roing	X + 8 + 5 + 5						
Roing i maskin	8 + 5 + 5 + 5						
Sit up's benk 10°	8 + 5 + 5						
Magemaskin	10+8+8						

Eventuelle kommentarer;

DATO: TUNG ØKT: *SKULDRE-BRYST-ARMER*

ØVELSE	Repetisjoner	Innstilling	KG, SETT 1	KG, SETT 2	KG, SETT 3	KG, SETT 4	KG, SETT 5
Stående hantel sidehev	10 + 8 + 6						
Sittende skulder press	8 + 5 + 5						
Framoverlent enarms sidehev	10 + 8 + 6						
Benkpress*	X+10+ 8 + 5+ 3 + 5						
Incline brystpress 30°	3 * 5						
Flyes 30°	10 + 8 + 8						
Triceps nedpress	8 + 5 + 5						
Franskpress	8 + 5 + 5						
Preacher Curl med kabel	8 + [3*5]						
Sittende, incline bicepscurl	8 + [3*5]						

Eventuelle kommentarer;

*Benkpress periodiseres videre; uke 9 og 10 som programmet viser. Uke 11 og 12: X + 8 + 5 + [3*3]

PERIODE 3
Trenings uker 9-12

UKE:
GRUPPE:
NAVN:

DATO: LETT ØKT: *BEN-RYGG-MAGE*

ØVELSE	Repetisjoner	Innstilling	KG, SETT 1	KG, SETT 2	KG, SETT 3	KG, SETT 4
Knebøy maskin	X + [3*10]					
Legextension	[3*10]					
Sit. Legcurl	[3*10]					
Tåhev i benpress app.	[3*10]					
Rygghev	[3*10]					
Sittende roing	[3*10]					
Roing i maskin	[3*10]					
Sit up's benk 10°	[3*10]					
Magemaskin	[3*10]					

Eventuelle kommentarer;

DATO: LETT ØKT: *SKULDRE-BRYST-ARMER*

ØVELSE	Repetisjoner	Innstilling	KG, SETT 1	KG, SETT 2	KG, SETT 3	KG, SETT 4
Stående hantel sidehev	[3*10]					
Sittende skulder press	[3*10]					
Framoverlent enarms sidehev	[3*10]					
Benkpress	X + [3*10]					
Incline brystpress 30°	[3*10]					
Flyes 30°	[3*10]					
Triceps nedpress	[3*10]					
Franskpress	[3*10]					
Preacher curl med kabel	[3*10]					
Sittende, incline bicepscurl	[3*10]					

Eventuelle kommentarer;

VEDLEGG

**Skjema for utfylling av informasjon
vedrørende tidligere treningserfaring.**

TRENINGS HISTORIE

Id.nr:.....

TRENINGSALDER

1. Hvor mange år har du regelmessig trent minst 2g/uke (-eller mer) (gjelder all idrett)?
2. Hvor mange år har du regelmessig (>1g/uke) trent styrketrening (-med vekter!)?

TRENINGSMENGDE DET SISTE ÅRET

3. Hvor mange ganger i uken har du gjennomsnittlig trent det siste året (-gjelder all idrett!)?
4. Har du gjennom siste året regelmessig trent annen idrett; hvilken idrett er dette, og på hvilket nivå?
Idrett;.....
Nivå; ;.....
5. Hvor mange ganger i uken har du gjennomsnittlig trent styrketrening det siste året?
6. Bruker du personlig trener, instruktør, eller treningspartner i din styrketrening?
 - a. Periodiserer du styrketreningen din?
 - b. Har du benyttet deg av teknikker som ”forced reps”, ”drop set”, negative sett, pyramider mm?

VEDLEGG

**Skjema brukt under aktivitetsregistreringen
i forkant av treningsstudien**

AKTIVITETSREGISTRERING

DAG 1;..onsdag.....DATO;.....navn;.....

TID	AKTIVITET/GJØREMÅL	(intensitet)	BMR-f	
00.00-00.30				
00.30-01.00				
01.00-01.30				
01.30-02.00				
02.00-02.30				
02.30-03.00				
03.00-03.30				
03.30-04.00				
04.00-04.30				
04.30-05.00				
05.30-06.00				
06.00-06.30				
06.30-07.00				
07.00-07.30				
07.30-08.00				
08.00-08.30				
08.30-09.00				
09.00-09.30				
09.30-10.00				
10.00-10.30				
10.30-11.00				
11.00-11.30				
11.30-12.00				
12.00-12.30				
12.30-13.00				
13.00-13.30				
13.30-14.00				
14.00-14.30				
14.30-15.00				
15.00-15.30				
15.30-16.00				
16.00-16.30				
16.30-17.00				
17.00-17.30				
17.30-18.00				
18.00-18.30				
18.30-19.00				
19.00-19.30				
19.30-20.00				
20.00-20.30				
20.30-21.00				
21.00-21.30				
21.30-22.00				
22.00-22.30				
22.30-23.00				
23.00-23.30				
23.30-24.00				
Total:			0	

