



Ministry of Science, Research and Technology
Sport Sciences Research Institute

Sport Physiology

Journal homepage: <https://spj.ssric.ac.ir>



Review Article

Differential Effects of Whey Protein Supplementation on Strength Across Various Muscle Groups in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis

Mahdi Zarreh¹, Fatemeh Kazeminasab^{*1}, Ali Bahrami Kerchi²,
Fatemeh Sharafifard¹, Omid Zafarmand³

1. Department of Physical Education and Sports Science, Faculty of Humanities, University of Kashan, Kashan, Iran
2. Department of Sports Physiology, Faculty of Sports Science, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
3. Department of Physical Education and Sports Science, Faculty of Human Sciences, Yasouj University, Yasouj, Iran

Received: 14-Jul-2025 | Accepted: 9-Oct-2025 | Online Published: 7-Dec-2025

*Corresponding Author: Fatemeh Kazeminasab, E-mail: fkazeminasab@kashanu.ac.ir

How to Cite: Zarreh, M; Kazeminasab, F; Bahrami Kerchi, A; Sharafifard, F; Zafarmand, O. (2025). Differential Effects of Whey Protein Supplementation on Strength Across Various Muscle Groups in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sport Physiology*, 17(67):79-102. (In Persian). Doi: [10.22089/spj.2025.18220.2381](https://doi.org/10.22089/spj.2025.18220.2381)

Extended Abstract

Background and Purpose

Skeletal muscle function is essential for performing daily tasks, maintaining independence, and preserving quality of life. Age-related neuromuscular decline, inactivity, and metabolic disorders contribute significantly to muscle atrophy and strength loss, increasing dependence and healthcare costs. Resistance training remains a fundamental strategy to counteract these effects, while nutritional supplementation, especially protein, has emerged as a synergistic aid. Among protein sources, whey protein—a rapidly absorbed dairy derivative rich in leucine—exerts potent stimulation of muscle protein synthesis through activation of the mTORC1 pathway. Its bioactive constituents, including lactoferrin and immunoglobulins, further support its widespread clinical and athletic use aimed at enhancing recovery and adaptive responses. Despite broad adoption, evidence on whey protein's efficacy in improving muscular strength across diverse adult populations is inconsistent. Some trials report marked gains, others minimal, confounding interpretation. This variance is linked to heterogeneity in training protocols (intensity, duration, exercise selection), participant factors (age, baseline strength, nutrition), and methodologies (dosing, strength assessments). Addressing these discrepancies, our systematic review and meta-analysis comprehensively evaluated whey protein's effects on adult muscle strength. It aimed to



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

delineate strength response variances across movement patterns (e.g., compound lower-body exercises like squats versus isolated upper-body movements) while considering moderators including training intensity, supplementation protocol, and participant age. Synthesizing controlled trial data clarifies whey protein's mechanistic action and practical efficacy. Findings indicate maximal benefits for lower-body compound movements combined with adequate resistance training, notably in older or protein-deficient individuals. These outcomes endorse whey supplementation as a strategic intervention against sarcopenia and functional decline, contingent on individualized application and movement specificity.

Methods

Adhering strictly to Cochrane and PRISMA guidelines, we executed exhaustive literature searches up to November 29, 2024, across PubMed, Scopus, and Web of Science, using curated search terms encompassing whey protein and various performance metrics. Supplementing electronic searches, manual Google Scholar and reference mining ensured comprehensive inclusion. Eligible studies were RCTs or non-randomized trials involving adults, reporting pre- and post-intervention muscle strength for targeted movements: biceps curl, chest press, knee and leg extension, squat, and isokinetic knee extension, with experimental arms receiving whey protein against controls. Exclusions involved animal studies, non-primary reports, crossover designs, and studies lacking relevant strength data. Extracted data detailed study design, demographics, training modalities, supplementation regimes (type, dose, timing), and strength outcomes (mean $\pm$ SD). Where necessary, numeric data were retrieved from graphical content using GetData software or through author correspondence. Methodological quality was assessed via a modified 9-item PEDro scale, excluding participant/instructor blinding criteria specific to exercise interventions. Scores ranged 0-9, with higher indicating superior quality. Random-effects statistical models generated weighted mean differences (WMDs) and 95% confidence intervals (CI). Heterogeneity was quantified by I^2 statistics, categorized as mild ($<25\%$), low ($25\text{--}50\%$), moderate ($50\text{--}75\%$), or high ($>75\%$). Publication bias assessment employed funnel plots and Egger's regression, with $p < 0.10$ indicating bias. Analyses utilized Comprehensive Meta-Analysis (CMA) software version 2.

Results

Whey protein supplementation significantly enhanced muscle strength in chest press (WMD = 3.914 kg; 95% CI: 0.784 to 7.045; $P = 0.014$), leg press (WMD = 9.118 kg; 95% CI: 2.187 to 16.048; $P = 0.010$), and squat (WMD = 7.657 kg; 95% CI: 5.324 to 9.990; $P = 0.001$) compared to controls. Conversely, no significant strength changes emerged for biceps curl (WMD = -0.992 kg; 95% CI: -2.538 to 4.521; $P = 0.582$), knee extension (WMD = 1.926 kg; 95% CI: -0.156 to 4.008; $P = 0.070$), or isokinetic knee extension (WMD = 3.786 kg; 95% CI: -1.748 to 9.319; $P = 0.180$).

Conclusion

Synthesizing findings from 20 studies, this meta-analysis confirms whey protein's capacity to enhance muscular strength predominantly in multi-joint lower-body exercises, encompassing leg press, squat, with a trend toward knee extension improvement. A modest yet significant chest press strength increment was observed, while isolated upper-body strength measured by biceps

curl showed no enhancement. Isokinetic strength gains were likewise non-significant. These outcomes suggest whey supplementation, particularly paired with resistance training, preferentially augments strength in complex lower-body movements. Its influence on upper-body musculature appears inconsistent and movement-specific. Hence, whey protein's application should target lower-body strength optimization, notably for older individuals or those with inadequate protein intake. Further investigations are needed to elucidate molecular mechanisms underpinning these differential responses and refine protocols enhancing upper-body adaptation. Longitudinal, rigorously designed trials are imperative to establish comprehensive guidelines maximizing whey protein's ergogenic potential.

Keywords: Whey Protein, Muscle Strength, Adults, Nutritional Supplement

Article Message

This comprehensive analysis indicates whey protein effectively augments muscular strength in adults during lower-body multi-joint exercises like squats and leg presses, while evidence remains inconclusive regarding upper-body and isokinetic muscle performance. Variable responsiveness across muscle groups underscores the necessity for tailored supplementation strategies combined with targeted resistance training. Whey protein supplementation thus emerges as a valuable nutritional adjunct for enhancing muscular performance, with consideration for dosage, intervention duration, and individual training modalities.

Ethical Considerations

This systematic review is registered with the international Prospero database under code [CRD420251157160](https://www.crd420251157160).

Authors' Contributions

All authors participated in all study phases including design, implementation, analysis, and manuscript preparation.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments

Gratitude is extended to primary study authors who provided raw data contributing to this synthesis.



فیزیولوژی ورزشی

وبگاه نشریه: <https://spj.ssric.ac.ir>



مقاله مروری

اثرات متفاوت مکمل پروتئین وی بر قدرت گروه‌های عضلانی مختلف در افراد بزرگسال: یک مرور نظام‌مند و فراتحلیل

مهدی ذره^۱ ID، فاطمه کاظمی نسب^{۲*} ID، علی بهرامی کرچی^۳ ID،
فاطمه شرفی فرد^۴ ID، امید ظفرمند^۵ ID

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد فیزیولوژی ورزشی گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران
۲. استادیار فیزیولوژی ورزشی گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران
۳. دانشجوی کارشناسی‌ارشد فیزیولوژی ورزشی گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
۴. کارشناسی‌ارشد فیزیولوژی ورزشی گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران
۵. کارشناسی‌ارشد فیزیولوژی ورزشی گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۲۳ | تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۷ | تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۴/۰۹/۱۶

*نویسنده مسئول: فاطمه کاظمی نسب، ایمیل: fkazeminasab@kashanu.ac.ir

نحوه ارجاع‌دهی: ذره، مهدی، کاظمی نسب، فاطمه، بهرامی کرچی، علی، شرفی فرد، فاطمه، ظفرمند امید. (۱۴۰۴). اثرات متفاوت مکمل پروتئین وی بر قدرت گروه‌های عضلانی مختلف در افراد بزرگسال: یک مرور نظام‌مند و فراتحلیل. فیزیولوژی ورزشی، ۱۷ (۶۷): ۷۹-۱۰۲.

چکیده

هدف: مکمل پروتئین وی برای افزایش قدرت عضلانی به کار می‌رود؛ بنابراین هدف مطالعه فراتحلیل حاضر، بررسی اثرات متفاوت مکمل پروتئین وی بر قدرت گروه‌های عضلانی مختلف در افراد بزرگسال بود.

مواد و روش‌ها: جستجوی سیستماتیک مقالات انگلیسی و فارسی منتشر شده از پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed، Web of Science، Scopus، Magiran تا ۲۹ نوامبر سال ۲۰۲۴ انجام شد. تفاوت میانگین وزنی (WMD) و فاصله اطمینان ۹۵ درصد با استفاده از مدل اثر تصادفی محاسبه شد. ناهمگونی با استفاده از آزمون I^2 و سوگیری انتشار با تحلیل بصری فونل پلات و آزمون Egger بررسی شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد، مکمل پروتئین وی سبب افزایش معنادار قدرت عضلانی در حرکت پرس سینه [$P=0/014$ ، $P=0/784$ الی $5/324$]، پرس پا [$P=0/010$ ، $P=0/187$ الی $9/118$ kg ($16/048$ الی $2/187$) WMD=] و حرکت اسکوات [$P=0/001$ ، $P=0/784$ الی $9/990$ kg ($9/990$ الی $7/657$ kg WMD=] نسبت به گروه کنترل در بزرگسالان شد، اما این مکمل سبب تغییر معنادار قدرت عضلانی دوسر بازویی [$P=0/582$ ، $P=0/521$ الی $2/528$ kg ($2/528$ الی $-0/992$ kg WMD=]، بازکردن زانو [$P=0/070$ ، $P=0/156$ الی $4/008$ kg WMD=] و حرکت ایزوکنتریک بازکردن زانو [$P=0/180$ ، $P=0/1748$ الی $9/319$ kg ($9/319$ الی $-1/748$) WMD=] نسبت به گروه کنترل در بزرگسالان نشد. نتیجه‌گیری: براساس نتایج فراتحلیل حاضر، مکمل پروتئین وی تأثیر مثبت بر قدرت عضلانی در حرکات پرس سینه، پرس پا و اسکوات در افراد بزرگسال دارد؛ از این رو برای افزایش قدرت عضلانی، این مکمل به ورزشکاران توصیه می‌شود.



مقدمه

عملکرد مناسب عضلات اسکلتی برای انجام فعالیت‌های روزمره مانند برخاستن از صندلی، بالا رفتن از پله‌ها، راه رفتن، غذا خوردن و حفظ بهداشت شخصی، به‌منظور تعامل فرد با محیط و انجام وظایف زندگی ضروری است؛ با این حال، هنگامی که این توانایی‌ها به دلیل ضعف عضلانی کاهش می‌یابد، ضرورت ارائه مراقبت‌های ویژه برای بخش چشمگیری از افراد جامعه به‌وضوح نمایان می‌شود (۱، ۲). یکی از دلایل شایع ضعف عضلانی، اختلالات عصبی-عضلانی مرتبط با سن است که ممکن است به کاهش قدرت عضلانی، از دست رفتن استقلال حرکتی و افزایش هزینه‌های مراقبتی منجر شود (۳).

