

**VIL ØKT  
PROTEININNTAK  
AUTOMATISK  
RESULTERE I  
MUSKELVEKST?**



*Studentoppgave*  
*Varun Kumar Sharma*

## **INNHOLDSFORTEGNELSE:**

**ABSTRACT**

**MATERIALE OG METODER**

**INTRODUKSJON**

**RESULTATER**

**DISKUSJON**

**REFERANSELISTE**

**SLUTTORD**

## ABSTRACT

**Purpose:** Based on available literature the objective of this study was to determine if increased protein intake is beneficial in terms of muscle growth for people on a normal diet and with low or high physical activity.

**Methods:** Information was obtained by searching and reading articles concerning this topic. By studying and evaluating the different articles, it was possible to absorb sufficient knowledge to answer our main question.

**Results:** A higher protein intake than what is recommended, 0,8 g per kg bodyweight per day, will not increase the muscle growth of sedentary people. This is also seen for people who are physical active despite that it is expected that they require more protein than people with low physical activity for optimal muscle growth. Possible reasons for these are many. Firstly amino acids are quite efficiently recycled in the body, implying that the required intake of amino acids in general is low. Moreover, increased requirement for energy such as carbohydrates and fats when physical active will through interconversion cover most of the need for non-essential amino acids required for muscle growth. The only source of amino acids that may need to be increased during exercise is essential amino acids. However, an average Norwegian diet contains more than 1,2 g protein per kg bodyweight and contains ample amounts of all amino acids, including essential amino acids. This suggests that a normal diet in it self will be sufficient to support the protein requirements for muscle growth of most people, also physical active persons. Finally, it should not be excluded that timing of food/nutrition intake may be of importance for optimal integration of digested amino acids into muscle protein. The latter may not be a problem since food variety and availability is generally good.

**Conclusions:** Taken together physical active people, will in general get sufficient protein in their normal diet implying that additional protein supplement is not necessary. The only exception may be that highly physical active persons may require additional amounts of essential amino acids for effective muscle growth. Finally, the timing of the protein intake may also be important.

## MATERIALE OG METODER

Resultater og diskusjonen av disse er basert på litteratursøk rundt oppgitt problemstilling. For å skaffe tilstrekkelig kunnskap, foretok jeg en rekke søk i databaser som inneholder medisinsk faktakunnskap. Medline, Cochrane, Pubmed og UpToDate var databasene jeg benyttet.

Nøkkelord som: "*muscle strength, muscle protein synthesis with protein supplementation, nitrogen balance, muscle hypertrofi with resistance training, nutritional supplement og protein demands*" dannet grunnlaget for mine søk.

Jeg har studert 30 forskjellige artikler og ulike kapiteler i diverse lærebøker. Se referanser.

## INTRODUKSJON

Samspeilet mellom ernæring og fysisk aktivitet er diskutert over flere tiår mhp at en gunstig diett vil kunne modulere den akutte prestasjonsevnen og adaptasjonen til trening. Forståelsen av prinsippene for energimetabolismen vil dermed utgjøre en nødvendig basis for å kunne diskutere dette nærmere, og vil av den grunn bli gjennomgått her.

Energimetabolismen (se fig 5) er hovedsakelig regulert både av tilgangen på energisubstratene karbohydrat, fett og protein, og fysisk aktivitet. Forholdet mellom insulin og glukagon er også viktig mhp energimetabolismen. Insulin er et anabolt hormon, - fremmer absorpsjonsfasen (14,23,25) og motvirkes av flere hormoner, inkl glukagon, adrenalin, kortisol, og veksthormon. Hovedfunksjonen til glukagon er å respondere på lavt blodglukosenivå ved å fremme syntese og frigjøring av glukose ut til blodbanen.

I absorpsjonsfasen, rett etter et måltid, vil glukose transporteres via v. porta hepatica til leveren. I levercellen vil glukose først bli oksidert til acetyl CoA, og dekke levercellens energibehov. Resterende glukose vil bli lagret som glykogen (maks 200-300 g etter et karbohydratrikt måltid) i muskel- og fettvev. Deretter vil det dannes triglyserider (TG), som pakkes som VLDL, og sendes ut i blodbanen. Enzymet lipoprotein lipase aktiveres av bla insulin, og vil hydrolysere TG i VLDL til glycerol og frie fettsyrer (ffa). Ffa tas opp av fettvev og muskelvev. I fettvev blir de reforestret til TG, mens de oksideres til acetyl CoA i muskelvev, og fungerer dermed som energikilde. Aminosyrer derivert fra diett protein, blir tatt opp av muskelvev, og omdannet til proteiner eller oksidert til acetyl CoA.

Blodglukosenivået er høyest omtrent en time etter inntak av måltid, og faller deretter som en konsekvens av oksidering og omdannelse til lagringsprodukter. To timer etter måltid har blodglukosenivået falt til fastenivå grunnet økt insulinutskillelse. Fall i blodglukose resulterer i reduksjon av insulinsekresjon. Faste over 12 - timer, resulterer i at insulinnivåene faller og glukagonnivået øker, - entrer postabsorpsjonsfasen. Initialt i denne fasen vil glykogenlagrene i leveren nedbrytes slik at vev, som for det meste er avhengig av glukose som energikilde (RBC nervevev og hjernecellene), fortsatt kan få tilført glukose. Deretter inntreer glukoneogenesisen, som bruker laktat (nedbrytningsprodukt fra RBC/statisk muskeltrening), glycerol (dannet ved lipolyse av fettvev), og aminosyrer (dannet ved proteolyse), som viktige forløpere for dannelsen av glukose. Nitrogen komponenten til aminosyren kan danne ammonium, som er toksisk, hvorfor leveren konverterer nitrogen komponenten til urea, - en non-toksisk vannløslig komponent, som utskilles i nyrene.

