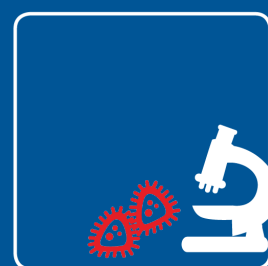


Søren Reiteleder:

Strategier til modvirkning af aldersrelateret tab af muskelmasse: effekt af øget proteinindtag og træning

Counteracting age-related loss of muscle mass



Slutrapport

for samarbejdsprojekter under Mejeribrugets ForskningsFond (MFF)

1. Projektets titel

Dansk: Strategier til modvirkning af aldersrelateret tab af muskelmasse: effekt af øget proteinindtag og træning

English: Counteracting age-related loss of muscle mass

2. Projektleder

Ph.d. Søren Reitelseder, postdoc, Institut for Idrætsmedicin, Bispebjerg Hospital, Nielsine Nielsens Vej 11, bygn. 8, 1. sal, 2400 København NV, telefon: 35 31 31 64, e-mail: s.reitelseder@gmail.com

3. Øvrige medarbejdere

Ph.d. Kenneth H. Mertz, postdoc, Institut for Idrætsmedicin, Bispebjerg Hospital, Nielsine Nielsens Vej 11, bygn. 8, 1. sal, 2400 København NV, telefon: 22 93 73 97, e-mail: kenneth.hudlebusch.mertz@regionh.dk

Ph.d. Lars Holm, professor, School of Sport, Exercise and Rehabilitation Sciences, University of Birmingham, Birmingham, UK, telefon: 53 60 31 80, e-mail: laho@teamdandmark.dk

4. Finansieringskilder

- UCPH 2016 Excellence program for interdisciplinær forskning
- Arla Foods Ingredients (AFI)
- Mælkeafgiftsfonden

5. Projektperiode

Projektperiode med MFF-finansiering: Januar 2015 – December 2017

Evt. revideret: Januar 2015 – efterår 2020, hvor primære resultater foreligger

Projektperiode i alt, hvis del af større projekt:

Evt. revideret:

6. Projektresumé

Dansk: Skeletmuskelmasse og -styrke aftager gradvist med stigende alder, startende omkring 50-års alderen. Dette tab er af afgørende betydning for risikoen for at miste evnen til at udføre dagligdagsaktiviteter, og dermed forblive selvhjulpne i den senere del af alderdommen. Tabet af muskelmasse og -styrke ser dog ud til at kunne mindskes gennem fysisk aktivitet samt en passende kost, hvor specielt proteinindtaget ser ud til at spille en rolle. Projektet havde derfor til overordnet formål at udvikle effektive og tålelige kost- og aktivitetsanbefalinger til at bevare muskelmasse, muskelstyrke, og muskelfunktion hos ældre.

Konkret undersøgte vi effekten af dagligt tilskud af vallehydrolysat alene eller kombineret med udførelse af let hjemmebaseret styrketræning, eller traditionel tung styrketræning over en 1-årig periode. 208 raske ældre deltog, og blev ved lodtrækning inddelt i én af fem grupper: 1) Kulhydrattilskud (2 x 30 g dagligt); 2) Kollagenbaseret proteintilskud (2x 20 g protein + 10 g kulhydrat); 3) Vallehydrolysattilskud (2 x 20 g protein + 10 g kulhydrat); 4) Let hjemmebaseret styrketræning 3-5 x ugentligt med vallehydrolysat tilskud 2x dagligt; 5) Tung, superviseret styrketræning 3 x ugentligt med vallehydrolysattilskud 2x dagligt. Det primære mål i projektet var at sammenligne ændringer i størrelsen af forlårsmuskulaturen, målt ved MR skanninger, mens muskelstyrke, funktionsniveau og kropssammensætning var sekundære mål.

Vi fandt, at proteintilskud alene ikke havde nogen målbar effekt på hverken muskelmasse, -styrke eller -funktion. Kombinationen af let hjemmebaseret styrketræning og vallehydrolysat havde heller ikke nogen effekt på muskelmassen, men så dog ud til at medføre en forbedret muskelstyrke. Kun kombinationen af tung superviseret styrketræning og vallehydrolysat havde en målbar effekt på både muskelmasse og -styrke. Det ser derfor ikke ud til at proteintilskud alene har gavnlig effekt på muskelmasse, muskelstyrke og muskelfunktion hos raske ældre. For bedst muligt at bevare muskelmasse og -styrke bør raske ældre deltage i styrketræning, hvor tung superviseret styrketræning er mest effektiv.

English: Skeletal muscle mass and strength decreases gradually with increasing age, starting around the age of 50 years. This age-related decrease increases the risk of losing the ability to perform activities of daily living, having major implications for the independency of the individual during the later stages of ageing. However, the age-related loss of muscle mass and strength can likely be counteracted by exercise and proper diet, with dietary protein intake likely being an essential dietary component. This project therefore had the overall aim of developing effective and feasible diet and exercise recommendations for counteracting age-related loss of muscle mass and strength in older adults.

We investigated the effects of daily supplementation of whey protein alone or combined with either light intensity, home-based training or supervised heavy resistance training over the course of a 1-year intervention. 208 healthy, older adults participated, and were randomized into one of five groups: 1) Carbohydrate supplementation (2 x 30 g daily); 2) Collagen-based protein supplementation (2 x 20 g protein + 10 g carbohydrate); 3) Whey protein supplementation (2 x 20 g + 10 g carbohydrate); 4) Light-intensity, home-based training 3-5 times weekly, with whey protein supplementation twice daily; 5) Supervised heavy resistance training 3 times weekly, with whey protein supplementation twice daily. The primary outcome was changes in m. quadriceps size, measured using MRI scans. Secondary outcomes included muscle strength, functional capabilities and body composition.

