DOI: 10.48305/jims.v42.i772.0526

مجله دانشکده پزشکی اصفهان — سال چهل و دوم/شماره‌ی ۷۷۲/هفته‌ی چهارم مرداد ۱۴۰۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۰۶ — تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۰ — تاریخ چاپ: ۱۴۰۳/۰۵/۳۱

اثر مکمل پروتئین وی بر درد عضلانی و عوامل آسیب عضلانی پس از تمرین ورزشی در بزرگسالان سالم: یک مرور نظام‌مند و فراتحلیل مطالعات کارآزمایی بالینی

فاطمه کاظمی نسب[۱]، زهرا باقری[۲]، فاطمه تاج‌آبادی[۲]

مقاله مروری

چکیده

مقدمه: چندین مطالعه اثر مکمل پروتئین وی بر نشانگرهای آسیب عضلانی و ریکاوری ورزشکاران را بررسی کرده‌اند. با این وجود داده‌های تلفیقی از چندین مطالعه نشان از محدود بودن مزایای پروتئین وی بر ریکاوری در ورزشکاران است. هدف پژوهش حاضر، بررسی اثر مکمل پروتئین وی بر ریکاوری پس از ورزش و فاکتورهای آسیب عضلانی در آزمودنی‌های سالم بود.

روش‌ها: با انجام یک جستجوی سیستماتیک در مقالات منتشر شده تا نوامبر سال ۲۰۲۳، تأثیر مصرف مکمل پروتئین وی بر نشانگرهای آسیب عضلانی مثل کراتین کیناز CK (Creatine kinase)، لاکتات دهیدروژناز LDH (Lactate dehydrogenase)، میوگلوبین Mb (Myoglobin) و درد عضلانی در افراد سالم بررسی شد. تفاوت میانگین وزنی WMD (Weighted mean difference)، تفاوت میانگین استاندارد شده SMD (Standardized mean difference) با استفاده از مدل اثر تصادفی محاسبه شد.

یافته‌ها: در این فراتحلیل که شامل ۳۲ مطالعه با ۶۲۵ آزمودنی بود، مشخص شد که مصرف پروتئین وی منجر به کاهش معنی‌دار درد عضلانی در هیچ یک از زمان‌های بلافاصله، ۲۴، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از ورزش نشد. همچنین، تأثیر معنی‌دار پروتئین وی بر CK در ۲۴ ساعت پس از ورزش نسبت به گروه شاهد مشاهده گردید. به علاوه، پروتئین وی، تأثیر معنی‌دار بر LDH در بازه‌ی بلافاصله پس از ورزش در افراد ورزشکار داشت، ولی پروتئین وی، تأثیری بر Mbدر افراد ورزشکار و غیرورزشکار در هیچ‌کدام از بازه‌های زمانی نداشت.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، مصرف مکمل پروتئین وی سبب کاهش CK و LDH پس از ورزش شد. با این حال، بررسی اثر مکمل پروتئین وی در کاهش درد عضلانی و ریکاوری پس از تمرین ورزشی نیاز به مطالعات بیشتری دارد.

واژگان کلیدی: تمرین ورزشی؛ پروتئین وی؛ کراتین کیناز؛ لاکتات دهیدروژناز؛ میوگلوبین

ارجاع: کاظمی نسب فاطمه، باقری زهرا، تاج‌آبادی فاطمه. **اثر مکمل پروتئین وی بر درد عضلانی و عوامل آسیب عضلانی پس از تمرین ورزشی در بزرگسالان سالم: یک مرور نظام‌مند و فراتحلیل مطالعات کارآزمایی بالینی.** مجله دانشکده پزشکی اصفهان ۱۴۰۳؛ ۴۲ (۷۷۲): ۵۲۶-۵۴۴.

مقدمه

ورزشکارانی که در دوره‌های تمرین با شدت بالا شرکت می‌کنند (۱)، دچار آسیب عضلانی ناشی از تمرین ورزشی با التهاب و درد می‌شوند که کاهش عملکرد را به همراه دارد (۲)، این آسیب عضلانی با استفاده از سطوح سرمی پروتئین‌ها و آنزیم‌های عضله‌ی اسکلتی از جمله کراتین کیناز CK (Creatine kinase)، میوگلوبین Mb (Myoglobin) و لاکتات دهیدروژناز LDH (Lactate dehydrogenase) اندازه‌گیری می‌شود (۳).

یک تمرکز عمده برای ورزشکاران، استفاده از مکمل‌های پروتئینی می‌با شد. پروتئین‌ها یک پا سخ التهابی را فعال می‌کنند که آ. شاری از رویدادها را تنظیم می‌کند که بر روی گیرنده‌های درد عضلانی که درد را تحریک می‌کنند، عمل کرده به طور کلی جذب مقادیر زیاد پروتئین به عنوان یک استراتژی برای تسهیل بازیابی بعد از تمرین ورزشی مورد حمایت قرار می‌گیرد (۴، ۵). نیاز به پروتئین بیشتر در رژیم غذایی در دوره‌های تمرین با شدت بالا وجود دارد (۱)، با توجه به اینکه منابع پروتئینی موجود از کیفیت یکسانی برخوردار نیستند، انواع

۱- استادیار، گروه علوم ورزشی، دانشکده‌ی علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم ورزشی، دانشکده‌ی علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

نویسنده‌ی مسؤول: فاطمه کاظمی نسب: استادیار، گروه علوم ورزشی، دانشکده‌ی علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

Email: F_kazemi85@yahoo.com

مختلفی از پروتئین ها از جمله پروتئین وی (Whey)، مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. پروتئین وی، شامل اسیدهای آمینه ضروری (EAA) و آمینو اسیدهای شاخه‌دار (BCAA) هستند (۱). مصرف پروتئین، یک محرک آنابولیک قوی تولید می‌کند که سنتز پروتئین عضله را بالا می‌برد (۶). مکمل پروتئین وی به سرعت هضم می‌شود و شامل بخش بالایی از لوسین است. مصرف لوسین به تنهایی می‌تواند به طور مستقل هدف مکانیکی راپامایسین کمپلکس-۱ (Mtorc-1) را تحریک کند که یک پروتئین سیگنالینگ کلیدی مهم در فعال‌سازی سنتز پروتئین عضله (MPS) است (۷).

از آن‌جایی که بازیابی سریع بین تمرینات ورزشی ضروری و حیاتی است، اگر این مکمل‌ها دارای غلظت بالاتر یا با دوزهای اشتباه باشند، این مواد منجر به عوارض دیگری می‌شوند که فرایند بازیابی پس از تمرین ورزشی را طولانی می‌کنند. تا به امروز، بررسی‌های سیستماتیک کمی وجود دارند که تأثیر پروتئین وی را بر CK، Mb، LDH و درد عضلانی را بررسی کرده باشند. برای مثال، یک مطالعه‌ی مرور سیستماتیک و فراتحلیل که اثربخشی پروتئین وی را بر روی فاکتورهای بیوشیمیایی خون از جمله CK و Mb فقط در زمان بلافاصله پس از تمرین ورزشی را مورد بررسی قرار داده است (۸)، اما با توجه به اینکه این مکمل می‌تواند در زمان‌های بلافاصله و یک الی چهار روز پس از ورزش بر ریکاوری ورزشکاران مؤثر باشد، لذا هدف پژوهش فراتحلیل حاضر، بررسی اثر مکمل پروتئین وی بر ریکاوری پس از تمرین ورزشی در زمان‌های مختلف پس از ورزش در مقایسه با گروه شاهد در افراد بزرگسال سالم بود.