عواملی مانند کاهش فعالیت بدنی، از دست رفتن نورون‌های حرکتی، تغییرات در محل تقاطع عصبی-عضلانی، التهاب مزمن، کاهش سطح هورمون رشد و هورمون‌های جنسی و نیز اختلال در متابولیسم پروتئین، نقش کلیدی در ایجاد آتروفی عضلانی دارند. همچنین کاهش میزان و سرعت تحریک عصبی، اختلال در مکانیسم تحریک-انقباض، کاهش تولید میوزین، حساسیت کمتر به کلسیم و کاهش بازجذب آن توسط شبکه سارکوپلاسمی در افت عملکرد عضله مؤثرند (۴). تمرین مقاومتی و فعالیت بدنی هدفمند می‌توانند منجر به افزایش توده بدون چربی بدن، حداکثر قدرت، توان، هیپرتروفی عضله و بهبود عملکرد فیزیکی شوند (۵). در این میان، استفاده از مکمل‌های پروتئینی، به‌طور درخور توجهی باعث تقویت عملکرد، هایپرتروفی (رشد عضلانی) و جنبه‌های زیبایی‌شناختی اندام (از طریق افزایش توده عضلانی) می‌شود (۶). در دو دهه اخیر، مکمل‌های حاوی اسیدهای آمینه به دلیل نقش در تحریک ترشح هورمون‌ها، بهبود عملکرد مغزی، افزایش تمرکز ذهنی، کاهش خستگی و تخریب عضلانی بررسی شده‌اند (۷). یکی از مهم‌ترین این مکمل‌ها، پروتئین وی^۱ است. وی پروتئینی مشتق‌شده از شیر است که اجزایی مانند لاکتوفیرین، بتا-لاکتوگلوبولین، آلفا-لاکتالبومین، گلیکوماکروپپتید و ایمونوگلوبولین دارد که در تقویت عملکرد ایمنی نقش دارند. همچنین این ترکیب دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضدویروسی، کاهنده چربی خون و ضدسرطانی است (۸، ۹).

پروتئین وی منبعی غنی از کلسیم و سایر مواد معدنی است و در اشکال گوناگون مانند وی ایزوله با حدود ۹۰ تا ۹۵ درصد پروتئین عرضه می‌شود (۱۰). مصرف پروتئین، به‌ویژه پروتئین وی به دلیل سرعت بیشتر هضم و مقدار زیاد لوسین، محرکی قوی برای سنتز پروتئین عضله محسوب می‌شود (۱۱، ۸). لوسین می‌تواند به‌طور مستقیم مسیر سیگنالینگ mTORC1 را فعال کند؛ مسیری که نقش کلیدی در فعال‌سازی سنتز پروتئین عضله (MPS)^۲ دارد (۱۲).

با وجود مطالعات متعددی که به بررسی اثر مکمل پروتئین وی بر عملکرد عضلانی پرداخته‌اند، نتایج گزارش‌شده درخصوص تأثیر آن بر قدرت عضلانی متناقض است (۱۷-۱۳). با توجه به تناقض نتایج مطالعات پیشین و نبود مطالعه

1 . Whey Protein

2 . Mechanistic Target of Rapamycin Complex 1

3 . Muscle Protein Synthesis

مرور نظام‌مند و جامع، پژوهش حاضر، نخستین فراتحلیل با هدف بررسی تأثیر متفاوت مکمل پروتئین وی بر قدرت گروه‌های عضلانی مختلف در افراد بزرگسال است.

روش پژوهش

روش جستجوی مقالات

مطالعه حاضر براساس راهنمای کاکرین^۱ و دستورالعمل PRISMA^۲ انجام شد (۱۸، ۱۹). برای استخراج مقالات اصیل چاپ‌شده، جستجوی جامعی در پایگاه‌های اطلاعاتی الکترونیکی PubMed، Scopus و Web of Science با استفاده از کلیدواژه‌های زیر انجام گرفت:

"Whey protein" OR "protein supplement" OR "whey supplement" OR "performance" OR "exercise performance" OR "physical performance" OR "physical function" OR "athletic performance" OR "sports performance" OR "strength" OR "muscle strength" OR "muscular strength" OR "force" OR "muscular force" OR "muscular endurance" and "power".

استراتژی جستجو در جدول (۱) ذکر شده است. همچنین جستجوی مقالات فارسی تا ۹ آذرماه ۱۴۰۳ و مقالات انگلیسی تا تاریخ ۲۹ نوامبر ۲۰۲۴ انجام شد. جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی محدود به مطالعات انسانی، مقالات پژوهشی (اصیل) و زبان‌های انگلیسی و فارسی بود. کلیدواژه‌های به‌کاررفته برای مقالات فارسی به شرح ذیل بود: «پروتئین آب پنیر»، «مکمل پروتئین»، «مکمل آب پنیر»، «عملکرد ورزشی»، «قدرت»، «قدرت عضلانی»، «نیروی عضلانی».

جدول ۱- استراتژی جستجو

Table 1- Search strategy

نتایج	محدودیت‌ها	دستور جستجو	پایگاه اطلاعاتی
464	Humans, English	"whey protein" OR "protein supplement" OR "whey supplement" OR "performance" OR "exercise performance" OR "physical performance" OR "physical function" OR "athletic performance" OR "sports performance" OR "strength" OR "muscle strength" OR "muscular strength" OR "force" OR "muscular force" OR "muscular endurance" and "power".	PubMed
4207	Article, English	"whey protein" OR "protein supplement" OR "whey supplement" OR "performance" OR "exercise performance" OR "physical performance" OR "physical function" OR "athletic performance" OR "sports performance" OR "strength" OR "muscle strength" OR "muscular strength" OR "force" OR "muscular force" OR "muscular endurance" and "power".	Scopus
3955	Article, English	"whey protein" OR "protein supplement" OR "whey supplement" OR "performance" OR "exercise performance" OR "physical performance" OR "physical function" OR "athletic performance" OR "sports performance" OR "strength" OR "muscle strength" OR "muscular strength" OR "force" OR "muscular force" OR "muscular endurance" and "power".	Web of science

1 . Cochrane

2 . The Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis

علاوه بر این، جستجوی دستی با استفاده از موتور جستجوی گوگل اسکالر^۱، مگیران^۲ و جهاد دانشگاهی^۳ انجام شد. همچنین فهرست منابع مقالات استخراج شده نیز جستجوی دستی شد. استراتژی جستجو در جدول (۱) ارائه شده است. تمامی مراحل جستجو توسط تمام نویسندگان انجام شد و هر نوع اختلاف نظر از طریق مشورت با دیگر نویسندگان حل شد.

معیارهای ورود به پژوهش و خروج از آن

معیارهای ورود به مطالعه فراتحلیل حاضر عبارت بودند از: (۱) مطالعات کارآزمایی بالینی تصادفی شده (RCT) و غیرتصادفی شده (NRS) منتشر شده به زبان‌های فارسی یا انگلیسی؛ (۲) مطالعات انجام شده روی بزرگسالان؛ (۳) مطالعاتی که داده کافی در خصوص متغیرهای قدرت عضلانی (قدرت عضلانی دوسر بازویی، قدرت عضلانی سینه‌ای، قدرت باز کردن زانو، قدرت عضلات پا، حرکت اسکوات و حرکت ایزوکنیتیک باز کردن زانو) را در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه مکمل پروتئین وی و گروه کنترل گزارش کردند؛ (۴) مطالعات بررسی کننده اثر مکمل پروتئین وی در برابر گروه کنترل. معیارهای خروج از مطالعه فراتحلیل حاضر عبارت بودند از: (۱) مطالعات انجام گرفته روی حیوانات؛ (۲) مطالعات ارائه شده در همایش؛ (۳) پایان نامه‌ها؛ (۴) مطالعات انجام شده به صورت مروری، نظام مند و فراتحلیل؛ (۵) مطالعات متقاطع (Crossover)؛ (۶) مطالعاتی که متغیرهای قدرت عضلانی از جمله قدرت عضلانی در حرکات دوسر بازویی، قدرت عضلانی سینه‌ای، قدرت باز کردن زانو، قدرت عضلات پا، حرکت اسکوات و ایزوکنیتیک باز کردن زانو را گزارش نکردند.

استخراج داده‌ها

داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز از هریک از مقالات استخراج شد. این داده‌ها و اطلاعات عبارت بودند از: (۱) ویژگی‌های پژوهش شامل نام نویسندگان، نوع مطالعه و کشور، تصادفی بودن گروه‌بندی‌ها و حجم نمونه؛ (۲) ویژگی پروتکل تمرین ورزشی شامل نوع تمرین، شدت تمرین، زمان تمرین، طول مداخله تمرین و تعداد جلسات تمرین؛ (۳) ویژگی مصرف مکمل شامل نوع مکمل و دوز مصرف و زمان مصرف مکمل. همچنین برای محاسبه اندازه اثر، داده‌های مربوط به قدرت عضلانی شامل میانگین و انحراف استاندارد برای هر دو گروه مکمل و کنترل در دو مرحله پس‌آزمون و پیش‌آزمون، استخراج شد. در صورت نبود داده‌های پس‌آزمون و پیش‌آزمون، از میانگین تغییرات (پس‌آزمون و پیش‌آزمون) و انحراف استاندارد استفاده شد (۲۰). اطلاعات آزمودنی‌ها و مداخله‌ها در جدول (۲) ذکر شده است.

افزون بر این، در صورت نیاز، برای استخراج داده‌ها از نمودار مقالات از نرم‌افزار Get Data استفاده شد (۲۲، ۲۱). در صورتی که میانگین و انحراف استاندارد گزارش نشده بود، سایر روش‌های آماری برای تخمین و محاسبه آن‌ها به کار رفت؛ با این حال، در صورت دسترسی نداشتن به داده‌ها و نبود امکان استخراج آن‌ها از نمودار، با نویسنده مسئول برای دریافت داده‌ها مکاتبه شد. استخراج داده‌ها توسط همه نویسندگان به صورت مستقل انجام شد و هر نوع اختلاف نظر با مشورت با همدیگر حل می‌شد.