We found that protein supplementation alone did not provide any detectable benefits on muscle mass, strength, or function. The combination of light intensity, home-based training and whey protein supplementation also had no detectable effect on muscle mass, although this combination increased muscle strength. Only the combination of supervised heavy resistance training and whey protein supplementation had a detectable beneficial effect on muscle mass as well as muscle strength. In conclusion, protein supplementation alone did not seem to provide any benefits on muscle mass, strength, or function in healthy older adults. In order to best possible maintain muscle mass and strength, older adults should partake in resistance training, with heavy resistance training being the most effective option.

7. Projektets formål

Dansk: Projektets formål er at udvikle effektive og tålelige kost- og aktivitetsanbefalinger til at bevare muskelmasse og muskelfunktion hos ældre.

English: The purpose of the project is to develop effective and feasible diet and exercise recommendations for counteracting age-related loss of muscle mass and function in older adults.

8. Projektets baggrund

Det aldersrelaterede tab af muskelmasse ser ud til at starte omkring 50-års alderen, begyndende med et årligt tab omkring ~0.5% per år som ser ud til at stige til ~0.8% per år fra omkring 70-års alderen. Dette tab er ledsaget af et endnu større årligt tab af muskelstyrke og -funktion, som på sigt vil medføre en stigende risiko for at udvikle funktionstab. Tabet af styrke og muskelmasse ser dog ud til at kunne mindskes gennem den rette kost, hvor specielt proteinindtag ser ud til at være af betydning, samt gennem regelmæssig fysisk aktivitet.

Der anbefales i øjeblikket af de fleste internationale sundhedsorganisationer at raske voksne indtager 0,83 g protein pr. kg kropsvægt dagligt, upåagtet individets alder. Der er dog en stigende grad af indirekte evidens fra tværsnitsstudier, der indikerer, at ældre individer (65+ år) vedligeholder muskelmassen bedre ved højere indtag end dette (1,1-1,3 g pr. kg kropsvægt). Der findes dog meget begrænset evidens fra lodtrækningsforsøg, hvor effekten af at øge ældres proteinindtag på muskelmasse, muskelstyrke og funktionsevne reelt undersøges. De enkelte studier, der findes, er typisk af kortere varighed (<6 måneder), og mangler derfor formentlig den fornødne følsomhed for at kunne detektere en langsigtet effekt af det forhøjede proteinindtag.

Hvad, der er langt mere velundersøgt, er effekten af tung styrketræning på muskelmasse, muskelstyrke og funktionsevne hos ældre. Her er der solid evidens for, at ~3 måneders træning kan udløse betydelige forbedringer. Dog er et betydeligt problem i forbindelse med den tunge styrketræning, at den kan være forbundet med betydelige barrierer ift. deltagelse for ældre, såsom høj anstrengelsesgrad, behovet for transport samt behovet for et medlemskab ved et kommercielt fitnesscenter. Alternative muskelopbyggende træningsformer er derfor af stor interesse.

Vi har tidligere vist, at selvom tung styrketræning er den mest effektive træningsform til at øge muskelmasse, kan øgninger i muskelmasse også ses efter træning med lette vægte hos unge mennesker. Et hjemmebaseret træningsprogram med lavere intensitet kunne derfor potentielt være en effektiv træningsform hos de ældre -og eftersom overholdelse af et sådant træningsprogram måske er lettere end tung styrketræning, kunne dette vise sig at være en mere effektiv, langsigtet træningsstrategi.

9. Projektets delaktiviteter i hele projektperioden

Projektet blev afviklet ifølge planen – blot betydeligt forsinket. Derfor blev det også aftalt med fonden, at slutrapportering skulle foregå, når det primære fund var kendt og under publikation.

10. Afgivelser

Det er udelukkende en forsinkelse af hele projektets gennemførelse, der er afgivelsen. Grunden hertil var, at rekrutteringen af forsøgspersoner var betydeligt sværere end forventet.