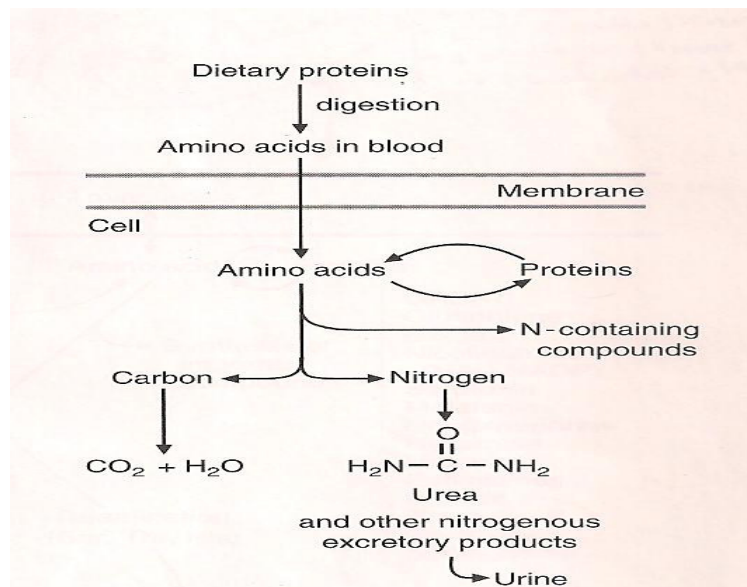
Etter ca 30 timers faste vil glykogen lagrene være oppbrukt, og glukoneogenesisen vil alene være ansvarlig for tilførsel av blodglukose. I tillegg til glukoneogenesisen vil lipolysen inntre, - en prosess, hvor TG nedbrytes til glyserol, som inngår som forløper i glukoneogenesisen, og til ffa, som kan oksideres til acetyl CoA, og gir energi i form av ATP (muskelvev, nyre og lever). I leveren vil en del av de ffa konverteres til ketonlegemer, som igjen kan oksideres til acetyl CoA, og dermed gi energi (muskelvev, nyre, og hjernecelle etter faste over 1-2 uker). Akkumulering av acetyl CoA i lever inhiberer pyruvat dehydrogenase (enzymet som irreversibelt konverterer pyruvat til acetyl CoA. Når pyruvat dehydrogenase er inhibert, vil pyruvat (derivert fra karbohydrater/aminosyrer) fremme glukoneogenesisen fremfor oksidering til acetyl CoA.

Etter 4-5 dagers faste vil muskelcellen redusere dets forbruk av ketonlegemer som energikilde slik at nettokonsentrasjonen av ketonlegemer i blodet stiger. Etter 1-2 uker vil hjernecellen begynne å ta i bruk ketonlegemer som energikilde i tillegg til glukose (23,24,25,26). Resultatet blir at mengden muskelprotein som må nedbrytes for å få dannet aminosyrer (mhp forløpere i glukoneogenesen) reduseres, - muskelbesparende prosess, og fettsyrene blir dermed ansett som det viktigste energilagret ved langvarig faste.

Vi vil nå se nærmere på aminosyremetabolismen, fordi dette vil kunne være berikende i vår forståelse mtp hovedhypotesen: *vil økt proteininntak automatisk resultere i muskelvekst?*

Forutsetningen for at kroppen skal kunne danne muskelceller er tilgang på aminosyrer fra proteiner. Proteinomsetningen er en kontinuerlig prosess, som ikke er 100% effektiv (2,5,7). Med det menes at ikke alle aminosyrene som frisettes fra muskler gjendannes til muskulatur. Noe vil, som tidligere forklart, bli omdannet til glukose, oksidert for å gi energi, og noe forbrukes i syntesen av spesielle komponenter, inkl heme, neurotransmittere, kreatinin, polyaminer, carnitine og nukleotider. Resterende mengde aminosyrer brukes til å gjenskape proteiner som er nødvendig i alle vev. muskulatur. Det forstås ut av dette at tilførsel av eksogent protein er nødvendig, - anbefalt mengde ut ifra nordiske retningslinjer er 0,8 g/kg/døgn (33). Det bør dog nevnes at proteiner resirkuleres i de ulike cellene slik at utskiftningen for de fleste vev er svært liten.

Det finnes omtrent 100 g frie aminosyrer i kroppen, hvor av 50% utgjøres av glutamin og alanin. Ca 10% av den totale "poolen," utgjøres av de essensielle aminosyrene (se fig 2). Kroppsproteinene inngår i en konstant "turnover"- prosess, dvs en kontinuerlig nedbrytning og syntese. Hovedmengden av aminosyrene i aminosyre- "poolen," stammer fra proteinsyntesen (200-300 g proteinsyntese dgl). I en anabol fase vil insulin være tilstede, og resultere i suppresjon av proteinnedbrytningen og fremme proteinsyntese (14). Katekolaminer, glukagon og glukokortikosteroider, som vil være tilstede under styrketrening, har alle katabolsk effekt, og vil ha motsatt virkning av insulin.



**Figur 1** Aminosyre metabolismen: diettprotein nedbrytes til aminosyrer, som brukes til å danne proteiner/andre nitrogenholdige produkter. Karbonskjelettet oksideres for å kunne gi energi, mens nitrogen komponenten konverteres til urea/andre nitrogenholdige

ekskresjonsprodukter, *Basic Medical Biochemistry 1996. Marks B. Dawn, Marks D. Allan, Smith M. Colleen. Williams & Wilkins.*

Etter inntak av et proteinrikt måltid vil magesyren denaturere proteinene og omdanne pepsinogen til det aktive enzymet pepsin, slik at proteinnedbrytningen påbegynnes. Resterende del av nedbrytningen foregår i tynntarmen vha proteaser (trypsin, chymotrypsin, elastase, carboxypeptidase) utskilt fra pankreas. Resultatet blir en blanding av frie aminosyrer, og dipeptider/tripeptider, som hydrolyseres til frie aminosyrer i epitelcellen. De frie aminosyrene transporteres over den luminala epitelmembranen vha Na<sup>+</sup> avhengig transport, mens transport over den basale membranen er Na<sup>+</sup> uavhengig (23,24,25). Aminosyrene transporteres over i mukosacellene ved aktive bærer- medierte systemer. Vena portae vil bli setet for fritt transporterende aminosyrer. Leveren regulerer omsetningen av protein, f.eks ved at den relative nedbrytningen av aminosyrer i leveren øker når inntaket av protein er stort (30).

