



UPPSALA
UNIVERSITET

Ett ökat proteinintag kan förbättra en atlets uthållighetsprestation

Erica Wild

Independent Project in Biology
Självständigt arbete i biologi, 15 hp, höstterminen 2021
Institutionen för biologisk grundutbildning, Uppsala universitet

Ett ökat proteinintag kan förbättra en atlets uthållighetsprestation

Erica Wild

Självständigt arbete i biologi 2021

Sammandrag

Denna litteraturstudie tar sikte på att belysa hur proteinkonsumtion påverkar en atlets fysiska uthållighetsförmåga. För att kunna maximera sin uthållighetsprestation behöver atleter protein för att bland annat ersätta använd energi. Atleter behöver även protein för att tillgodose musklerna med essentiella aminosyror för optimal återuppbyggnad. Det resulterar i att proteinintaget delvis blir avgörande för hur kroppen svarar på träningsinsatsen. Beroende på typ av sportutövning såväl som individuella skillnader så har dock olika atleter olika nutritionella behov. Folkhälsomyndigheten följer WHO:s rekommendation gällande ett generellt dagligt proteinintag på 0,8gram per kilo kroppsvikt för vuxna. Elitidrottare rekommenderas däremot ett dagligt proteinintag på 1,4–1,8gram protein per kilo kroppsvikt. Studier som analyserar nutrition i relation till fysisk prestationsförmåga baseras främst på manliga studiedeltagare. Det har dock etablerats att det finns könsbaserade skillnader när det kommer till metabolism under uthållighetsträning. Män är mer beroende av kolhydrat- och proteinkällor under uthållighetsträning än vad kvinnor är. Detta beror sannolikt delvis på skillnader i koncentrationsnivåer av hormonet östrogen.

Sammanfattningsvis visar resultaten att idrottande atleter har ett högre proteinbehov än människor som inte tränar. Ett ökat proteinintag visar sig dock inte systematiskt öka en atlets uthållighetsprestation. Däremot finns en samstämmighet kring att ett ökat proteinintag reducerar stressmarkörer vid en hög fysisk belastning. Detta tyder på att proteinmängden påverkar prestationsmöjligheten sett under en längre tid. Dessutom visar det att proteinintaget reducerar skaderisken, vilket bör vara essentiellt för atleter vars träningsmöjligheter minimeras vid skada. Därtill tyder granskade studier på att humöret efter fysisk ansträngning förbättras med ett ökat proteinintag vilket också är av intresse. Den proteinmängd som bör intas av atleter som vill maximera sin uthållighetsträning är 1,45g/kg/d för kvinnliga atleter och 1,74g/kg/d för manliga atleter. Båda värden är inom spannet som folkhälsomyndigheten rekommenderar för elitidrottare. Men det är av vikt att i framtiden belysa könsbaserade skillnader för att främja mer jämlika kunskapsförhållanden mellan kvinnliga och manliga atleter.

Innehållsförteckning

Inledning	s.3
Proteinmetabolism	s.3
Muskeluppbyggnad	s.4
Muskelledbrytning och biokemiska stressmarkörer	s.5
Fysisk belastning ökar kroppens energiomsättning	s.5
Analys	s.6
Hur protein förbättrar atletes fysiska prestation	s.6
Genusanalys	s. 7
Naturliga hormonfluktuationer påverkar proteinkänsligheten	s. 7
Proteinkälla varierar mellan olika studier	s.8
Proteinintagets påverkan på atletes uthållighetsprestation	s.8
<i>Ett ökat proteinintag minskar träningsinducerade stressmarkörer</i>	s.9
<i>Högproteindiet ger motstridiga resultat gällande uthållighetsprestationen</i>	s.10
<i>Positiva psykologiska effekter av en högproteindiet</i>	s.10
<i>Sammanfattning av resultat</i>	s.10
Kolhydrater påverkar den fysiska prestationen mer än protein	s.11
Diskussion	s.11
Tack	s.13
Referenser	s.13

Inledning

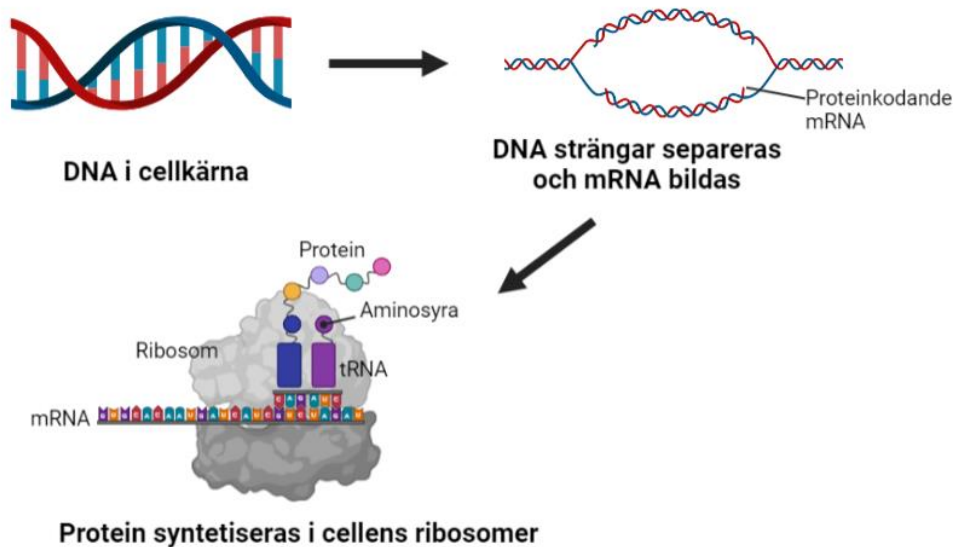
Genom en ökad allmänkunskap om uthållighetsträningens positiva hälsoeffekter så har allt fler blivit intresserade av att träna (Huang *et al.* 2017). Då många önskar förbättra sin träningsförmåga så är det av intresse att forska på vad som kan hjälpa en individ att höja sina fysiska prestationsmöjligheter. Denna litteraturstudie tar sikte på att belysa en del av denna forskningsutveckling genom att titta på hur proteinkonsumtion påverkar den fysiska uthållighetsförmågan. Då forskning främst gjorts på elitidrottare så kommer litteraturstudien att fokusera på denna grupp. Förhoppningsvis så kommer dock resultatet att kunna hjälpa fler träningsintresserade även om de inte tränar på elitnivå. Enligt livsmedelsverket är det rekommenderade proteinintaget för icke aktiva individer 0,8g/kg/dag medan det rekommenderade intaget för elitidrottare ligger på 1,4–1,8g/kg/dag (Livsmedelsverket 2021). Att proteinbehovet skiljer sig mellan olika individer beror på träningskvantiteten så väl som på innehållet i träningen (Rowlands & Wadsworth 2011). Därtill finns det även stora individuella skillnader som avgör proteinbehovet. Denna litteraturstudie avser att ta reda på hur mycket protein en atlet behöver tillgodose sig för att kunna maximera sin fysiska uthållighetsförmåga.