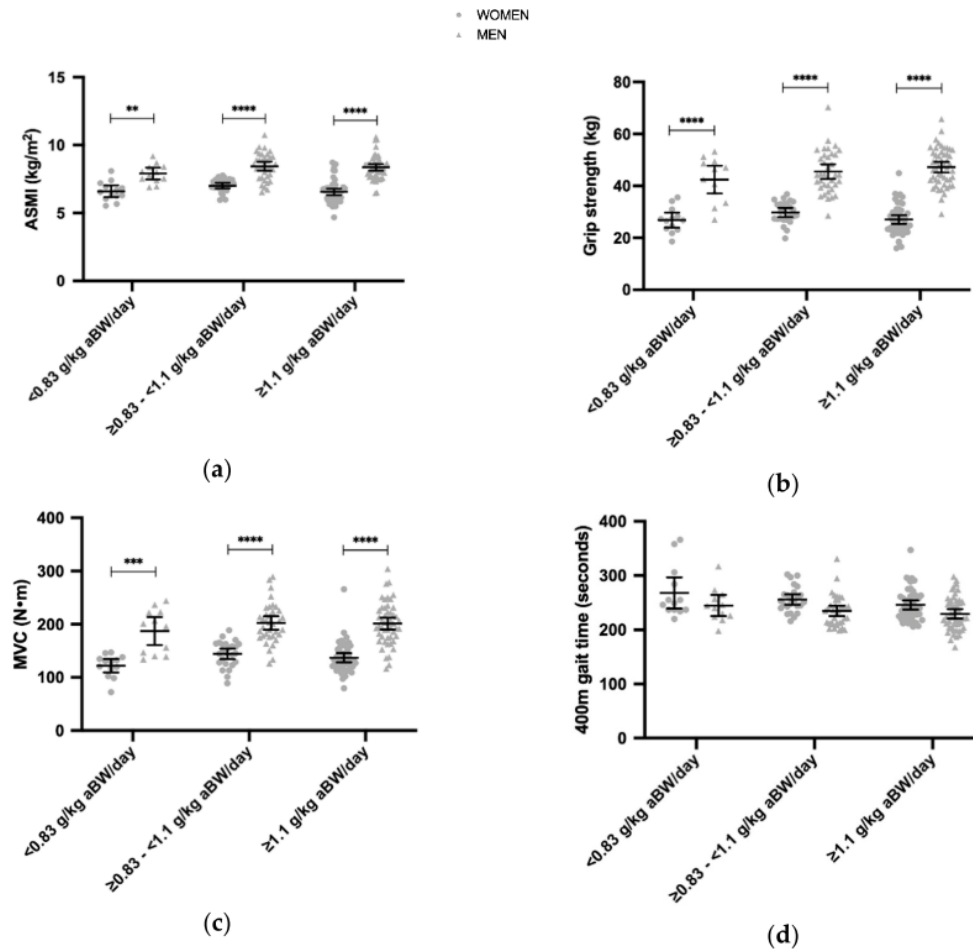
11. Projektets resultater

I en nyligt publiceret artikel er protein og energiindtag ved baseline opgjort, samt disses association til muskelmasse og funktion (Højfeldt et al., 2020). Karakteristik på den inkluderede population ift. protein- og energiindtag er vist i tabel 1. En vigtig observation er, at de inkluderede deltagere i gennemsnit indtog 1,13 g protein pr. kg kropsvægt dagligt ved baseline, og en betydelig del af kohorten indtog derfor allerede inden interventionens start mere protein end både den globale anbefaling (0,83 g/kgBW/dag), samt omtrent det foreslåede forhøjede anbefalede niveau til ældre (1,2 g/kgBW/dag). Derudover er det værd at notere, at kohorten i gennemsnit gik ~10.000 skridt per dag og udgør derfor en relativt aktiv kohorte ift. det, der typisk ses for denne aldersgruppe.

	All (n = 184)	Women Lower (n = 13)	Women Higher (n = 48)	Men Lower (n = 12)	Men Higher (n = 50)	p Women/Men
Age (years)	70.2 ± 3.9	71.7 ± 4.1	71.0 ± 4.0	71.8 ± 5.7	68.9 ± 3.5	0.52/0.04
Age range (years)	65–82	65–80	65–81	66–82	65–78	
Height (m)	1.72 ± 0.10	1.65 ± 0.07	1.66 ± 0.06	1.79 ± 0.06	1.76 ± 0.06	0.93/0.30
Body Weight (kg)	74.9 ± 12.1	69.6 ± 7.7	65.4 ± 11.4	78.7 ± 7.2	79.0 ± 11.8	0.19/1.00
BMI (kg/m ²)	25.4 ± 3.7	25.6 ± 4.0	23.8 ± 3.9	24.6 ± 2.2	25.4 ± 3.5	0.13/0.61
aBW (kg)	73 ± 8.7	67.5 ± 3.1	65.2 ± 7.0	78.4 ± 6.5	76.6 ± 7.6	0.23/0.44
WB LBM (kg)	48.5 ± 8.6	39.9 ± 2.6	40.2 ± 4.2	54.5 ± 4.3	55.0 ± 5.3	0.76/0.81
App. LBM (kg)	22.4 ± 4.6	18.2 ± 3.0	18.3 ± 2.0	25.4 ± 2.1	26.1 ± 3.3	0.84/0.43
EI (MJ/day)	8.2 ± 2.1	6.0 ± 1.3	8.5 ± 1.8	6.3 ± 1.6	9.7 ± 2.0	<0.001/<0.001
Protein (Energy %)	17.6 ± 4.0	14.3 ± 2.6	18.7 ± 4.8	15.9 ± 5.4	18.6 ± 3.1	<0.01/0.03
Protein (g/day)	82.8 ± 22.2	49.0 ± 8.5	90.6 ± 16.7	55.2 ± 10.2	104.3 ± 17.9	<0.001/<0.001
Protein (g/kg BW/day)	1.13 ± 0.34	0.70 ± 0.11	1.41 ± 0.30	0.70 ± 0.11	1.34 ± 0.25	<0.001/<0.001
Protein (g/kg aBW/day)	1.15 ± 0.31	0.73 ± 0.12	1.39 ± 0.25	0.70 ± 0.11	1.37 ± 0.23	
Goldberg Score						
EI/BMR	0.96 ± 0.24	0.77 ± 0.14	1.10 ± 0.24	0.65 ± 0.17	1.00 ± 0.19	<0.001/<0.001
Underreporters, n	41,(22%)	8,(53%)	4,(8%)	11,(85%)	5,(11%)	
Overreporters, n	18,(10%)	0,(0%)	9,(19%)	0,(0%)	6,(13%)	
Physical activity						
Step counts (Steps/day)	9740 ± 4358	9598 ± 3600	10,723 ± 4232	10,059 ± 5771	9297 ± 3392	0.036/0.30

Tabel 1. Baselinekarakteristik af de inkluderede deltagere. Bemærk at denne baselinekarakteristik kun inkluderer de 184 forsøgsdeltagere, som udførte registreringer af deres vanlige kost i tilstrækkelig detaljegråd til at de kunne bruges til analyser. Resultater er vist som middelværdier med tilhørende standardafvigelse.