-
1. Google Scholar
 2. Magiran
 3. SID

جدول ۲. ویژگی آزمودنی ها | Table 2- Characteristics of the subjects

پژوهشگر - سال	نوع مطالعه- کشور	ویژگی‌های آزمودنی‌ها	سن (سال)	BMI (kg/m ²)	گروه‌ها	متغیرهای قدرتی عضلانی	نوع مکمل و دوز مصرف	زمان مصرف مکمل	نوع تمرین شدت و مدت	تعداد جلسات در هفته
همکاران ۲۰۱۰ (۱۲)	RCT - آمریکا	۲۱ مرد میان‌سال و مسن	گروه ۱: ۵۸.۲±۷	گروه ۱: گزارش نشه است	گروه ۱: تمرینات مقاومتی + پروتئین وی (۱۱ نفر)	پرس پا پار کردن زانو	گروه ۱: ۲۵ گرم پروتئین وی + ۴۸۰۰ گرم نوشیدنی گائورید	بعد از هر جلسه تمرینی	۱۴ هفته ۸۰٪ یک تکرار بیشینه	۳ جلسه
		گروه ۲: ۵۶.۱±۱۴	گروه ۲: گزارش نشه است	گروه ۲: تمرینات مقاومتی + دارونما (۱۰ نفر)	پرس سینه چلو بارو	گروه ۲: ۲۰ گرم پروتئین وی + ۰.۳ گرم/کیلوگرم پودر ساکروز	گروه ۲: ۲۰ گرم پروتئین وی + ۰.۳ گرم/کیلوگرم پودر ساکروز	روزهای تمرین بعد از تمرین	۶ هفته تمرین مقاومتی با ۸۰٪ یک تکرار بیشینه	۳ جلسه
همکاران ۲۰۱۳ (۳۰)	RCT - ژاپن	۸۰±۳۵ سال مرد و زن	گروه ۱: ۷۸±۴	گروه ۱: گزارش نشه است	گروه ۱: پروتئین وی + تمرینات مقاومتی (۴۲ نفر)	پرس پا	گروه ۱: ۴۰ گرم پروتئین وی کسالتیره	صبح بعد از صبحانه و عصرها بعد از وعده عصرانه	۶ ماه تمرین مقاومتی با ۸۰٪ یک تکرار بیشینه	۳ جلسه
		گروه ۲: ۷۸±۴	گروه ۲: گزارش نشه است	گروه ۲: کنترل - تمرینات مقاومتی (۲۸ نفر)	پرس پا	گروه ۲: ۴۰ گرم ایروکالریک کنترل	گروه ۲: ۴۰ گرم ایروکالریک کنترل	روزهای تمرین بعد از تمرین	۶ ماه تمرین مقاومتی با ۸۰٪ یک تکرار بیشینه	۳ جلسه
دودجانون و همکاران ۲۰۱۷ (۳۲)	RCT - آمریکا	۱۶ مرد تمرین کرده	گروه ۱: ۲۸ تا ۳۸ سال	گروه ۱: گزارش نشه است	گروه ۱: پروتئین وی - تمرینات مقاومتی (۱۸ نفر)	اسکوات پرس سینه	گروه ۱: ۵۰ گرم پروتئین وی به ازای هر جلسه تمرین	روز تمرین	۸ هفته تمرینات مقاومتی	۴ جلسه
		گروه ۲: ۲۸ تا ۳۸ سال	گروه ۲: گزارش نشه است	گروه ۲: کنترل (۱۸ نفر)	پرس سینه	گروه ۲: ۵۰ گرم کربوهیدرات به ازای هر جلسه تمرین	گروه ۲: ۵۰ گرم کربوهیدرات به ازای هر جلسه تمرین	روز تمرین	۸ هفته تمرینات مقاومتی	۴ جلسه
هردا و همکاران ۲۰۱۳ (۲۸)	RCT - آمریکا	۸۴ مرد سالم و فعال	گروه ۱: ۲۵±۲۱.۱	گروه ۱: گزارش نشه است	گروه ۱: پروتئین وی تقویت شده + تمرینات مقاومتی با حجم متوسط (۲۲ نفر)	پرس پا	گروه ۱: ۲۰ گرم پروتئین وی در هر شیک یا این تفاوت که گروه ۱ معادل ۵ گرم پلی آمینو اسیدها در هر شیک استفاده داشتند	۱ شیک قبل و بعد از تمرین و ۱ شیک روزهای بدون تمرین	۸ هفته تمرینات پرس سینه و پرس پا با ۸۰٪ یک تکرار بیشینه	۳ جلسه
		گروه ۲: ۲۷±۲۱.۲	گروه ۲: گزارش نشه است	گروه ۲: پروتئین وی استاندارد + تمرینات مقاومتی با حجم متوسط (۲۰ نفر)	پرس سینه	گروه ۲: ۲۰ گرم پروتئین وی + ۰.۳ گرم/کیلوگرم پودر ساکروز	گروه ۲: ۲۰ گرم پروتئین وی + ۰.۳ گرم/کیلوگرم پودر ساکروز	روزهای تمرین بعد از تمرین	۸ هفته تمرینات پرس سینه و پرس پا با ۸۰٪ یک تکرار بیشینه	۳ جلسه

دامه جدول ۲- ویژگی آزمودنی‌ها | Continue Table 2- Characteristics of the subjects

تعداد جلسات در هفته	نوع تمرین شدت و مدت زمان تمرین	زمان مصرف مکمل	نوع تمرین	نوع و مقدار مصرف	متغیرهای قدرت عضلانی	گروه‌ها	BMI (Kg/m ²)	سن (سال)	ویژگی‌های آزمودنی‌ها	نوع مطالعه- کشور	پژوهشگر- سال
۳ جلسه	۱۲ هفته تمرین مقاومتی با شدت ۷۰ تا ۸۰٪ یک تکرار بیشینه	۲ بار در روز	۲۱ گرم پروتئین غنی از لوسین گروه ۱؛ گروه ۲؛ پلاسبو با همان میزان انرژی	گروه ۱؛ گروه ۲؛ گروه ۳؛	پرس پا باز کردن زانو	گروه ۱: پروتئین وی + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر) گروه ۲: پروتئین وی + کربوهیدرات + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر) گروه ۳: پروتئین وی + کربوهیدرات + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر)	گروه ۱: ۲۷.۵±2.7 گروه ۲: ۲۷.۵±2.7 گروه ۳: ۲۷.۵±2.7	گروه ۱: ۲۶.۹±۴.۵ گروه ۲: ۲۶.۹±۴.۵ گروه ۳: ۲۶.۹±۴.۵	۴۰ مردان تمرین تکرره ۲۰۱۸ (۱۷)	RCT- هلند	هولندا و همکاران ۲۰۱۸ (۱۷)
۲ و ۴ جلسه در هفته	۱۲ هفته تمرینات مقاومتی شامل ۲۸ جلسه تمرینی	بلافاصله بعد از هر جلسه تمرینی	۳۴.۵ گرم مالتودکستروزین گروه ۱؛ گروه ۲؛ ۳۷.۵ گرم مالتودکستروزین گروه ۳؛ ۳۷.۵ گرم پروتئین وی کانستره - ۳۷.۵ گرم مالتودکستروزین	گروه ۱؛ گروه ۲؛ گروه ۳؛	پرس پا	گروه ۱: پروتئین وی + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر) گروه ۲: پروتئین وی + کربوهیدرات + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر) گروه ۳: پروتئین وی + کربوهیدرات + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر)	گروه ۱: ۲۷.۵±۲.۷ گروه ۲: ۲۷.۵±۲.۷ گروه ۳: ۲۷.۵±۲.۷	گروه ۱: ۲۶.۹±۴.۵ گروه ۲: ۲۶.۹±۴.۵ گروه ۳: ۲۶.۹±۴.۵	۴۰ مرد سالم ۲۰۱۵ (۲۳)	RCT- فلاند	هولندا و همکاران ۲۰۱۵ (۲۳)
۴ جلسه	۸ هفته تمرینات مقاومتی و ۲ هفته بی تمرینی	بسیور روزانه	۲۵ گرم پروتئین وی گروه ۱؛ گروه ۲؛ ۲۵ گرم مالتودکستروزین گروه ۳؛ ۲۵ گرم مالتودکستروزین کلونیک	گروه ۱؛ گروه ۲؛ گروه ۳؛	پرس پا	گروه ۱: پروتئین وی + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر) گروه ۲: پروتئین وی + کربوهیدرات + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر) گروه ۳: پروتئین وی + کربوهیدرات + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر)	گروه ۱: ۲۷.۵±۲.۷ گروه ۲: ۲۷.۵±۲.۷ گروه ۳: ۲۷.۵±۲.۷	گروه ۱: ۲۶.۹±۴.۵ گروه ۲: ۲۶.۹±۴.۵ گروه ۳: ۲۶.۹±۴.۵	۴۰ زن و مرد سالم و تمرین کرده ۲۰۱۷ (۲۴)	RCT- آمریکا	همکاران ۲۰۱۷ (۲۴)
۳ جلسه	۱۲ هفته با شدت ۸۵٪ یک تکرار بیشینه	۱ بار بعد از هر جلسه تمرین	۳۵ گرم پروتئین وی هیدرولیز گروه ۱؛ گروه ۲؛ ۳۵ گرم مالتودکستروزین کلونیک	گروه ۱؛ گروه ۲؛ گروه ۳؛	پرس سینه باز کردن زانو جلو بازو	گروه ۱: پروتئین وی + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر) گروه ۲: پروتئین وی + کربوهیدرات + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر) گروه ۳: پروتئین وی + کربوهیدرات + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر)	گروه ۱: ۲۷.۵±۲.۷ گروه ۲: ۲۷.۵±۲.۷ گروه ۳: ۲۷.۵±۲.۷	گروه ۱: ۲۶.۹±۴.۵ گروه ۲: ۲۶.۹±۴.۵ گروه ۳: ۲۶.۹±۴.۵	۳۱ زن و مرد و تمرین کرده ۲۰۱۸ (۲۱)	RCT- بوزنل	جونیور و همکاران ۲۰۱۸ (۲۱)
۶ جلسه	۴ هفته تمرین مقاومتی با شدت ۶۰ تا ۷۰٪ یک تکرار بیشینه	۳ بار استفاده در صبح، بعد از تمرین و شب	۲۰ گرم پروتئین وی ایزوله گروه ۱؛ گروه ۲؛ ۲۰ گرم مالتودکستروزین کلونیک	گروه ۱؛ گروه ۲؛ گروه ۳؛	باز کردن زانو ایزوکینتیک	گروه ۱: پروتئین وی ایزوله + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر) گروه ۲: پروتئین وی ایزوله + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر) گروه ۳: پروتئین وی ایزوله + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر)	گروه ۱: ۲۷.۵±۲.۷ گروه ۲: ۲۷.۵±۲.۷ گروه ۳: ۲۷.۵±۲.۷	گروه ۱: ۲۶.۹±۴.۵ گروه ۲: ۲۶.۹±۴.۵ گروه ۳: ۲۶.۹±۴.۵	۳۲ مرد تمرین تکرره 2023 (۲۹)	RCT- کره	کیم و همکاران 2023 (۲۹)
۲ جلسه	۲۴ هفته با شدت ۵۰ تا ۷۰٪ یک تکرار بیشینه	۱ بار در روز	۲۵ گرم پروتئین وی هیدرولیز گروه ۱؛ گروه ۲؛ ۲۵ گرم مالتودکستروزین کلونیک	گروه ۱؛ گروه ۲؛ گروه ۳؛	باز کردن زانو	گروه ۱: پروتئین وی + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر) گروه ۲: پروتئین وی + کربوهیدرات + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر) گروه ۳: پروتئین وی + کربوهیدرات + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر)	گروه ۱: ۲۷.۵±۲.۷ گروه ۲: ۲۷.۵±۲.۷ گروه ۳: ۲۷.۵±۲.۷	گروه ۱: ۲۶.۹±۴.۵ گروه ۲: ۲۶.۹±۴.۵ گروه ۳: ۲۶.۹±۴.۵	۵۰ زن تمرین تکرره ۲۰۱۸ (۳۵)	RCT- ژاپن	موری و نوکودا ۲۰۱۸ (۳۵)
۳ جلسه	۱۲ هفته تمرین با شدت ۶۰ تا ۷۰٪ یک تکرار بیشینه	۱ بار قبل یا بعد از تمرین	۳۵ گرم پروتئین وی هیدرولیز گروه ۱؛ گروه ۲؛ ۳۵ گرم مالتودکستروزین کلونیک	گروه ۱؛ گروه ۲؛ گروه ۳؛	پرس سینه باز کردن زانو جلو بازو	گروه ۱: پروتئین وی هیدرولیز + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر) گروه ۲: پروتئین وی هیدرولیز + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر) گروه ۳: پروتئین وی هیدرولیز + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر)	گروه ۱: ۲۷.۵±۲.۷ گروه ۲: ۲۷.۵±۲.۷ گروه ۳: ۲۷.۵±۲.۷	گروه ۱: ۲۶.۹±۴.۵ گروه ۲: ۲۶.۹±۴.۵ گروه ۳: ۲۶.۹±۴.۵	۶۶ زن تمرین تکرره ۲۰۱۸ (۳۷)	RCT- بوزنل	نایوکو و همکاران ۲۰۱۸ (۳۷)
۳ جلسه	۱۲ هفته تمرین با شدت ۶۰ تا ۷۰٪ یک تکرار بیشینه	۱ بار بلافاصله بعد از تمرین	۲۵ گرم پروتئین وی هیدرولیز گروه ۱؛ گروه ۲؛ ۲۵ گرم مالتودکستروزین کلونیک	گروه ۱؛ گروه ۲؛ گروه ۳؛	باز کردن زانو ایزوکینتیک	گروه ۱: پروتئین وی + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر) گروه ۲: پروتئین وی + کربوهیدرات + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر) گروه ۳: پروتئین وی + کربوهیدرات + تمرینات مقاومتی (۱۱ نفر)	گروه ۱: ۲۷.۵±۲.۷ گروه ۲: ۲۷.۵±۲.۷ گروه ۳: ۲۷.۵±۲.۷	گروه ۱: ۲۶.۹±۴.۵ گروه ۲: ۲۶.۹±۴.۵ گروه ۳: ۲۶.۹±۴.۵	۳۰ زن تمرین تکرره 2019 (۳۶)	RCT- بوزنل	نایوکو و همکاران 2019 (۳۶)

