ผลของโภชนบำบัดต่อภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อยในผู้สูงอายุ: การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ

Effects of Nutrition Therapy on Sarcopenia in Older Adults: A Systematic Review

ศักดิ์สิทธิ์ ทาแก้ว[1], ปัณณทัต พุทธรักษา[2], ชนิดา จูมพลา[3], ศรัญญู มีแสง[4]
Saksit Takaew[1], Punnathat Puttharaksa[2], Chanida Joompla[3], Sarunyoo Meesang[4]
[1]กลุ่มงานโภชนวิทยา สถาบันบำราศนราดูร, [2]วิทยาลัยเทคโนโลยีทางการแพทย์และสาธารณสุข กาญจนาภิเษก
[3]กลุ่มงานโภชนศาสตร์ โรงพยาบาลกาฬสินธุ์, [4]กลุ่มงานโภชนศาสตร์ โรงพยาบาลบางกระทุ่ม
[1]Department of Nutrition, Bamrasnaradura Infectious Diseases Institute, [2]Kanchanabhishek Institute of Medical and Public Health Technology, [3]Department of Nutrition, Kalasin Hospital, [4]Department of Nutrition, Bang Krathum Hospital
(Received: December 23, 2025, Revised: April 20, 2026, Accepted: April 29, 2026)

บทคัดย่อ

ภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย (Sarcopenia) เป็นปัญหาสำคัญในผู้สูงอายุและผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล มีลักษณะเด่นคือการลดลงของมวลกล้ามเนื้อ ความแข็งแรง และสมรรถภาพทางกาย ส่งผลให้เพิ่มความเสี่ยงต่อการหกล้ม ภาวะแทรกซ้อน ระยะเวลานอนโรงพยาบาลที่ยาวขึ้น และการสูญเสียความสามารถในการดำเนินชีวิตประจำวัน แต่ผลลัพธ์จากงานวิจัยยังมีความหลากหลาย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนหลักฐานเชิงประจักษ์และสังเคราะห์เกี่ยวกับผลของโภชนบำบัดต่อภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อยในผู้สูงอายุ โดยใช้ระเบียบวิธีการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบตามแนวทาง PRISMA ทำการสืบค้นฐานข้อมูลวิชาการทั้งระดับนานาชาติและระดับประเทศ

การทบทวนงานวิจัยแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุมและกึ่งทดลอง จำนวน 21 การศึกษาในผู้สูงอายุ ผู้สูงอายุเปราะบาง ผู้ป่วยที่มีภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย และผู้ป่วยในโรงพยาบาล การให้โภชนบำบัดประกอบด้วยการเสริมเวย์โปรตีน โปรตีนร่วมลิวซีน โปรตีนร่วมวิตามินดี อาหารโปรตีนสูง สูตรเปปไทด์ โปรตีนร่วมการออกกำลังกายแบบแรงต้าน และโปรตีนร่วมกิจกรรมทางกาย ระยะเวลาอยู่ในช่วงประมาณ 4–24 สัปดาห์ ตัวชี้วัดผลลัพธ์ได้แก่ มวลกล้ามเนื้อส่วนปลาย มวลกายไร้ไขมัน ความหนากล้ามเนื้อ แรงบีบมือ ความแข็งแรง และคะแนนสมรรถภาพทางกาย

ผลการสังเคราะห์พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่รายงานผลเชิงบวกต่อมวลกล้ามเนื้อหรือการทำงานของกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะการเสริมโปรตีนคุณภาพสูงและสูตรที่มีลิวซีน รวมถึงการเสริมโปรตีนร่วมกับการออกกำลังกายแบบแรงต้าน ซึ่งให้ผลลัพธ์ในการเพิ่มมวลกล้ามเนื้อ ความแข็งแรง หรือสมรรถภาพทางกาย บางการศึกษาพบผลคงสภาพกล้ามเนื้อในผู้ป่วยวิกฤต ขณะที่บางการศึกษาไม่พบการเปลี่ยนแปลงของมวลกล้ามเนื้อแม้ความแข็งแรงดีขึ้น สรุปได้ว่า โภชนบำบัดโดยเน้นโปรตีน โดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับการออกกำลังกายมีแนวโน้มให้ประโยชน์ต่อผลลัพธ์ด้านกล้ามเนื้อในผู้สูงอายุและกลุ่มเปราะบาง

คำสำคัญ: โภชนบำบัด, ภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย, ผู้สูงอายุ, การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ
*ผู้ให้การติดต่อ: (Corresponding Author: Saksit Takaew, E-mail: saksittakaew.day2538@gmail.com)

Abstract

Sarcopenia is a major problem among older adults and hospitalized patients. It is characterized by a decline in muscle mass, muscle strength, and physical performance, which increases the risk of falls, complications, prolonged hospital stay, and loss of ability to perform activities of daily living. However, research findings remain heterogeneous. This study aimed to review and synthesize empirical evidence on the effects of nutrition therapy on sarcopenia in older adults. A systematic literature review was conducted following PRISMA guidelines, with searches performed in both international and national academic databases.

A total of 21 randomized controlled trials and quasi-experimental studies involving older adults, frail elderly individuals, patients with sarcopenia, and hospitalized patients were included. Nutrition interventions consisted of whey protein supplementation, protein combined with leucine, protein combined with vitamin D, high-protein diets, peptide-based formulas, protein supplementation combined with resistance exercise, and protein combined with physical activity. The intervention duration ranged from approximately 4 to 24 weeks. Outcome measures included appendicular muscle mass, fat-free mass, muscle thickness, handgrip strength, overall muscle strength, and physical performance scores.

The synthesis showed that most studies reported positive effects on muscle mass or muscle function, particularly with high-quality protein supplementation and leucine-enriched formulas, as well as protein supplementation combined with resistance exercise. These interventions demonstrated benefits in increasing muscle mass, strength, or physical performance. Some studies reported maintenance of muscle mass in critically ill patients, while others found no significant change in muscle mass despite improvements in strength. In conclusion, protein-focused nutrition therapy especially when combined with exercise-tends to provide beneficial effects on muscle-related outcomes in older adults and vulnerable populations.