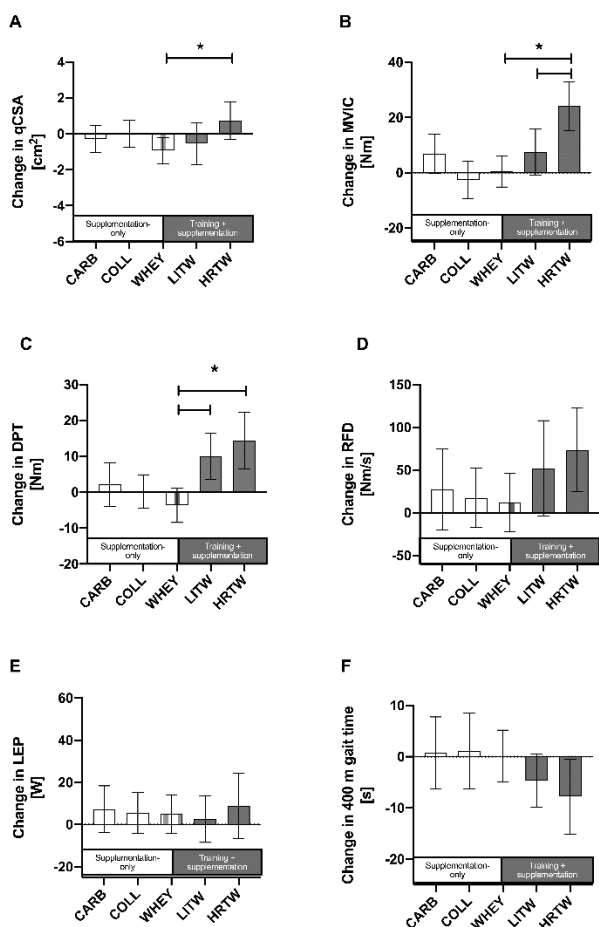
Noget overraskende fandt vi ikke nogen sammenhæng mellem proteinindtag og muskelmasse, muskelstyrke eller ganghastighed (figur 1). Vi undersøgte samtidigt, om fordelingen af protein hen over dagen havde betydning for muskelmasse, muskelstyrke og ganghastighed. Vi så dog heller ikke her nogen sammenhæng mellem variationen i proteinindtag mellem måltider og disse mål (data vist i Højfeldt et al., 2020).



Figur 1. Sammenhæng mellem dagligt proteinindtag og A) muskelmasse. B) Grebsstyrke. C) Isometrisk muskelstyrke. D) 400 m gang tid. Data er vist som individuelle værdier samt middelværdi med tilhørende 95% konfidensintervaller. Cirkler viser data for kvinder, mens trekantner viser data for mænd.

Studiets primære outcome var ændringer i m. quadriceps muskelstørrelse over de 12 måneders intervention, illustreret i figur 2A. Databehandling og analyser på studiets primære resultater er færdiggjort. Studiets primære fund er publiceret (Mertz et al., 2021), og resultater efter 6 måneders opfølgning er i skrivende stund til revision hos et internationalt tidsskrift. Vi finder ingen signifikant effekt af proteintilskud sammenlignet med kulhydrat, upåagtet proteinkvalitet. Kombinationen af vallehydrolysat og tung styrketræning medførte en større stigning i muskelstørrelse sammenlignet med vallehydrolysat alene, men kombinationen af let hjemmebaseret styrketræning og vallehydrolysat havde ikke nogen signifikant effekt på muskelstørrelsen, sammenlignet med vallehydrolysat alene.