Proteinmetabolism

Under ett träningspass bryts muskulatur ner för att vid återhämtning byggas upp igen starkare (Miesfeld & McEvoy 2021). För att förbättra sin uthållighetsförmåga så maximerar atleter under perioder sin träningsvolym (Witard *et al.* 2011). Som konsekvens reduceras återhämtningstiden och därmed möjligheterna till muskeluppbyggnad. För att den fysiska prestationen inte ska försämras så är intaget av muskeluppbyggande metaboliter av yttersta essens. En av dessa viktiga byggstenar är aminosyror som återfinns i kostprotein (Koopman & van Loon 2009). Proteinet som intas via kosten spjälkas ned till aminosyror som kroppen använder i sin metabolism till bland annat cellulär signalreglering (Elango *et al.* 2009). Ett visst intag av aminosyror krävs därmed för en god hälsa och mer därtill för extra fysiska prestationsmöjligheter. Det finns totalt 20 aminosyror vilka delas upp i 1) essentiella 2) delvis essentiella samt 3) umbärliga aminosyror. Olika aminosyror fungerar alltså olika och de behövs i olika mängder. Ett optimalt proteinintag syftar till ett intag av samtliga 20 aminosyror i den respektive mängd som behövs för att möta kroppens behov.

Protein från föda spjälkas till peptidkedjor i mag-tarmsystemet av saltsyra och vidare till aminosyror av olika enzymer (Miesfeld & McEvoy 2021). Aminosyror transporteras från mag-tarmkanalen till skelettmuskulaturen via blodet. Skelettmuskelceller kan ta upp, och släppa ut, aminosyror från blodet via transportproteiner som är specialiserade på transport av aminosyror (Rose & Richter 2009). Väl inne i skelettmuskulaturens celler används aminosyrorna för att bygga upp nya protein (Miesfeld & McEvoy 2021). Detta sker genom transkription och translation. Under transkription separeras DNA strängarna i cellkärnan, och från den ena bildas en kodande mRNA sträng (Figur 1). Den nykodade mRNA strängen transporteras sedan till en ribosom där translationen sker. Under translation syntetiseras protein med hjälp utav bland annat transportproteinet tRNA. Proteinet syntetiseras med mRNA som mall för i vilken ordning aminosyrorna ska bindas ihop med peptidbindningar. tRNA läser av så kallade nukleotider på mRNA mallen och vet från dessa vilken aminosyra som ska sättas in i peptidkedjan som kommer bli till ett protein. När aminosyror finns i överskott så degraderas de antingen i lysosomala vesiklar (ATP-oberoende) eller i proteosomkomplex (ATP-beroende). Den vanligaste nedbrytningen sker genom proteolytisk klyvning av peptidbindningar i proteosomkomplex. Degradering av protein i lysosomala vesiklar sker nästan enbart av proteiner som tagits upp genom endocytos via cellmembranet. Proteinmetabolismen konvergerar även med glukosmetabolismen i citronsyracykeln då

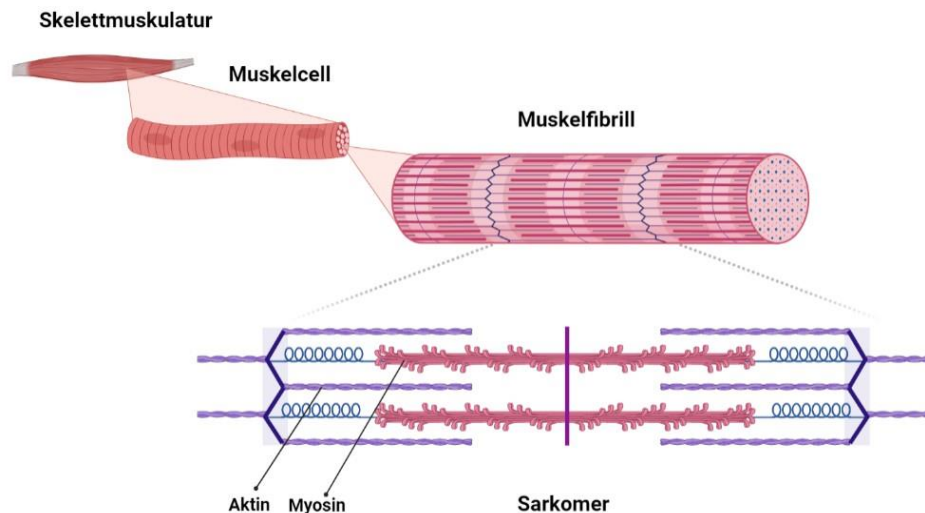
aminosyror är viktiga faktorer i att driva processen. Aminosyror, eller delar av aminosyror, omvandlas då till viktiga molekyler som transporteras in i mitokondrien för att hålla igång citronsyracykeln som är ett viktigt steg i cellandningen.



Figur 1. Proteinkodande mRNA bildas från DNA och utgör mallen för i vilken ordning aminosyrorna ska bygga upp proteiner. I cellens ribosomer syntetiseras protein. Nukleotiderna A, U, C, G i mRNA kodar för specifika aminosyror. Figuren är skapad i Biorender.

Muskeluppbyggnad

En muskelcell är uppbyggd av muskelfibriller som i sin tur består av myofilament (Miesfeld & McEvoy 2021). Dessa myofilament har de två beståndsdelarna aktinfilament och myosinfilament, vilka ger upphov till muskulära rörelser (Figur 2). Genom att aktinet kan dras in och ut mellan myosinet i så kallade sarkomerer så leder detta till att fibrillerna förkortas respektive förlängs vilket ger upphov till rörelsen. Eftersom både aktin och myosin är proteiner så krävs det aminosyror för att bygga upp dem. Det är således viktigt att få i sig tillräckligt med protein via kosten som kan brytas ner till aminosyror för att bygga upp dessa muskelceller. Anledningen till att ett ökat proteinintag efter träning kan öka prestationsmöjligheterna beror på att det främjar en högre muskelproteinsyntes samt ommodellering av skelettmuskulatur (Kato et al., 2016, p. 11; Rowlands and Wadsworth, 2011, p. 50). Under träningsdagar när atleter har en större träningsvolym så kan proteinbehovet därmed vara lite högre än under dagar med lägre träningsvolym (Kato et al. 2016 s. 11).



Figur 2. Skelettmuskulatur består av muskelceller som är uppbyggda av aktinfilament och myosinfilament. Figuren är skapad i Biorender.