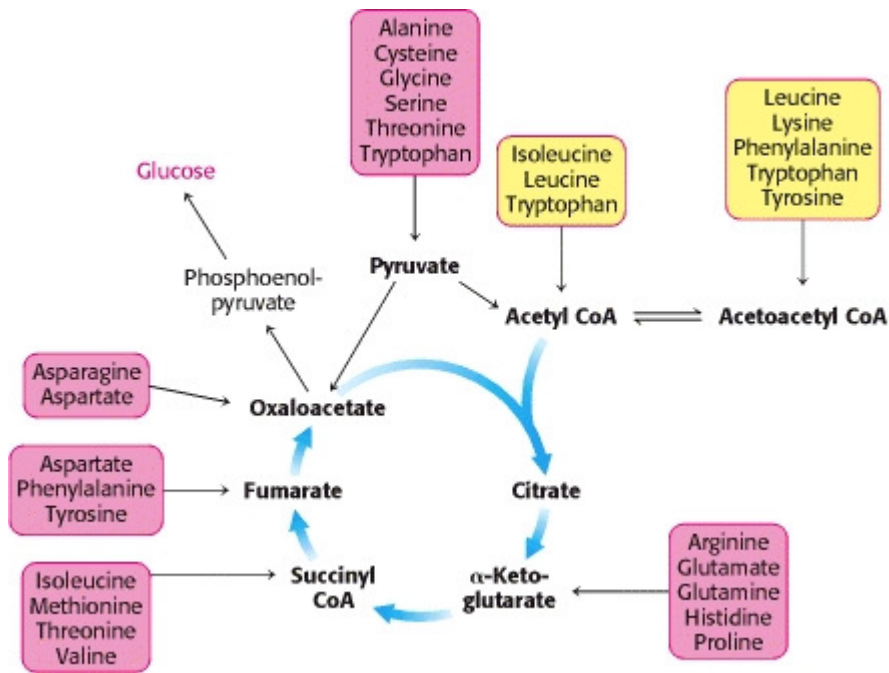
Det finnes totalt 20 forskjellige aminosyrer, hvor hver aminosyre består av en aminogruppe (NH<sub>2</sub>), en carboxyl gruppe (COOH) og en karbonkjede. Denne karbonkjeden er forskjellige for de ulike aminosyrene. 10 av de 20 aminosyrene klassifiseres som essensielle aminosyrer, dvs at de må tilføres utenfra, fordi kroppen ikke klarer å syntetisere dem. (Se figur 2; semi-essensielle aminosyrer, dvs kun essensielle i tidlig barndom).

Histidine*	Lysine
Threonine	Methionine
Leucine	Phenylalanine
Isoleucine	Tryptophan
Valine	Arginine*

\* semi-essential  
Essential amino acids

**Figur 2** Essensielle aminosyrer, *Kaplan Medical 2005*

Karbonskjelettet til de ikke-essensielle aminosyrene er derivert fra glukose, og dannes fra intermediater i glykolysen og sitronsyresyklus. Fire ikke-essensielle aminosyrer (serin, glycin, cystein og alanin), dannes fra glukose via glykolyseveien, mens mellomgrupper i sitronsyresyklus står for dannelsen av karbongruppen til de resterende seks ikke-essensielle aminosyrene (se fig 3).

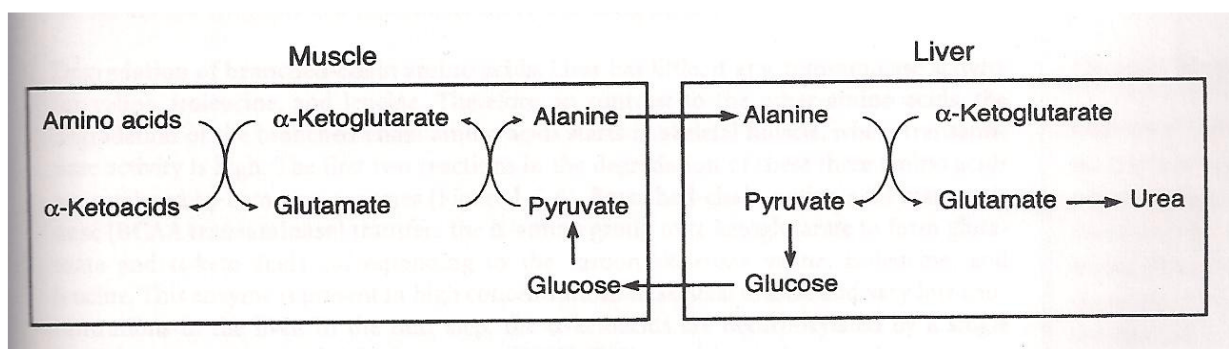


**Figur 3** Metabolske mellomgrupper dannet fra aminosyrer. Glukogene aminosyrer i rødt, ketogene aminosyrer i gult, *Biochemistry. 5th edition. Berg JM, Tymoczko JL, Stryer L. New York: W H Freeman; 2002.*

Katabolismen av aminosyrer omfatter nedbrytning av alfa-aminogruppen og deretter karbonskjelettet.

Omtrent 85% av aminonitrogenet blir utskilt som urea. Urea syntesen skjer kun i lever, og er viktig for detoksifisere ammonium.

Skjelettmuskelen bruker alanin som bærer for alfa aminosyre grupper til lever, hvor ureadannelsen foregår. Aminogruppen i glutamat overføres til pyruvat slik at man får dannet alanin, som skiller ut i sirkulasjonen. I leveren skjer den motsatte reaksjonen slik at man kan gjendanne glutamat (omdannes til urea) og pyruvat, som inngår i glukoneogenesen.



**Figur 4** Alanin som bærer for alfa aminogrupeer fra muskler til lever, *Kaplan Medical 2005*



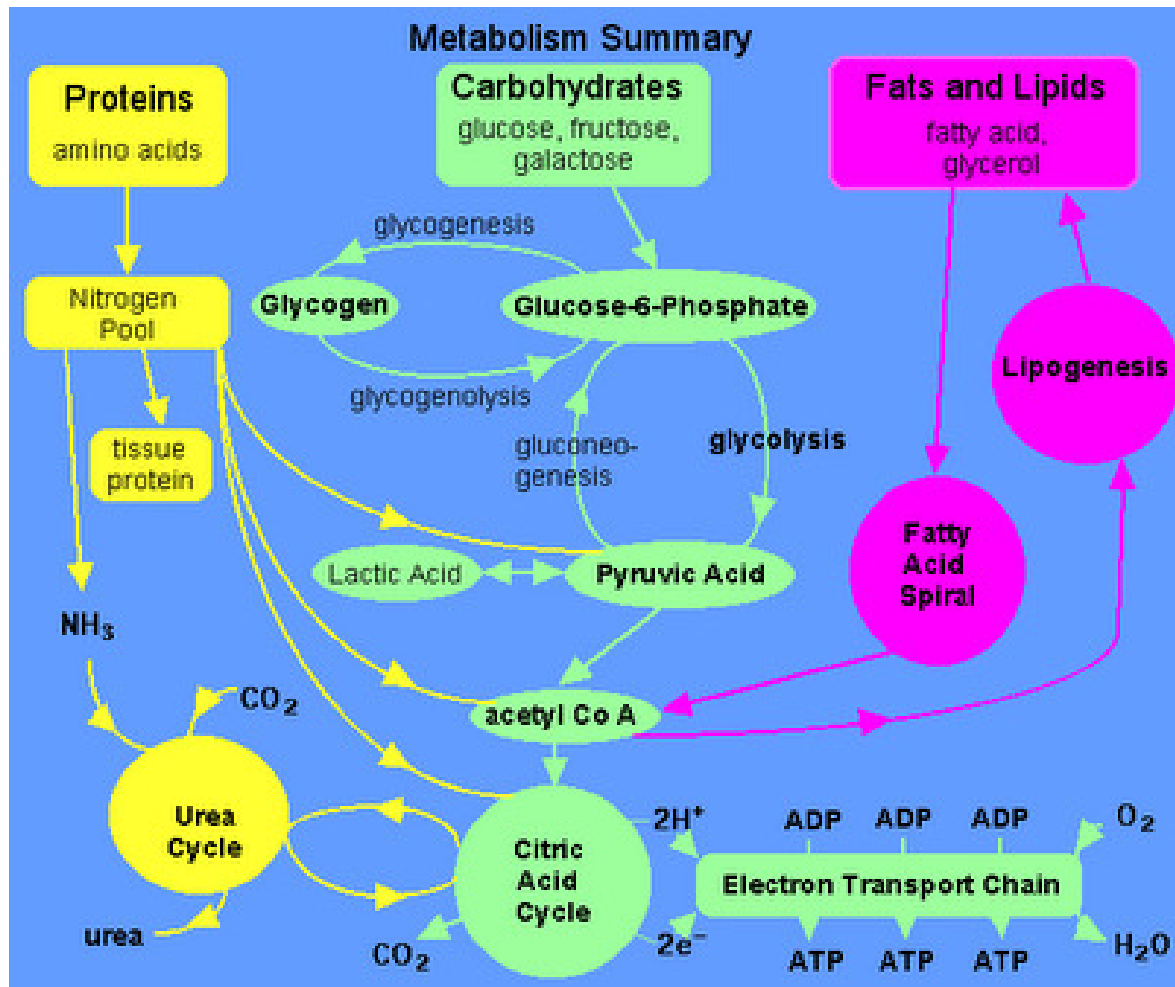
Av de essensielle aminosyrene vil histidin, tryptofan, methionin, treonin, valin, isoleucin og fenylalanin være glukogene aminosyrer, mens lysin og leucin er ketogene aminosyrer. Noen vil kunne være både glukogene og ketogene, eks typtofan, isoleucine, treonin og fenylalanin.