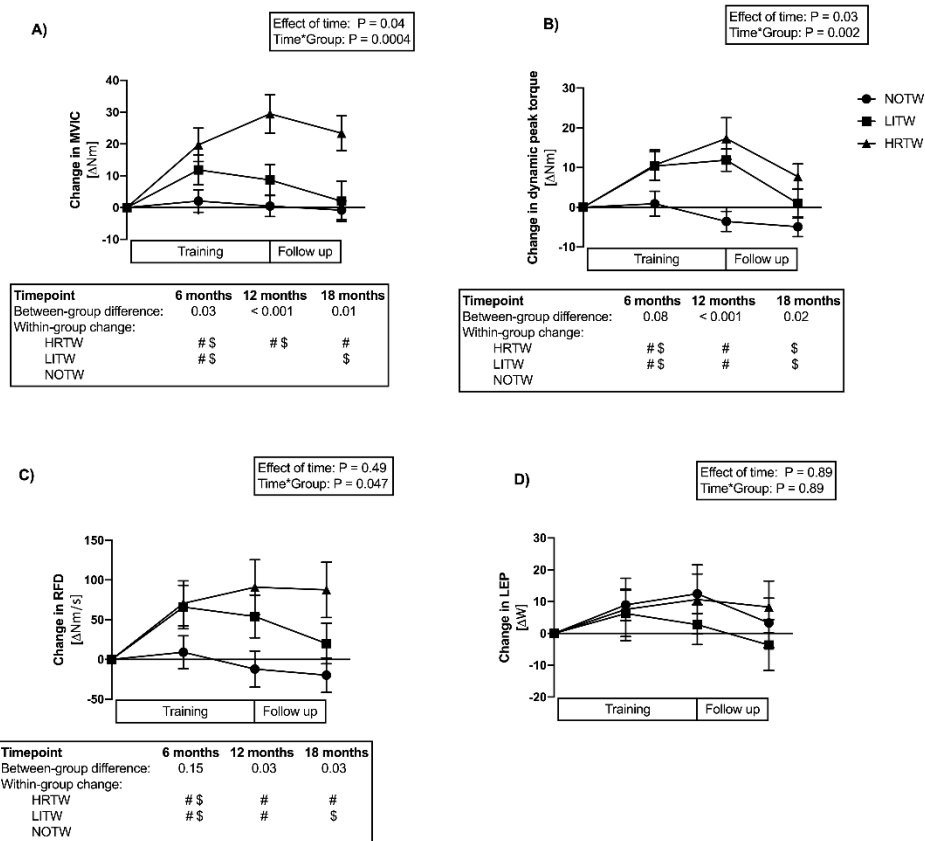
I de sekundære outcomes fandt vi ingen effekt af proteintilskud på hverken isometrisk muskelstyrke (figur 2B), dynamisk muskelstyrke (figur 2C), kraftudviklingsrate (figur 2D), eksplosiv muskelstyrke (figur 2E) eller ganghastighed (figur 2F). Kombinationen af tung styrketræning og vallehydrolysat medførte dog betydelige forbedringer i isometrisk og dynamisk muskelstyrke sammenlignet med vallehydrolysat alene. Kombinationen af let hjemmebaseret træning og vallehydrolysat forbedrede dynamisk muskelstyrke sammenlignet med vallehydrolysat alene, men medførte ikke signifikante forbedringer af den isometriske styrke.



Figur 2. Ændringer i muskelstørrelse, muskelstyrke og funktion fra 0 til 12 måneder. A) m. quadriceps muskelstørrelse. B) Isometrisk muskelstyrke (MVIC). C) Dynamisk muskelstyrke (DPT). D) Kraftudviklingsrate (RFD). E) Eksplosiv muskelstyrke (LEP). F) Tid på 400 m gang. Data er vist som gennemsnitlige ændringer fra 0-12 måneder, med tilhørende 95% konfidensintervaller. * indikerer signifikant forskel mellem grupper.

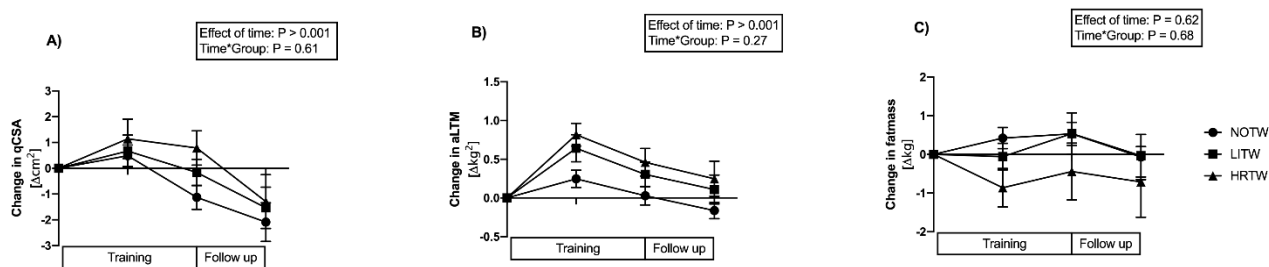
I en nærmere analyse af træningsgrupperne kiggede vi på tidsopløsningen af træningsresponsen under interventionen, samt i hvor høj grad træningens effekter var bevaret 6 måneder efter endt intervention. I disse analyser inkluderede vi kun de forsøgsdeltagere, som rapporterede at have indtaget mere end 75% af kosttilskuddene, samt udført mere end 75% af den lette hjemmebaserede træning, eller mere end 66% af den tunge styrketræning.

Her så vi, at både den lette hjemmebaserede styrketræning samt den tunge superviserede træning udløste forbedringer i isometrisk styrke (figur 3A), dynamisk muskelstyrke (figur 3B) samt kraftudviklingsrate (figur 3C) efter de første 6 måneder. Dog så vi kun en fortsat forbedring i isometrisk styrke fra 6-12 måneder for den tunge styrketræningsgruppe. 6 måneder efter interventionens afslutning var alle parametre tilbage til baseline-niveau for den lette hjemmetræningsgruppe, hvilket var på samme niveau som deltagerne, der ikke havde træning. Den tunge styrketræningsgruppe bevarede isometrisk muskelstyrke, dynamisk muskelstyrke samt kraftudviklingsrate på et højere niveau end gruppen, der ikke havde trænet.



Figur 3. Ændringer i muskelstyrke under og efter interventionen. A) Isometrisk muskelstyrke (MVIC). B) Dynamisk muskelstyrke. C) Kraftudviklingsrate (RFD). D) Eksplosiv muskelstyrke (LEP). Resultater er vist som middellændringer med tilhørende standardafvigelse. Forskelle mellem grupper samt ændringer inden for grupperne er kun analyseret, hvis Time*Group interaktionen er signifikant ($p < 0,05$).