Keywords: nutrition therapy, sarcopenia, older adults, systematic literature review

บทนำ

ภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย (Sarcopenia) เป็นกลุ่มอาการทางผู้สูงอายุที่มีลักษณะสำคัญคือ การลดลงของมวลกล้ามเนื้อร่วมกับความแข็งแรงและสมรรถภาพการทำงานของกล้ามเนื้อที่ถดถอยลงอย่างต่อเนื่อง ส่งผลกระทบโดยตรงต่อความสามารถในการดำรงชีวิตประจำวัน คุณภาพชีวิต และความสามารถในการพึ่งพา

ตนเองของผู้สูงอายุ ในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมาภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อยได้รับการยอมรับว่าเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญในสังคมผู้สูงวัย และถูกจัดให้เป็นกลุ่มอาการทางคลินิกที่ต้องได้รับการคัดกรองและดูแลอย่างเป็นระบบ โดยคณะทำงาน European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP2) ได้กำหนดเกณฑ์วินิจฉัยที่เน้น “ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ” เป็นตัวชี้วัดหลัก ร่วมกับการประเมินมวลกล้ามเนื้อและสมรรถภาพทางกาย เพื่อสะท้อนผลลัพธ์ทางคลินิกได้ชัดเจนยิ่งขึ้น (Cruz-Jentoft et al., 2019)

ความชุกของภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อยแตกต่างกันตามวิธีการวินิจฉัยและลักษณะประชากร โดยพบได้ประมาณร้อยละ 10–27 ในผู้สูงอายุที่อาศัยในชุมชน และอาจสูงถึงร้อยละ 30–50 ในผู้สูงอายุที่นอนโรงพยาบาลหรืออยู่ในสถานดูแลระยะยาว ภาวะดังกล่าวสัมพันธ์กับความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของการหกล้ม กระดูกหัก การติดเชื้อ ภาวะแทรกซ้อนหลังผ่าตัด ระยะเวลานอนโรงพยาบาลที่ยาวนาน และอัตราการเสียชีวิตที่สูงขึ้น นอกจากนี้ยังเพิ่มภาระค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพในระดับบุคคลและระดับระบบบริการสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญ (Bauer, J. et al., 2015)

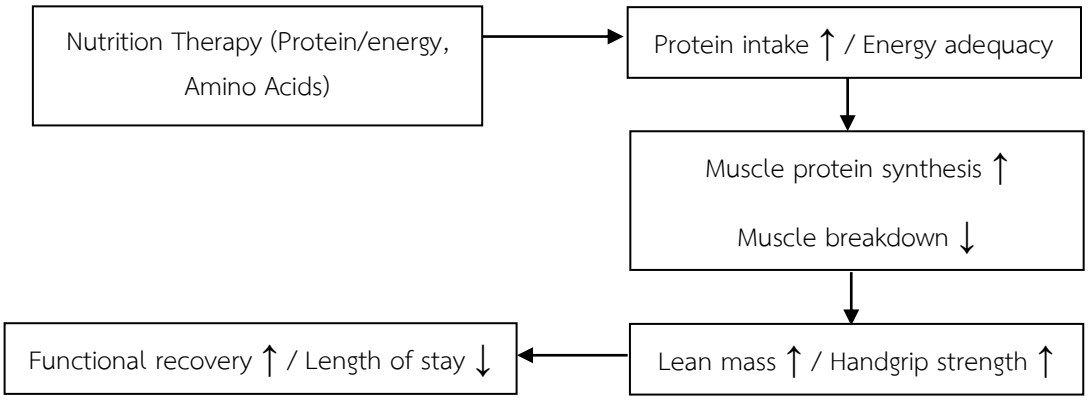
กลไกการเกิดภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อยมีความซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย ได้แก่ การลดลงของการสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อ (muscle protein synthesis) การเพิ่มขึ้นของการสลายโปรตีน ภาวะดื้ออนาโบลิก (anabolic resistance) ที่พบมากในผู้สูงอายุ การอักเสบระดับต่ำเรื้อรัง การเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมน เช่น ฮอร์โมนเพศและโกรทฮอร์โมน การลดกิจกรรมทางกาย และการได้รับพลังงานและโปรตีนไม่เพียงพอ โดยเฉพาะในผู้สูงอายุที่มีโรคเรื้อรังหรือมีภาวะทุพโภชนาการร่วมด้วย (Deutz et al., 2014; Rondanelli et al., 2016) โภชนบำบัดจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญในการป้องกันและชะลอการเกิดภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย แนวทางโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุจำนวนมากแนะนำให้ได้รับโปรตีนมากกว่าค่ามาตรฐานของผู้ใหญ่ทั่วไป โดยเสนอช่วงที่ประมาณ 1.0–1.5 กรัมต่อน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัมต่อวัน โดยเน้นโปรตีนคุณภาพสูงที่มีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน โดยเฉพาะกรดอะมิโนลิวซีน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นเส้นทาง Mechanistic Target of Rapamycin (mTOR) และการสร้างโปรตีนกล้ามเนื้อ งานวิจัยเชิงทดลองแบบสุ่มหลายฉบับรายงานว่าการเสริมโปรตีน เวย์โปรตีน หรือสูตรอาหารที่มีลิวซีนสูง สามารถช่วยเพิ่มมวลกล้ามเนื้อและความแข็งแรงได้ โดยเฉพาะในกลุ่มที่มีภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อยหรือภาวะเปราะบาง (frailty) (Bauer, J. et al., 2015; Oikawa et al., 2018) นอกจากนี้ หลักฐานจากการวิเคราะห์ อภิมานและการทบทวนอย่างเป็นระบบระบุว่า การเสริมโปรตีนร่วมกับการออกกำลังกายแบบแรงต้าน (resistance training) ให้ผลดีกว่าการให้โภชนบำบัดเพียงอย่างเดียว โดยพบการเพิ่มขึ้นของมวลกล้ามเนื้อส่วนปลาย ความแข็งแรงของแรงบีบมือ และความเร็วในการเดินอย่างมีนัยสำคัญ (Liao et al., 2024; Whaikid & Piaseu, 2024) อย่างไรก็ตาม ยังมีบางการศึกษาที่รายงานผลลัพธ์ไม่สอดคล้องกัน โดยพบว่าความแข็งแรงดีขึ้นแต่มวลกล้ามเนื้อไม่เปลี่ยนแปลง หรือไม่พบความแตกต่างจากกลุ่มควบคุม ซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างของชนิดโปรตีน ปริมาณที่ได้รับ ระยะเวลาการให้โภชนบำบัด ภาวะโภชนาการตั้งต้น และระดับกิจกรรมทางกายของผู้เข้าร่วมการศึกษา