Skjelettmuskelen har kapasitet til å oksidere minst 8 av 20 aminosyrer (alanin, aspargin, aspartat, glutamat, isoleucin, leucin, lysine, valine). Under trening er det først og fremst de forgrenede aminosyrene som oksideres (isoleucin, leucin og valin). Dette resulterer i tap av de essensielle aminosyrene (1,3,9,10,12). Degradering av forgrenede aminosyrer starter i muskelcellen, og levercellen har liten transaminase aktivitet for de forgrenede aminosyrene.

Kort oppsummert er proteiner de viktigste nitrogenholdige molekylene i kroppen slik at mengden nitrogen som forbrukes, forsøkes hele tiden å balanseres mot mengden nitrogen som utskilles (urin, feces, svette). Når nitrogen balansen er positiv (nitrogen inntak > nitrogen utskillelse), vil proteiner bygges opp (anabol fase), mens en negativ balanse vil resultere i protein tap (katabol fase). Urea, som er avfallsproduktet til nitrogen, gjenspeiler dermed protein nedbrytning og aminosyre oksidering. Etter et proteinrikt måltid, gjenspeiles dette i form av en parallell økning av proteinnedbrytning, aminosyreoksidering, plasma urea konsentrasjon og urin urea ekskresjon. Det skal dog påminnes at nitrogen dannet ved proteinnedbrytning og aminosyreoksidering, også vil bli tatt i bruk i syntesen av nye aminosyrer (eks alanin, glutamin, akutt fase protein eks plasma protein). Urea vil av den grunn under særlige omstendigheter, eks under trening, ikke være en god markør for protein nedbrytning.

## PROBLEMSTILLING

Å fremme muskelanabolisme i forbindelse med trening, er en komplisert prosess som krever en optimal sammensetning av ulike næringsstoffer som aminosyrer fra protein samt fett og karbohydrat i dietten. I tillegg vil tidspunkt for inntak og fysisk aktivitet påvirke graden av muskelvekst. I dette arbeidet forsøker jeg, basert på en litteraturstudie, å vurdere om proteintilskudd som kosttilskudd alene sammen med et variert kosthold er nødvendig for å bygge og opprettholde muskelmasse ved trening.



**Figur 5:** Samspillet mellom karbohydrater, fett og protein metabolismen. Charles Ophard (2003). *Acetyl-CoA Crossroads*. Retrieved May 18, 2005

# RESULTATER

## PROTEINMETABOLISME HOS PERSONER I RO ELLER MED LITEN AKTIVITET

For å måle proteinmetabolisme brukes ulike metoder. Ved å studere nitrogenbalansen får man inntrykk av nitrogenstatus, og dermed proteinbalansen over en 24-timers periode. Proteiner er hovedkilden til nitrogenholdige molekyler i kroppen. Mengden som blir inntatt er balansert mot det som blir utskilt av kroppen. 1 gram protein = 0,16 gram nitrogen. Ved å nyttegjøre seg dette forholdet kan man vurdere om kroppen er i en anabol eller katabol fase (18). Denne metoden er mest brukt for å estimere et daglig proteinbehov, selv om det forekommer enkelte problemer ved bruk av teknikken. Ved måling av ekstremverdier er metoden lite valid, og i tillegg gjør den ingen forskjell på kvaliteten av det inntatte proteinet (18).

Man kan også måle ulike komponenter i blod og urin for å vurdere kroppens proteinmetabolisme. Urea er et avfallsprodukt som kroppen produserer fra nitrogen, og derfor kan måling av urea være representativ for proteinnedbrytningen og aminosyreoksidasjonen. Men på grunn av at nitrogen, som er tilkommet etter nedbrytningen av protein, vil inkorporeres til nye aminosyrer, vil denne målingen av urea ikke alltid være en god nok markør på proteinnedbrytningen.

En tredje metode er å bruke stabile isotopteknikker. Her sprøyter man inn små mengder aminosyrer som inneholder stabile isotoper ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$  eller  $^2\text{H}$ ) for å kunne måle protein kinetikken. Ved å bruke massespektrometri kan man måle nivået av isotopberikelsen i plasma og skjelettmuskulatur. For den arteriovenøse modellen blir prøver fra femoralarterien og femoralvenen analysert sammen med intramuskulær væske (3,5,18).

Studier fra Millward et al (2) og Tarnopolsky et al (7) viser ingen signifikant forskjell for muskelvekst hos personer som opprettholder anbefalt inntak av protein, 0,8 g pr kg kroppsvekt pr dag, mot personer som supplerer dette med økt inntak av proteiner, når begge disse målgruppene forholder seg i ro, eller bedriver liten fysisk aktivitet (2,7).

Man ser at økt inntak av protein ikke fører til signifikant økningen av kroppstettheten. Proteinsyntesen vil med andre ord ikke øke, for personer med liten fysisk aktivitet, ved å innta mer protein enn det som er daglig anbefalt, 0,8 g pr kg kroppsvekt pr dag (2,7).