روش‌ها

روش جستجوی مقالات

برای استخراج مقالات، جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی Scopus، Web of Science و PubMed تا نوامبر ۲۰۲۳ (بدون محدود کردن سال انتشار) برای مقالات انگلیسی با استفاده از کلمات کلیدی "whey*" or "whey protein" و برای تمرین ورزشی " Exercise" or "training" or "Exercise training" or "Physical Activity" or “eccentric exercise” or "strength training" or "resistance training" or "endurance training" or "strenuous exercise" or “exercise performance” or “muscle performance” or “sports performance” or “muscle recovery” or "sports fatigue" or "athletes"و برای درد عضلانی "Muscle soreness" or "delayed-onset muscle soreness" or "range of motion" or "perceived soreness" or "rate of perceived exertion" or "maximum voluntary contraction" or "creatine kinase" or "myoglobin" or "troponin" or "lactate dehydrogenase" or "blood urea nitrogen" or "serum creatinine" or "alanine aminotransferease" or "serum glutamic-pyruvic transaminase" or "aspartate aminotransferase" or "serum glutamic-oxaloacetic transaminase" or "recovery" or "injury*" or "muscle*" or "perform*" or "recover*" استفاده کردیم. لازم به ذکر است که جستجو برای هر کلیدواژه به صورت نام کامل و اختصاری به‌صورت جداگانه و ترکیبی با کلید واژه‌های دوم یا سوم انجام شد. همچنین جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی Magiran و مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID) برای مقالات فارسی تا آذر ۱۴۰۲ با استفاده از کلمات کلیدی «پروتئین وی»، «فعالیت بدنی»، «تمرینات قدرتی»، «تمرینات مقاومتی»، «کراتین کیناز»، «دردعضلانی»، «لاکتات دهیدروژناز» و «ریکاوری» انجام شد. همچنین، جستجو به روش دستی در Google Scholar انجام شد. جستجوی پایگاه‌های اطلاعاتی به‌صورت مستقل توسط دو محقق انجام گردید.

معیارهای ورود و خروج از مطالعه

برای انجام پژوهش فراتحلیل، مقالات با مشخصات زیر وارد مطالعه شدند: ۱- مطالعات منتشر شده به زبان انگلیسی و فارسی؛ ۲- مطالعات انجام شده بر روی بزرگسالان سالم (ورزشکار و غیرورزشکار)؛ ۳- مطالعاتی که تأثیر مکمل پروتئین وی را بر گروه‌های مداخله (تمرین ورزشی و پروتئین وی) و یا گروه شاهد (تمرین ورزشی به تنهایی) را بررسی و مقایسه کرده‌اند؛ ۴- مطالعاتی که انواع تمرینات ورزشی را مورد بررسی قرار داده‌اند؛ ۵- مطالعاتی که متغیرهای CK، LDH، Mb و درد عضلانی (Muscle soreness) را بررسی کرده‌اند؛ ۶- مطالعات کارآزمایی بالینی تصادفی شده (RCT) و مطالعات متقاطع (Crossover). معیارهای خروج شامل مقالات حیوانی، پایان‌نامه، مقالات در همایش و مطالعاتی که بر روی سالمندان (بالاتر از ۶۵ سال) و یا کودکان و نوجوانان (زیر ۱۸ سال) انجام شده بود. مطالعاتی که فاقد گروه شاهد بودند. در این مطالعه، گروه شاهد، مکمل پروتئین وی دریافت نکردند و تحت تمرین ورزشی انجام دادند. علاوه بر این، مطالعات با عدم داده‌های کافی برای انجام فراتحلیل از تحقیق حاضر خارج شدند. بررسی اولیه‌ی مقالات به‌صورت مستقل توسط دو محقق انجام شد و هرگونه اختلاف نظر با راهنمایی محقق سوم بررسی و حل گردید.

استخراج داده‌ها

پس از بررسی کامل تمام مقالات، داده‌های CK، LDH، Mb و درد عضلانی توسط دو نویسنده به‌طور مستقل استخراج شد و هرگونه اختلاف نظر با محقق سوم مجدد مورد بررسی قرار گرفت و در انتها تصمیم نهایی بین سه محقق انجام شد. اطلاعات مربوط به نوع مطالعه، نویسنده‌ی اول، سال انتشار، تصادفی یا غیرتصادفی بودن، تعداد نمونه، کیفیت مطالعه؛ ویژگی‌های آزمونی‌ها شامل: سن، جنسیت، پروتکل تمرینی مختلف (نوع مداخله، طول مداخله، تعداد جلسات در هفته و شدت تمرین) و مداخله یا عدم مداخله رژیم غذایی استخراج شد. در

صورت نبود وجود داده‌های کافی برای انجام فراتحلیل، از طریق ایمیل با نویسنده‌ی مسئول مکاتبه صورت گرفت و داده‌های مورد نیاز مطالعه فراتحلیل حاضر دریافت شد. همچنین، در صورت عدم پاسخگویی یا عدم دریافت از سوی نویسنده مقاله، استخراج داده‌ها از نمودار مقالات با استفاده از getdata و یا تخمین انحراف استاندارد (SD) از خطای استاندارد میانگین (SEM) صورت گرفت (۹، ۱۰).

بررسی کیفیت مقالات

بررسی کیفیت مقالات نیز توسط دو نویسنده به‌طور مستقل انجام شد. ارزیابی کیفیت مطالعات با استفاده از چک‌لیست ۹ سؤالی Pedro انجام گرفت (۱۱–۱۳). معیارهای ارزیابی شامل موارد زیر بود: ۱- مشخص بودن ضوابط واجد شرایط بودن آزمودنی‌ها، ۲- اختصاص شرکت‌کنندگان به‌طور تصادفی به گروه‌های مختلف، ۳- آشنایی نداشتن شرکت‌کنندگان نسبت به گروه‌بندی‌هایشان، ۴- یکسان بودن آزمودنی‌ها از نظر وزن بدن در گروه‌های مختلف مطالعه، ۵- وجود ارزیابی یک‌سوکور برای متغیر اصلی پژوهش (Blinding of all assessors)، ۶- خروج کمتر از ۱۵ درصد شرکت‌کنندگان از پژوهش، ۷- انجام تجزیه و تحلیل به صورت ITT (Intention to treat)، ۸- وجود گزارش تفاوت آماری بین گروهی برای متغیر اصلی پژوهش، ۹- وجود گزارش میانگین، انحراف معیار و میزان معنی‌داری (P value). به تمام سؤالات چک‌لیست Pedro، با دو گزینه‌ی بله ✓ و یا خیر × پاسخ داده شد. امتیاز حداقل صفر و حداکثر ۹ بود که در آن ارزش عددی بالاتر، نمایانگر کیفیت بالاتر مطالعه بود.

فراتحلیل

مطالعه‌ی فراتحلیل حاضر برای تعیین اثر پروتئین وی بر متغیرهای درد عضلانی، CK، LDH و Mb در افراد بزرگسال (ورزشکار و غیرورزشکار) انجام شد. در این مطالعه، برای انجام تجزیه و تحلیل آماری از میانگین، انحراف استاندارد (SD) و حجم نمونه استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از مدل اثر تصادفی انجام گردید و تفاوت میانگین وزنی (WMD)، تفاوت میانگین استاندارد شده (SMD) و فاصله‌ی اطمینان (CI) ۹۵ درصد در نظر گرفته شد. برای تعیین عدم تجانس (ناهمگونی) مطالعات، از شاخص I که طبق دستورالعمل کوکران مقدار ناهمگونی به‌صورت کمتر از ۲۵ درصد = ناهمگونی خیلی کم، ۲۵–۵۰ درصد = ناهمگونی کم، ۵۰–۷۵ درصد = ناهمگونی متوسط و بالاتر از ۷۵ درصد = ناهمگونی زیاد تفسیر شد (۱۴، ۱۵). در صورت وجود ناهمگونی، در ادامه تحلیل حساسیت از طریق روش خارج کردن یک‌به‌یک مطالعات انجام شد. سوگیری انتشار نیز با استفاده از تفسیر بصری از فونل پلات بررسی شد که در صورت مشاهده سوگیری، تست Egger به‌عنوان یک تست تعیین کننده‌ی ثانویه استفاده گردید که در آن سطح معنی‌داری برابر با ۰/۱ به‌عنوان وجود سوگیری انتشار معنی‌دار در نظر گرفته شد (۱۶). همچنین، تحلیل زیرگروه بر اساس زمان اندازه‌گیری متغیرها (بلافاصله، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از تمرین ورزشی) انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار CMA2 صورت گرفت.