การทบทวนหลักฐานและการสังเคราะห์จากงานวิจัยเกี่ยวกับผลของโภชนบำบัดต่อภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อยในผู้สูงอายุอย่างเป็นระบบ จึงมีความสำคัญเพื่อให้ได้ข้อสรุปเชิงประจักษ์ที่ชัดเจน สนับสนุนการกำหนดแนวทางการดูแลด้านโภชนบำบัด และการประยุกต์ใช้ในเวชปฏิบัติทางคลินิกสำหรับประชากรผู้สูงอายุได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์วิจัย

เพื่อทบทวนหลักฐานเชิงประจักษ์และสังเคราะห์เกี่ยวกับผลของโภชนบำบัดต่อภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อยในผู้สูงอายุ

กรอบแนวคิดการวิจัย



(อ้างอิงกรอบกลไกจาก Deutz et al., 2014)

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็น Systematic Review ดำเนินการตามแนวทาง PRISMA (Moher et al., 2009) เพื่อทบทวนและสังเคราะห์หลักฐานเชิงประจักษ์เกี่ยวกับผลของโภชนบำบัดต่อภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อยผู้สูงอายุโดยมีการกำหนดกรอบคำถาม PICO ได้แก่ P: ผู้สูงอายุ I: โภชนบำบัด, high-protein diet, Essential Amino Acids, ONS, enteral nutrition C: usual care, placebo หรือ standard diet O: muscle mass, lean mass, handgrip strength, functional score โดยทำการสืบค้นงานวิจัยจากฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ PubMed, Scopus, Cochrane Library, Google Scholar และ ThaiJO โดยครอบคลุมช่วงเวลาการตีพิมพ์ตั้งแต่ พ.ศ 2560 ถึง พ.ศ 2568 นอกจากนี้ได้ทำการค้นเพิ่มเติมจากรายการเอกสารอ้างอิงของบทความที่เกี่ยวข้อง เพื่อป้องกันการตกหล่นของงานวิจัยที่สำคัญ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ เป็นงานวิจัยที่ให้โภชนาการหรือโภชนบำบัดในผู้สูงอายุที่มีภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย

กลุ่มตัวอย่างคือ งานวิจัยที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกทั้งหมด จำนวน 21 เรื่อง แบ่งเป็นการศึกษาเชิงทดลอง 20 เรื่อง กึ่งทดลอง 1 เรื่อง

เกณฑ์คัดเข้า (Inclusion criteria)

1. เป็นการศึกษาในมนุษย์ที่มีอายุ ≥ 60 ปี
2. เป็นการศึกษาเชิงทดลองหรือกึ่งทดลอง เช่น randomized controlled trials, controlled clinical trials หรือ quasi-experimental studies
3. มีการให้โภชนบำบัด เช่น การเสริมโปรตีน กรดอะมิโน เวย์โปรตีน หรืออาหารเสริมทางการแพทย์
4. มีผลลัพธ์เกี่ยวข้องกับมวลกล้ามเนื้อ ความแข็งแรงกล้ามเนื้อ หรือสมรรถภาพทางกาย
5. ตีพิมพ์เป็นบทความฉบับเต็มในวารสารวิชาการ

เกณฑ์คัดออก (Exclusion criteria)

1. เป็นบทความทบทวน วรรณกรรมปริทัศน์ บทบรรณาธิการ หรือรายงานผู้ป่วย
2. ไม่ได้มีการให้โภชนบำบัดโดยตรง
3. ไม่ได้รายงานผลลัพธ์ด้านกล้ามเนื้อ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษานี้ใช้เครื่องมือหลักในการรวบรวมและประเมินข้อมูลจากงานวิจัยที่เข้าเกณฑ์ ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ 1) แบบฟอร์มคัดกรองบทความแบบ 2 ขั้นตอน (two-stage screening form) 2) ตารางสกัดข้อมูลการศึกษา (data extraction table) และ 3) แบบประเมินคุณภาพงานวิจัยและความเสี่ยงของอคติ แบบฟอร์มคัดกรองบทความแบบ 2 ขั้นตอนถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้คัดเลือกงานวิจัยอย่างเป็นระบบ โดยแบ่งเป็นการคัดกรองจากชื่อเรื่องและบทคัดย่อในขั้นแรก และการประเมินจากบทความฉบับเต็มในขั้นที่สอง เพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์การคัดเข้าและคัดออกที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ตารางสกัดข้อมูลการศึกษาใช้สำหรับบันทึกข้อมูลสำคัญจากงานวิจัยแต่ละเรื่องอย่างเป็นระบบ ประกอบด้วยรายละเอียด ได้แก่ รูปแบบการศึกษา (study design) ขนาดตัวอย่าง ลักษณะประชากร ประเภทของการให้โภชนบำบัดปริมาณโปรตีนหรือสารอาหารที่ได้รับ ระยะเวลาทดลอง ตัวชี้วัดด้านมวลกล้ามเนื้อหรือสมรรถภาพกล้ามเนื้อ และผลลัพธ์หลักของการศึกษา ตารางดังกล่าวถูกออกแบบเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลระหว่างการศึกษาได้อย่างเป็นมาตรฐาน สำหรับการประเมินคุณภาพงานวิจัย ใช้เครื่องมือ Cochrane Risk of Bias tool สำหรับการศึกษาแบบสุ่มควบคุม และใช้ ROBINS-I สำหรับการศึกษากึ่งทดลองหรือไม่สุ่มตัวอย่าง เพื่อประเมินความเสี่ยงของอคติในแต่ละการศึกษา (Higgins et al., 2011)