På trods af, at vi kun inkluderede deltagere med en høj deltagelse i træningen samt et højt forbrug af vallehydrolysatet, så vi heller ikke nogen effekt af træningen på hverken quadriceps muskelstørrelse (figur 4A), muskelmasse (figur 4B), eller fedtmassen (figur 4C).



Figur 4. Ændringer i kropssammensætning under og efter interventionen. A) Quadriceps muskelstørrelse. B) Muskelmasse. C) Fedtmasse. Resultaterne er vist som middellændringer med tilhørende standardafvigelse. Da Time*Group-interaktionen ikke var signifikant, er forskelle mellem og inden for grupperne ikke testet statistisk.

12. Resultaternes betydning, herunder for mejeribruget

Resultaterne viser med tydelighed, at proteintilskud ikke udløser nogen gavnlige tilpasninger på muskelmasse, styrke eller funktionsevne hos raske ældre, så længe tilskuddet ikke gives i kombination med en træningsintervention. Resultaterne fra dette studie udgør derfor en betydelig evidens for, at raske og fysisk aktive ældre ikke får nogle gavnlige effekter af at øge deres daglige proteinindtag alene. Det er dog vigtigt at bemærke, at resultaterne fra dette studie ikke kan overføres til mere småtspisende og/eller skrøbelige ældre. Ud fra dette studie kan vi ikke vurdere om sådan en gruppe ældre ville have fordel af proteintilskud uden samtidig træning.

Studiet viser samtidigt, at lettere hjemmebaseret træning ikke er lige så effektivt som superviseret tung styrketræning i denne gruppe ældre. Specielt er det et vigtigt og overraskende fund, at den tunge styrketræning ikke blot er mest effektiv til at øge muskelmasse og styrke, men at den samtidigt også er forbundet med et bedre styrkeniveau 6 måneder efter interventionen. Dette har betydelig samfundsmæssig betydning, da dette indikerer, at de gavnlige effekter af et forløb med tung styrketræning til en vis grad er vedvarende efter interventionen.

Hvad der imidlertid ikke er klart ud fra dette studie er, i hvor høj grad vallehydrolysatet medierede effekterne fra træningsinterventionerne. I skrivende stund er den videnskabelige litteratur ikke entydig omkring, hvorvidt effekterne af styrketræning forstærkes af proteintilskud hos ældre. Dette er derfor af afgørende betydning at få klarlagt i fremtidige studier.

13. Formidling og vidensdeling vedr. projektet

Artikler i internationale tidsskrifter:

1. Kenneth H. Mertz, Søren Reitelseder, Rasmus Bechshoeft, Jacob Bulow, Grith Højfeldt, Mikkel Jensen, Simon R. Schacht, Mads Vendelbo Lind, Morten A. Rasmussen, Ulla R. Mikkelsen, Inge Tetens, Søren B. Engelsen, Dennis S. Nielsen, Astrid P. Jespersen, Lars Holm: "The effect of daily protein supplementation with or without resistance training for 1 year on muscle size, strength and function in healthy older adults. A randomized controlled trial". *Am J Clin Nutr.* 2021 Feb 10;nqaa372. DOI: [10.1093/ajcn/nqaa372](https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa372)
2. Kenneth H. Mertz, Søren Reitelseder, Morten A. Rasmussen, Jacob Bülow, Grith Højfeldt, Mikkel Jensen, Morten Hjulmand, Jonas Lindberg, Mathilde U. Kramer, Rasmus Bechshoeft, Lars Holm: "Temporal changes in muscle size and strength in older adults during a one-year center- or home-based resistance training intervention with six months follow-up. The CALM randomized controlled intervention trial". (Under review)
3. Grith Højfeldt, Yusuke Nishimura, Kenneth Mertz, Simon R. Schacht, Jonas Lindberg, Mikkel Jensen, Morten Hjulmand, Mads Vendelbo Lind, Tenna Jensen, Astrid Pernille Jespersen, Søren Reitelseder, Inge Tetens, Lars Holm: "Daily Protein and Energy Intake Are Not Associated with Muscle Mass and Physical Function in Healthy Older Individuals—A Cross-Sectional Study". *Nutrients* 12(9): 2794, 2020. <https://doi.org/10.3390/nu12092794>
4. Eva Greibe, Søren Reitelseder, Rasmus L. Bechshoeft, Jacob Bülow, Grith W. Højfeldt, Simon R. Schacht, Mads L. Knudsen, Inge Tetens, Marie S. Ostenfeld, Ulla R. Mikkelsen, Christian W. Heegaard, Ebba Nexø, Lars Holm: "Effects of prolonged whey protein supplementation and resistance training on biomarkers of vitamin B12 status: A 1-year randomized intervention in healthy older adults (the CALM study)". *Nutrients* 2020 12(7): 2015, 2020. <https://doi.org/10.3390/nu12072015>
5. Josué L. Castro-Mejía, Bekzod Khakimov, Lukasz Krych, Jacob Bülow, Rasmus L. Bechshøft, Grith Højfeldt, Kenneth H. Mertz, Eva Stahl Garne, Simon R. Schacht, Hajar F. Ahmad, Witold Kot, Lars H. Hansen, Federico J. A. Perez-Cueto, Mads V. Lind, Aske J. Lassen, Inge Tetens, Tenna Jensen, Søren Reitelseder, Astrid P. Jespersen, Lars Holm,