Muskelledbrytning och biokemiska stressmarkörer

Fysisk belastning skapar stress för muskelcellerna som leder till mikroskopiska muskelskador (Miesfeld & McEvoy 2021). Skadade celler frisätter då molekyler som kallas biokemiska stressmarkörer (Huang *et al.* 2017, Miesfeld & McEvoy 2021). Dessa stressmarkörer består av olika molekyler som har till uppgift att reducera muskelskadorna. Ett exempel på en stressmarkör är cytokin som är en liten molekyl som aktiverar immunsystemet för att reparera muskelskadorna. Andra exempel på stressmarkörer är kortisol vars koncentrationer ökar under träning för att producera energi i form av glukos, samt enzymet kreatinkinase som aktiverar ATP-omsättningen i kontraherande skelettmuskler. Under kraftig fysisk belastning ändras cellmembranens permeabilitet på grund av ett ökat tryck, vilket gör att flera olika enzymer läcker ut från cellen. Koncentrationen av dessa enzymer kan mätas och de används som biokemiska stressmarkörer eftersom de reflekterar träningsinducerad muskelskada. Som ett svar på den träningsinducerade stressen så bryts en del av muskelcellerna ner. När kroppen åter är i vila så ersätts förbrukade muskelceller och dessutom skapas ännu fler nya muskelceller. Detta för att kroppen är anpassad till ett jägar-samlar-liv där fysisk belastning hänger samman med att söka efter mat alternativt klara sig från fara (Hansen 2016). Kroppen kompenserar träningsinducerad cellnedbrytning med att producera ännu fler muskelceller. Det förbättrar överlevnadschanserna under perioder när fysisk styrka och uthållighet främjar överlevnaden.

Fysisk belastning ökar kroppens energiomsättning

För att kunna maximera sin uthållighetsprestation behöver atleter kunna ersätta använd energi (Wooding *et al.* 2017, Röhling *et al.* 2021). Det sker genom att kroppen producerar nytt ATP i en process som bland annat kräver protein. Atleter behöver även tillgodose kroppen med en tillräcklig mängd nya aminosyror för att musklerna ska kunna regenereras på ett optimalt sätt, vilket resulterar i att proteinintaget blir delvis avgörande för hur kroppen svarar på träningsinsatsen (Kato *et al.* 2016, Wooding *et al.* 2017, Röhling *et al.* 2021). Beroende på träningsintensitet och träningsform har dock atleter olika nutritionella behov (Röhling *et al.* 2021). Vid intag av föda så spjälkas kolhydrater ner till glukosmolekyler och olika typer av fetter spjälkas ner till fettsyror (Miesfeld & McEvoy 2021). Både aminosyror, glukos och fettsyror används i kroppens metabolism där den kemiska energin kan omvandlas till ATP, kroppens så kallade energivaluta. Från ATP kan energin sedan omvandlas till ett mekaniskt arbete, bland annat genom mekanisk rörelse i muskelcellerna. Om kroppen har slut på sina

energi-lager och inte får tillräckligt med näring, så hamnar den i ett så kallat svälttillstånd. Vid detta tillstånd så kan skelettmuskelceller brytas ner för att kroppen ska komma åt aminosyror som kan gå in i metabolismen. För atleter är det viktigt att inte hamna i detta tillstånd eftersom de vill bibehålla maximala muskelförhållanden. Under träning ökar kroppens energiomsättning betydligt, framförallt tack vare skelettmuskulaturens högre ATP-omsättning i skelettmuskelcellernas mitokondrier (Rose & Richter 2009, Miesfeld & McEvoy 2021). Då flera molekyler som ingår i ATP-produktionen, så som olika typer av enzym, är proteiner krävs aminosyror även för uppbyggnad av dessa (Miesfeld & McEvoy 2021). I kontrast till proteinintaget så finns det en mer robust och samstämmigt dokumenterad effekt av hur ett högt kolhydratintag ökar uthållighetsprestationen (Witard *et al.* 2011, Röhling *et al.* 2021). Det är därmed väletablerat att kolhydrater är en viktig energikälla för atleter som vill maximera sin uthållighetsprestation (Witard *et al.* 2011, Methenitis *et al.* 2021). Men för en optimal muskeluppbyggnad efter träning så behöver atleter även maximera musklernas proteinsyntes (Wooding *et al.* 2017). Intaget av essentiella aminosyror har ett direkt samband med muskelproteinsyntes vid styrketräning, men det finns inga tydliga bevis på att proteinintaget har ett direkt samband med förbättrad uthållighetsförmåga (Doering *et al.* 2017, Röhling *et al.* 2021). Studier på män visar att protein som intas tillsammans med kolhydrater i form av sportdryck efter träning leder till förbättrad uthållighetsförmåga, men det finns även motstridiga resultat (Rowlands & Wadsworth 2011). Ett otillräckligt proteinintag har istället tydligt kopplats samman med sämre uthållighetsprestation, ökade muskelskador samt hälsoproblem (Methenitis *et al.* 2021).

Analys

Denna litteraturstudie avser att ta reda på hur mycket protein en individ behöver tillgodose sig för att kunna maximera sin fysiska uthållighetsförmåga. Ett flertal originalartiklar väljs ut med avseende på proteinintag i relation till fysisk uthållighetsförmåga. Näringsstudier för atleter riktar sig primärt mot två huvudgrupper av idrotter, nämligen uthållighetsträning och styrketräning (Wooding *et al.* 2017). För denna litteraturstudie är det näringsstudier mot uthållighetsträning som är av intresse. Samtliga originalartiklar som används är peer reviewed för att upprätthålla en önskad nivå av tillförlitlighet. Artiklarna väljs ut efter citering, tillgänglighet samt med ett ökat fokus på forskning med kvinnliga deltagare för att försöka göra en litteraturstudie relevant för både kvinnor och män. Detta då det återfinns ett betydande större antal originalartiklar över studier gjorda med män som studiedeltagare än med kvinnor som studiedeltagare.