بررسی کیفیت مقالات

برای ارزیابی کیفیت مطالعات وارد شده به تحقیق حاضر از چک‌لیست پدرو^۱ استفاده شد. این ارزیابی شامل ۱۱ معیار است. با توجه به اینکه معیارهای کوکران شرکت‌کنندگان و کور کردن مداخله‌گر برای مداخلات ورزشی اجراشدنی نبود، از ارزیابی کنار گذاشته شدند؛ بنابراین ارزیابی کیفیت مطالعات با استفاده از ۹ معیار انجام شد. معیارهای ارزیابی عبارت بودند از: (۱) ضوابط واجد شرایط بودن شرکت‌کنندگان مشخص باشد؛ (۲) اختصاص شرکت‌کنندگان گروه‌های مختلف به صورت تصادفی انجام شده باشد؛ (۳) شرکت‌کنندگان به گروه‌بندی‌هایشان آشنایی نداشته باشند؛ (۴) آزمودنی‌ها در گروه‌های مختلف در ابتدا از نظر وزن بدن یکسان باشند؛ (۵) ارزیابی یک‌سوکور برای متغیر اصلی وجود داشته باشد (blinding of all assessors)؛ (۶) تعداد افراد خارج شده از پژوهش کمتر از ۱۵ درصد شرکت‌کنندگان باشد؛ (۷) تجزیه و تحلیل به صورت intention to treat (ITT) انجام شده باشد؛ (۸) تفاوت آماری بین گروهی برای متغیر اصلی گزارش شده باشد؛ (۹) میانگین، انحراف معیار و میزان معناداری (P-Value) گزارش شده باشد. به تمام سؤالات چک‌لیست پدرو، با دو گزینه بله (نمره ۱) یا خیر (نمره صفر) پاسخ داده شد (جدول ۳). امتیاز حداقل صفر و حداکثر، ۹ بود که در آن ارزش عددی بیشتر، نمایانگر کیفیت بالاتر پژوهش بود (۲۴، ۲۳).

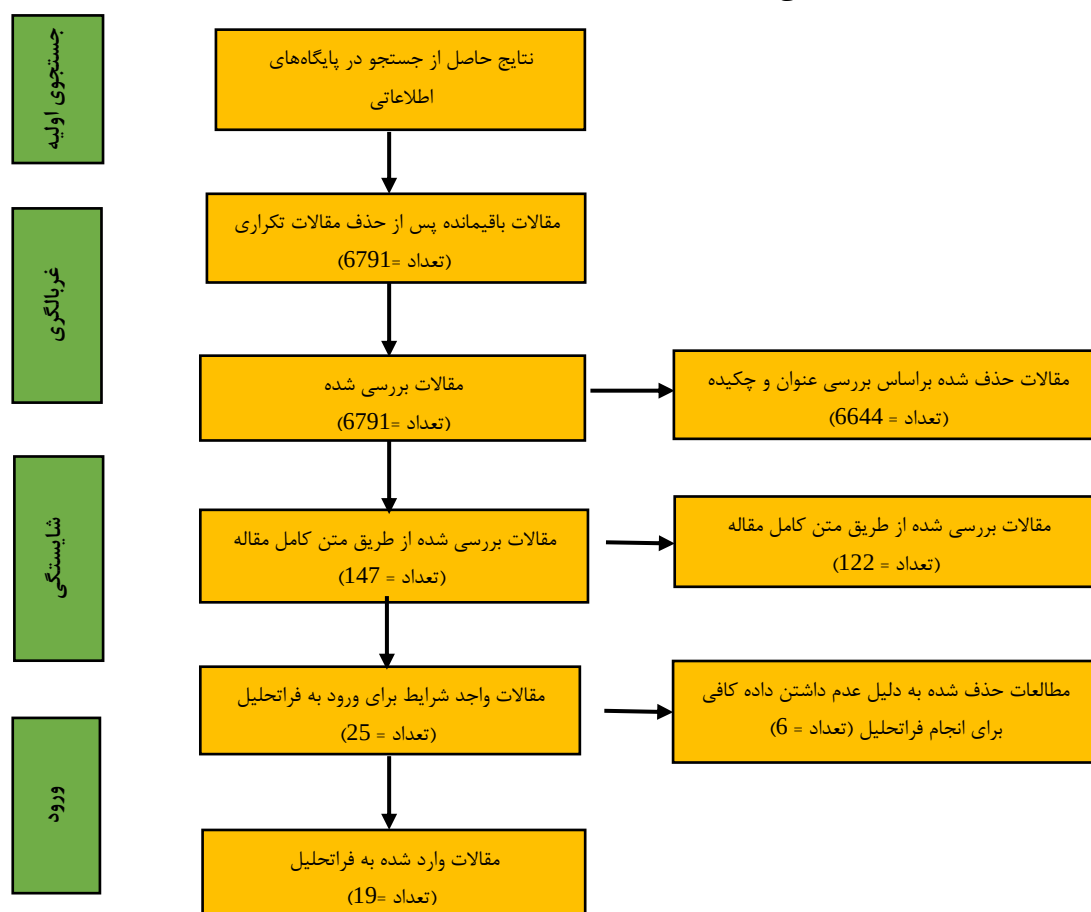
تجزیه و تحلیل آماری

فرا تحلیل اصلی حاضر برای تعیین اثر متفاوت مکمل پروتئین وی بر قدرت گروه‌های عضلانی متفاوت در بزرگسالان انجام گرفت. در این مطالعه، برای تجزیه و تحلیل آماری از میانگین، انحراف استاندارد و حجم نمونه استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از مدل اثر تصادفی صورت گرفت؛ بر این اساس، WMD^2 و فاصله اطمینان ۹۵ درصد در نظر گرفته شد. برای تعیین ناهمگونی (نبود تجانس) مطالعات، از آزمون I^2 استفاده شد و تفسیر آماری I^2 مطابق با دستورالعمل کوکران به ترتیب، ناهمگونی خفیف (کمتر از ۲۵ درصد)، ناهمگونی کم (۲۵ تا ۵۰ درصد)، ناهمگونی متوسط (۵۰ تا ۷۵ درصد) و ناهمگونی زیاد (بیشتر از ۷۵ درصد) تفسیر شد (۲۵). براساس مقدار I^2 ، در صورت نبود ناهمگونی یا ناهمگونی کم، از مدل ثابت و در صورت ناهمگونی متوسط و زیاد، از مدل اثرات تصادفی استفاده شد (۲۵). همچنین سوگیری انتشار با استفاده از تفسیر بصری از فونل پلات^۳ و آزمون ایگر^۴ به‌عنوان تعیین‌کننده ثانویه استفاده شد. در صورتی که $P < 0/1$ بود، سوگیری انتشار معنادار در نظر گرفته شد. آزمون‌های تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار CMA^۵ نسخه دو صورت گرفت (۲۶).

-
1. PEDro
 2. Weighted Mean Difference
 3. Funnel Plot
 4. Egger
 5. Comprehensive Meta-Analysis

نتایج

براساس جستجو در پایگاه‌های اطلاعات، ۴۶۴ مقاله از پاب‌مد^۱، ۴۲۰۷ مقاله از اسکوپوس^۲، ۳۹۵۵ مقاله از وب آو ساینس^۳ و ۵۰ مقاله از پایگاه‌های داده فارسی به دست آمد که پس از حذف مقالات تکراری، ۶۷۹۱ مقاله برای بررسی‌های بیشتر باقی ماند. پس از بررسی مقالات براساس عنوان، کلیدواژه و چکیده، ۱۴۷ مقاله برای مطالعه متن کامل انتخاب شد. پس از بررسی متن کامل مقالات، درنهایت ۱۹ مطالعه وارد فراتحلیل حاضر شد. شایان ذکر است، در انتخاب مطالعات از معیارهای کاکرین استفاده شد، اما برای انتخاب مطالعات نهایی، معیارهای ورود و خروج اختصاصی متناسب با هدف پژوهش تعریف شد و تنها مطالعاتی که به طور کامل این معیارها را داشتند (۱۹ مطالعه)، وارد فراتحلیل شدند. مشخصات مطالعات در شکل (۱) مشاهده می‌شود.



شکل ۱- فلوچارت PRISMA

Figure 1- PRISMA flowchart

1. Pubmed
2. Scopus
3. Web of science

ویژگی‌های آزمودنی‌ها

تعداد ۶۸۹ آزمودنی با رده سنی ۱۸-۷۸ سال وارد فراتحلیل شدند. تعداد ۳۳۷ آزمودنی با رده سنی ۱۸-۷۸ سال و میانگین شاخص توده بدنی ۲۲-۲۷/۴ کیلوگرم بر مترمربع در گروه ترکیبی مکمل پروتئین وی و تمرینات مقاومتی و ۳۵۲ آزمودنی با میانگین سنی ۱۸-۷۷/۳ سال و میانگین شاخص توده بدنی ۲۲/۹-۲۶/۹ کیلوگرم بر مترمربع در گروه شاهد بودند. تعداد آزمودنی‌های هر مطالعه، حداقل ۱۳ نفر (۲۷) و حداکثر ۸۴ نفر (۲۸) بود. مدت‌زمان تمرینات از ۴ هفته (۲۹) تا ۲۶ هفته (۳۰) بود (جدول ۲).

ویژگی پروتکل تمرین ورزشی

تعداد ۱۹ مطالعه وارد مطالعه فراتحلیل حاضر شد. نوع تمرینات در مطالعات وارد شده از تمرینات مقاومتی (۴۱-۲۷، ۱۷-۱۵) بود. شدت تمرین برای تمرینات مقاومتی، ۵۰ درصد یک تکرار بیشینه (1RM) (۳۵) تا ۹۵ درصد 1RM (۱۵) بود.

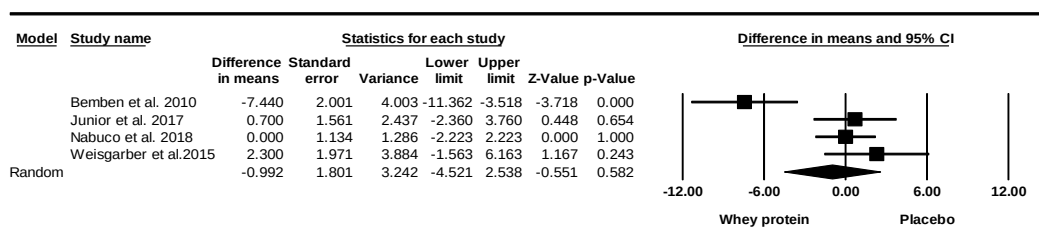
ویژگی مصرف مکمل پروتئین وی

در میان مطالعات، میزان مصرف مکمل پروتئین وی از ۲۰ گرم در روز (۲۹، ۲۸) تا ۵۶ گرم در روز بود (۳۲). همچنین مدت‌زمان مصرف مکمل از ۴ هفته (۲۹) تا ۲۶ هفته (۳۰) بود.