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

การประเมินคุณภาพงานวิจัยและความเสี่ยงของอคติดำเนินการโดยผู้วิจัยจำนวน 2 คน โดยประเมินแยกจากกันเพื่อลดอคติส่วนบุคคล เกณฑ์การประเมินครอบคลุมโดเมนสำคัญ ได้แก่ กระบวนการสุ่มตัวอย่าง (randomization) การปกปิดการจัดกลุ่ม (allocation concealment) การปกปิดผู้ประเมินผล (blinding) ความครบถ้วนของข้อมูลผลลัพธ์ (attrition bias) และความเอนเอียงจากการรายงานผล (reporting bias) แต่ละโดเมนถูกจัดระดับความเสี่ยงเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ความเสี่ยงต่ำ (low risk) มีข้อกังวลบางประการ (some concern) และความเสี่ยงสูง (high risk) หากผลการประเมินของผู้ประเมินทั้งสองไม่สอดคล้องกัน จะใช้วิธีการอภิปรายร่วมกันจนได้ข้อสรุปร่วม เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของการประเมิน (Higgins et al., 2011)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้ใช้การสังเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา (narrative synthesis) เนื่องจากรูปแบบการให้โภชนบำบัด ชนิดของสูตรอาหาร ปริมาณโปรตีน และตัวชี้วัดผลลัพธ์มีความหลากหลาย ทำให้ไม่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์อภิมานเชิงปริมาณ ขั้นตอนการวิเคราะห์ประกอบด้วย การจัดกลุ่มงานวิจัยตามประเภทของการให้โภชนบำบัด เช่น การเสริมโปรตีนชนิดรับประทาน โปรตีนกับกรดอะมิโน อาหารเสริมทางการแพทย์สูตรโปรตีนสูง จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ด้านมวลกล้ามเนื้อและสมรรถภาพกล้ามเนื้อระหว่างการศึกษา

มีการนับทิศทางของผลลัพธ์เป็นเชิงบวก ผลลัพธ์เชิงผสม ไม่เปลี่ยนแปลง หรือไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนที่ได้รับกับผลลัพธ์ด้านกล้ามเนื้อ รวมถึงอธิบายความสอดคล้องกับกลไกทางชีววิทยาของการสังเคราะห์โปรตีนกล้ามเนื้อ ทั้งนี้แนวทางการสังเคราะห์ข้อมูลอ้างอิงตามหลัก systematic review ด้านโภชนาการ (Cawood et al., 2012)

จริยธรรมการวิจัยและการพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (systematic review) โดยใช้ข้อมูลจากงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์แล้วในฐานข้อมูลวิชาการ ไม่ได้มีการเก็บข้อมูลจากอาสาสมัครหรือผู้ป่วยโดยตรง และไม่มีการเข้าถึงข้อมูลส่วนบุคคลที่สามารถระบุตัวตนได้ ดังนั้นจึงไม่เข้าข่ายการวิจัยในมนุษย์ อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามหลักจริยธรรมทางวิชาการ โดยคัดเลือก อ้างอิง และรายงานผลการศึกษาตามแหล่งข้อมูลต้นฉบับอย่างถูกต้อง โปร่งใส และตรวจสอบได้

ผลการวิจัย

ผลการทบทวนวรรณกรรมและนำมาสังเคราะห์ พบงานวิจัยที่เข้าเกณฑ์ จำนวน 21 เรื่อง แบ่งเป็นการศึกษาเชิงทดลอง 20 เรื่อง กึ่งทดลอง 1 เรื่อง โดยประชากรที่ศึกษาเป็นผู้สูงอายุ ผู้สูงอายุเปราะบาง ผู้ป่วยภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย และผู้ป่วยที่นอนโรงพยาบาล ระยะเวลาอยู่ในช่วงประมาณ 4–24 สัปดาห์ การให้โภชนบำบัดประกอบด้วยการเสริมเวย์โปรตีน โปรตีนร่วมลิวซีน โปรตีนร่วมวิตามินดี สูตรเปปไทด์ อาหารโปรตีนสูง โปรตีนร่วมการออกกำลังกายแบบแรงต้าน และโปรตีนร่วมกิจกรรมทางกาย โดยตัวชี้วัดผลลัพธ์

ครอบคลุมมวลกล้ามเนื้อ มวลกายไร้ไขมัน มวลกล้ามเนื้อส่วนปลาย ความหนากล้ามเนื้อ ความแข็งแรง และสมรรถภาพทางกาย

ผลต่อมวลกล้ามเนื้อและองค์ประกอบร่างกาย งานวิจัยส่วนใหญ่รายงานผลเชิงบวกต่อมวลกล้ามเนื้อหรือองค์ประกอบร่างกาย โดยการเสริมโปรตีนคุณภาพสูง โดยเฉพาะเวย์โปรตีน และสูตรที่มีกรดอะมิโนลิวซีนให้ผลเพิ่มมวลกล้ามเนื้อ มวลร่างกายไร้ไขมัน หรือมวลกล้ามเนื้อส่วนปลาย (appendicular skeletal muscle mass; ASM) อย่างมีนัยสำคัญ พบได้ทั้งในกลุ่มผู้สูงอายุทั่วไป ผู้สูงอายุเปราะบาง และผู้ที่มีภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย นอกจากนี้ การเสริมโปรตีนในขนาดที่สูงขึ้น (เช่น 1.2–1.5 กรัม/กก./วัน) ให้ผลเพิ่มค่า ASM และ SMI ได้ดีกว่าขนาดต่ำกว่าในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน โปรตีนร่วมการออกกำลังกายแบบแรงต้าน หรือร่วมกิจกรรมทางกาย ให้ผลเพิ่ม lean body mass และตัวชี้วัดองค์ประกอบร่างกายอย่างสม่ำเสมอ หลายการศึกษารายงานการเพิ่มขึ้นของ SMM, LBM หรือ fat-free mass หลังการแทรกแซง 12–16 สัปดาห์ อย่างไรก็ตาม มีบางการศึกษาที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของ SLM, SMM หรือ FFM แม้ได้รับสูตรเปปไทด์หรือโอลิโกเปปไทด์ร่วมกับการออกกำลังกาย

ผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ผลด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เช่น แรงบีบมือ และแรงกล้ามเนื้อรวม มีแนวโน้มดีขึ้นในหลายการศึกษา โดยเฉพาะกลุ่มที่ได้รับ โปรตีนร่วมกับการฝึกแรงต้าน หรือการออกกำลังกายแบบมีโครงสร้าง แม้ในบางการศึกษาที่ไม่พบการเพิ่มขึ้นของมวลกล้ามเนื้อ แต่ยังพบว่าความแข็งแรงดีขึ้น สะท้อนผลเชิงหน้าที่ที่เกิดก่อนการเปลี่ยนแปลงด้านมวลกล้ามเนื้อ

ผลต่อสมรรถภาพทางกายและการทำหน้าที่ ตัวชี้วัดสมรรถภาพทางกาย เช่น functional performance และ Short Physical Performance Battery (SPPB) มีแนวโน้มดีขึ้นในหลายการศึกษา โดยเฉพาะเมื่อใช้โปรตีนเสริมร่วมกับการออกกำลังกาย อย่างไรก็ตาม บางการศึกษาพบว่าสมรรถภาพไม่เปลี่ยนแปลง แม้มวลกล้ามเนื้อหรือค่าชีวโมเลกุลบางชนิดเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ดี

การคงสภาพและผลลัพธ์การวิจัยแบบไม่เปลี่ยนแปลง ในผู้ป่วยวิกฤตที่ได้รับโภชนบำบัดโปรตีนสูงทางสายให้อาหาร พบว่า สามารถคงสภาพความหนากล้ามเนื้อได้เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ขณะที่บางการศึกษาในผู้สูงอายุเปราะบางรายงานว่า มวลกล้ามเนื้อไม่เปลี่ยนแปลง แม้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น หรือไม่พบความแตกต่างของมวลกล้ามเนื้อและน้ำหนักตัวระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

สรุปภาพรวมผลลัพธ์ จาก 21 การศึกษา แนวโน้มผลลัพธ์ชี้ไปในทิศทางบวกต่อมวลกล้ามเนื้อหรือการทำงานของกล้ามเนื้อเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะการเสริมโปรตีนคุณภาพสูงและโปรตีนร่วมการออกกำลังกายแบบแรงต้าน ขณะที่ผลลัพธ์แบบไม่เปลี่ยนแปลงหรือคงสภาพพบในส่วนน้อย และมักเกี่ยวข้องกับชนิดการให้โภชนบำบัด ระยะเวลา หรือชนิดประชากรที่ศึกษา

ตารางที่ 1 Data Extraction Table- Nutrition Therapy & Sarcopenia

No	Author, Year	Country	Study Design	Sample (n)	Patient Type	Nutrition Intervention	Duration	Muscle Outcome	Main Result
1	Griffen, C et al., 2013	United Kingdom	RCT	80	Older men adults	Whey + exercise	12 wk	Lean body mass, muscle strength	↑ Lean body mass,
2	High-protein diet trial, 2023	-	RCT	-	Older adults	High protein diet	-	Strength	↑ strength
3	Bouillanne et al., 2013	France	RCT	100	Geriatric pts	Leucine ONS	12 wk	Strength	↑ strength
4	Rondanelli et al., 2016	Italy	RCT	130	Sarcopenia	Whey protein	16 wk	Muscle mass	↑ mass
5	Merchant et al., 2023		QED	178	frail older adults	Protein + Leucine	12 wk	appendicular skeletal muscle mass	↑ ASM
6	Bauer et al., 2015	Germany	RCT	-	Sarcopenic elderly	Whey + Vit D	13 wk	Muscle mass	↑ Muscle mass
7	Oikawa et al., 2018	Canada	RCT	31	Older adults	Whey vs collagen	-	Lean mass	↑ Lean mass
8	Ellen Dresen et al., 2015	-	RCT	42	ICU patients	High protein EN	4 wk	Muscle thickness	Preserved
9	BMC Geriatrics trial, 2024	-	RCT	-	Sarcopenic elderly	Peptide + exercise	12 wk	SMM	↑ SMM

ตารางที่ 1 (ต่อ)

No	Author, Year	Country	Study Design	Sample (n)	Patient Type	Nutrition Intervention	Duration	Muscle Outcome	Main Result
10	Rehab protein RCT, 2019	UK	RCT	28	Post-hospital	Whey + RT	12 wk	Function	↑ function
11	Protein + RT trial, 2012	USA	RCT	-	Older adults	Protein + training	-	Lean mass	↑ lean mass
12	Clinical Trials NCT04516421	-	RCT	-	Older adults	Protein + BCAA	12 wk	Muscle mass	↑ Muscle mass
13	Park Y.S. et al., 2018	-	RCT	120	Older adults	Protein 0.8, 1.2, 1.5 g/kg/day	12 wk	ASM, SMI	↑ ASM ↑ SMI
14	Amasene M. et al., 2021	-	RCT	41	Older adults	Protein + Whey	12 wk	Muscle + plasma myokine	↑ Muscle , Not change plasma myokine
15	Ten Haaf D.S.M. et al., 2019	-	RCT	116	Older adults	Protein + Excercise	12 wk	Muscle + Body composition	↑ Muscle
16	Chung S.X. et al., 2025	Klang Valley, Malaysia	RCT	47	-	Protein 50.6 g/d + Leucine 6 g/d	12 wk	Muscle + Body composition + SPPB	Muscle, Body composition, SPPB Not change + ↑ (GBA, MLYCD) , DNA (BRCC3) ↑