Hur protein förbättrar atletes fysiska prestation

Fysisk aktivitet stimulerar musklernas proteinanabolism vilket leder till förändringar i skelettmuskulaturen eftersom delar av cellerna bryts ner (Koopman & van Loon 2009). Att proteinsyntesen ökar kan mätas genom en ökning av syntetiseringsmarkörer såsom transkriptions- och translationsfaktorer. Det finns flera föreslagna teorier kring varför ett extra proteinintag efter ett träningspass skulle förbättra atletes återhämtning. Ett ökat proteinintag verkar öka mängden av skadeförebyggande ämnen i kroppen (Witard *et al.* 2011). Det verkar även förbättra balansen mellan syntetisering och nedbrytning av protein. När kroppen bildar mer protein än vad som bryts ner så förstärks musklerna. Därtill är aminosyror viktiga för kroppens glukosbildning. Om mer glukos bildas har kroppen mer energi att använda sig av, vilket kan bidra till förbättrad fysisk prestation. Protein krävs slutligen för skelettmuskulaturens aktivitet (Rowlands & Wadsworth 2011, Kato *et al.* 2016, Wooding *et al.* 2017). Under fysisk ansträngning oxideras aminosyror genom muskelcellernas metabolism för att musklerna ska kunna utföra ett arbete. Efter träning behövs protein för att ersätta de

aminosyror som brutits ned under träningen. Myofibrillprotein som bygger upp muskler ska alltså återuppbyggas, vilket kräver att tillräckligt mycket nya byggstenar (dvs aminosyror) finns att tillgå. Atleter som vill maximera sin fysiska prestation önskar även att proteinsyntesen hålls ”net-positiv”, vilket innebär att proteinsyntesen leder till en uppbyggnad av en större muskelmassa (till skillnad mot nedbrytning = ”net negative”) (Koopman & van Loon 2009).

Genusanalys

Nutritionstudier av fysisk prestationsförmåga är främst gjorda med manliga studiedeltagare (Rowlands & Wadsworth 2011, Gui *et al.* 2017, Wooding *et al.* 2017). Vid sekelskiftet publicerades studier som jämförde proteinmetabolism mellan kvinnor och män (Rowlands & Wadsworth 2011). Från jämförelsen räknades det fram att kvinnliga atleter sannolikt behöver 15–25% mindre protein än män i motsvarande träningssituation. Dock så dröjde det länge innan nutritionstudier med kvinnliga studiedeltagare utfördes i relation till uthållighetsträning. Bristen på information om kvinnors proteinbehov skapar ett tydligt problem då proteinrekommendationer inte skildrar eventuella könsbaserade skillnader. Det är oroväckande då det finns tydliga tendenser till att kvinnliga idrottare äter mindre protein i relation till sin kroppsmassa än vad män gör som är i motsvarande träningssituation. Detta pga att det inte är klart vilken proteinmängd som behövs för kvinnliga atleter för att de ska kunna minimera skade- och hälsorisker. Studier om proteinbehov för kvinnliga idrottare uteblev helt ur forskning fram till 2017 då den första studien som inriktade sig på kvinnliga idrottare publicerades (Wooding *et al.* 2017). Det har sedan dess etablerats att det finns könsbaserade skillnader när det kommer till metabolism under uthållighetsträning (Rowlands & Wadsworth 2011, Gui *et al.* 2017). Skillnader mellan könen som kan påverka proteinmetabolismen är bland annat cirkulerande hormoner (Rowlands & Wadsworth 2011). Kvinnor oxiderar generellt en lägre andel av både kolhydrater och protein än män (Gui *et al.* 2017). Det finns ett särskilt fokus på den grenade aminosyran leucin som kvinnor oxiderar mindre av under uthållighetsträning än män (Rowlands & Wadsworth 2011, Gui *et al.* 2017). Därtill oxiderar kvinnor 70% mer lipider än män under träning (Rowlands & Wadsworth 2011). Det finns även bevis för att män svarar starkare på förändrade kostvanor, till exempel olika former av kosttillskott, än vad kvinnor gör. Till exempel ett kolhydrattillskott som ökar den fysiska prestationen hos manliga studiedeltagare ökar i mindre utsträckning alternativt uteblir hos kvinnliga studiedeltagare. Män verkar alltså vara mer beroende av kolhydrat- och proteinkällor under uthållighetsträning än vad kvinnor är (Gui *et al.* 2017).

Naturliga hormonfluktuationer påverkar proteinkänsligheten

Hos kvinnliga atleter förändras kroppens hormonnivåer under olika perioder i menstruationscykeln (Wooding *et al.* 2017). Förenklat kan menstruationscykeln delas upp i två faser; follikelfasen - tiden cirka två veckor innan ägglossning, vilket inkluderar menstruation, och lutealfasen - tiden cirka två veckor efter ägglossning. Mängden cirkulerande progesteron är lägre under follikelfas och blir som högst under lutealfas (Wooding *et al.* 2017). Koncentrationen av östrogen är som högst vid ägglossning, men är precis som progesteron betydligt högre under lutealfas än under follikelfas. I analyserade studier med enbart kvinnliga deltagare så har studiedeltagarna en regelbunden menscykel (Rowlands & Wadsworth 2011, Wooding *et al.* 2017). För att skillnader i kroppens hormonkoncentrationer inte ska påverka studiens resultat så är det bra om samtliga studiedeltagare genomför studien när de är i samma del av menstruationsfasen.

Menscykelns hormonella fluktuationer kan påverka proteinmetabolismen (Rowlands & Wadsworth 2011, Wooding *et al.* 2017). Ökade östrogenkoncentrationer verkar minska

proteinbehovet och motsatt så verkar minskade östrogenkoncentrationer öka proteinbehovet. Detta kan bero på att hormonet påverkar muskelceller på flera olika sätt. Östrogen motverkar nämligen oxidation och verkar även anti-inflammatoriskt (Rowlands & Wadsworth 2011, Kato *et al.* 2016). Därtill har det ytterligare en skyddande roll för kroppens muskelmassa då det även verkar membranstabiliserande. Östrogenets skyddande effekt bidrar till att träning leder till färre muskulära membranskador hos kvinnor än hos män (Rowlands & Wadsworth 2011). En sekundär effekt av kvinnornas högre östrogennivåer kan vara att aktiviteten hos kreatinkinas under högt proteinintag är lägre hos kvinnliga än hos manliga atleter. Kreatinkinas är viktiga enzym för muskelcellers energiomsättning. Studier har visat att det finns nutritionsbaserade skillnader i aktiviteten hos kreatinkinas mellan kvinnor och män. Aktiviteten hos kreatinkinas förändras inte hos kvinnor vid jämförelse mellan ett högt respektive lågt proteinintag. Däremot ökar enzymets aktivitet hos män något med ett ökat proteinintag. Förutom den minskade aktiviteten hos kreatinkinas så har kvinnor även tack vare sina, generellt sett, högre östrogenkoncentrationer en mer mättad myocellulär-respons än män. Det innebär att kvinnor snabbare når kroppens maximala proteinintag för förbättrad träningseffekt än vad män gör. Ovan nämnda faktorer kan vara några av anledningarna till att ett ökat proteinintag ger olika stort genomslag på uthållighetsprestationen hos kvinnor respektive män. Eftersom menscykelns hormonella fluktuationer verkar påverka proteinmetabolismen kan det krävas ett förändrat proteinintag under menscykelns gång. Kvinnor i lutealfas har bevisats vara mindre beroende av kolhydratkällor som bränsle till uthållighetsträning jämfört med kvinnor i follikelfas (Gui *et al.* 2017 s. 2). Likaså verkar kvinnor i lutealfas i menscykeln, baserat på de fluktuerande östrogenkoncentrationerna, vara mindre beroende av proteinkällor som bränsle till uthållighetsträning jämfört med kvinnor i follikelfas. Under lutealfasen ökar dock även hormonet progesteron som, i motsats till östrogen, ökar proteinmetabolismen (Rowlands & Wadsworth 2011). Det blir med andra ord viktigt att fastställa hur de fluktuerande hormonkoncentrationerna tillsammans påverkar proteinmetabolismen. Hormonernas inverkan visar på vikten av att standardisera menstruell status när metaboliska studier görs i förhållande till uthållighetsträning. Det är även viktigt att poängtera att metaboliska skillnaderna är små mellan kvinnor i olika hormonella faser jämfört med de hormonbaserade metaboliska skillnaderna mellan män och kvinnor.