Søren B. Engelsen, Dennis S. Nielsen: "Physical fitness in community dwelling older adults is linked to dietary intake, gut microbiota and metabolomic signatures". *Aging Cell* 19: e13105, 2020. DOI: [10.1111/accel.13105](https://doi.org/10.1111/accel.13105)

6. Kenneth H Mertz, Søren Reitelseder, Mikkel Jensen, Jonas Lindberg, Morten Hjulmand, Aide Schucany, Søren Binder Andersen, Rasmus L Bechshøft, Markus D Jakobsen, Theresa Bieler, Nina Beyer, Jakob Lindberg Nielsen, Per Aagaard, Lars Holm. "Influence of between-limb asymmetry in muscle mass, strength, and power on functional capacity in healthy older adults". *Scand J Med Sci Sports* 29(12): 1901-1908, 2019. DOI: [10.1111/sms.13524](https://doi.org/10.1111/sms.13524)
7. Simon Rønnow Schacht, Mads Vendelbo Lind, Rasmus Leidesdorff Bechshøft, Grith Højfeldt, Søren Reitelseder, Tenna Jensen, Astrid Pernille Jespersen, Dennis Sandris Nielsen, Lars Holm & Inge Tetens. "Investigating risk of suboptimal macro and micronutrient intake and their determinants in older Danish adults with specific focus on protein intake – A cross-sectional study". *Nutrients* 11(4): 795, 2019. <https://doi.org/10.3390/nu11040795>
8. Simon Rønnow Schacht, Mads Vendelbo Lind, Kenneth Hudlebusch Mertz, Jacob Bülow, Rasmus Bechshøft, Grith Højfeldt, Aide Schucany, Morten Hjulmand, Chiara Sidoli, Søren Binder Andersen, Mikkel Jensen, Søren Reitelseder, Lars Holm, Inge Tetens. "Development of a Mobility Diet Score (MDS) and Associations with Bone Mineral Density and Muscle Function in Older Adults". *Front Nutrition* 6: 114, 2019. DOI: [10.3389/fnut.2019.00114](https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00114)
9. Tenna Jensen, Rasmus L Bechshøft, Davide Giacalone, Marie Haulund Otto, Josue Castro-Mejía, Hajar Fauzan Bin Ahmad, Søren Reitelseder, Astrid Pernille Jespersen. "Whey protein stories – an experiment in writing a multidisciplinary biography". *Appetite* 107: 285-294, 2016. DOI: [10.1016/j.appet.2016.08.010](https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.08.010)
10. Rasmus L. Bechshøft, Søren Reitelseder, Grith Højfeldt, Josué L. Castro-Mejía, Bekzod Khakimov, Hajar F. B. Ahmad, Michael Kjær, Søren B. Engelsen, Susanne M. B. Johansen, Morten A. Rasmussen, Aske J. Lassen, Tenna Jensen, Nina Beyer, Anja Serena, Frederico J. A. Perez-Cueto, Dennis S. Nielsen, Astrid P. Jespersen, Lars Holm: "Counteracting Age-related Loss of Skeletal Muscle Mass: a clinical and ethnological trial on the role of protein supplementation and training load (CALM Intervention Study): study protocol for a randomized controlled trial". *Trials* 17(1): 397, 2016. <https://doi.org/10.1186/s13063-016-1512-0>
11. Lars Holm, Astrid Pernille Jespersen, Dennis S. Nielsen, Michael B. Frøst, Søren Reitelseder, Tenna Jensen, Søren B. Engelsen, Michael Kjaer and Tine Damsholt. "Hurrah for increasing longevity: feasible strategies to counteract age-related loss of skeletal muscle mass". *Scand J Med Sci Sports* 25: 1-2, 2015. <https://doi.org/10.1111/sms.12415>

Populærvideenskabelige artikler og formidling:

- Kenneth H. Mertz, Søren Reitelseder, Lars Holm, Jacob Bülow. Valleprotein alene forbedrer ikke ældres muskelmasse. *Mælkeritidende* 133(1): 12-13, 2021.
- Søren Reitelseder, Rasmus L. Bechshøft, Lars Holm. Alder, mælkeprotein og muskelfunktion. *Mælkeritidende* 128(17): 8-9, 2015.
- Deltagelse i Madmagasinet på DR i forbindelse med tema om protein (www.dr.dk/tv/se/madmagasinet).
- Deltagelse i Viden+ under Bispebjerg og Frederiksberg Hospitaler med indslag om protein og træning.

Indlæg ved faglige kongresser, symposier etc.:

Invited scientific presentations (international conferences and seminars)