DAG 2;.....torsdag..... DATO:..... Navn

TID	AKTIVITET/GJØREMÅL	(intensitet)	BMR-f
00.00-00.30			
00.30-01.00			
01.00-01.30			
01.30-02.00			
02.00-02.30			
02.30-03.00			
03.00-03.30			
03.30-04.00			
04.00-04.30			
04.30-05.00			
05.30-06.00			
06.00-06.30			
06.30-07.00			
07.00-07.30			
07.30-08.00			
08.00-08.30			
08.30-09.00			
09.00-09.30			
09.30-10.00			
10.00-10.30			
10.30-11.00			
11.00-11.30			
11.30-12.00			
12.00-12.30			
12.30-13.00			
13.00-13.30			
13.30-14.00			
14.00-14.30			
14.30-15.00			
15.00-15.30			
15.30-16.00			
16.00-16.30			
16.30-17.00			
17.00-17.30			
17.30-18.00			
18.00-18.30			
18.30-19.00			
19.00-19.30			
19.30-20.00			
20.00-20.30			
20.30-21.00			
21.00-21.30			
21.30-22.00			
22.00-22.30			
22.30-23.00			
23.00-23.30			
23.30-24.00			

Total:

SNITT: 0

VEDLEGG

**Skjema brukt for kostholdsregistrering
før treningsperioden startet**

4-DAGERS KOSTREGISTRERING FOR IDRETTSUTØVERE

Navn:

Telefon:

E-mail:

Dato (fra-til):

Veiledning for kostregistreringen

- Du skal registrere kostholdet ditt i 4 dager (3 ukedager + 1 lørdag)
- Prøv å unngå at kostregistreringen forandrer matvanene dine - spis slik du vanligvis gjør!
- Skriv ned alt du spiser og drikker, også evt. kosttilskudd
- Skriv ned evt. væskeinntak og matinntak under trening også

- Start med det første måltidet den dagen registreringen begynner. Fyll inn de hoved- og mellommåltidene du spiser. For hvert måltid skal følgende skrives ned:
 - 1) Klokkeslett
 - 2) Navnet på matvaren eller retten → gi flest mulig opplysninger
 - Birkebeinerbrød, Norvegia ost F45, Nora jordbærsyltetøy, lett melk, 5 kr Freia melkesjokolade
 - oppskrift på hjemmelagete retter (skriv oppskriften bak på arket)
 - evt. hvordan retten er tilberedt (kokt, stekt)
 - 3) Mengde av matvaren eller retten
 - oppgi mengde i gram hvis du har vekt
 - oppgi mengde i husholdningsmål hvis du ikke har vekt
 - antall, stykker, spiseskje, teskje, glass, kopp, dl

Ring hvis du har noen spørsmål; # 95752818 eller Therese@thereses.net

- Lever registreringen på Toppidrettsenteret i framlagt ringperm når du er ferdig
- Du vil bli kontaktet for time til kostveiledning når resultatene er klare

Lykke til!

Hilsen Therese Fostervold

VEDLEGG

**Skjema brukt under de 4 gjentatte
24-timers recall kostintervjuene**

DATO;.....

DAG:.....

NAVN:.....

24 timer recall intervju Nr.:.....

1. Når spiste du første gang i går? Klokken:.....
 - a. Hva spiste du, og hvor mye?

 - b. Hva drakk du, og hvor mye?

 - c. Noe mer????

2. Når spiste du neste gang? Klokken:.....
 - a. Hva spiste du, og hvor mye?

 - b. Hva drakk du, og hvor mye?

 - c. Noe mer????

 - d. **EVNT:** Spiste du eller drakk du noe mellom disse måltidene?

3. Når spiste du neste gang? Klokken:.....
 - a. Hva spiste du, og hvor mye?

 - b. Hva drakk du, og hvor mye?

 - c. Noe mer????

 - d. **EVNT:** Spiste du eller drakk du noe mellom disse måltidene?

4. Når spiste du neste gang? Klokken:.....
 - a. Hva spiste du, og hvor mye?

 - b. Hva drakk du, og hvor mye?

Helt til slutt; dra fram bilde-illustrering over matvarer som kan være glemt/oversett!

DATO;.....

DAG:.....

NAVN:.....

c. Noe mer????

d. **EVNT:** Spiste du eller drakk du noe mellom disse måltidene?

5. Når spiste du neste gang? Klokken:.....

a. Hva spiste du, og hvor mye?

b. Hva drakk du, og hvor mye?

c. Noe mer????

d. **EVNT:** Spiste du eller drakk du noe mellom disse måltidene?

6. Når spiste du neste gang? Klokken:.....

a. Hva spiste du, og hvor mye?

b. Hva drakk du, og hvor mye?

c. Noe mer????

d. **EVNT:** Spiste du eller drakk du noe mellom disse måltidene?