Proteinkälla varierar mellan olika studier

Studierna som diskuteras i denna uppsats utfördes med proteintillskott baserat på animaliskt protein, alternativt en blandning av vegetabiliskt och animaliskt protein (se Tabell 1). Det finns dock ingen tydlig koppling mellan prestationsresultat och proteinkälla. Tidigare studier har fokuserat på eventuella skillnaden mellan animaliskt protein och vegetabiliskt protein i avseendet på hur lättillgängliga aminosyror i respektive produkt är att ta upp för den mänskliga kroppen. Den metaboliska tillgängligheten för kasein är 87% i jämförelse med tillgängligheten för aminosyror från sojabönor som är 72% (Elango *et al.* 2009). Det indikerar att det krävs ett något högre intag av vegetabiliskt protein i jämförelse med animaliskt protein för att tillgodose kroppen med samma mängd upptagbara aminosyror.

Proteinintagets påverkan på atleters uthållighetsprestation

Protein har en väldokumenterad effekt som skydd mot träningsinducerad muskelskada (Methenitis *et al.* 2021). Trots det så har få empiriska studier utförts på hur atleters uthållighetsprestation påverkas av deras proteinkonsumtion. Men nedan kommer övergripande ett antal genomförda empiriska studier med fokus på uthållighetsprestation diskuteras och jämföras. Den rekommenderade proteinmängd som bör intas av atleter som vill maximera sin uthållighetsträning uppges i Tabell 1. Trots att fler artiklar än de som presenteras i Tabell 1 har undersökt proteinets påverkar på uthållighetsträning och därför

ingår i denna litteraturstudie saknar dessa specifika rekommenderade proteinmängder för atleter. Ett medelvärde har dock beräknats baserat på dessa studier. I denna process exkluderades värdet från Witard et al. (2011) av två skäl, dels nämner inte rapporten ifall cyklister som deltar är män eller kvinnor, vilket visar sig påverka mängden protein som behövs för en maximal uthållighetsprestation. Därtill genomförs studien med ett för lågt kolhydratintag för deltagarna vilket gör att det uppskattade proteinintaget på 3g/kg/dag sannolikt ligger för högt (Witard *et al.* 2011).

Tabell 1. Uppskattat proteinbehov för maximal uthållighetsprestation

Studie	Träningsform	Kvinnliga (K) eller Manliga (M) deltagare	Antal deltagare i studien	Ålder på deltagare (år)	Proteinkälla	Uppskattat proteinbehov (gram per kg kroppsvikt och dag)
Wooding et al. 2017	Varierad intensitet, gruppsport	K	6	21.2 ± 0.8	Animaliskt, äggprotein	1.41 - 1.71
Röhling et al. 2021	Distanslöpning	K / M	10 / 20	18 - 60	Vegetabiliskt, 83% soja & 17% mjölkprotein	1.4 - 1.6
Rowlands och Wadsworth. 2011	Cykling	K / M	12	30 ± 7	Blandning, Mjöl- och sojaprotein	1.28 / 1.98
Witard et al. 2011	Cykling	-	8	27 ± 8	Animaliskt, kaseinprotein	3
Kato et al. 2016	Distanslöpning	M	6	28 ± 4	Animaliskt, äggprotein	1.65 - 1.83
Medelvärde Kvinnor						1.45
Medelvärde Män						1.74

Ett ökat proteinintag minskar träningsinducerade stressmarkörer

I en studie så tränar studiedeltagarna under tre månader för ett maraton (Röhling *et al.* 2021). Under dessa månader så är de uppdelade i två grupper, en kontrollgrupp och en proteintillskottsgrupp. Samtliga deltagare oberoende av grupp för dagbok över sina måltider för att proteinintaget ska kunna dokumenteras och jämföras. Kontrollgruppen äter sina vanliga måltider medan proteintillskottsgruppen utöver sin vanliga kost dagligen även intar ett proteintillskott. Proteinintaget blir signifikant högre hos proteintillskottsgruppen jämfört med kontrollgruppen. Olika parametrar i relation till uthållighetsprestation mäts i början och slutet av studieperioden samt på maratondagen både inför och efter loppet. Syreupptagningsförmågan visar sig öka med ca 3% hos tillskottsgruppen jämfört med kontrollgruppen, vilket visar på en signifikant skillnad i lungkapacitet mellan studiedeltagarna i de två grupperna. I studien mäts även stressmarkörer för muskelskada och inflammatoriska processer. Stressmarkörerna förändras inte under de tre månader som deltagarna tränar inför ett maraton. Dock uppstod skillnader under dagen då ett maratonlopp genomförs. Vid detta tillfälle observerades att högre proteinintag under en längre tid reducerar nivåerna av akuta träningsinducerade stressmarkörer. Med andra ord så klarar sig kroppen bättre efter påfrestningen av ett maratonlopp då rikligt med protein tillfördes kontinuerligt under en längre tid innan den fysiska ansträngningen. Även i andra studier indikerar förekomsten av stressmarkörer på en korrelation mellan ett ökat proteinintag och minskade muskelskador (Rowlands & Wadsworth 2011, Huang *et al.* 2017). Det är därmed tydligt att en kontinuerligt

högre proteintillförsel under en längre tid främjar försvaret mot träningsinducerade belastningsskador.