Ved konstant høyt tilskudd av protein uten tilstrekkelig aktivitet er man utsatt for at de tilførte aminosyrene omdannes til fett (30).

## PROTEINMETABOLISME VED FYSISK AKTIVITET

*Fysisk aktivitet er nødvendig for å bygge muskler.*

Flere studier viser at styrketrening, og forøvrig utholdenhetstrening, stimulerer til både syntese og nedbrytningen av muskelproteiner (1,3,8,9,13,18). Etter en økt med styrketrening, er muskelbalansen negativ. Det vil si at nedbrytningen av proteiner overskrider proteinsyntesen i muskelen. For å få en hypertrofisk virkning på muskelen vil det være nødvendig å ha en positiv proteinbalanse. Proteinbalansen er dynamisk ved at det hele tiden skjer en nedbrytning samtidig med syntese. Nedbrytningen frigjør aminosyrer som kan gjenbrukes. Dersom frigjøringen ikke er tilstrekkelig for å skape en positiv muskelbalanse vil det være behov for tilførsel av aminosyrer for å fremme anabolisme i muskelen.

Basert på dette vil muskelbalansen være negativ inntil kroppen kan nyttiggjøre seg frie aminosyrer (1,6,11). Avhengig av energistatus og tilgang på energisubstrater vil tilskudd av proteiner i kosten føre til en økt fluks av aminosyrer inn i musklene.

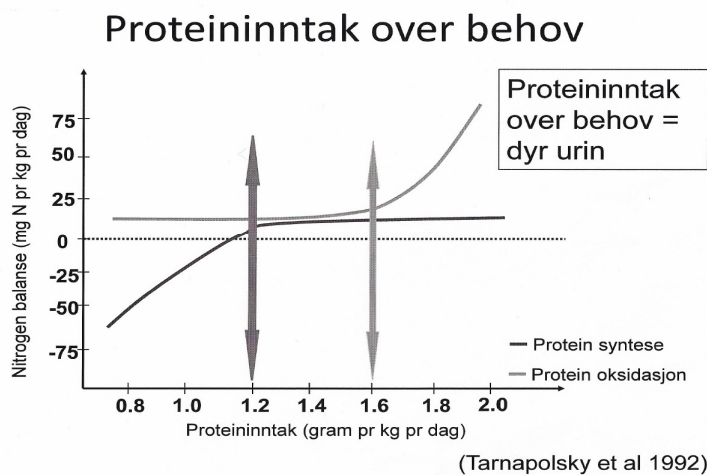
*Proteinbehov ved hard utholdenhetstrening.*

For personer som bedriver hard utholdenhetstrening, og som har en adekvat energitilførsel av karbohydrat og fett er anbefalingen fra det nasjonale sosial og helsedirektoratet et proteininntak på 1,2-1,6 g pr kg kroppsvekt per dag (33,34). Et proteininntak over disse nivåene vil kun føre til økt metabolisme av aminosyrene med tiltagende urea produksjon (7,34).

Muskelhypertrofi innebærer økning både av det mitokondrielle volum og innvekst av kapillærer i muskulaturen. Dette er vitale forandringer, og er et resultat av en økt s ratio mellom syntese og nedbrytning av proteiner i respons til trening. Det er derfor ikke overraskende å se forandringer ved proteinmetabolismen i tilknytning til trening (16,18).

Etter utholdenhetstrening ser man at den samlede kroppsproteinsyntesen øker. Et inntak på ca 105 g pr dag for en person på ca 70 kg er tilstrekkelig for å kunne skape en positiv proteinbalanse, slik at effekten av treningen kan optimaliseres (5,16). En mann på 70 kg i Norge vil i gjennomsnitt innta omlag 100 g protein daglig (30).

Flere studier har gjort forsøk å dokumentere hva som er et optimalt proteininntak for personer som trener hardt og ofte. I disse studiene har en undersøkt nitrogenkonsentrasjoner som et bilde på proteinmetabolisme. For utholdenhetsutøvere ser man at netto nitrogenbalanse er null ved et proteininntak på ca 1 g pr kg kroppsvekt pr dag (5,9,18). Dette varierer noe med hvilken type trening man bedriver og det generelle energiinntaket. Derfor har man i en rapport utstedt fra sosial og helsedirektoratet anbefalt et daglig proteininntak på 1,2-1,6 g pr kg kroppsvekt pr dag for personer som bedriver hyppig og langvarig utholdenhetstrening (33,34). Disse anbefalingene er gitt med den forutsetning at energibalansen opprettholdes, fordi dette er en nødvendighet for å bygge muskelmasse og muskelstyrke (8,9). De aller fleste studier konkluderer med at en økning av proteininntak over et visst nivå (maksimumsnivå) ikke vil bidra til økt muskelproteinsyntese, slik at muskelstyrke og muskelbygging ikke er signifikant etter at dette maksimumsnivået er overskredet (7,8,9).



**Figur 6.** Man ser her at et inntak over 1,6 g protein pr kg kroppsvekt per dag ikke øker proteinsyntesen.

Ulike fagmiljøer strides når det gjelder eksakte verdier for dette maksimumsnivået. Studier utført av Lemon et al (9) hvor nitrogenbalansen er studert mhp optimale muskelhypertrofibetingelser etter utholdenhetstrening viser at 1,2-1,4 g protein per kg kroppsvekt per dag er tilstrekkelig for personer som bedriver utholdenhetstrening (9). Studier fra Angaard et al (16) og Bowtel et al (18) viser ingen økt effekt etter inntak over 1,5 g pr kg kroppsvekt pr dag ved utholdenhetstrening. Personer som er fysisk aktive oppnår dette nivået i sin naturlige kost ved å erstatte energitapet som induseres ved trening.

#### *Proteinbehov ved hard styrketrening*

Studier utført av Lemon et al (32) viser et noe annet bilde mhp styrketrening. Denne studien, som var en dobbelblind randomisert studie, tok for seg 12 menn hvor de enkelte ble tildelt en høyprotein diett og en lav protein diett samtidig som de bedrev styrketrening. Deretter ble nitrogenbalansen studert for å vurdere hva som er et ideelt proteininntak. Da denne studien kun inkluderte 12 testpersoner, må man være noe varsom med å trekke generelle anbefalinger, men resultatene ved denne studien og Bowtel et al (18) mener at et proteininntak på 1,6 g pr kg kroppsvekt pr dag er dekkende for personer som utøver styrketrening (18,32). Den nasjonale anbefalingen mhp proteininntak ved hard styrketrening ligger på 1,5-1,8 g pr kg kroppsvekt per dag (33,34).