ตารางที่ 1 (ต่อ)

No	Author, Year	Country	Study Design	Sample (n)	Patient Type	Nutrition Intervention	Duration	Muscle Outcome	Main Result
17	Xinyi Liao et al., 2024	-	RCT	219	Older adults	oral oligopeptide and exercise	16 wk	SLM, SMM, FFM	SLM, SMM, FFM Not Change
18	Shota Moyama et al., 2023	Japan	RCT	169	Adults hospitalized for treatable	Protein in Diet	24 wk	grip strength, skeletal muscle, and ADL	↑ grip strength, skeletal muscle , and ADL Not change
19	M Carlsson et al., 2011	-	RCT	177	Older adults	Exercise and protein drink	24 wk	Muscle mass and BW	Muscle mass and BW (Not change)
20	Michael Tieland et al., 2012	-	RCT	65	frail elderly	Protein 15 g protein at breakfast and lunch	24 wk	Skeletal muscle mass, muscle fiber size (muscle biopsy), strength	Skeletal muscle mass (not change), muscle fiber size (muscle biopsy) (not change), strength↑

ตารางที่ 1 (ต่อ)

No	Author, Year	Country	Study Design	Sample (n)	Patient Type	Nutrition Intervention	Duration	Muscle Outcome	Main Result
21	Dominique S M Ten Haaf et al., 2019	-	RCT	116	Older adults	Milk protein 31 g.+ walking event of 30, 40, or 50 km/day	12 wk	Body composition, strength, quadriceps contractile, and physical performance, Short Physical Performance Battery	↑ lean body mass, Strength and contractile function (Not Change), ↑ Short Physical Performance Battery

ตารางที่ 2 การสรุปทิศทางของผลลัพธ์จากงานวิจัยทั้ง 21 เรื่อง

ทิศทางของผลลัพธ์	จำนวนงานวิจัย	ข้อค้นพบเชิงสังเคราะห์
ผลลัพธ์ของงานวิจัยเชิงบวก	16	งานวิจัยส่วนใหญ่พบว่ามีความสอดคล้องกันในการเสริมโปรตีนคุณภาพสูง โดยเฉพาะเวย์โปรตีนและสูตรที่มีลิวซีน รวมถึงการให้ร่วมกับการออกกำลังกายแบบแรงต้าน ส่งผลเพิ่มมวลกล้ามเนื้อ ความแข็งแรง และสมรรถภาพทางกายอย่างมีนัยสำคัญ
ผลลัพธ์ของงานวิจัยแบบผสม	2	พบว่า ความแข็งแรงหรือสมรรถภาพดีขึ้น แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของมวลกล้ามเนื้อ สะท้อนให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงเชิงหน้าที่อาจเกิดก่อนโครงสร้าง
ผลลัพธ์ของงานวิจัยที่ไม่เปลี่ยนแปลง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางคลินิก	3	ส่วนใหญ่พบใน กลุ่มผู้ป่วยวิกฤตหรือสูตรโภชนบำบัดบางชนิด โดยผลลัพธ์มักเป็นการ “คงสภาพ” มากกว่าการเพิ่มมวลกล้ามเนื้อ

อภิปรายผล

ผลการสังเคราะห์งานวิจัยเชิงทดลองจำนวน 21 การศึกษาในครั้งนี้ ทำให้ได้ข้อค้นพบเชิงประจักษ์ที่ชัดเจนว่า โภชนบำบัดที่เน้นการเสริมโปรตีน โดยเฉพาะโปรตีนคุณภาพสูง เช่น เวย์โปรตีน โปรตีนร่วมกับลิวซีน และการให้ร่วมกับการออกกำลังกายแบบแรงต้าน มีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงมวลกล้ามเนื้อ ความแข็งแรง และสมรรถภาพทางกายในผู้สูงอายุและกลุ่มเปราะบาง ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าโภชนบำบัดเป็นองค์ประกอบหลักในการชะลอหรือฟื้นฟูภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย ข้อค้นพบจากการทบทวนนี้พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่รายงานการเพิ่มขึ้นของมวลกล้ามเนื้อหรือมวลร่างกายไร้ไขมัน เช่น การเสริมเวย์โปรตีนร่วมการออกกำลังกาย (Tieland et al., 2012) การเสริมเวย์โปรตีนเพียงอย่างเดียว (Rondanelli et al., 2016; Oikawa et al., 2018) และการเสริมโปรตีนร่วมวิตามินดี (Bauer et al., 2015) ซึ่งชี้ให้เห็นอย่างสอดคล้องกันว่า โปรตีนคุณภาพสูงมีบทบาทในการกระตุ้น muscle protein synthesis และส่งผลต่อการเพิ่มองค์ประกอบของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้การเสริมโปรตีนที่มีกรดอะมิโนลิวซีนสูงยังให้ผลดีต่อมวลกล้ามเนื้อส่วนปลายและตัวชี้วัดองค์ประกอบร่างกาย โดยช่วยเพิ่มความแข็งแรงและ ASM ได้ (Bouillanne et al., 2013; Merchant et al., 2023) ผลดังกล่าวมีความสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าและหลักฐานเชิงกลไกทางชีวภาพที่ระบุว่า ลิวซีนเป็นตัวกระตุ้นสำคัญของ mTOR pathway ซึ่งมีบทบาทในการสังเคราะห์โปรตีนกล้ามเนื้อ รวมทั้งสอดคล้องกับการศึกษาที่แสดงว่าการได้รับโปรตีนในปริมาณที่สูงขึ้นสัมพันธ์กับการเพิ่ม ASM และ SMI (Park et al., 2018) สะท้อนให้เห็นว่าทั้ง “คุณภาพ” และ “ปริมาณ” ของโปรตีนมีความสำคัญต่อผลลัพธ์ด้านกล้ามเนื้อ