Högproteindiet ger motstridiga resultat gällande uthållighetsprestationen

Flera studieresultat visar att ett ökat proteinintag ger en förbättrad uthållighetsprestation (Kato *et al.* 2016, Huang *et al.* 2017, Methenitis *et al.* 2021). Ett ökat proteinintag kan alltså både ha en positiv inverkan på tävlingsprestationen och reducera risken för muskelskador (Methenitis *et al.* 2021). En forskningsartikel argumenterar baserat på sina forskningsresultat att ett ökat proteinintag kan ha en 30% förbättrande effekt på uthållighetsförmågan hos cyklister (Witard *et al.* 2011 s. 605). Dock har studiedeltagarna ett lågt kolhydratintag som resulterar i otillräckliga energidepåer. Energibristen hos kontrollgruppen är i sin tur sannolikt en faktor som bidrar till den förbättrade prestationen hos proteingruppen jämfört med kontrollgruppen. Flera andra studieresultat visar dock att ett högt proteinintag inte ger några signifikanta prestationsfördelar jämfört med ett lågt proteinintag (Rowlands & Wadsworth 2011, Gui *et al.* 2017, Doering *et al.* 2017, Röhling *et al.* 2021). I tillägg till de motstridiga resultaten av proteintillskott i relation till uthållighetsträning uppkommer även könsbaserade resultatskillnader. I en studie jämför forskarna sina resultat från studien som baseras på kvinnliga deltagare med en tidigare gjord studie baserad på manliga deltagare (Rowlands & Wadsworth 2011). Då samma forskare utfört respektive studie med liknande tillvägagångssätt så kan de jämföra proteinintagets påverkan på uthållighetsprestationen hos kvinnliga atleter jämfört med manliga atleter. Jämförelsen visar att musklerna i uthållighetstränade män svarar tydligare med förbättrad kapacitet på ökade proteinkvantiteter. Det innebär att proteintillskott förbättrar manliga atleters uthållighetsprestation i en större utsträckning än det förbättrar kvinnliga atleters uthållighetsprestation.

Positiva psykologiska effekter av en högproteindiet

Förutom det fysiska välbefinnandet så undersöks även det psykiska välbefinnandet i ett flertal studier (Witard *et al.* 2011, Huang *et al.* 2017, Gui *et al.* 2017, Doering *et al.* 2017). En ökad proteindiet minskar psykologiska stresssymptom och främjar välbefinnandet (Witard *et al.* 2011, Huang *et al.* 2017, Doering *et al.* 2017). Detta mäts genom att deltagarna antecknar sitt upplevda humör, trötthet samt sin upplevda stressnivå i en dagbok. Den upplevda tröttheten efter träningspass, framför allt under flera dagar med intensiv träning, förbättras i tre av fyra studier med ett ökat proteinintag. Det är dock värt att notera att resultaten gällande de psykologiska effekterna av högproteindiet inte är helt samstämmiga. En av de fyra studierna visar nämligen inte på tydligt förbättrade psykologiska effekter av ett ökat proteinintag (Gui *et al.* 2017). Men att tre av fyra studier visar signifikant positiva resultat indikerar på att proteinintaget sannolikt påverkar även det fysiska välbefinnandet.

Sammanfattning av resultat

Alla analyserade studier visar enhälligt att idrottare, kvinnliga så väl som manliga, har ett ökat proteinbehov jämfört med icke-aktiva människor. Proteinbehovet uppskattas vara 50% större hos uthållighetsidrottare jämfört med stillasittande individer (Wooding *et al.* 2017). Ett ökat proteinintag visar inte systematiskt öka en atlets uthållighetsprestation. Däremot finns det en samstämmighet kring att ett ökat proteinintag reducerar stressmarkörer vid en hög fysisk belastning. Proteinmängden påverkar prestationsmöjligheten sett under en längre tid och reducerar skaderisken, vilket bör vara essentiellt för atleter vars träningsmöjligheter minimeras vid skada. Därtill tyder dess studier på att humöret efter fysisk ansträngning förbättras med ett ökat proteinintag. Högproteindiets humörfrämjande effekt är en viktig upptäckt eftersom det påverkar atleters välbefinnande. Enligt Tabell 1 är det rekommenderade proteinintaget 1,45g/kg/d för kvinnliga atleter och 1,74g/kg/d för manliga atleter. Båda

värdena är inom spannet som folkhälsomyndigheten rekommenderar för elitidrottare; 1,4–1,8g/kg/d. Det är dock av vikt att belysa eventuella könsbaserade skillnader, vilket folkhälsomyndigheten valt att inte göra.

Kolhydrater påverkar den fysiska prestationen mer än protein

Enligt studier på skillnader mellan hög-kolhydrat och hög-protein dieter hos cyklister (ospecificerat kön) bidrar ett ökat kolhydratintag, snarare än ett ökat proteinintag, förbättra uthållighetsprestationen (Macdermid & Stannard 2006). I en annan jämförelsestudie får långdistanslöpare inta en dryck som antingen innehåller kolhydrater, protein och kolhydrater eller placebo (Gui *et al.* 2017). Ett extra kolhydratintag under löpningen förbättrar signifikant prestationen medan endast det tillsatta proteinet inte ger ett signifikant förbättrat resultat. Det verkar därmed som att kolhydrater har en större inverkan på atletes uthållighetsprestation än vad protein har. Trots att kolhydrater är den primära energikällan under hög-intensitetsträning kan även 5-10% av energin utgöras av aminosyror under längre träningsperioder (Wooding *et al.* 2017). Proteinintaget är oerhört viktigt för att tillgodose kroppen med aminosyror och förblir delvis avgörande för hur kroppen svarar på träningsinsatsen (Kato *et al.* 2016, Wooding *et al.* 2017, Röhling *et al.* 2021).

Diskussion

Genom den ökade allmänkunskapen om de positiva hälsoeffekterna av uthållighetsträning så ökar antalet motionerande individer. För att individer ska ges möjlighet att öka sina fysiska uthållighetsprestationer så är nutritionell kunskap viktigt. Denna litteraturstudie undersöker hur proteinkonsumtion påverkar den fysiska uthållighetsförmågan hos atleter med förhoppningen att kunna hjälpa alla träningsintresserade individer. Då protein är en av huvudbeståndsdelarna i människans diet är det viktigt att vid ökad fysisk ansträngning även öka proteinintaget. Det är tydligt att kvinnliga såväl som manliga idrottare har ett ökat proteinbehov jämfört med icke-aktiva människor. Då allt fler individer vill träna för att bibehålla en god hälsa är detta viktigt att ha i åtanke även för tränande amatörer. Men resultaten är motstridiga gällande ifall ett ökat proteinintag i form av tillskottsprotein faktiskt ökar uthållighetsprestationen. I vissa studier ger ett ökat proteinintag en förbättrad uthållighetsprestation medan i andra presenteras inga signifikanta skillnader. En samstämmighet finns däremot gällande att ett ökat proteinintag minskar träningsinducerade stressmarkörer i kroppen. Ett ökat proteinintag verkar därmed vara viktigt för att upprätthålla en intensiv träningsnivå över en längre tid samt för att reducera risken för muskelskada.