یافته‌ها

بر اساس جستجو در پایگاه‌های اطلاعات علمی تا آذرماه ۱۴۰۲، ۱۳۳۶ مقاله یافت شد. ۵۰۷ مقاله از PubMed، ۷۹۶ از Scopus و ۳۳ مقاله از Web of Science بدست آمد. پس از حذف مقالات تکراری (۳۴۵ مقاله)، در نهایت ۹۹۱ مقاله برای ارزیابی اولیه، مورد بررسی قرار گرفتند. پس از بررسی عناوین و چکیده‌ی مقالات، در نهایت ۵۰ مقاله برای ارزیابی متن کامل انتخاب شدند که پس از بررسی متن کامل مقالات، ۱۸ مقاله از مطالعه‌ی حاضر خارج شدند. در نهایت، ۳۲ مطالعه وارد فراتحلیل حاضر شدند (شکل ۱، جدول ۱).

ویژگی آزمودنی‌ها

۶۲۵ آزمودنی وارد مطالعه‌ی فراتحلیل حاضر شدند که همه‌ی شرکت‌کنندگان، بزرگسالان سالم (ورزشکار و غیرورزشکار) بودند. ۳۸۱ آزمودنی با رده‌ی سنی ۶۴–۱۹ سال در گروه پروتئین وی و ۳۵۲ آزمودنی با رده‌ی سنی ۱۹–۶۴ سال در گروه شاهد بود (جدول ۱). تعداد آزمودنی‌های هر مطالعه در محدوده‌ی ۱۰ نفر (۱۷) و ۶۱ نفر (۱۸) بود.

ویژگی پروتکل‌های تمرین

۳۲ مطالعه وارد مطالعه‌ی فراتحلیل حاضر شدند. در مطالعات وارد شده، آزمودنی‌ها ورزشکاران فوتبالیست (۱۷، ۱۹–۲۱)، حرکات موزون (۲۲)، دونده (۲۳)، دوچرخه سوار (۲۴) و بازیکن تنیس (۲۵) بودند.

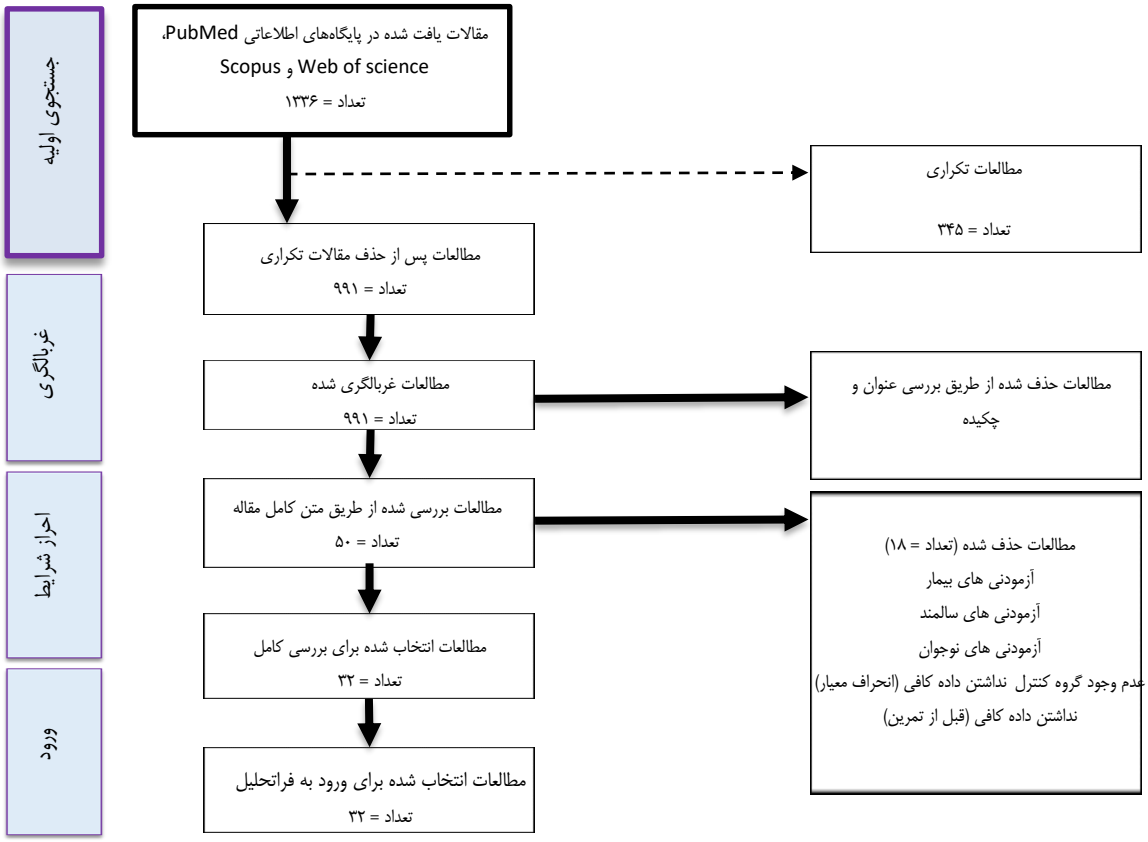
کیفیت مطالعات

نتایج بررسی کیفیت مقالات با استفاده از Pedro نشان داد که ۴ مطالعه دارای امتیاز ۶ (۲۶–۲۹)، ۱۰ مطالعه دارای امتیاز ۷ (۱۹، ۲۰، ۳۰–۳۷)، ۱۵مطالعه دارای امتیاز ۸ (۶، ۱۷، ۱۸، ۲۱، ۲۴، ۳۸–۴۷) و ۳ مطالعه دارای امتیاز ۹ (۴، ۲۲، ۲۳) هستند (جدول ۲).

نتایج فراتحلیل

تغییرات درد عضلانی در زمان ۲۴ ساعت پس از تمرین ورزشی

نتایج فراتحلیل حاضر برای ۲۴ مداخله نشان داد که مکمل پروتئین وی سبب تغییر معنادار درد عضلانی [P = ۰/۸، (۰/۲۸- الی ۰/۲۴) SMD = -۰/۰۲] در زمان ۲۴ ساعت پس از تمرین ورزشی، نسبت به گروه شاهد در افراد ورزشکار و غیرورزشکار نشد. با استفاده از شاخص I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنی‌داری وجود دارد (P = ۰/۰۰۱، I^2 = ۵۳/۳۵).



شکل ۱. فلوچارت PRISMA

نتیجه‌ی آزمون Egger نشان‌دهنده‌ی وجود سوگیری انتشار معنی‌دار برای درد عضلانی در زمان ۲۴ ساعت پس از تمرین ورزشی (P = ۰/۰۰۵) بود. همچنین نتایج تحلیل حساسیت نشان داد، با استفاده از حذف تک‌به‌تک مطالعات، میزان اندازه اثر مکمل پروتئین وی بر درد عضلانی نسبت به گروه شاهد، جهت اندازه‌ی اثر و P تغییری نکرد.