نتایج فراتحلیل

اثر مکمل پروتئین وی بر قدرت عضلانی در حرکت دوسر بازویی^۱

تجزیه و تحلیل داده‌های چهار مداخله نشان داد که مکمل پروتئین وی سبب تغییر معنادار قدرت عضلانی در حرکت دوسر بازویی [$WMD = -0.992$ (۲/۵۳۸ الی -۴/۵۲۱)، $P = 0.582$] نسبت به گروه کنترل در بزرگسالان نشد (شکل ۲). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادار وجود داشت ($P = 0.002$ ، $I^2 = 79.76$). نتیجه آزمون Egger نشان‌دهنده نبود سوگیری انتشار قدرت عضلانی در حرکت دوسر بازویی بود ($P = 0.648$). همچنین میانگین سنی شرکت‌کنندگان در این حرکت از ۵۴ سال (۳۹) تا ۶۷/۴ سال (۴۱) بود.



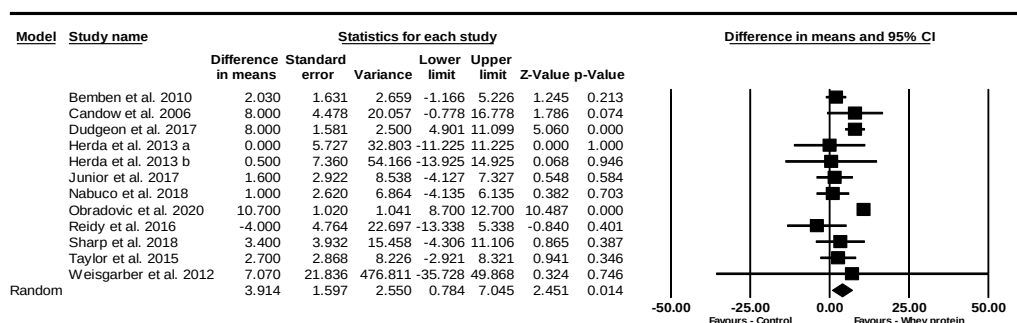
شکل ۲- نمودار فارست پلات درباره اثر مکمل پروتئین وی بر قدرت عضلانی دوسر بازویی در بزرگسالان

Figure 2- Forest plot diagram about effect of whey protein supplementation on biceps muscle strength in adults

1. Biceps Curl

اثر مکمل پروتئین وی بر قدرت عضلانی در حرکت پرس سینه^۱

تجزیه و تحلیل داده‌های ۱۲ مداخله نشان داد که مکمل پروتئین وی سبب افزایش معنادار قدرت عضلانی در حرکت پرس سینه [$P=0/014$ ، $WMD=3/914$ (۷/۰۴۵ الی ۰/۷۸۴)] نسبت به گروه کنترل در بزرگسالان شد (شکل ۳). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادار وجود داشت ($P=0/001$ ، $I^2=73/72$). نتیجه آزمون Egger نشان‌دهنده وجود سوگیری انتشار قدرت عضلانی در حرکت پرس سینه بود ($P=0/036$). همچنین میانگین سنی شرکت‌کنندگان در این حرکت از ۱۸ سال (۳۱) تا ۶۷/۴ سال (۴۱) بود.

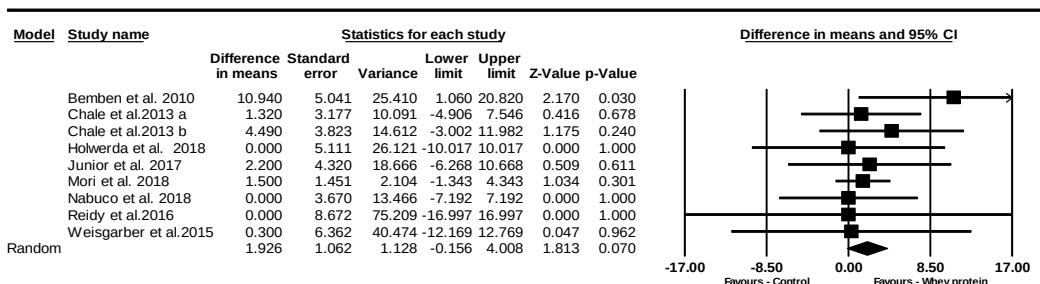


شکل ۳- نمودار فارست پلات درباره اثر مکمل پروتئین وی بر قدرت عضلانی پرس سینه در بزرگسالان

Figure 3- Forest plot diagram about effect of whey protein supplementation on chest press muscle strength in adults

اثر مکمل پروتئین وی بر قدرت عضلانی در حرکت باز کردن زانو^۲

تجزیه و تحلیل داده‌های ۱۰ مداخله نشان داد که مکمل پروتئین وی سبب تغییر معنادار قدرت عضلانی در حرکت باز کردن زانو [$P=0/070$ ، $WMD=1/926$ (۴/۰۰۸ الی -۰/۱۵۶)] نسبت به گروه کنترل در بزرگسالان نشد (شکل ۴). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادار وجود نداشت ($P=0/875$ ، $I^2=0/00$). نتیجه آزمون Egger نشان‌دهنده نبود سوگیری انتشار قدرت عضلانی در حرکت باز کردن زانو بود ($P=0/474$). همچنین میانگین سنی شرکت‌کنندگان در این حرکت از ۲۵ سال (۳۸) تا ۷۰/۶ سال (۳۵) بود.



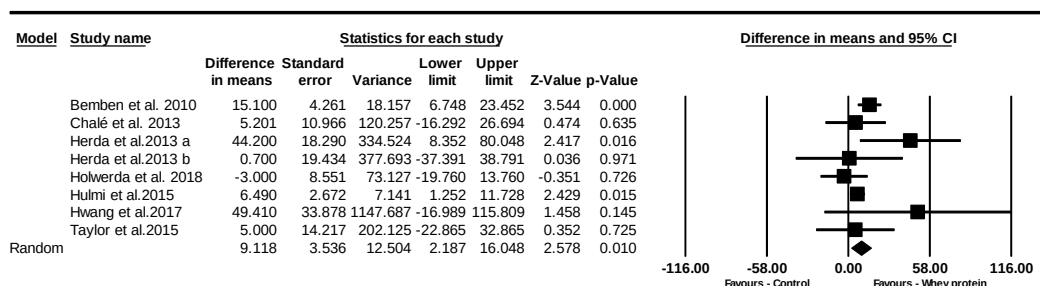
شکل ۴- نمودار فارست پلات درباره اثر مکمل پروتئین وی بر قدرت عضلانی باز کردن زانو در بزرگسالان

Figure 4- Forest plot diagram about of effect of whey protein supplementation on knee extension muscle strength in adults

1. Chest Press
2. Knee Extension

اثر مکمل پروتئین وی بر قدرت عضلانی در حرکت پرس پا^۱

تجزیه و تحلیل داده‌های هشت مداخله نشان داد که مکمل پروتئین وی سبب افزایش معنادار قدرت عضلانی در حرکت پرس پا [$P=0/010$ ، $WMD=9/118$ (الی $16/048$) $I^2=32/391$ ، $P=0/169$] نسبت به گروه کنترل در بزرگسالان شد (شکل ۵). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادار وجود نداشت ($P=0/169$)، $I^2=32/391$. نتیجه آزمون Egger نشان‌دهنده نبود سوگیری انتشار قدرت عضلانی در حرکت پرس پا بود ($P=0/504$). همچنین میانگین سنی شرکت‌کنندگان در این حرکت از ۲۰ سال (۲۷) تا ۷۸ سال (۳۰) بود.

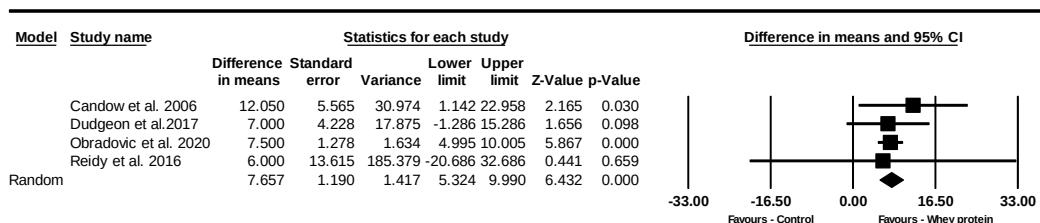


شکل ۵- نمودار فارست پلات درباره اثر مکمل پروتئین وی بر قدرت عضلانی پرس پا در بزرگسالان

Figure 5- Forest plot diagram about effect of whey protein supplementation on leg press muscle strength in adults

اثر مکمل پروتئین وی بر قدرت عضلانی در حرکت اسکوات^۲

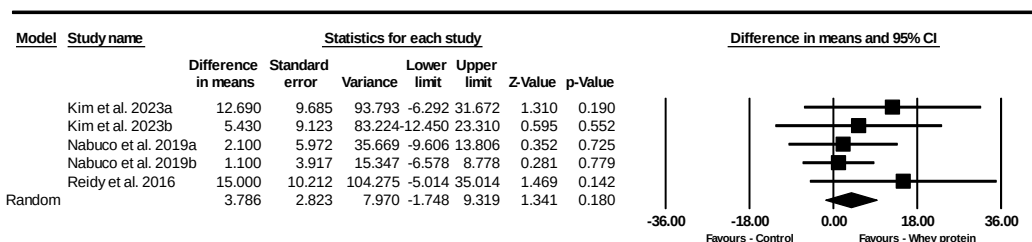
تجزیه و تحلیل داده‌های چهار مداخله نشان داد که مکمل پروتئین وی سبب افزایش معنادار قدرت عضلانی در حرکت اسکوات [$P=0/001$ ، $WMD=7/657$ (الی $9/990$) $I^2=0/00$ ، $P=0/879$] نسبت به گروه کنترل در بزرگسالان شد (شکل ۶). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادار وجود نداشت ($P=0/879$)، $I^2=0/00$. نتیجه آزمون Egger نشان‌دهنده نبود سوگیری انتشار قدرت عضلانی در حرکت اسکوات بود ($P=0/637$). همچنین میانگین سنی شرکت‌کنندگان در این حرکت از ۱۸ سال (۳۱) تا ۲۸ سال (۳۲) بود.