นอกจากนี้ หลักฐานจากการทบทวนครั้งนี้ยังแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า การเสริมโปรตีนร่วมกับการออกกำลังกายแบบแรงต้านให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการเสริมโปรตีนเพียงอย่างเดียว โดยพบการเพิ่มขึ้นของ lean body mass ความแข็งแรง และสมรรถภาพทางกายในหลายการศึกษา (Ten Haaf et al., 2019a) ซึ่งสนับสนุนแนวคิดของ synergistic effect ระหว่างโภชนบำบัดและการออกกำลังกาย กล่าวคือ การได้รับโปรตีนช่วยเพิ่ม substrate สำหรับการสร้างกล้ามเนื้อ ขณะที่การออกกำลังกายช่วยกระตุ้นกระบวนการสร้างกล้ามเนื้อ ทำให้เกิดผลลัพธ์ที่ชัดเจนมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การทบทวนนี้ยังพบความไม่สอดคล้องของผลลัพธ์ในบางการศึกษา โดยบางงานวิจัยไม่พบการเพิ่มขึ้นของมวลกล้ามเนื้อ แม้ว่าความแข็งแรงของร่างกายจะดีขึ้น (Tieland et al., 2012; Carlsson et al., 2011) ซึ่งอาจอธิบายได้จากความแตกต่างของระยะเวลาการให้โภชนบำบัด ชนิดและปริมาณโปรตีน ภาวะโภชนาการตั้งต้น ระดับความเข้มข้นของโปรแกรมออกกำลังกาย และลักษณะของประชากรที่ศึกษา โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุเปราะบางหรือผู้ป่วยวิกฤตที่อาจมี anabolic resistance สูง ทำให้การตอบสนองต่อโภชนบำบัดแตกต่างกัน

ในกลุ่มผู้ป่วยในโรงพยาบาลและผู้ป่วยวิกฤต การให้โภชนบำบัดโปรตีนสูงทางสายให้อาหารมีบทบาทสำคัญในการคงสภาพมวลกล้ามเนื้อและป้องกันการสูญเสียกล้ามเนื้อ (Ferrie, S et al., 2016) ขณะที่ในผู้ป่วยหลังนอนโรงพยาบาล การเสริมเวย์โปรตีนร่วมกับการฝึกแรงต้านช่วยเพิ่มสมรรถภาพการทำหน้าที่ทางกาย (Moyama et al., 2023) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประโยชน์เชิงคลินิกของโภชนบำบัดในกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูง

ในเชิงการนำไปใช้ ผลการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาแนวทางการดูแลผู้สูงอายุได้อย่างชัดเจน โดยควรส่งเสริมให้ผู้สูงอายุได้รับโปรตีนในปริมาณที่เพียงพอและมีคุณภาพสูง ร่วมกับการออกกำลังกายแบบแรงต้านอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุเปราะบาง ผู้ป่วยหลังนอนโรงพยาบาล และผู้ป่วยที่มีภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการพัฒนาแนวทางเวชปฏิบัติ (clinical practice guideline) และโปรแกรมบูรณาการด้านโภชนาการและกายภาพบำบัดในสถานพยาบาลและชุมชน

การนำผลการวิจัยไปใช้

การให้โภชนบำบัดที่เน้นการเสริมโปรตีน โดยเฉพาะโปรตีนคุณภาพสูง และการให้ร่วมกับการออกกำลังกายแบบแรงต้าน มีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มมวลกล้ามเนื้อ ความแข็งแรง และสมรรถภาพทางกายในผู้สูงอายุ ดังนั้นผลการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาแนวทางการดูแลได้อย่างเป็นรูปธรรม

ในด้านโภชนาการ ควรส่งเสริมให้ผู้สูงอายุได้รับโปรตีนในปริมาณที่เพียงพอ โดยหลักฐานชี้ว่าการได้รับโปรตีนประมาณ 1.2–1.5 กรัมต่อน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัมต่อวัน มีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์ด้านกล้ามเนื้อที่ดีขึ้น ทั้งนี้ควรเน้นโปรตีนคุณภาพสูง เช่น เวย์โปรตีน หรือโปรตีนที่มีกรดอะมิโนลิวซีนสูง ซึ่งมีบทบาทในการกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีนกล้ามเนื้อ สำหรับผู้ที่รับประทานอาหารได้ไม่เพียงพอ อาจพิจารณาใช้อาหารเสริมทางการแพทย์เพื่อเพิ่มปริมาณสารอาหารให้เหมาะสม

ในด้านการดูแลแบบบูรณาการ หลักฐานแสดงอย่างชัดเจนว่าการเสริมโปรตีนร่วมกับการออกกำลังกายแบบแรงต้านให้ผลลัพธ์ดีกว่าการให้โภชนบำบัดเพียงอย่างเดียว ดังนั้นควรส่งเสริมการดูแลแบบสหสาขาวิชาชีพ โดยมีการทำงานร่วมกันระหว่างนักกำหนดอาหารและนักกายภาพบำบัด เพื่อเพิ่มประสิทธิผลของการฟื้นฟูทั้งด้านมวลกล้ามเนื้อและสมรรถภาพทางกาย

สำหรับการประยุกต์ใช้ในผู้ป่วยเฉพาะกลุ่ม ควรปรับแนวทางให้เหมาะสมกับบริบทของผู้ป่วย โดยในผู้ป่วยที่นอนโรงพยาบาลควรมุ่งเน้นการป้องกันการสูญเสียมวลกล้ามเนื้อ ขณะที่ผู้สูงอายุเปราะบางควรเน้นการฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย และในผู้ป่วยวิกฤตควรมุ่งเน้นการคงสภาพของมวลกล้ามเนื้อ