تغییرات درد عضلانی در زمان ۷۲ ساعت پس از تمرین ورزشی

نتایج فراتحلیل حاضر برای ۸ مداخله نشان داد که مکمل پروتئین وی، سبب تغییر معنی‌دار درد عضلانی [P = ۰/۴، (۱/۱۲- الی ۰/۵۱) SMD = -۰/۳۰] در زمان ۷۲ ساعت پس از تمرین ورزشی، نسبت به گروه کنترل در افراد ورزشکار و غیرورزشکار نشد (شکل ۲). با استفاده از شاخص I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود دارد (P = ۰/۰۰۱، I^2 = ۷۹/۳۳).

نتیجه‌ی آزمون Egger نشان دهنده‌ی عدم وجود سوگیری انتشار معنی‌دار برای درد عضلانی در زمان ۷۲ ساعت پس از تمرین ورزشی (P = ۰/۱) بود. همچنین نتایج تحلیل حساسیت نشان داد، با استفاده از حذف تک‌به‌تک مطالعات، میزان اندازه‌ی اثر مکمل پروتئین وی بر درد عضلانی نسبت به گروه شاهد، جهت اندازه‌ی اثر و P value تغییری نکرد.

تغییرات درد عضلانی در زمان ۹۶ ساعت پس از تمرین ورزشی

نتایج فراتحلیل حاضر برای ۴ مداخله نشان داد که مکمل پروتئین وی، سبب کاهش معنی‌دار درد عضلانی [P = ۰/۴، (۱/۴۰- الی ۰/۵۸) SMD = -۰/۴۱] در زمان ۹۶ ساعت پس از تمرین ورزشی، نسبت به گروه شاهد در افراد ورزشکار و غیرورزشکار نشد (شکل ۲). با استفاده از شاخص I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنی‌داری وجود دارد (P = ۰/۰۰۱، I^2 = ۸۶/۰۸).

نتیجه‌ی آزمون Egger نشان‌دهنده‌ی عدم وجود سوگیری انتشار معنی‌دار برای درد عضلانی در زمان ۹۶ ساعت پس از تمرین ورزشی (P = ۰/۴) بود. همچنین نتایج تحلیل حساسیت نشان داد، با استفاده از حذف تک‌به‌تک مطالعات، میزان اندازه‌ی اثر مکمل پروتئین وی بر درد عضلانی نسبت به گروه شاهد، جهت اندازه‌ی اثر و P value تغییری نکرد.

جدول ۱. ویژگی مطالعات و آزمودنی‌ها

مطالعه/ سال	نوع مطالعه	ویژگی‌های آزمودنی‌ها	سن	گروه‌ها	متغیرها	نوع مکمل و دوز مصرف	زمان مصرف مکمل	تعداد جلسات تمرین در هفته
Philpott و همکاران ۲۰۱۸ (۱۹)	غیرتصادفی	۲۰ نفر فوتبالیست سالم	گروه مداخله: ۱±۲۳ گروه شاهد: ۱±۲۳	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۱۰ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۱۰ نفر)	کراتین کیناز درد عضلانی	پروتئین وی ۳۰ گرم	صبح و عصر	هر روز
Farup و همکاران ۲۰۱۴ (۴۵)	تصادفی	۲۴ نفر مرد سالم	گروه مداخله: ۲۲/۵ گروه شاهد: ۲۴	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۱۲ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۱۲ نفر)	کراتین کیناز درد عضلانی	پروتئین وی	قبل و بعد ورزش	هر روز
Shirato و همکاران ۲۰۱۶ (۲)	تصادفی	۱۲ نفر مردان سالم	گروه مداخله: ۰/۴±۱۹/۲ گروه شاهد: ۰/۴±۱۹/۲	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۶ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۶ نفر)	درد عضلانی کراتین کیناز	گروه مداخله:	قبل و بعد از ورزش	۴ تا ۵ بار در هفته
Brown و همکاران ۲۰۱۷ (۲۲)	غیرتصادفی	۲۰ نفر زن فعال (حرکات موزون)	گروه مداخله: ۱±۲۰ گروه شاهد: ۱±۲۰	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۱۰ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۱۰ نفر)	کراتین کیناز درد عضلانی	۳ گرم مکمل+ ۳۶/۶ گرم پروتئین وی	قبل و بعد از ورزش	یک جلسه ورزش حاد
Jakubowski و همکاران ۲۰۱۸ (۷)	تصادفی	۲۶ نفر مردان سالم	گروه مداخله: ۲±۲۳ گروه شاهد: ۲±۲۳	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۱۳ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۱۳ نفر)	کراتین کیناز	۲۵ گرم پروتئین وی ۱/۵ گرم مکمل	روزانه دوبار	دوبار در هفته
Qin و همکاران ۲۰۱۸ (۲۳)	متقاطع	۱۱ نفر مرد دونده	گروه مداخله: ۲±۳۱ گروه شاهد: ۲±۳۱	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۱۱ نفر) گروه کنترل: تمرین ورزشی+دارونما (۱۱ نفر)	کراتین کیناز	۵۱ گرم پروتئین وی و مکمل	قبل و بعد از ورزش	یک جلسه ورزش حاد

جدول ۱. ویژگی مطالعات و آزمودنی‌ها (ادامه)

مطالعه/ سال	نوع مطالعه	ویژگی‌های آزمودنی‌ها	سن	گروه‌ها	متغیرها	نوع مکمل و دوز مصرف	زمان مصرف مکمل	تعداد جلسات تمرین در هفته
Al-Nawaiseh و همکاران ۲۰۱۶ (۳)	غیرتصادفی	۱۶ نفر ورزشکار	گروه مداخله: ۲/۲±۲۱/۵ گروه شاهد: ۲/۲±۲۱/۵	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۸ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۸ نفر)	کراتین کیناز درد عضلانی	۲۳ گرم پروتئین وی	صبح و عصر	دو نوبت در دو هفته
Kritikos و همکاران ۲۰۲۱ (۱۷)	متقاطع	۱۰ نفر فوتبالیست سالم	گروه مداخله: ۱/۵±۲۱ گروه شاهد: ۱/۵±۲۱	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۱۰ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۱۰ نفر)	کراتین کیناز درد عضلانی	۰/۸ – ۱ گرم پروتئین وی/ کیلوگرم در روز	–	روزانه
Kraemer و همکاران ۲۰۱۵ (۳۹)	تصادفی	۱۳ نفر مرد سالم	گروه مداخله: ۳/۹±۲۲/۶ گروه شاهد: ۳/۹±۲۲/۶	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۷ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۶ نفر)	کراتین کیناز	۲۰ گرم پروتئین وی ۱/۵ گرم مکمل ۲۰ گرم پروتئین ۱ گرم مکمل	قبل و حین و بعد از ورزش	دو بار در روز
Kerksick و همکاران ۲۰۰۶ (۱)	تصادفی	۲۱ نفر مردسالم	گروه مداخله: ۸±۳۱ گروه شاهد: ۸±۳۱	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۱۰ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۱۱ نفر)	کراتین کیناز	۴۸ گرم مکمل ۴۰ گرم پروتئین وی ۸ گرم کازئین	–	۴ تمرین در هر هفته
Hilkens و همکاران ۲۰۲۰ (۴)	تصادفی	۳۹ نفر مرد سالم	گروه مداخله: ۴±۲۳ گروه شاهد: ۴±۲۴	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۲۰ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۱۹ نفر)	کراتین کیناز درد عضلانی	۶۰ گرم پروتئین وی ۵۸/۵ گرم پروتئین وی ۳/۸ گرم چربی ۵/۰ گرم مکمل ≥۰/۱گرم پروتئین وی، ۰ گرم چربی و ۷۲ گرم مکمل	بین صبحانه و ناهار یک ساعت قبل از خواب	دو وعده