شکل ۶- نمودار فارست پلات درباره اثر مکمل پروتئین وی بر حرکت اسکوات در بزرگسالان

Figure 6- Forest plot diagram about effect of whey protein supplementation on squat movement in adults

1. Leg Press
2. Squat



شکل ۷- نمودار فارست پلات درباره اثر مکمل پروتئین وی بر قدرت عضلانی ایزوکنتیک باز کردن زانو در بزرگسالان
Figure 7- Forest plot diagram about effect of whey protein supplementation on isokinetic knee extension muscle strength in adults

جدول ۳- ارزیابی کیفیت مطالعات براساس ابزار پدرو

Table 3- Assessment of study quality based on the PEDro tool

امتیاز	مطالعه - سال	1- مشخص بودن ضوابط واجد شرایط بودن آزمودنی‌ها	2- اختصاص شرکت کنندگان به طور تصادفی به گروه‌های مختلف	3- آشنایی نداشتن شرکت کنندگان نسبت به گروه‌بندی‌هایشان	4- یکسان بودن آزمودنی‌ها از نظر وزن بدن در گروه‌های مختلف	5- وجود ارزیابی یکسو کور برای متغیر اصلی پژوهش	6- خروج کمتر از 15 درصد شرکت کنندگان از پژوهش	7- انجام تجزیه و تحلیل به صورت Intention to treat (ITT)	8- وجود گزارش تفاوت آماری بین گروهی برای متغیر اصلی	9- وجود گزارش میانگین، انحراف معیار و میزان معناداری (P-Value)
6	بمین و همکاران، 2010 (13)	✓	✓	✓	×	✓	×	×	✓	✓
6	کندو و همکاران، 2006 (53)	✓	✓	✓	×	✓	×	×	✓	✓
6	چله و همکاران، 2013 (30)	✓	✓	✓	×	✓	×	×	✓	✓
5	دودچاوی و همکاران، 2017 (32)	✓	×	✓	×	✓	×	×	✓	✓
5	هردا و همکاران، 2013 (28)	✓	×	✓	×	✓	×	×	✓	✓
5	هولوردا و همکاران، 2018 (17)	✓	×	✓	×	✓	×	×	✓	✓
7	هولمی و همکاران، 2015 (33)	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	✓	✓
5	هوانگ و همکاران، 2017 (34)	✓	×	✓	×	✓	×	×	✓	✓
6	جونپور و همکاران، 2018 (41)	✓	✓	✓	×	✓	×	×	✓	✓
5	کیم و همکاران، 2023 (29)	✓	×	✓	×	✓	×	×	✓	✓
7	موری و توکودا، 2018 (35)	✓	✓	✓	×	✓	✓	×	✓	✓
6	نابوکو و همکاران، 2018 (37)	✓	✓	✓	×	✓	×	×	✓	✓
6	نابوکو و همکاران، 2019 (36)	✓	✓	✓	×	✓	×	×	✓	✓
5	اوبرادویچ و همکاران، 2020 (15)	✓	×	✓	×	✓	×	×	✓	✓
7	ریدی و همکاران، 2016 (38)	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	✓	✓
6	شارپ و همکاران، 2018 (16)	✓	✓	✓	×	✓	×	×	✓	✓
5	تیلور و همکاران، 2016 (27)	✓	×	✓	×	✓	×	×	✓	✓
5	ویزگاربر و همکاران، 2012 (40)	✓	×	✓	×	✓	×	×	✓	✓
5	ویزگاربر و همکاران، 2015 (39)	✓	×	✓	×	✓	×	×	✓	✓

اثر مکمل پروتئین وی بر قدرت عضلانی در حرکت ایزوکتیک باز کردن زانو^۱

تجزیه و تحلیل داده‌های پنج مداخله نشان داد که مکمل پروتئین وی سبب تغییر معنادار قدرت عضلانی در حرکت ایزوکتیک باز کردن زانو [$WMD=3/786$ (۹/۳۱۹ الی ۱/۷۴۸)، $P=0/180$] نسبت به گروه کنترل در بزرگسالان نشد (شکل ۷). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادار وجود نداشت ($P=0/621$ ، $I^2=0/00$). نتیجه آزمون Egger نشان‌دهنده وجود سوگیری انتشار قدرت عضلانی در حرکت ایزوکتیک باز کردن زانو بود ($P=0/038$). همچنین میانگین سنی شرکت‌کنندگان در این حرکت از ۲۳/۵ سال (۲۹) تا ۶۹/۲ سال (۳۶) بود.

کیفیت مطالعات

نتایج بررسی کیفیت مقالات با استفاده از پدرو نشان داد که حداقل امتیاز کیفیت مقالات ۵ و حداکثر امتیاز ۷ بود (جدول ۳).

بحث و نتیجه‌گیری

هدف فراتحلیل حاضر، بررسی تأثیر متفاوت مکمل پروتئین وی بر قدرت گروه‌های عضلانی مختلف در بزرگسالان بود. نتایج حاصل از ۱۹ مطالعه با مجموع ۷۱۶ شرکت‌کننده نشان داد که مصرف این مکمل منجر به بهبود معنادار در برخی شاخص‌های عملکردی مرتبط با قدرت، به‌ویژه در حرکات چندمفصلی اندام تحتانی نظیر قدرت باز کردن زانو، اسکوات و پرس پا، در مقایسه با گروه کنترل شده است. در مقابل، مکمل وی تأثیر معناداری بر قدرت عضلانی دوسر بازویی، پرس سینه و قدرت ایزوکتیک باز کردن زانو نشان نداد. این یافته‌ها ضمن تأیید اثربخشی بالقوه پروتئین وی در حرکات پایین‌تنه، بر تفاوت پاسخ عضلات مختلف به مکمل‌سازی تأکید دارد.

پروتئین وی یکی از باکیفیت‌ترین منابع پروتئینی محسوب می‌شود که به دلیل داشتن پروفایل آمینواسیدی کامل، سرعت هضم بیشتر و محتوای زیاد لوسین، قادر است مسیر آنابولیک mTORC1 در عضلات را فعال کند و موجب تحریک MPS عضلانی شود (۴۲، ۴۳). این مسیر در حضور تمرین مقاومتی با شدت کافی، می‌تواند هایپرتروفی و افزایش قدرت عضلانی را تسهیل کند (۴۴، ۴۵)؛ با این حال، پاسخ آنابولیک عضله، تنها در صورت تأمین هم‌زمان سه عامل اصلی بهینه خواهد بود: تمرین مقاومتی مناسب؛ وضعیت تغذیه‌ای مطلوب؛ دوز و زمان‌بندی مناسب مکمل (۴۶). نبود هریک از این عوامل می‌تواند به کاهش محسوس پاسخ عضلانی منجر شود (۴۶). در سالمندان نیز کاهش حساسیت عضله به محرک‌های تغذیه‌ای و تمرینی، ضرورت تأمین هم‌زمان این عوامل را دوچندان می‌کند (۴۷)؛ بنابراین مصرف وی بدون تحریک مکانیکی مناسب یا در دوره‌های کوتاه‌مدت، ممکن است اثرات محسوسی ایجاد نکند (۴۶).

مطالعات متعددی اثر هم‌افزایی مصرف پروتئین وی همراه با تمرین مقاومتی بر بهبود قدرت عضلانی، به‌ویژه در حرکات پایین‌تنه را تأیید کرده‌اند. هم‌راستا با نتایج مطالعه حاضر، پژوهش مرورنظام مند و فراتحلیل مورتون و همکاران نشان داد که مصرف پروتئین وی در صورت همراهی با تمرین مقاومتی منجر به بهبود معنادار در قدرت عضلات پایین‌تنه می‌شود، در حالی که این اثر در عضلات بالاتنه کمتر مشاهده شد (۴۶). پژوهشگران این یافته را به فعال‌سازی بیشتر مسیر

1. Isokinetic Knee Extension

mTORC1 در پاسخ به بارهای تمرینی سنگین در عضلات بزرگ بدن نسبت دادند. کندو و همکاران نیز افزایش قدرت در حرکات پایین تنه نظیر پرس پا را در نتیجه ترکیب تمرین مقاومتی و مکمل پروتئین وی گزارش کردند (۳۱). به علاوه، نتایج فراتحلیل لی و همکاران، بیانگر افزایش معنادار توده و قدرت عضلانی در افراد جوان سالم در پی مصرف پروتئین وی همراه با تمرینات مقاومتی بود (۴۸). این شواهد حاکی از آن است که عضلات بزرگتر پایین تنه مانند چهارسر و سרینی، به دلیل درگیری زیاد در تمرینات مقاومتی چندمفصلی و بار مکانیکی بیشتر، پاسخ بهتری به مکمل یاری نشان می دهند (۴۹). در مقابل، عضلات بالاتنه ممکن است به دلیل شدت کمتر تمرین یا ناکافی بودن حجم تمرینی، پاسخ محدودی داشته باشند (۳۸)؛ با این حال، مطالعه هارتمن و همکاران گزارش کرد که مکمل وی در افراد تمرین دیده باعث افزایش قدرت عضلانی اندام فوقانی و تحتانی شد (۵۰)؛ با این حال، در این پژوهش از پروتکل تمرینی با شدت زیاد و حرکات ترکیبی مانند بارفیکس و پرس سینه با بار زیاد استفاده شده بود که احتمالاً پتانسیل آنابولیک عضلات بالاتنه را نیز فعال کرده است. همچنین شرکت کنندگان از رژیم غذایی کنترل شده با پروتئین کافی برخوردار بودند که می تواند اثر هم افزا با مکمل پروتئین وی ایجاد کند.

برخی پژوهش ها از جمله مطالعه ارسکین و همکاران، با نتایج حاضر ناهمسو هستند. در مطالعه آن ها، مکمل پروتئین وی سبب افزایش قدرت عضلانی در حرکات پایین تنه نشد (۵۱). احتمالاً دلیل آن، وجود شرکت کنندگان جوان و بی تحرک آن مطالعه باشد که به واسطه حساسیت آنابولیک کم و مشارکت نکردن تارهای نوع II، پاسخ مناسبی به مصرف پروتئین نشان ندادند. همچنین شدت و مدت تمرین کافی برای القای هایپرتروفی در این پژوهش فراهم نبود. مطالعه چاله و همکاران روی سالمندان کم تحرک، افزایش معنادار در قدرت اندام تحتانی، اما نه عضلات فوقانی را نشان داد (۳۰). به طور مشابه، در مطالعه ریدی و همکاران روی مردان جوان، پروتئین وی تأثیر در خورتوجهی بر قدرت عضلات بالاتنه نداشت (۳۸). اگرچه افزایش سنتز پروتئین گزارش شده بود، این موضوع احتمال وجود آستانه ای برای پاسخ تمرینی/تغذیه ای در افراد جوان تمرین کرده را مطرح می کند. داجون و همکاران نیز نشان دادند که ترکیب تمرین مقاومتی با رژیم غذایی هیپوکالریک و مکمل پروتئین وی باعث بهبود قدرت اندام تحتانی می شود (۳۲). مطالعه هرذا و همکاران نیز بهبود قدرت چهارسران و همسترینگ در پی مصرف پروتئین وی را تأیید کرد؛ در حالی که اثربخشی خاصی بر عضلات فوقانی مشاهده نشد (۲۸).

سن و وضعیت تمرینی شرکت کنندگان از عوامل مؤثر بر پاسخ به مکمل پروتئین وی هستند. شواهد نشان می دهد که در سالمندان یا افراد کم تحرک، به دلیل مقاومت آنابولیک، پروتئین وی می تواند نقش مؤثرتری در تحریک MPS ایفا کند (۳۷)؛ در حالی که افراد جوان تر تنها در صورت تمرین با شدت و حجم کافی، از مزایای مکمل بهره مند می شوند (۳۴، ۳۹). به نظر می رسد، پروتئین وی در افراد با وضعیت تغذیه ای یا عملکردی پایین تر مؤثرتر است؛ به ویژه زمانی که با تمرین مقاومتی همراه باشد (۳۵). این یافته ها نشان می دهد که تأثیر مکمل پروتئین وی وابسته به زمینه فیزیولوژیک فرد و شرایط تمرینی اوست و مصرف آن بدون در نظر گرفتن این عوامل ممکن است اثربخشی محدودی داشته باشد؛ مانند تمرین با حجم زیاد یا کمبود پروتئین غذایی. از سوی دیگر، مطالعاتی مانند هوانگ و همکاران (۳۴) و ریدی و همکاران (۳۸) به این نتیجه رسیدند که مصرف مکمل پروتئین وی تأثیر معناداری بر قدرت عضلات فوقانی یا عملکرد

ایزوکتیک در مردان جوان ندارد. این یافته‌ها با نتایج پژوهش حاضر در خصوص نبود تغییر معنادار در قدرت پرس سینه و قدرت ایزوکتیک همسوست. این یافته‌ها نشان می‌دهد که پاسخ به پروتئین وی در عضلات اندام فوقانی ممکن است نیازمند شدت تمرینی زیاد و مدت‌زمان بیشتر یا بار تمرینی هدفمندتر باشد.