Optimalt proteininntak (gram pr kg kroppsvekt pr dag).	Utholdenhetstrening	Styrketrening
	1,2-1,6 g pr kg kroppsvekt per dag	1,5-1,8 g pr kg kroppsvekt per dag

**Tabell 1.** Anbefalt proteininntak ved fysisk aktivitet

I tillegg til proteinmengde, spiller både karbohydrater og fett en rolle når det gjelder sammenhengen mellom proteiner og økt muskelvekst. Kroppen er avhengig av å være i en positiv energibalanse for å fremme muskelanabolisme. Karbohydrater og fett er kroppens viktigste energiresurser, og følgelig er disse næringsstoffene helt sentrale i prosessen rundt muskelanabolisme. Disse næringsstoffene kan omdannes til ikke-essensielle aminosyrer, slik at de også på denne måten kan være direkte involvert i proteinmetabolismen (30). Det er forsket mye på hvilke type aminosyrer kroppen nyttiggjør seg av når den bygger muskler. De fleste studiene viser at det er de essensielle aminosyrer som er viktige for muskelveksten (1,3,5,6,11,12,31). Dette belyses i studien av Rasmussen et al (31). Her ble tre menn og tre kvinner studert i postabsorpsjonsstadiet. Forsøkspersonene ble randomisert til enten å motta placebo eller essensielle aminosyrer med karbohydrat en eller tre timer etter styrketrening. Deretter ble proteinsyntesen i muskelen målt for begge grupper. Det ble vist at essensielle aminosyrer med karbohydrat inntatt etter trening vil øke muskel proteinsyntesen (31).

### *Proteinkilder og proteinkvalitet*

Proteiner som inneholder en optimal fordeling av essensielle aminosyrer, har høy biologisk verdi (BV). BV beskriver et næringsproteins kvalitet. Et næringsprotein med høy BV inneholder alle de essensielle aminosyrene i en optimal sammensetning samt at proteinet må kunne tas opp på en effektiv måte. En maksimal BV er 100%. Dette innebærer at 100% av de tilførte proteinmengdene kan omdannes til kroppsprotein. Proteinkilder med høy BV er for eksempel melkeprodukter og egg. Kjøtt og fisk er også gode proteinkilder og med en god fordeling av essensielle aminosyrer, men har noe lavere BV enn melk og egg. Ulempen med animalske proteiner er at også uheldige følgestoffer som puriner, kolesterol og mettet fett tilføres kroppen. Vegetabiliske proteiner, med unntak av isolerte soyaproteiner, har i allmennhet en lavere BV (20,21,22).

Matvare	Andel av energi fra protein (%)
Ris (upolert)	8,3
Maismel	10,1
Poteter	12,8
Hvetemel (sammalt)	14,1
Havregryn	14,9
Peanøtter	17,3
Melk	19,7
Erter	28,2
Egg	33,5
Skummet melk	38,8
Okse kjøtt	38,9
Fisk (mager)	96

**Tabell 2.** *Proteininnholdet i enkelte matvarer som prosentandel av matvarens energiinnhold. Mat og medisin 1999 4th edition. Gunn-Elin Aa Bjørneboe, Christian A. Drevon.*

### *Timing for inntak av proteiner*

Tidspunktet for inntak av godt protein er viktig for muskelvekst. Lemon et al (8) belyser dette i sin studie. Der måler man forskjellen i proteinmetabolisme ved proteininntak ved forskjellige tidspunkt i forbindelse med trening. Inntak rett etter trening viser seg å ha en større effekt på muskelvekst, enn hvis det skjer i god tid før eller etter treningen (8,18,33).

Det er som nevnt tidligere kjent at et høyt inntak av protein ikke nødvendigvis fører til økt muskelvekst. Mange kroppsbyggere har et relativt sett for høyt inntak av proteiner. Dersom tilskuddet er større enn behovet, fører dette til at mer protein forbrennes eller omdannes til fett. Nitrogenmengden i urin vil da også øke. Aminosyrer reabsorberes tidlig i proksimale tubulus. Dersom nyrene belastes med større mengder av en substans enn substansens transportmaksimum, vil overskuddet utskilles i urinen. Ved forhøyet inntak av protein, kan det derfor ved enkelte tilfeller oppstå karakteristiske former for aminosyreuri. Dette vil kunne påvirke væskebalansen i kroppen (23).

Et høyt inntak av animalske proteinkilder har dessuten et forholdsvis høyt innhold av mettet fett og kolesterol, noe som vil gi økt risiko for fedme, og utvikling av hjerte- og karsykdommer. Man øker også risikoen for dehydrering ved høyt inntak av proteiner, fordi kroppen bruker mer væske på å kvitte seg med aminosyrer (19). Med bakgrunn i det nevnte anbefaler man at 12-15 prosent, og ikke 30 % som enkelte amerikanske miljøer hevder, av det totale matinntaket bør komme i fra proteiner (18,19).

Da fysiske aktive personer ved hjelp av et normalt sammensatt kosthold oppnår optimale forhold mhp protein og muskelvekst, er det ingen grunn til å anbefale ekstra proteintilskudd.

## DISKUSJON

Et proteininntak fremskynder rehabiliteringsfasen etter trening ved å øke proteinsyntesen og/eller redusere nedbrytningen, slik at netto proteinbalanse blir positiv. En effektiv rehabilitering av proteinmetabolismen er en forutsetning for å opprettholde og fremme de anabolske prosesser ved utvikling av skjelettmuskulatur. Denne rehabiliteringen er kritisk også for prestasjonsevnen (12,13,16,17).

Relativt mange personer tror det er en sammenheng mellom økt inntak av protein og muskelstyrke.

Det man ser i fra tidsskrifter er et økt behov for aminosyrer ved regelmessig trening i forhold til personer som enten er i ro eller utøver liten fysisk aktivitet. Behovet for protein varierer også i forhold til hvilken type trening man utøver. Personer som utøver langvarig utholdenhetstrening bør ha et proteininntak på 1,2-1,6 g pr kg kroppsvekt pr dag, mens personer som bedriver hyppig og hard styrketrening bør ha et inntak på 1,5-1,8 g pr kg kroppsvekt pr dag (5,33,34).

Flere studier tok for seg et proteininntak på 2,6 g pr kg kroppsvekt pr dag for styrketreningsutøvere, og konkluderte med ingen additive effekter i forhold til de nivåer som er nevnt ovenfor når man studerer kroppskomposisjon eller muskelstyrke (16,17). Man ser derfor at økte mengder protein ikke nødvendigvis medfører til økt muskelmasse, så lenge et basalt proteinkrav blir dekket. Det vil derfor ikke være behov for å innta 3-4 ganger anbefalt daglig proteindose, selv om man utøver regelmessig høy fysisk aktivitet.