جدول ۱. ویژگی مطالعات و آزمودنی‌ها (ادامه)

مطالعه/ سال	نوع مطالعه	ویژگی‌های آزمودنی‌ها	سن	گروه‌ها	متغیرها	نوع مکمل و دوز مصرف	زمان مصرف مکمل	تعداد جلسات تمرین در هفته
Hansen و همکاران ۲۰۱۵ (۴۰)	تصادفی	۱۷ نفر ورزشکار نخبه زن و مرد	گروه مداخله: زنان ۲/۱±۲۰ مردان ۷/۱±۲۱/۲ گروه شاهد: زنان ۳/۱±۲۱/۲ مردان ۲/۸±۲۳/۸	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۸ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۹ نفر)	کراتین کیناز	۰/۳ گرم پروتئین وی در کیلوگرم ۱ گرم مکمل در کیلوگرم	قبل و بعد از ورزش	یک جلسه ورزش حاد
Hamarsland و همکاران ۲۰۱۷ (۶)	متقاطع	۲۴ نفر زن و مرد سالم	گروه مداخله: ۲±۲۵ گروه شاهد: ۵±۲۵	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۲۴ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۲۴ نفر)	کراتین کیناز	پروتئین وی	بلافاصله بعد از ورزش و ۲ ساعت بعد از ورزش	یک جلسه ورزش حاد
Gunnarsson و همکاران ۲۰۱۱ (۵۱)	غیرتصادفی	۱۶ نفر مرد فوتبالیست	گروه مداخله: ۱±۲۴ گروه شاهد: ۱±۲۴	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۹ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۷ نفر)	کراتین کیناز میوگلوبین	پروتئین وی	در رژیم غذایی روزانه	سه بار درهفته
Naclerio و همکاران ۲۰۱۵ (۲۱)	غیر تصادفی	۱۶ نفر فوتبالیست سالم	گروه مداخله: ۳/۷±۲۴ گروه شاهد: ۳/۷±۲۴	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۸ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۸ نفر)	کراتین کیناز میوگلوبین	۱۴/۵گرم پرتئین وی	پیش از تمرین	سه نوبت با ۷ روز فاصله
Baba و همکاران ۲۰۱۴ (۳۰)	متقاطع	۱۴ نفر مرد بالغ سالم	گروه مداخله: ۶±۳۱ گروه شاهد: ۶±۳۱	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۱۴ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۱۴ نفر)	کراتین کیناز میوگلوبین	۲۲/۸ گرم پروتئین وی	قبل و حین جلسه تمرین	تمرین ورزشی به مدت ۴ هفته

جدول ۱. ویژگی مطالعات و آزمودنی‌ها (ادامه)

مطالعه/ سال	نوع مطالعه	ویژگی‌های آزمودنی‌ها	سن	گروه‌ها	متغیرها	نوع مکمل و دوز مصرف	زمان مصرف مکمل	تعداد جلسات تمرین در هفته
Hillman و همکاران ۲۰۱۷ (۴۱)	یک سوکور	۱۶ نفر فرد سالم	گروه مداخله: ۵±۲۳ گروه شاهد: ۵±۲۳	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۸ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۸ نفر)	کراتین کیناز لاکتات د هیدروژناز	۸ گرم پروتئین وی	۶ ساعت قبل از تمرین و۷۲ ساعت بعد از تمرین	
Karakuş و همکاران ۲۰۲۰ (۵۰)	غیر تصادفی	۲۴ نفر مرد سالم	گروه مداخله: ۱۹-۲۵ گروه شاهد: ۱۹-۲۵	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۱۵ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۹ نفر)	کراتین کیناز میوگلوبین درد عضلانی	۳۵ گرم پروتئین وی	بعد از ناهار	دو روزدر هفته
Kim و همکاران ۲۰۱۷ (۲۷)	غیر تصادفی	۱۶ نفر مردسالم	گروه مداخله: ۲/۹±۲۳ گروه شاهد: ۲/۹±۲۲/۷	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۸ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۸ نفر)	کراتین کیناز درد عضلانی	۱/۵ گرم پروتئین وی به ازای وزن بدن	قبل و بعد از تمرین	یک جلسه ورزش حاد
Fernández-Lázaro و همکاران ۲۰۲۱ (۲۴)	تصادفی	۲۰ نفر مرد سالم دوچرخه سوار نخبه	گروه مداخله: ۲/۴±۲۷/۷ گروه شاهد: ۶/۴±۲۶/۱	گروه مداخله: تمرین ورزشی +پروتئین وی (۱۰ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۱۰ نفر)	کراتین کیناز میوگلوبین لاکتات دهیدروژناز	۱ گرم پروتئین وی به ازای هر کیلوگرم وزن بدن	بعد از تمرین	شش روز درهفته به مدت ده هفته
Kim و همکاران ۲۰۱۷ (۲۷)	تصادفی	۱۲ نفر فرد سالم	گروه مداخله: ۲/۹±۳۰/۴ گروه شاهد: ۲/۹±۳۰/۴	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۶ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۶ نفر)	کراتین کیناز	۵ میلی لیتر بر کیلوگرم قبل از ورزش ۲/۵ میلی‌لیتر بر کیلوگرم وزن بدن حین و بعد از ورزش	قبل، حین و بعد	یک جلسه ورزش حاد

جدول ۱. ویژگی مطالعات و آزمودنی‌ها (ادامه)