همچنین زمان‌بندی مصرف مکمل، عاملی تعیین‌کننده در اثربخشی آن محسوب می‌شود. برخی مطالعات پیشنهاد کرده‌اند که مصرف پروتئین وی بلافاصله پس از تمرین می‌تواند اثرات مطلوب‌تری بر قدرت عضلانی داشته باشد (۳۷). این مسئله در برخی مطالعات اخیر مانند هولوردا و همکاران به چالش کشیده شده است؛ به‌ویژه زمانی که مصرف پروتئین وی با میزان کافی پروتئین غذایی در طول روز همراه باشد (۴۶). یکی دیگر از جنبه‌های درخور تأمل در تفسیر نتایج، میزان دریافت پایه پروتئین از رژیم غذایی شرکت‌کنندگان در مطالعات اولیه است. افرادی که در رژیم روزانه خود دچار کمبود پروتئین هستند، به احتمال زیاد پاسخ آنابولیکی بیشتری به مکمل‌یاری نشان می‌دهند. از طرف دیگر، شرکت‌کنندگانی که دریافت غذایی کافی دارند، ممکن است نیازی به مصرف مکمل نداشته باشند یا مصرف اضافه منجر به تأثیرات فیزیولوژیک چشمگیر نشود (۵۲).

درمجموع، اثربخشی پروتئین وی بر قدرت عضلانی تحت تأثیر متغیرهایی چون شدت تمرین، وضعیت تغذیه‌ای، دوز مکمل و نوع حرکت است؛ برای مثال، در مطالعات داجون و همکاران (۳۲) و سوگیهارا جونیور و همکاران (۴۱)، تنها حرکات ایزوتونیک پایین‌تنه تحت تأثیر مثبت مکمل قرار گرفتند؛ در حالی که حرکات ایزوکتیک تغییر معناداری نداشتند؛ با این حال، در مطالعه سوگیهارا جونیور و همکاران، افزایش قدرت عضلانی تنها در حرکات ایزوتونیک اندام تحتانی مشاهده شد و تأثیر معناداری در قدرت ایزوکتیک گزارش نشد. این یافته با یافته‌های حاضر در خصوص تفاوت پاسخ بین نوع حرکات همخوانی دارد (۴۱). به طور مشابه، هولوردا و همکاران نیز نشان دادند که مصرف پروتئین وی پیش از خواب بدون افزایش بار تمرینی، منجر به تقویت بیشتر قدرت عضلانی در مردان فعال نمی‌شود که اهمیت شدت تمرین را نسبت به صرف زمان‌بندی مصرف مکمل برجسته می‌کند (۴۶). همچنین تفاوت در مدت‌زمان مداخله می‌تواند بر نتایج تأثیرگذار باشد؛ به طوری که در مطالعه موری و توکید، تأثیر مثبت پروتئین وی بر عملکرد و قدرت عضلانی تنها در دوره‌های بلندمدت‌تر (بیش از ۱۲ هفته) مشاهده شد (۳۵)؛ در حالی که در مطالعه کیم و همکاران، تنها زمانی تأثیر مکمل پروتئین وی معنادار بود که با رژیم غذایی کنترل‌شده همراه شد (۲۹). این شواهد نشان می‌دهد که برای ارزیابی دقیق اثر پروتئین وی بر عملکرد عضلانی، باید تعامل چندگانه بین نوع تمرین، مدت‌زمان مداخله و وضعیت تغذیه‌ای شرکت‌کنندگان در نظر گرفته شود.

درمجموع، نتایج مطالعه فراتحلیل حاضر نشان می‌دهد که مکمل‌یاری با پروتئین وی می‌تواند به طور خاص در بهبود قدرت عضلانی حرکات ترکیبی پایین‌تنه مانند اسکوات و پرس پا مؤثر باشد، اما این اثر در همه شاخص‌ها مشاهده نمی‌شود. به نظر می‌رسد، شدت، مدت و نوع تمرین، ترکیب بدن، سن و سطح پایه مصرف پروتئین، عوامل مهمی در تعیین پاسخ به مکمل‌یاری با پروتئین وی هستند؛ بنابراین توصیه می‌شود که استفاده از این مکمل در چارچوب برنامه‌های تمرینی ساختارمند صورت گیرد تا بیشینه اثربخشی حاصل شود.

نقاط قوت و محدودیت‌ها

مطالعه حاضر دارای چندین نقطه قوت برجسته است: نخست، استفاده از دستورالعمل‌های استاندارد و بین‌المللی نظیر PRISMA و Cochrane موجب افزایش شفافیت، انسجام یافته‌ها شد؛ دوم، جستجوی جامع در سه پایگاه داده بین‌المللی (PubMed، Scopus و Web of Science) همراه با جستجوی دستی در پایگاه‌های فارسی و بررسی منابع مقالات، دامنه پوشش مطالعاتی را گسترش داد و احتمال حذف مطالعات مرتبط را کاهش داد؛ سوم، استفاده از ابزار معتبر پدرو برای ارزیابی کیفیت مقالات وارد شده به فراتحلیل و محدود شدن امتیاز مقالات به بازه ۵ تا ۷، نشان‌دهنده کیفیت مناسب داده‌های اولیه بود. همچنین تحلیل دقیق داده‌ها با مدل اثر تصادفی و بررسی ناهمگونی و سوگیری انتشار با استفاده از آزمون‌های I^2 و Egger موجب افزایش دقت آماری و کاهش خطای تحلیل داده‌ها شد.

این تحقیق با محدودیت‌هایی نیز همراه بود. مهم‌ترین محدودیت، تنوع زیاد پروتکل‌های تمرینی، دوز و زمان‌بندی مصرف مکمل وی و تفاوت در سن، جنس و سطح آمادگی جسمانی شرکت‌کنندگان در مطالعات اولیه بود که ممکن است به ناهمگونی نتایج منجر شده باشد؛ اگرچه آزمون‌های آماری این ناهمگونی را در برخی شاخص‌ها غیرمعنادار ارزیابی کردند. علاوه بر این، در برخی متغیرها مانند حرکت ایزوکنتیک باز کردن زانو، با وجود نبود تفاوت معنادار، آزمون Egger نشان‌دهنده وجود سوگیری انتشار بود.

نتیجه‌گیری

این مطالعه مرور سیستماتیک و فراتحلیل، ۱۹ مطالعه پژوهش اصیل درباره اثر متفاوت مکمل پروتئین وی بر قدرت گروه‌های عضلانی متفاوت در بزرگسالان را شناسایی کرد. نتایج نشان داد که مصرف مکمل پروتئین وی موجب افزایش قدرت عضلانی در حرکات پرس سینه، پرس پا و حرکت اسکوات در افراد بزرگسال شد؛ بنابراین به افراد توصیه می‌کنیم از پروتئین وی برای افزایش قدرت عضلانی استفاده کنند. همچنین استفاده از استراتژی‌هایی با شواهد قوی‌تری پیشنهاد می‌شود. افزون بر این، تحقیقات بیشتری باید صورت گیرد که مکانیسم‌های دقیق‌تر و مستندتری را که پروتئین وی می‌تواند به طور مطلوب بر قدرت عضلانی تأثیر بگذارد، مشخص کند.

پیام مقاله

نتایج این فراتحلیل نشان داد که مصرف مکمل پروتئین وی موجب افزایش معنادار قدرت عضلانی در حرکات چندمفصلی پایین‌تنه مانند اسکوات و پرس پا و حرکت چندمفصلی بالاتنه مانند پرس سینه در بزرگسالان می‌شود؛ در حالی که تأثیر آن بر برخی حرکات نظیر حرکت جلو بازو یا حرکات ایزوکینتیک، چندان مشخص نیست. این یافته‌ها نشان می‌دهد که پاسخ عضلات مختلف بدن به مکمل پروتئینی ممکن است متفاوت باشد و ترکیب تمرین مقاومتی هدفمند با مصرف اصولی پروتئین وی، می‌تواند نقش مؤثری در بهبود عملکرد عضلانی ایفا کند؛ بر این اساس، مکمل پروتئین وی به‌عنوان یک راهبرد تغذیه‌ای مفید برای ارتقای قدرت عضلانی، به‌ویژه در حرکات پایین‌تنه، به ورزشکاران و بزرگسالان فعال توصیه می‌شود؛ با این حال، لازم است عوامل فردی، دوز مکمل، مدت مداخله و نوع تمرین در تجویز آن مدنظر قرار گیرد.

ملاحظات اخلاقی

این مقاله با کد بین‌المللی پراسپرو [CRD420251157160](https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00260) ثبت شده است.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان در طراحی، اجرا و نگارش تمامی بخش‌های پژوهش حاضر مشارکت داشتند.

تعارض منافع

مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع است.

تشکر و قدردانی

از نویسندگانی که داده‌های مطالعات خود را در اختیار ما قرار دادند، تشکر می‌کنیم.

منابع

1. Mitchell WK, Williams J, Atherton P, Larvin M, Lund J, Narici M. Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age on human skeletal muscle size and strength; a quantitative review. *Front Physiol.* 2012;3:260. <https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00260>
2. Ojanen T, Rauhala T, Häkkinen K. Strength and power profiles of the lower and upper extremities in master throwers at different ages. *J Strength Cond Res.* 2007;21(1):216-22. <https://doi.org/10.1519/00124278-200702000-00039>
3. Narici MV, Maffulli N. Sarcopenia: characteristics, mechanisms and functional significance. *Br Med Bull.* 2010;95:139-59. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldq008>
4. Gault ML, Willems ME. Aging, functional capacity and eccentric exercise training. *Aging Dis.* 2013;4(6):351-63. <http://doi.org/10.14336/AD.2013.0400351>
5. Terjung RL, Clarkson P, Eichner ER, Greenhaff PL, Hespel PJ, Israel RG, et al. American College of Sports Medicine roundtable. The physiological and health effects of oral creatine supplementation. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(3):706-17. <http://doi.org/10.1097/00005768-200003000-00024>.
6. Morton RW, Murphy KT, McKellar SR, Schoenfeld BJ, Henselmans M, Helms E, et al. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *British Journal of Sports Medicine.* 2018;52(6):376-84. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097608>
7. Bloomer RJ. The role of nutritional supplements in the prevention and treatment of resistance exercise-induced skeletal muscle injury. *Sports Med.* 2007;37(6):519-32. <http://doi.org/10.2165/00007256-200737060-00005>.
8. Marshall K. Therapeutic applications of whey protein. *Altern Med Rev.* 2004;9(2):136-56.
9. Ha E, Zemel MB. Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids: mechanisms underlying health benefits for active people (review). *J Nutr Biochem.* 2003;14(5):251-8. [https://doi.org/10.1016/S0955-2863\(03\)00030-5](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(03)00030-5)
10. Sinnott R, Maddela R, Nelson E, Singh K, Anderson J. The modifying effects of a calcium-rich whey protein supplement (OsoLean™ Powder) on weight loss and waist circumference in overweight subjects: a preliminary study. *The Open Nutraceuticals Journal.* 2009;2:36-41. <http://doi.org/10.2174/1876396000902010036>
11. Hamarsland H, Nordengen AL, Nyvik Aas S, Holte K, Garthe I, Paulsen G, et al. Native whey protein with high levels of leucine results in similar post-exercise muscular anabolic responses as regular whey protein: a randomized controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017;14:43. <http://doi.org/10.1186/s12970-017-0202-y>