For å eksemplifisere det generelle proteinkravet ser man at en person på 70 kg trenger 56 gram protein pr dag ved liten fysisk aktivitet ( $70 \cdot 0,8$ ), mens samme person ved høy fysisk aktivitet trenger 105 gram protein pr dag ( $70 \cdot 1,5$ ).

For å innta 105 gram protein daglig, holder det å spise 2-3 brødsiver med skinke, drikke 1-2 glass melk, og spise middag med enten fisk, egg eller kylling. På bakgrunn av dette vil man erkjenne at et vanlig norsk og sunt kosthold er tilfredsstillende mhp proteinmengde i forhold til fysisk aktivitet. Mange utøvere, og eventuelt andre, inntar derfor ofte unødvendig store mengder protein (18,20,21,22).

Tilførsel av karbohydrater sammen med aminosyrer etter trening induserer økning av insulinets stimulering på muskelproteinsyntesen. Studier utført av Rasmussen et al (31) hvor 6 personer ble analysert mhp proteininntak med og uten karbohydrater, konkluderte med at tilførsel av karbohydrater sammen med aminosyrer stimulerer til muskelsyntese (31).

Denne tilførselen er viktig for at kroppen kommer i positiv energibalanse, slik at anabolisme av muskler muliggjøres (30). Man ser også at karbohydrater sammen med fett kan være byggesteinene i proteiner, da de kan omdannes til ikke-essensielle aminosyrer (14,20,30). Inntak av karbohydrater og fett er, som forventet, følgelig av betydning mhp muskelvekst i forbindelse med trening.

Det er forskjell på kvaliteten av proteiner. Noen typer er vesentlig mer fordelaktige å innta enn andre. Blant annet viser en studie at melkeproteiner gir bedre effekt når det gjelder muskelhypertrofi hos eldre enn soyaproteiner (13). Flere artikler poengterer at animalsk diett er mer effektiv på muskelmassen enn vegetar diett (20,21,23).



Siden kroppen kun kan syntetisere ca 50 % av de aminosyrer det er behov for, må de resterende aminosyrene skaffes til veie via kosten. Det er de vi kaller essensielle aminosyrer. Noen matvarer inneholder alle disse aminosyrene, disse kalles komplette proteinkilder og omfatter blant annet melkeprodukter, egg og til dels kjøtt og fisk.

Studier viser at det er de essensielle aminosyrene som er viktige for muskelveksten, og at tilførselen av ikke-essensielle aminosyrer er unødvendig for å skape en positiv netto proteinsyntese. Vegetarkost, som er rikt på ikke-essensielle aminosyrer, vil ikke være like tilgjengelige for muskelvev grunnet lavere biotilgjengelighet i den gastrointestinale traktus. I tillegg medfører eksklusivt inntak av vegetarproteiner (for eksempel soya) i motsetning til kasein, en postprandial økning av kortisol (1,5,10). Kortisol er kjent for å indusere muskelnedbrytning i den hensikt å opprettholde adekvat serum aminosyrekonsentrasjon. Dog kan man ved å kombinere ulike vegetabiliske matvarer i et måltid oppnå tilfredsstillende proteinkvalitet ved måltidet (30), slik at det er ikke riktig å hevde at vegetarmat kun inneholder proteiner med dårlig kvalitet.

Tidspunktet for når man inntar proteinet spiller også en viktig rolle. Man finner her at det er gunstig å innta aminosyrene tett etter treningen. En del av aminosyrenes effekt vil forsvinne dersom det inntas senere enn en time etter avsluttet trening (8,18,33).

Proteintilskudd har de seneste år gått fra å være noe som kun var forbeholdt kroppsbyggere og spesielt interesserte, til å bli en dagligvare som blir konsumert i store mengder av den generelle befolkning. Denne industrien har på meget kort tid blitt en milliardindustri på verdensbasis. Spørsmålet er om det er en effekt ved å innta disse produkter, hvis målet er å fremme muskelvekst.

Dette kan besvares på følgende måte. Hvis man regelmessig er fysisk aktiv viser det seg at det er behov for å ha et høyere inntak enn det som er daglig anbefalt. Hvis man ved sitt kosthold har et variert og balansert innhold av proteinrik mat, hvor de aller fleste proteinkildene er komplette, med tillegg av karbohydrater og fett, vil man via sin diett få i seg adekvate mengder protein, slik at det er unødvendig å supplere med proteintilskudd. Det er ingen holdepunkter for at proteinet i slike tilkjøpte pakker er av en bedre kvalitet sammenliknet med mat bestående av komplette proteinkilder.

Dog kan slike tilskudd være gunstig for noen. Dette gjelder primært for personer som av ulike grunner ikke får i seg et balansert og variert innhold av proteiner, karbohydrater og fett. For disse kan det bli enklere å få i seg tilfredsstillende konsentrasjoner av aminosyrer, slik at ernærings situasjonen mhp protein kan bli mer bekvemmelig (27).

Svaret på hypotesen som ga utgangspunktet for denne oppgaven er derfor følgende. Økt proteininntak gir ikke automatisk større muskler. Det er ikke holdepunkter for at personer som bedriver liten fysisk aktivitet, bør endre proteininntaket i forhold til det som er det daglig anbefalte (0,8 g per kg kroppsvekt per dag). Man har dog et økt behov for protein ved regelmessig fysisk aktivitet. Et proteininntak på 1,2-1,6 g pr kg kroppsvekt pr dag for personer som bedriver hard utholdenhetstrening vil være tilstrekkelig mhp muskelvekst i forbindelse med aktiviteten. Personer som utøver hard styrketrening bør innta 1,5-1,8 g protein pr kg kroppsvekt per dag for optimale muskelbyggende betingelser (33,34).

Et variert og sunt kosthold, vil enkelt overskride dette, slik at det ikke er behov for å supplere kosten mhp protein for personer som bedriver høy fysisk aktivitet (2).

På bakgrunn av det som er beskrevet ovenfor belyses det at adekvate mengder protein enkelt kan bli tilført ved et naturlig og variert kosthold. Mange unge bruker følgelig unødvendige mye penger på proteintilskudd, da de ved sin naturlige ernæring oppnår ideelle betingelser for både muskelstyrke og muskelvekst.