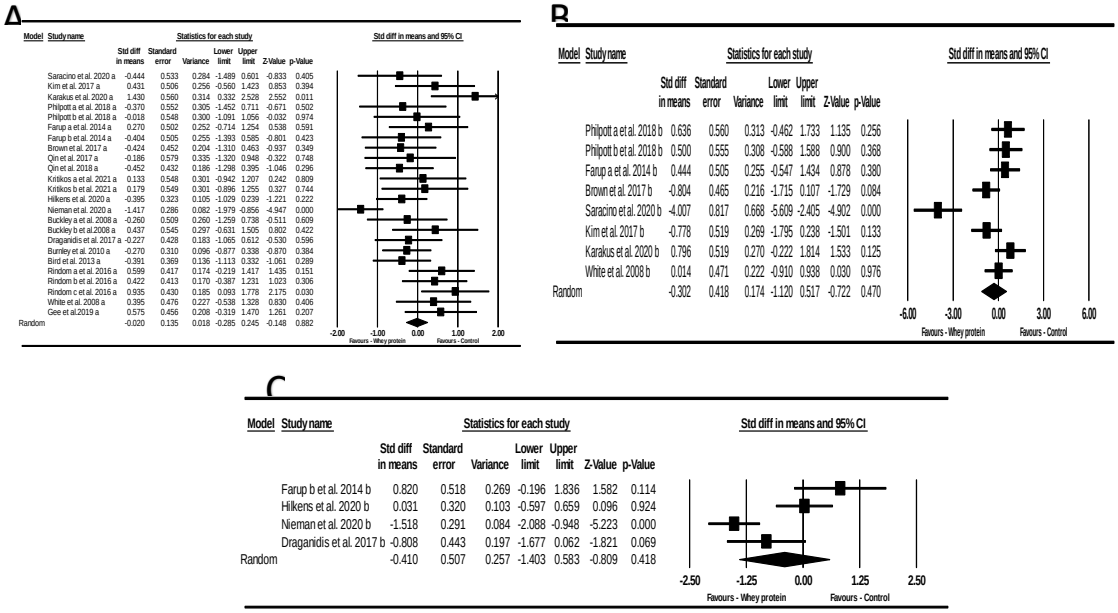
مطالعه/ سال	نوع مطالعه	ویژگی‌های آزمودنی‌ها	سن	گروه‌ها	متغیرها	نوع مکمل و دوز مصرف	زمان مصرف مکمل	تعداد جلسات تمرین در هفته
Zhao ۲۰۱۹ (۲۵)	تصادفی	۲۰ نفر فرد سالم تنیس باز	گروه مداخله: ۱/۲۷±۲۱/۸۶ گروه شاهد: ۱/۳۶±۲۱/۵۵	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۱۰ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۱۰ نفر)	کراتین کیناز	دوبار در روز ۴۰۰ میلی‌لیتر پروتئین وی	نیم ساعت قبل و بعد از تمرین	۶ روز در هفته
Saracino و همکاران ۲۰۲۰ (۴۴)	تصادفی	۱۵ نفر مرد میان‌سال سالم	گروه مداخله: ۴۰–۶۴ گروه شاهد: ۴۰–۶۴	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۹ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۶ نفر)	درد عضلانی کراتین کیناز	۴۵ گرم پروتئین وی	قبل از خواب	۲ روز در هفته ۶ ماه
Bird و همکاران ۲۰۱۳ (۳۸)	متقاطع	۱۵ نفر مرد تمرین کرده	گروه مداخله: ۳/۱ ±۷/۲۱ گروه کنترل: ۳/۱ ±۷/۲۱	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۱۵ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۱۵ نفر)	درد عضلانی کراتین کیناز	پروتئین وی و مکمل	قبل وحین وپس از تمرین	یک جلسه ورزش حاد
Buckley و همکاران ۲۰۰۸ (۳۷)	تصادفی	۲۸ نفر مرد کم تحرک	گروه مداخله ۱: ۳۰–۱۸ گروه مداخله ۲: ۳۰–۱۸ گروه شاهد: ۳۰–۱۸	گروه مداخله ۱: تمرین ورزشی+پروتئین وی ایزوله (۱۱ نفر) گروه مداخله ۲: تمرین ورزشی+پروتئین وی هیدراته (۶ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۱۱ نفر)	درد عضلانی کراتین کیناز	۲۵ گرم پروتئین وی	۲۴ ساعت قبل از ورزش، ۲ دقیقه بعد از ورزش، ۲ ساعت بعد از ورزش و ۶ ساعت بعد از ورزش	یک بار درهفته به مدت سه ماه
Buckley و همکاران ۲۰۱۰ (۴۲)	متقاطع	۲۱ نفر مرد جوان	گروه مداخله: ۲±۲۳ گروه شاهد: ۲±۲۳	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۲۱ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۲۱ نفر)	درد عضلانی	۳۶ گرم پروتئین وی	بلافاصله پس از تمرین	سه دوره سه روزه

جدول ۱. ویژگی مطالعات و آزمودنی‌ها (ادامه)

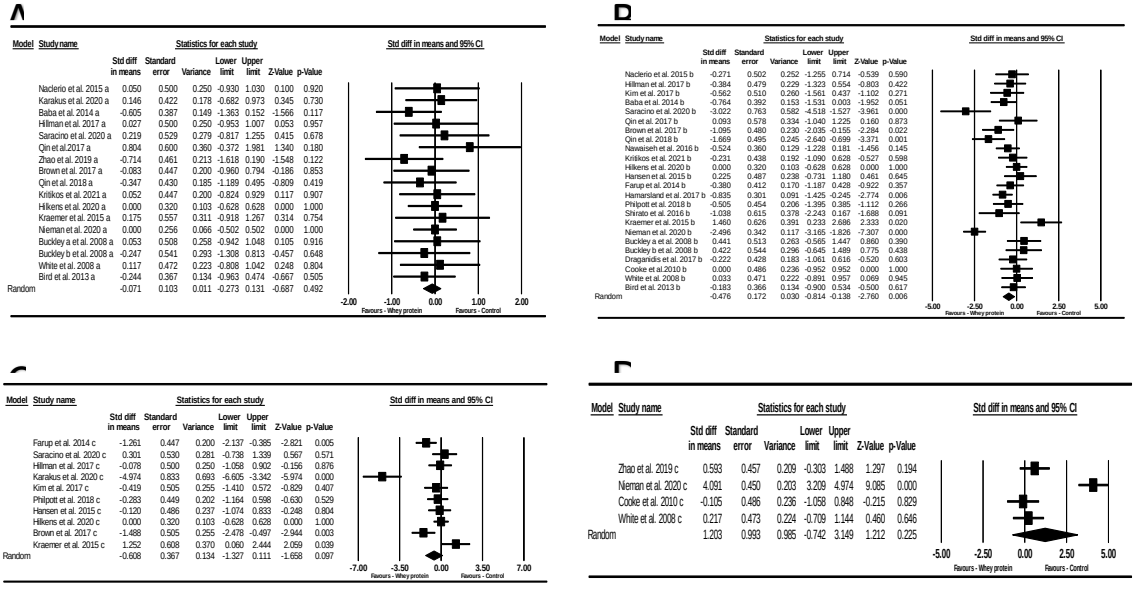
مطالعه/ سال	نوع مطالعه	ویژگی‌های آزمودنی‌ها	سن	گروه‌ها	متغیرها	نوع مکمل و دوز مصرف	زمان مصرف مکمل	تعداد جلسات تمرین در هفته
cooke و همکاران ۲۰۱۰ (۳۶)	تصادفی	۱۷ نفر مرد ورزش نکرده	گروه مداخله: ۵±۲۴ گروه شاهد: ۴±۲۲	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۹ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۸ نفر)	لاکتات دهیدروژناز کراتین کیناز	۱/۵ گرم پروتئین وی به ازای وزن بدن	پس از تمرین	یک جلسه ورزش حاد
Draganidis و همکاران ۲۰۱۷ (۴۳)	متقاطع	۱۱ نفرفرد سالم	گروه مداخله: ۱±۲۲/۴ گروه شاهد: ۱±۲۲/۴	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۱۱ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۱۱ نفر)	درد عضلانی کراتین کیناز	۲۰ گرم پروتئین وی	بلافاصله پس از تمرین	۸ روز متوالی به مدت شش هفته با استراحت
Gee و همکاران ۲۰۱۹ (۳۳)	تصادفی	۲۰ نفر فرد سالم	گروه مداخله: ۲/۵±۲۵/۵ گروه شاهد: ۲/۵±۲۵/۵	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۱۰ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۱۰ نفر)	درد عضلانی	۳۲/۸ گرم پروتئین وی	پس از تمرین	یک جلسه ورزش حاد
Nieman و همکاران ۲۰۲۰ (۱۸)	تصادفی	۶۱ نفر فرد سالم	گروه مداخله: ۳/۷±۴۰/۱ گروه کنترل: ۱/۹±۳۸/۱	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۳۱ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۳۰ نفر)	درد عضلانی کراتین کیناز لاکتات د هیدروژناز میوگلوبین	۰/۹ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن پروتئین وی	قبل از تمرین	یک جلسه ورزش حاد
Rindom و همکاران ۲۰۱۶ (۳۲)	متقاطع	۱۲ نفر فرد سالم	گروه مداخله: ۶/۱±۲۴/۲ گروه شاهد: ۶/۱±۲۴/۲	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۱۲ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۱۲ نفر)	درد عضلانی	۲ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن پروتئین وی	–	سه نوبت تمرین ورزشی به مدت سه هفته
White و همکاران ۲۰۰۸ (۲۹)	غیر تصادفی	۱۸ نفر مرد ورزش نکرده	گروه مداخله: ۶/۴±۲۱/۲ گروه شاهد: ۶/۱±۲۰/۲	گروه مداخله: تمرین ورزشی+پروتئین وی (۹ نفر) گروه شاهد: تمرین ورزشی+دارونما (۹ نفر)	درد عضلانی کراتین کیناز	۲۳ گرم پروتئین وی	قبل و بعد از تمرین	یک جلسه ورزش حاد