ในระดับระบบบริการสุขภาพ ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการพัฒนาแนวทางเวชปฏิบัติ และโปรแกรมส่งเสริมโภชนาการร่วมกับการออกกำลังกายในสถานพยาบาลและชุมชน เพื่อป้องกันและชะลอภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อยในผู้สูงอายุอย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยในอนาคตควรออกแบบการศึกษาแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุมที่มีขนาดตัวอย่างเพียงพอ และมีระยะเวลาติดตามผลที่ยาวขึ้น เพื่อประเมินผลระยะยาวของการเสริมโปรตีนต่อมวลและการทำงานของกล้ามเนื้อ ควรกำหนดชนิดและปริมาณโปรตีนให้ชัดเจน รวมถึงควบคุมความเข้มข้นของโปรแกรมการออกกำลังกายให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน นอกจากนี้ควรมีการใช้ตัวชี้วัดผลลัพธ์ที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน เช่น มวลกล้ามเนื้อส่วนปลาย ความแข็งแรงของแรงบีบมือ และแบบประเมินสมรรถภาพทางกาย เพื่อให้สามารถ

เปรียบเทียบและสังเคราะห์ผลการศึกษาได้ดีขึ้น รวมถึงควรศึกษาผลในกลุ่มย่อย เช่น ผู้ป่วยโรคเรื้อรัง หรือผู้ป่วยที่มีภาวะทุพโภชนาการ เพื่อให้ได้แนวทางเฉพาะกลุ่มมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

Bauer, J. M., Verlaan, S., Bautmans, I., Brandt, K., Donini, L. M., Maggio, M., McMurdo, M. E. T., Mets, T., Seal, C., Wijers, S. L., Ceda, G. P., De Vito, G., Donders, G., Drey, M., Greig, C., Holmbäck, U., Narici, M., McPhee, J., Poggiogalle, E., Cederholm, T., (2015). Effects of a vitamin D and leucine-enriched whey protein nutritional supplement on measures of sarcopenia in older adults: The PROVIDE study. *Journal of the American Medical Directors Association, 16*(9), 740–747.

Bouillanne, O., Curis, E., Hamon-Vilcot, B., Nicolis, I., Chrétien, P., Schauer, N., Vincent, J.-P., Cynober, L., & Aussel, C. (2013). Impact of protein pulse feeding on lean mass in malnourished and at-risk hospitalized elderly patients. *Clinical Nutrition, 32*(2), 186–192.

Carlsson, M., Littbrand, H., Gustafson, Y., Lundin-Olsson, L., Lindelöf, N., Rosendahl, E., & Håglin, L. (2011). Effects of high-intensity exercise and protein supplement on muscle mass in ADL dependent older people with and without malnutrition: A randomized controlled trial. *The journal of nutrition, health and aging, 15*(7), 554–560.

Cawood, A. L., Elia, M., & Stratton, R. J. (2012). Systematic review and meta-analysis of the effects of high protein oral nutritional supplements. *Ageing Research Reviews, 11*(2), 278–296.

Cruz-Jentoft, A. J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyère, O., Cederholm, T., Cooper, C., Landi, F., Rolland, Y., Sayer, A. A., Schneider, S. M., Sieber, C. C., Topinkova, E., Vandewoude, M., Visser, M., Zamboni, M., & Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2. (2019). Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing, 48*(1), 16–31.

Deutz, N. E. P., Bauer, J. M., Barazzoni, R., Biolo, G., Boirie, Y., Bosy-Westphal, A., Cederholm, T., Cruz-Jentoft, A., Krznariç, Z., Nair, K. S., Singer, P., Teta, D., Tipton, K., & Calder, P. C. (2014). Protein intake and exercise for optimal muscle function with aging : Recommendations from the ESPEN Expert Group. *Clinical Nutrition, 33*(6), 929–936.

Ferrie, S., Allman-Farinelli, M., Daley, M., & Smith, K. (2016). Protein requirements in the critically ill: A randomized controlled trial using parenteral nutrition. *JPEN: Journal of Parenteral and Enteral Nutrition, 40(*6), 795–805.

Higgins, J. P. T., Altman, D. G., Gøtzsche, P. C., Jüni, P., Moher, D., Oxman, A. D., Savović, J., Schulz, K. F., Weeks, L., & Sterne, J. A. C. (2011). The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ, 343*, d5928.

Liao, C. D., Wu, Y. T., Tsauo, J. Y., Cheng, P. R., Tu, Y. K., Chen, H. C., Liou, T. H. (2020). Effects of Protein Supplementation Combined with Exercise Training on Muscle Mass and Function in Older Adults with Lower-Extremity Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Trials. *Nutrients, 12*(8), 2422.

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine, 6*(7), e1000097.

Oikawa, S. Y., McGlory, C., D'Souza, L. K., Morgan, A., Saddler, N. I., Baker, S. K., Parise, G., & Phillips, S. M. (2018). A randomized controlled trial of the impact of protein supplementation on leg lean mass and integrated muscle protein synthesis during inactivity and energy restriction in older persons. *The American Journal of Clinical Nutrition, 108*(5), 1060–1068.

Rondanelli, M., Klersy, C., Terracol, G., Talluri, J., Maugeri, R., Guido, D., Faliva, M. A., Solerte, B. S., Fioravanti, M., Lukaski, H. (2016). Whey protein, amino acids, and vitamin D supplementation with physical activity increases fat-free mass and strength, functionality, and quality of life and decreases inflammation in sarcopenic elderly. *The American Journal of Clinical Nutrition, 103*(3), 830-40.

Haaf, D. T., Eijsvogels, T, Bongers, C. C. W. G., Horstman, A. M. H., Timmers, S., Groot, L. C. P. M. D., Hopman, M. T. E. (2019). Protein supplementation improves lean body mass in physically active older adults: a randomized placebo-controlled trial. *Nutrients, 10*(2), 298–310.

Tieland, M., Dirks, M. L., van der Zwaluw, N., Verdijk, L. B., van de Rest, O., de Groot, L. C., & van Loon, L. J. C. (2012). Protein Supplementation Increases Muscle Mass Gain During Prolonged Resistance-Type Exercise Training in Frail Elderly People: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. *Journal of the American Medical Directors Association, 13*(8), 713–719.

Whaikid, P., & Piaseu, N. (2024). The effectiveness of protein supplementation combined with resistance exercise programs among community-dwelling older adults with sarcopenia: a systematic review and meta-analysis. *Epidemiology and Health, 46,* e2024030.