## REFERANSELISTE

1. Kevin D. Tipton, Tabatha A. Elliott, Melaine G. Cree, Stevens E. Wolf, Steven E. Wolf, Arthur P. Sanford and Robert R. Wolfe. Ingestion of casein and whey proteins result in muscle anabolism after resistance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 36, No. 12, pp. 2073-2081, 2004.
2. D. Joe Millward. Optimal intakes of protein in the human diet. *Proceedings of the nutrition society*, 58, 403-413, 1999.
3. Philip J. Rash and William R. Pierson. Effect of a protein dietary supplement on muscular strength and hypertrophy. *American journal of clinical nutrition*, Vol. 11 november, 1962.
4. Lex B. Verdijk, Richard AM Jonkers, Benjamin G. Gleeson, Milou Beelen, Kenneth Meijer, Hans HCM Savelberg, Will KWH Wodzig, Paul Dendale and Luc JC van Loon. Protein supplementation before and after exercise does not further augment muscle hypertrophy after resistance training in elderly men. *Am. J. Clin. Nutr.*, 89:608-616, 2009.
5. Robert R. Wolfe. Protein supplements and exercise. *Am. J. Clin. Nutr.*, Vol. 72, No. 2, 551-557, 2000.
6. Nicholas A. Ratamess, William J. Kraemer, Jeff S. Volek, Martyn R. Rubin, Ana L. Gomez, Duncan N. French, Matthew J. Sharman, Michael M. McGuigan, Timothy Scheett, Keijo Hakkinen, Robert U. Newton and Francesco Dioguardi. The effects of amino acid supplementation on muscular performance during resistance training overreaching. *Journal of strength and conditioning research*, 17 (2), 250-258, 2003.
7. Mark A. Tarnopolsky, J. Duncan Macdougall and Stephanie A. Atkinson. Influence of protein intake and training status on nitrogen balance and lean bdy mass. *J. Appl. Physiol.* 64 (1): 187-193, 1988.
8. Peter W.R. Lemon, John M. Berardi and Eric E. Noreen. The role of protein and amino acid supplements in the athlete's diet: Does type or timing of ingestion matter? *Current sports medicine reports*, 4:214-221, 2002.
9. Peter W.R. Lemon. Beyond the zone: Protein needs of active individuals. *Journal of the american college of nutrition*, Vol. 19, No. 90005, 513-521, 2000.
10. Naomi M. Cermak, Amy S. Solheim, Melaine S. Gardner, Mark A. Tarnopolsky and Martin J. Gibala. Muscle metabolism during exercise with carbohydrate or protein-carbohydrate ingestion. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 41, No. 12, pp. 2158-2164, 2009.
11. Stephen Welle and Charles A. Thornton. High-protein meals do not enhance myofibrillar synthesis after resistance exercise in 62-75 years old men and women. 1998.
12. Juha J. Hulmi, Juha P. Ahtiainen, Harri Selanne, Jeff S. Volek, Keijo Hakkinen, Vuokko Kovanen and Antti A. Mero. Androgen receptors and testosterone in men- Effects of protein ingestion, resistance exercise and fiber type. *Journal of steroid biochemistry and molecular biology*, 110, 130-137, 2008.

13. Elena Volpi, Hisamine Kobayashi, Melinda Sheffield-Moore, Bettina Mittendorfer and Robert R. Wolfe. Essential amino acids are primarily responsible for the amino acid stimulation of muscle protein anabolism in healthy elderly adults. *Am. J. Clin. Nutr.*, 78:250-258,2003.
14. Tasha LP Ballard, Jeffrey A. Clapper, Bonny L. Specker, Teresa L. Binkely and Matthew D. Vukovich. Effect of protein supplementation during a 6-mo strength and conditioning program on insulin-like growth factor I markers of bone turnover in young adults. *Am. J. Clin. Nutr.*, 81:1441-1448, 2005.
15. Kevin D. Lipton and Arny A. Ferrando. Improving muscle mass: response of muscle metabolism to exercise, nutrition and anabolic agents. *Essays in biochemistry*, Vol. 44, 2008.
16. P. Angaard. Making muscle "stronger": Exercise, nutrition, drugs. *J. Musculoskel Neuron Interact*, 4 (2): 165-174, 2004.
17. Carlon M. Colker, Melissa A. Swain, Bill Fabrucini, Qiuhi Shi and Douglas S. Kalman. Effects of supplemental protein on body composition and muscular strength in healthy athletic male adults. *Curr. Ther. Res. Clin. Exp.*, 61:19-28, 2000.
18. Joanna L Bowtell. Protein and amino acid requirements for athletes. Chapter 5, 93-114.
19. Stuart M. Phillips. Protein Requirements and Supplementation in Strength Sports. *Nutrition* 20: 689-695, 2004.
20. American College of Sports Medicine position stands (a). Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2009 Mar; 41(3): 709-31.
21. Tipton KD, Wolfe RR. Protein and amino acids for athletes. *J Sports Sci* 2004;22: 65-79.
22. Kreider RB, Klesges R, Harmon K, Grindstaff P, Ramsey L, Bullen D, Wood L, Li Y, Almada A. Effects of ingesting supplements designed to promote lean tissue accretion on body composition during resistance training. *Int J Sports Nutr* 1996;6:234-246.
23. *Basic Medical Biochemistry* 1996. Marks B. Dawn, Marks D. Allan, Smith M. Colleen. Williams & Wilkins.
24. *Biochemistry*. 5th edition. Berg JM, Tymoczko JL, Stryer L. New York: *W H Freeman*; 2002.
25. Kaplan Medical 2005. Volume 1. Baird Stephen, Coulson Richard, Gustavson W Alvar, Hare A. Theodore, Laiken Nora, Manley Lesley, Rufo B Myra, Vogel H. Wolfgang, Warren Dwight.
26. Charles Ophard (2003). Acetyl-CoA Crossroads. Retrieved May 18, 2005.
27. Venuto Tom. Protein Supplements Vs. Protein Foods. *Natural Bodybuilding & Fitness*. 2000.
28. Fruhbeck, Gema. Slow and fast dietary proteins. *Nature*, 391: 843-844.

29. Carraro, F, et al, Effect of exercise and recovery on muscle protein synthesis in human subjects. Amer Journal of physiology, 259: E470, 1990.
30. Mat og medisin 1999 4th edition. Gunn-Elin Aa Bjørneboe, Christian A. Drevon.
31. Blake B. Rasmussen, Kevin D. Tipton, Sharon L. Miller, Steven E. Wolf, and Robert R. Wolfe. An oral essential amino acid-carbohydrate supplement enhances muscle protein anabolism after resistance exercise. 23 September 1999.
32. Lemon PW, Tarnopolsky MA, MacDougall JD, Atkinson SA. Protein requirements and muscle mass/strength changes during intensive training in novice bodybuilders, 1992.
33. Sosial-og helsedirektoratet. Avdeling for ernæring og Avdeling for fysisk aktivitet. Mat og prestasjon - Kostholdsanbefalinger for idrettsutøvere, 2003.
34. Christine Helle, Sigmund B. Strømme. Prester bedre - med riktig kost.

## **SLUTTORD**

Jeg ønsker å takke alle de behjelpelige ansatte i biblioteket ved Akershus Universitetssykehus for assistanse ved søk etter aktuell litteratur. I tillegg vil jeg takke min veileder prof. dr.philos. B. Skålhegg.