جدول ۲. ارزیابی کیفیت مطالعات

مطالعه/سال	آیتم ۱	آیتم ۲	آیتم ۳	آیتم ۴	آیتم ۵	آیتم ۶	آیتم ۷	آیتم ۸	آیتم ۹	امتیاز
Philpott و همکاران ۲۰۱۸ (۱۹)	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۷
Farup و همکاران ۲۰۱۴ (۴۵)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	۸
Shirato و همکاران ۲۰۱۶ (۲)	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Brown و همکاران ۲۰۱۷ (۲۲)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۹
Jakubowski و همکاران ۲۰۱۸ (۷)	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Qin و همکاران ۲۰۱۸ (۲۳)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۹
Al-Nawaiseh و همکاران ۲۰۱۶ (۳)	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	۸
Kritikos و همکاران ۲۰۲۱ (۱۷)	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	۸
Kraemer و همکاران ۲۰۱۵ (۳۹)	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۸
Kerksick و همکاران ۲۰۰۶ (۱)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	۸
Hilkens و همکاران ۲۰۲۰ (۴)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۹
Hansen و همکاران ۲۰۱۵ (۴۰)	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۸
Hamarsland و همکاران ۲۰۱۷ (۶)	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۸
Gunnarsson و همکاران ۲۰۱۱ (۵۱)	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Naclerio و همکاران ۲۰۱۵ (۲۱)	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۸
Baba و همکاران ۲۰۱۴ (۳۰)	✓	✓	×	✓	×	✓	✓	✓	✓	۷
Hillman و همکاران ۲۰۱۷ (۴۱)	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۸
Karakuş و همکاران ۲۰۲۰ (۵۰)	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	۶
Kim و همکاران ۲۰۱۷ (۲۷)	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	۶
Fernández-Lázaro و همکاران ۲۰۲۱ (۲۴)	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۸
Qin و همکاران ۲۰۱۷ (۳۱)	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۷
Zhao ۲۰۱۹ (۲۵)	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	۶
Saracino و همکاران ۲۰۲۰ (۴۴)	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۸
Bird و همکاران ۲۰۱۳ (۳۸)	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۸
Buckley و همکاران ۲۰۰۸ (۳۵)	✓	✓	×	✓	✓	×	✓	✓	✓	۷
Burnley و همکاران ۲۰۱۰ (۴۲)	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۸
cooke و همکاران ۲۰۱۰ (۳۴)	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Draganidis و همکاران ۲۰۱۷ (۴۳)	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۸
Gee و همکاران ۲۰۱۹ (۳۳)	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
Nieman و همکاران ۲۰۲۰ (۱۸)	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۸
Rindom و همکاران ۲۰۱۶ (۳۲)	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	۷
White و همکاران ۲۰۰۸ (۲۹)	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	۶



شکل ۲. نمودار فارست پلات (Forrest plot) . اثر مکمل پروتئین وی بر درد عضلانی در بزرگسالان سالم. A) ۲۴ ساعت پس از ورزش. B) ۷۲ ساعت پس از ورزش. C) ۹۶ ساعت پس از ورزش



شکل ۳- نمودار فارست پلات (Forrest plot) . اثر مکمل پروتئین وی بر کراتین کیناز در بزرگسالان سالم. A) بلافاصله پس از ورزش. B) ۲۴ ساعت پس از ورزش. C) ۷۲ ساعت پس از ورزش. D) ۹۶ ساعت پس از ورزش

تغییرات CK در زمان بلافاصله پس از تمرین ورزشی

نتایج این فراتحلیل برای ۱۷ مداخله نشـان داد که مکمل پروتئین وی سـبب کاهش معنی‌دار CK [۰/۴ = P، (۰/۲۷- الی ۰/۱۳) ۰/۰۷- = SMD] در زمان بلافاصـله پس از تمرین ورزشـی، نسـبت به گروه شاهد در افراد ورزشکار و غیرورزشکار نشد (شکل ۳). با استفاده از شـاخص I^2 ناهمگونی بررسـی شـد و نتایج نشـان داد که ناهمگونی وجود ندارد (۰/۹ = P، ۰/۰۱ = I^2).

نتیجه‌ی آزمون Egger نـشان دهنده‌ی عدم وجود سوگیری انتـشار معنی‌دار برای CK در زمان بلافا صله پس از تمرین ورز شی (۰/۸ = P) بود. همچنین نتایج تحلیل حسـاسـیت نشـان داد، با اسـتفاده از حذف

تک‌به‌تک مطالعات، میزان اندازه اثر مکمل پروتئین وی بر درد عضلانی نسبت به گروه شاهد، جهت اندازه‌ی اثر و P value تغییری نکرد.

تغییرات CK در زمان ۲۴ ساعت پس از تمرین ورزشی

نتایج این فراتحلیل برای ۲۴ مداخله نشان داد که مکمل پروتئین وی سبب کاهش معنی‌دار CK [P = ۰/۰۰۶، (۰/۸۱- الی ۰/۱۳-) SMD = ۰/۴۷-] با اندازه‌ی اثر کم، در زمان ۲۴ ساعت پس از تمرین ورزشی، نسبت به گروه شاهد در افراد ورزشکار و غیرورزشکار شد (شکل ۳). با استفاده از شاخص I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنی‌داری وجود دارد (P = ۰/۰۰۱، I^2 = ۷۱/۴۵).

نتیجه‌ی آزمون Egger نشان‌دهنده‌ی عدم وجود سوگیری انتشار معنی‌دار برای CK در زمان ۲۴ ساعت پس از تمرین ورزشی (P = ۰/۶) بود. همچنین نتایج تحلیل حساسیت نشان داد، با استفاده از حذف تک‌به‌تک مطالعات، میزان اندازه‌ی اثر مکمل پروتئین وی بر درد عضلانی نسبت به گروه شاهد، جهت اندازه اثر و P value تغییری نکرد.

تغییرات CK در زمان ۷۲ ساعت پس از تمرین ورزشی

نتایج این فراتحلیل برای ۱۰ مداخله نشان داد که مکمل پروتئین وی، سبب کاهش معنی‌دار CK [P = ۰/۰۹، (۱/۳۲- الی ۰/۱۱) SMD = ۰/۶۰-] در زمان ۷۲ ساعت پس از تمرین ورزشی، نسبت به گروه شاهد در افراد ورزشکار و غیرورزشکار نشد (شکل ۳). با استفاده از شاخص I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنی‌داری وجود دارد (P = ۰/۰۰۱، I^2 = ۸۱/۹۹).

نتیجه‌ی آزمون Egger نشان‌دهنده‌ی عدم وجود سوگیری انتشار معنی‌دار برای CK در زمان ۷۲ ساعت پس از تمرین ورزشی (P = ۰/۲) بود. همچنین نتایج تحلیل حساسیت نشان داد، با استفاده از حذف تک‌به‌تک مطالعات، میزان اندازه اثر مکمل پروتئین وی بر درد عضلانی نسبت به گروه شاهد، جهت اندازه‌ی اثر و P value تغییری نکرد.