Det är viktigt att betona att det krävs ett större forskningsunderlag gällande proteinintagets effekt på atletes uthållighetsprestation. Det finns mycket forskningsbevis för att protein via kosten krävs för att ersätta oxidativa förluster och återuppbygga muskelprotein efter träning, men hur uthållighetsträning påverkas av proteinintaget måste studeras systematiskt genom empiriska studier, gärna med ett ökat fokus på kvinnliga studiedeltagare. Ett återkommande tema i flera studier är bristen på forskningsresultat baserade på kvinnliga atleter. Presenterad empiri visar att de metaboliska behoven mellan kvinnor och män kan skilja sig åt (Rowlands & Wadsworth 2011, Gui *et al.* 2017). Kvinnliga atleter behöver äta betydligt mer protein per kilogram kroppsvikt än det rekommenderade dagliga intaget för stillasittande individer. Men de behöver inte nödvändigtvis samma proteinintag som manliga atleter i motsvarande träningsituation. Män kan vara mer beroende av både protein och kolhydrater, sett till gram näringsämne per kilogram kroppsvikt, under uthållighetsträning än vad kvinnor är (Rowlands & Wadsworth 2011). Fler forskningsstudier behövs framöver som fokuserar på kvinnliga atletes proteinmetabolism i förhållande till uthållighetsträning. Eftersom majoriteten av all

forskning på kostprotein i förhållande till uthållighetsträning gjorts på manliga studiedeltagare så finns det en rejäl ojämlik kunskapsklyfta mellan kvinnliga och manliga atleter. För att atleter ska kunna arbeta under mer rättvisa förhållanden krävs det att forskning baserad på kvinnliga studiedeltagare främjas framför forskning baserad på manliga studiedeltagare. Forskning baserad på kvinnliga studiedeltagare krävs för att fylla i existerande kunskapsluckor om proteinmetabolism i kvinnliga kroppar. Det är även av intresse att utveckla kunskapen kring hur metabolismen förändras under menstruationscykeln för att kvinnliga atleter ska kunna anpassa sin kost för en optimal uthållighetsprestation.

Anmärkningsvärt är att Witard et al. (2011) inte uppger huruvida studiedeltagare var av kvinnligt eller manligt kön. Detta kan kritiseras i ljuset av att övriga studier visar på könsberoende skillnader i proteinbehov, vilket därför leder till att studieresultatet måste ifrågasättas. Därtill tilldelades studiedeltagarna i kontrollgruppen ett lägre kolhydratintag än vad som anses tillförlitligt för studiens syfte, vilket sannolikt bidrog till en ökad förbättrad prestation hos proteintillskottsgruppen jämfört med kontrollgruppen. Därav lär deras uppskattade proteinintag på 3g/kg/d ligga för högt, vilket ledde till att det exkluderades i beräkningen av medelvärdet för rekommenderat proteinintag.

Det finns även åldersrelaterade förändringar i proteinmetabolismen, vilka underrepresenteras i allmänna rekommendationer såväl som i forskningsstudier (Doering et al. 2017, Methenitis et al. 2021). Åldersrelaterade skillnader i återhämtning efter träning har rapporterats. Yngre atleter har en snabbare uppbyggnad och ommodellering av muskler efter träningsinducerad nedbrytning än seniora atleter har (Doering et al. 2017). Dessa skillnader leder till att ett ökat proteinbehov krävs för att senioratleter ska bibehålla sin muskelproteinsyntes (Methenitis et al. 2021). De måste justera sitt proteinbehov såväl som sitt kolhydratintag för att maximera sin uthållighetsprestation samt för att minimera skaderisken vid uthållighetsträning.

Vid sidan av proteinet så utgör kolhydrater en viktig energikälla för atleter som vill maximera sin uthållighetsprestation. När protein respektive kolhydrater jämförs så verkar ett ökat kolhydratintag förbättra den fysiska uthållighetsprestationen mer än ett ökat proteinintag. Kolhydrater verkar med andra ord förbli det viktigaste näringsämnet för atleter för en maximal fysisk uthållighetsprestation. Men trots det är proteinintaget av stor relevans för idrottare. Hård träning innebär ett ökat proteinbehov för att musklerna ska återhämta sig samt för att minska skaderisken.

Det återfinns ingen tydlig koppling mellan prestationsresultat och proteinkälla hos de undersökta studierna (Tabell 1). Det finns dock i annan forskning indikationer på att det krävs ett något högre intag av vegetabiliskt protein i jämförelse med animaliskt protein för att tillgodose kroppens behov. Vegetabiliskt respektive animaliskt protein kan innehålla aminosyror som är olika lätt för kroppen att ta upp. Det skulle i sin tur påverka hur effektivt de olika proteinkällorna kan användas för proteinsyntes i kroppens muskelceller. Ett förslag för framtida studier är huruvida atleters uthållighetsförmåga påverkas ifall proteinintaget baseras på vegetabiliskt protein alternativt animaliskt protein.

Den proteinmängd som bör intas av atleter som vill maximera sin uthållighetsprestation är 1,45g/kg/d för kvinnliga atleter och 1,74g/kg/d för manliga atleter. Trots att dessa värden är inom folkhälsomyndighetens rekommendation för elitidrottare (1,4–1,8g/kg/d) är det av intresse att erfara huruvida denna rekommendation tagit hänsyn till könsbaserade skillnader. Eftersom en majoritet av de studier på nutrition och uthållighetsträning som analyserats i denna uppsats är på manliga testdeltagare är det troligt att Livsmedelsverkets beslutsunderlag

till största del baserats på män. Det hade därför varit av intresse att omnämna detta i deras rekommendationer, alternativt att anpassa rekommendationerna.

Tack

Under litteraturstudiens framväxt har tre personer bidragit extra mycket genom att läsa igenom texten och ge mig nya infallsvinklar. Dessa personer är min handledare Anna Sundborger-Lunna samt mina medstudenter Elinore Rystedt och Vittoria Di Luca. Jag vill rikta er ett stort tack för att ni har varit med mig på min resa med detta arbete. Jag vill även lyfta fram ett tack till min make Patrik Wild för att med ett gott familjesamarbete möjliggjort tillräckligt med tid för att skriva denna litteraturstudie.