12. Jakubowski JS, Wong EPT, Nunes EA, Noguchi KS, Vandeweerd JK, Murphy KT, et al. Equivalent hypertrophy and strength gains in β -Hydroxy- β -Methylbutyrate- or leucine-supplemented men. *Med Sci Sports Exerc.* 2019;51(1):65-74. <http://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001752>
13. Bemben MG, Witten MS, Carter JM, Eliot KA, Knehans AW, Bemben DA. The effects of supplementation with creatine and protein on muscle strength following a traditional resistance training program in middle-aged and older men. *J Nutr Health Aging.* 2010;14(2):155-9. <https://doi.org/10.1007/s12603-009-0124-8>
14. Boutry-Regard C, Vinyes-Parés G, Breuillé D, Moritani T. Supplementation with whey protein, Omega-3 fatty acids and polyphenols combined with electrical muscle stimulation increases muscle strength in elderly adults with limited mobility: a randomized controlled trial. *Nutrients.* 2020;12(6). <https://doi.org/10.3390/nu12061866>
15. Obradović J, Vukadinović Jurišić M, Rakonjac D. The effects of leucine and whey protein supplementation with eight weeks of resistance training on strength and body composition. *J Sports Med Phys Fitness.* 2020;60(6):864-9. <https://doi.org/10.23736/s0022-4707.20.09742-x>
16. Sharp MH, Lowery RP, Shields KA, Lane JR, Gray JL, Partl JM, et al. The effects of beef, chicken, or whey protein after workout on body composition and muscle performance. *J Strength Cond Res.* 2018;32(8):2233-42. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001936>
17. Holwerda AM, Overkamp M, Paulussen KJM, Smeets JSJ, van Kranenburg J, Backx EMP, et al. Protein supplementation after exercise and before sleep does not further augment muscle mass and strength gains during resistance exercise training in active older men. *J Nutr.* 2018;148(11):1723-32. <https://doi.org/10.1093/jn/nxy169>
18. Moher D, Shamseer L, Clarke M, Ghersi D, Liberati A, Petticrew M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Syst Rev.* 2015;4(1):1. <http://doi.org/10.1186/2046-4053-4-1>
19. Tarsilla M. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions. *Journal of Multidisciplinary Evaluation.* 2008;6:142-8. <https://doi.org/10.56645/jmde.v6i14.284>
20. Kazeminasab F, Bagheri Z, Tajabadi F. The effect of whey protein supplementation on muscle soreness and factors of muscle damage after exercise training in healthy adults: a systematic review and meta-analysis of clinical trial studies. *Journal of Isfahan Medical School.* 2024;42(772):526-44. <http://doi.org/10.48305/jims.v42.i772.0526>
21. Khalafi M, Malandish A, Rosenkranz SK, Ravasi AA. Effect of resistance training with and without caloric restriction on visceral fat: a systemic review and meta-analysis. *Obes Rev.* 2021;22(9):e13275. <http://doi.org/10.1111/obr.13275>
22. Kazeminasab F, Sharafifard F, Miraghajani M, Behzadnejad N, Rosenkranz SK. The effects of exercise training on insulin resistance in children and adolescents with overweight or obesity: a systematic review and meta-analysis. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2023;14:1178376. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1178376>
23. Kazeminasab F, Baharlooie M, Khalafi M. The Impact of exercise on serum levels of leptin and adiponectin in obese children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism.* 2022;23(6):409-25. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.16834844.1400.23.6.5.9>
24. Khalafi M, Sakhaei MH, Kazeminasab F, Symonds ME, Rosenkranz SK. The impact of high-intensity interval training on vascular function in adults: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Cardiovascular Medicine.* 2022;9:1046560. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.1046560>
25. Wen H, Wang L. Reducing effect of aerobic exercise on blood pressure of essential hypertensive patients: a meta-analysis. *Medicine.* 2017;96(11). <http://doi.org/10.1097/MD.00000000000006150>
26. Egger M, Davey Smith G, Schneider M, Minder C. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *BMJ.* 1997;315(7109):629-34. <https://doi.org/10.1136/bmj.315.7109.629>

27. Taylor LW, Wilborn C, Roberts MD, White A, Dugan K. Eight weeks of pre- and postexercise whey protein supplementation increases lean body mass and improves performance in Division III collegiate female basketball players. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2016;41(3):249-54. <http://doi.org/10.1139/apnm-2015-0463>
28. Herda AA, Herda TJ, Costa PB, Ryan ED, Stout JR, Cramer JT. Muscle performance, size, and safety responses after eight weeks of resistance training and protein supplementation: a randomized, double-blinded, placebo-controlled clinical trial. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2013;27(11). <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31828c289f>
29. Kim CB, Park JH, Park HS, Kim HJ, Park JJ. Effects of whey protein supplement on 4-week resistance exercise-induced improvements in muscle mass and isokinetic muscular function under dietary control. *Nutrients*. 2023;15(4). <https://doi.org/10.3390/nu15041003>
30. Chalé A, Cloutier GJ, Hau C, Phillips EM, Dallal GE, Fielding RA. Efficacy of whey protein supplementation on resistance exercise-induced changes in lean mass, muscle strength, and physical function in mobility-limited older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2013;68(6):682-90. <http://doi.org/10.1093/gerona/gls221>
31. Candow DG, Burke NC, Smith-Palmer T, Burke DG. Effect of whey and soy protein supplementation combined with resistance training in young adults. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2006;16(3):233-44. <http://doi.org/10.1123/ijsnem.16.3.233>
32. Dudgeon WD, Kelley EP, Scheett TP. Effect of Whey protein in conjunction with a caloric-restricted diet and resistance training. *J Strength Cond Res*. 2017;31(5):1353-61. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001196>
33. Hulmi JJ, Laakso M, Mero AA, Häkkinen K, Ahtiainen JP, Peltonen H. The effects of whey protein with or without carbohydrates on resistance training adaptations. *J Int Soc Sports Nutr*. 2015;12:48. <http://doi.org/10.1186/s12970-015-0109-4>
34. Hwang PS, Andre TL, McKinley-Barnard SK, Morales Marroquín FE, Gann JJ, Song JJ, et al. Resistance training-induced elevations in muscular strength in trained men are maintained after 2 weeks of detraining and not differentially affected by whey protein supplementation. *J Strength Cond Res*. 2017;31(4):869-81. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001807>
35. Mori H, Tokuda Y. Effect of whey protein supplementation after resistance exercise on the muscle mass and physical function of healthy older women: a randomized controlled trial. *Geriatr Gerontol Int*. 2018;18(9):1398-404. <http://doi.org/10.1111/ggi.13499>
36. Nabuco HCG, Tomeleri CM, Fernandes RR, Sugihara Junior P, Cavalcante EF, Venturini D, et al. Effects of protein intake beyond habitual intakes associated with resistance training on metabolic syndrome-related parameters, isokinetic strength, and body composition in older women. *J Aging Phys Act*. 2019;27(4):545-52. <http://doi.org/10.1123/japa.2018-0370>
37. Nabuco HCG, Tomeleri CM, Sugihara Junior P, Fernandes RR, Cavalcante EF, Antunes M, et al. Effects of whey protein supplementation pre- or post-resistance training on muscle mass, muscular strength, and functional capacity in pre-conditioned older women: a randomized clinical trial. *Nutrients*. 2018;10(5). <https://doi.org/10.3390/nu10050563>
38. Reidy PT, Borack MS, Markofski MM, Dickinson JM, Deer RR, Husaini SH, et al. Protein supplementation has minimal effects on muscle adaptations during resistance exercise training in young men: a double-blind randomized clinical trial. *J Nutr*. 2016;146(9):1660-9. <https://doi.org/10.3945/jn.116.231803>
39. Weisgarber KD, Candow DG, Farthing JP. Whey protein and high-volume resistance training in postmenopausal women. *The Journal of Nutrition, Health and Aging*. 2015;19(5):511-7. <http://doi.org/10.1007/s12603-015-0454-7>

40. Weisgarber KD, Candow DG, Vogt ES. Whey protein before and during resistance exercise has no effect on muscle mass and strength in untrained young adults. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2012;22(6):463-9. <http://doi.org/10.1123/ijsnem.22.6.463>
41. Sugihara Junior P, Ribeiro AS, Nabuco HCG, Fernandes RR, Tomeleri CM, Cunha PM, et al. Effects of whey protein supplementation associated with resistance training on muscular strength, hypertrophy, and muscle quality in preconditioned older women. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2018;28(5):528-35. <http://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0253>
42. Hulmi JJ, Lockwood CM, Stout JR. Effect of protein/essential amino acids and resistance training on skeletal muscle hypertrophy: a case for whey protein. *Nutrition & Metabolism.* 2010;7:1-11. <http://doi.org/10.1186/1743-7075-7-51>
43. Witard OC, Wardle SL, Macnaughton LS, Hodgson AB, Tipton KD. Protein considerations for optimising skeletal muscle mass in healthy young and older adults. *Nutrients.* 2016;8(4):181. <https://doi.org/10.3390/nu8040181>
44. Churchward-Venne TA, Burd NA, Phillips SM. Nutritional regulation of muscle protein synthesis with resistance exercise: strategies to enhance anabolism. *Nutrition & metabolism.* 2012;9:1-8. <http://doi.org/10.1186/1743-7075-9-40>
45. Phillips SM. A brief review of critical processes in exercise-induced muscular hypertrophy. *Sports Medicine.* 2014;44:71-7. <http://doi.org/10.1007/s40279-014-0152-3>
46. Holwerda AM, Paulussen KJ, Overkamp M, Smeets JS, Gijzen AP, Goessens JP, et al. Daily resistance-type exercise stimulates muscle protein synthesis in vivo in young men. *Journal of Applied Physiology.* 2018;124(1):66-75. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00610.2017>
47. Breen L, Phillips SM. Skeletal muscle protein metabolism in the elderly: interventions to counteract the'anabolic resistance'of ageing. *Nutrition & metabolism.* 2011;8:1-11. <http://doi.org/10.1186/1743-7075-8-68>
48. Li M, Liu F. Effect of whey protein supplementation during resistance training sessions on body mass and muscular strength: a meta-analysis. *Food & Function.* 2019;10(5):2766-73. <https://doi.org/10.1039/C9FO00182D>
49. Snijders T, Verdijk LB, Smeets JS, McKay BR, Senden JM, Hartgens F, et al. The skeletal muscle satellite cell response to a single bout of resistance-type exercise is delayed with aging in men. *Age.* 2014;36:1-15. <http://doi.org/10.1007/s11357-014-9699-z>
50. Hartman JW, Tang JE, Wilkinson SB, Tarnopolsky MA, Lawrence RL, Fullerton AV, et al. Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters. *The American Journal of Clinical Nutrition.* 2007;86(2):373-81. <https://doi.org/10.1093/ajcn/86.2.373>
51. Erskine RM, Fletcher G, Hanson B, Folland JP. Whey protein does not enhance the adaptations to elbow flexor resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 2012;44(9):1791-800. <http://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318256c48d>
52. Phillips SM, Van Loon LJ. Dietary protein for athletes: from requirements to optimum adaptation. *Food, Nutrition and Sports Performance III.* 2013;29-38. <http://doi.org/10.1080/02640414.2011.619204>
53. Candow DG, Burke NC, Smith-Palmer T, Burke DG. Effect of whey and soy protein supplementation combined with resistance training in young adults. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2006;16(3):233-44. <http://doi.org/10.1123/ijsnem.16.3.233>