- European College of Sport Science 2018, Dublin, Ireland. Chair of session “Counteracting age-related loss of muscle mass and independence: Experiences from the inter-disciplinary CALM-study conducted in the Greater Copenhagen area” with three speakers: Speaker 1: Carolyn Greig, University of Birmingham / United Kingdom, Title: How to improve health ageing - physiological results from RCTs and their limitations. Speaker 2: Stanley Ulijaszek, University of Oxford / United Kingdom, Title: Societal construction to support and motivate to healthy aging. Speaker 3: Astrid P. Jespersen, University of Copenhagen / Denmark, Title: How does the individual engaging in life style changes? July 2018.
- “Strategies to counteract age-related loss of skeletal muscle mass - emphasis on protein intake and muscular activity”, October 25 2017. Arla Foods Ingredients China Seminar, Beijing, China.
- “Counteracting age-related loss of muscle mass - a general perspective”, June 19-22 2017. 35th International Symposium on Diabetes and Nutrition. Skagen, Denmark.
- “Counteracting age-related loss of muscle mass with stratified protein intake”, June 9, 2017. 44th Nordic Dairy Conference, Axelborg, Copenhagen, Denmark.
- “A general perspective on how to counteract age-related loss of muscle mass”, December 12-13 2016. Arla Foods Ingredients Health and Performance Research Seminar. Viby J, Denmark.
- “Counteracting age-related loss of skeletal muscle mass – an interdisciplinary approach and clinical trial (CALM)”, December 12-13 2016. Arla Foods Ingredients Health and Performance Research Seminar, Viby J, Denmark.
- “Maintenance of muscle mass in elderly citizens – strategies with protein intake and muscular activity”, November 9-11 2016, The 6th International sports science network forum and The 4th International Symposium of Institute for Biomedical Sciences. Nagano, Japan.
- “How muscular activity and protein intake promote muscle regrowth in elderly people”, May 10 2016, Scientific Symposium at Reitsumeikan University, Osaka, Japan.
- “Counteracting skeletal muscle loss with ageing: influence of nutrition and exercise”, June 26 2015. European College of Sport Science, Malmø, Sweden.

Invited scientific presentations (societies, meetings, local arrangements, etc.)

- “How much protein is required?”, October 30 & November 6 2019, Arla amba seminar for professionals in food services and health care. Axelborg, Copenhagen and Arla HQ, Viby J, Denmark.
- “Influence of protein intake on whole body and protein metabolism”, May 10 2019, Workshop on high protein diets. Danish Dairy Research Foundation, Axelborg, Copenhagen, Denmark.
- “Protein requirements for older adults”, March 13 2019, Ritsumeikan University, Kyoto, Japan.
- “Muscle mass in ageing: How to maintain with training and nutrition”. West Midlands Acute Medicine Conference @ Queen Elisabeth Hospital Birmingham 2018, June 7, Birmingham, UK.
- “Innovative protein-dense products for all ages”. InnovateFood.dk conference 2017, August 31 2017, Aarhus, Denmark.
- “Protein needs and muscle activity – optimal strategies for protein intake and muscular activity for the elderly to maintain muscle mass”. May 17 2017, School of Sport, Exercise and Rehabilitation Sciences. University of Birmingham, Birmingham, UK
- “Maintenance of muscle mass in elderly citizens – strategies with protein intake and muscular activity”, November 14 2016, Otsuka Pharmaceuticals Factory. Tokyo, Japan.
- “Muscular activity and adequate protein – requirements to build muscle”, September 20 2016. 6th Nordic Nutritional Academy meeting. Magleås, Denmark.
- “How muscular activity and protein intake promote muscle growth in younger people and athletes”, May 13 2016, Networking and matchmaking between research and businesses at Japan Foundation, Tokyo, Japan.
- “How muscular activity and protein intake promote muscle regrowth in elderly people”, May 11 2016. Networking and matchmaking between industry and research, Kansai Economic Federation, Osaka, Japan.
- “Training, protein and Healthy Aging”, February 4 2016. Annual meeting in Danish Society for Research in Nutrition, Copenhagen, Denmark.
- “From milk protein to muscle mass: a challenge for the elderly citizens”, April 23, 2015. Dairy Research Day, Billund, Denmark.

14. Bidrag til kandidat- og forskeruddannelse

Ph.d. Rasmus Bechshøft, cand.med. 2016 (KU): **Interaction between high dietary protein intake and exercise training upon skeletal muscle mass and function in health elderly and very-old frail individuals.**

Ph.d. Jacob Bülow, cand.med. 2020 (KU): **The Ageing Skeletal Muscle: Effects of Training and Protein supplementation.** [Link](#)

Ph.d. Kenneth H. Mertz, cand.scient. 2020 (KU): **Preservation of muscle mass and function through protein supplementation and exercise.** [Link](#)

Cand.med. Søren Binder Andersen, (KU) 2017. **Does elderly's own conception of health change after a 3-month intervention of training and protein supplements.**

Cand.med. Aide Schucany, (KU). 2016: **Exercise induced changes in muscles mass in elderly measured with dual energy X-ray – a comparison with MRI.**

Cand.scient. Mikkel Jensen (NEXS, Sports Science, KU). 2017. **Investigation of the muscle protein synthetic response to a standardized protein intake before and after one year of nutritional supplementation alone or combined with resistance training in elderly people.**

Cand.scient. Jonas Lindberg (NEXS, Sports Science, KU). 2017 **The effect of a 1-y intervention with protein supplementation alone and in combination with resistance training on muscle protein synthesis, muscle mass, maximal strength and functional capacity in elderly over 65 years.**


Cand.scient. Cecilie Nannestad og Simon Bruun, (Idræt, SDU), 2016. **The effect of heavy and light resistance training with protein supplementation on muscle size and muscle function in healthy elderly.**

15. Nye kontakter/projekter

Grith Højfeldts (nu afsluttede) projekt blev afledt af dette studie.

16. Underskrift og dato

Projektet er formelt afsluttet, når projektleder og MFF-repræsentant (fx styregruppeformanden for den respektive styregruppe) har underskrevet slutrapporten.

Dato: 22-FEB-2021 Projektleders underskrift: 

Dato: 18. februar 2021 MFF-repræsentants underskrift: 