Referenser

- Anders Hansen. Hjärnstark. 2016. Hur motion och träning stärker din hjärna. Bonnierförlagen, Stockholm.
- Doering TM, Reaburn PR, Borges NR, Cox GR, Jenkins DG. 2017. The Effect of Higher Than Recommended Protein Feedings Post-Exercise on Recovery Following Downhill Running in Masters Triathletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 27: 76–82.
- Elango R, Ball RO, Pencharz PB. 2009. Amino acid requirements in humans: with a special emphasis on the metabolic availability of amino acids. *Amino Acids* 37: 19–27.
- Gui Z, Sun F, Si G, Chen Y. 2017. Effect of protein and carbohydrate solutions on running performance and cognitive function in female recreational runners. *PLoS ONE* 12: e0185982.
- Huang W-C, Chang Y-C, Chen Y-M, Hsu Y-J, Huang C-C, Kan N-W, Chen S-S. 2017. Whey Protein Improves Marathon-Induced Injury and Exercise Performance in Elite Track Runners. *International Journal of Medical Sciences* 14: 648–654.
- Kato H, Suzuki K, Bannai M, Moore DR. 2016. Protein Requirements Are Elevated in Endurance Athletes after Exercise as Determined by the Indicator Amino Acid Oxidation Method. *PLoS ONE* 11: e0157406.
- Koopman R, van Loon LJC. 2009. Aging, exercise, and muscle protein metabolism. *Journal of applied physiology* (1985) 106: 2040–2048.
- Macdermid PW, Stannard SR. 2006. A Whey-Supplemented, High-Protein Diet versus a High-Carbohydrate Diet: Effects on Endurance Cycling Performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 16: 65–77.
- Methenitis S, Mouratidis A, Manga K, Chalari E, Feidantsis K, Arnaoutis G, Arailoudi-Alexiadou X, Skepastianos P, Hatzitolios A, Mourouglakis A, Kaprara A, Hassapidou M, Papadopoulou SK. 2021. The importance of protein intake in master marathon runners. *Nutrition* 86: 111154.

- Miesfeld RL, McEvoy MM. 2021. Biochemistry., Second edition. International student edition. W. W. Norton & Company
- Rose AJ, Richter EA. 2009. Regulatory mechanisms of skeletal muscle protein turnover during exercise. *Journal of Applied Physiology* 106: 1702–1711.
- Rowlands DS, Wadsworth DP. 2011. Effect of High-Protein Feeding on Performance and Nitrogen Balance in Female Cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 43: 44–53.
- Röhling M, McCarthy D, Berg A. 2021. Continuous Protein Supplementation Reduces Acute Exercise-Induced Stress Markers in Athletes Performing Marathon. *Nutrients* 13: 2929.
- Witard OC, Jackman SR, Kies AK, Jeukendrup AE, Tipton KD. 2011. Effect of Increased Dietary Protein on Tolerance to Intensified Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 43: 598–607.
- Wooding DJ, Packer JE, Kato H, West DWD, Courtney-Martin G, Pencharz PB, Moore DR. 2017. Increased Protein Requirements in Female Athletes after Variable-Intensity Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 49: 2297–2304.

Ett ökat proteinintag kan förbättra en atlets uthållighetsprestation: Etisk bilaga

Erica Wild

Självständigt arbete i biologi 2021

Är vegetabiliskt protein mer etiskt försvarbart än animaliskt protein?

Denna etikbilaga avser att behandla ett etiskt dilemma i relation till en litteraturstudie som behandlar huruvida ett ökat proteinintag ökar atleters fysiska uthållighetsprestation. Ett forskningsfokus på en ökad proteinkonsumtion kan leda till ökad köttkonsumtion, vilket har en negativ påverkan på det globala klimatet (Le Mouël *et al.* 2019).

Idag sprids en opinion kring att vi människor har ett ansvar för vår miljöpåverkan.

Matindustrin, framför allt i väst, är en stor bidragande faktor till dagens koldioxidutsläpp (Vainio *et al.* 2018, Le Mouël *et al.* 2019). Det kan diskuteras ifall studier som tar sikte på extra matkonsumtion, och då särskilt på köttkonsumtion, verkligen är lämpliga. Om de ska skrivas så bör en diskussion om klimatsmart kosthållning inkluderas varför denna etikbilaga medföljer litteraturstudien.

Animaliskt protein kan vara att föredra enbart ur träningssynpunkt

Animaliskt protein och vegetabiliskt protein kan skilja sig i avseendet hur lättillgängliga aminosyror i respektive produkt är att ta upp för den mänskliga kroppen. Enligt Elango *et al.* (2009) så är den metaboliska tillgängligheten för kasein 87% i jämförelse med tillgängligheten för aminosyror från sojabönor som är 72%. Det skulle kunna tyda på att det krävs ett något högre intag av vegetabiliskt protein i jämförelse med animaliskt protein för att tillgodose kroppen med samma mängd upptagbara aminosyror. Det blir med andra ord enklare att få i sig viktiga aminosyror med en animalisk kosthållning. Då merparten av proteintillskott baseras på animaliskt protein så är det dessutom ekonomiskt billigare i dagsläget för atleter att använda sig av animaliskt protein.

Växtbaserat protein är att föredra ur ett etiskt perspektiv

Under det senaste århundrandet så har antalet människor mer än dubblats och samtidigt så har köttkonsumtionen per capita ökat med 75% (Le Mouël *et al.* 2019). Detta innebär att köttkonsumtionen globalt fyrdubblats, med stora konsekvenser för bland annat miljön. Av mängden globalt skördade grödor så går mer än hälften av proteinet till djuruppfödning för slakteri. Därtill används en fjärdedel av världens landareal som gräsland för boskapsdjur. Detta behöver förändras för att vi ska kunna bevara en beboelig jord för kommande generationer. Det behövs mer landareal till växtlighet för att motverka koldioxidutsläpp. Därtill behövs en minskad köttproduktion, med i förlängningen en minskad boskaphållning, för att koldioxidutsläppen i sig ska minska.

Den höga konsumtionen av animaliskt protein i höginkomstländer har medicinskt korrelerats med fetma, vissa cancertyper samt stroke och hjärt-kärlsjukdomar (Vainio *et al.* 2018, Le Mouël *et al.* 2019). Därför bör individen sträva efter en växtbaserad kosthållning. Dels för den egna hälsans skull, dels ur folkhälsosynpunkt för att främja en växtbaserad livsmedelsmarknad. Till exempel kan proteintillskott baserat på vegetabiliskt protein bli en växande marknad. Matproduktionen är ansvarig för upp till en tredjedel av globala utsläpp av växthusgaser. En växtbaserad diet skulle globalt halvera koldioxidutsläppen från den globala matproduktionen samt reducera mänsklig mortalitet med upp till 10% (Le Mouël *et al.* 2019).

Referenser

Elango R, Ball RO, Pencharz PB. 2009. Amino acid requirements in humans: with a special emphasis on the metabolic availability of amino acids. *Amino Acids* 37: 19–27.

Le Mouél C, Milford AB, Boudirsky BL, Rolinski S. 2019. Drivers of meat consumption. *Appetite* 141: In Press.

Vainio A, Irz X, Hartikainen H. 2018. How effective are messages and their characteristics in changing behavioural intentions to substitute plant-based foods for red meat? The mediating role of prior beliefs. *Appetite* 125: 217–224.