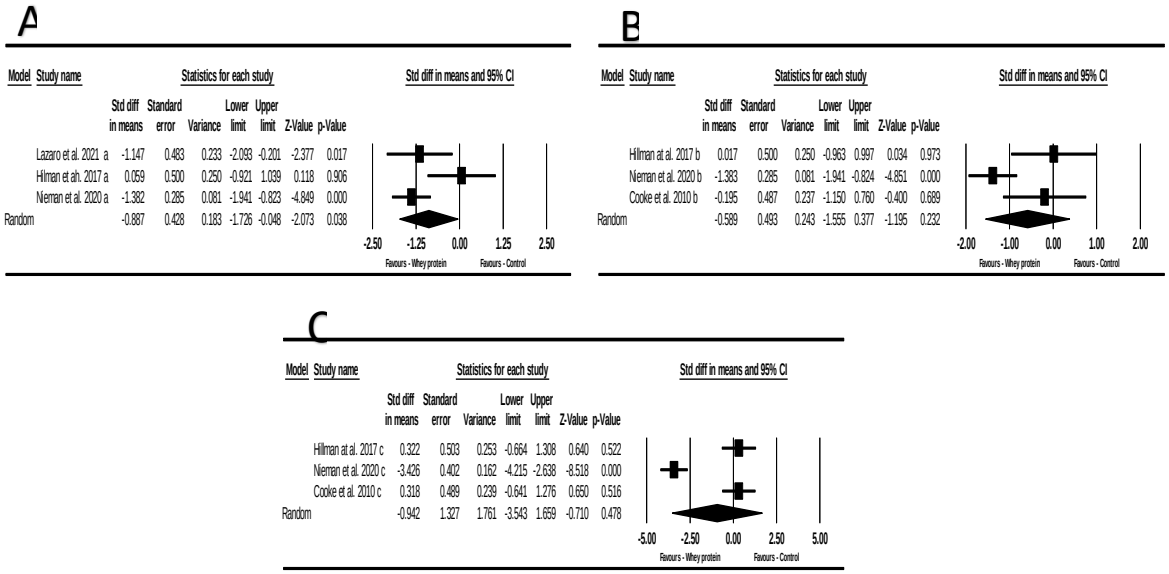
تغییرات CK در زمان ۹۶ ساعت پس از تمرین ورزشی

نتایج این فراتحلیل برای ۴ مداخله نشان داد که مکمل پروتئین وی سبب تغییر معنی‌دار CK [P = ۰/۲، (۰/۷۴- الی ۳/۱۴) SMD = ۱/۲] در زمان ۹۶ ساعت پس از تمرین ورزشی، نسبت به گروه شاهد در افراد ورزشکار و غیرورزشکار نشد (شکل ۳). با استفاده از شاخص I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنی‌داری وجود دارد (P = ۰/۰۰۱، I^2 = ۹۴/۴۸).

نتیجه‌ی آزمون Egger نشان‌دهنده‌ی عدم وجود سوگیری انتشار معنی‌دار برای CK در زمان ۹۶ ساعت پس از تمرین ورزشی (P = ۰/۲) بود. همچنین نتایج تحلیل حساسیت نشان داد، با استفاده از حذف تک‌به‌تک مطالعات، میزان اندازه‌ی اثر مکمل پروتئین وی بر درد عضلانی نسبت به گروه شاهد، جهت اندازه‌ی اثر و P value تغییری نکرد.

تغییرات LDH در زمان بلافاصله پس از تمرین ورزشی

نتایج فراتحلیل حاضر برای ۳ مداخله نشان داد که مکمل پروتئین وی، سبب کاهش معنی‌دار LDH [P = ۰/۰۳، (۱/۷۲- الی ۰/۰۴-) SMD = ۰/۸۸-] با اندازه‌ی اثر بالا، در زمان بلافاصله پس از تمرین ورزشی، سبت به گروه شاهد در افراد ورزشکار و غیرورزشکار شد (شکل ۴). با استفاده از شاخص I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنی‌داری وجود دارد (P = ۰/۰۴، I^2 = ۶۸/۳۲).



شکل ۴- نمودار فارست پلات (Forrest plot) . اثر مکمل پروتئین وی بر لاکتات دهیدروژناز در بزرگسالان سالم. A) ۲۴ ساعت پس از ورزش. B) ۷۲ ساعت پس از ورزش. C) ۹۶ ساعت پس از ورزش

نتیجه‌ی آزمون Egger نشان‌دهنده‌ی عدم وجود سوگیری انتشار معنی‌دار برای LDH در زمان بلافاصله پس از تمرین ورزشی (P = ۰/۴) بود. همچنین نتایج تحلیل حساسیت نشان داد، با استفاده از حذف تک‌به‌تک مطالعات، میزان اندازه‌ی اثر مکمل پروتئین وی بر درد عضلانی نسبت به گروه شاهد، جهت اندازه‌ی اثر و P value تغییری نکرد.

تغییرات LDH در زمان ۲۴ ساعت پس از تمرین ورزشی

نتایج فراتحلیل حاضر برای ۳ مداخله نشان داد که مکمل پروتئین وی سبب کاهش معنی‌دار LDH [P = ۰/۲، (۱/۵۵- الی ۰/۳۷) SMD = ۰/۵۸-] در زمان ۲۴ ساعت پس از تمرین ورزشی، سبت به گروه شاهد در افراد ورزشکار و غیرورزشکار نشد (شکل ۴). با استفاده از شاخص I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنی‌داری وجود دارد (P = ۰/۰۱، I^2 = ۷۵/۹۱).

نتیجه‌ی آزمون Egger نشان‌دهنده‌ی وجود سوگیری انتشار معنی‌دار برای LDH در زمان ۲۴ ساعت پس از تمرین ورزشی (P = ۰/۰۴) بود. همچنین نتایج تحلیل حساسیت نشان داد، با استفاده از حذف تک‌به‌تک مطالعات، میزان اندازه‌ی اثر مکمل پروتئین وی بر درد عضلانی نسبت به گروه شاهد، جهت اندازه‌ی اثر و P value تغییری نکرد.

تغییرات LDH در زمان ۹۶ ساعت پس از تمرین ورزشی

نتایج فراتحلیل حاضر برای ۳ مداخله نشان داد که مکمل پروتئین وی، سبب کاهش معنی‌دار LDH [P = ۰/۴، (۳/۵۴- الی ۱/۶۵) SMD = ۰/۹۴-] در زمان ۹۶ ساعت پس از تمرین ورزشی، نسبت به گروه شاهد در افراد ورزشکار و غیرورزشکار نشد (شکل ۴). با استفاده از شاخص I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنی‌داری وجود دارد (P = ۰/۰۰۱، I^2 = ۹۵/۹۴).

نتیجه‌ی آزمون Egger نشان‌دهنده‌ی عدم وجود سوگیری انتشار معنی‌دار برای LDH در زمان ۹۶ ساعت پس از تمرین ورزشی (۰/۰۷ = P) بود. همچنین نتایج تحلیل حساسیت نشان داد، با استفاده از حذف تک‌به‌تک مطالعات، میزان اندازه اثر مکمل پروتئین وی بر درد عضلانی نسبت به گروه شاهد، جهت اندازه‌ی اثر و P value تغییری نکرد.

تغییرات Mb در زمان بلافاصله پس از تمرین ورزشی

نتایج فراتحلیل حاضر برای ۵ مداخله نشان داد که مکمل پروتئین وی سبب کاهش معنی‌دار Mb [P = ۰/۲، (۳/۷۴- الی ۱/۰۹) SMD = ۱/۳۲-] در زمان بلافاصله پس از تمرین ورزشی، سبت به گروه شاهد در افراد ورزشکار و غیرورزشکار نشد (شکل ۴). با استفاده از شاخص I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنی‌داری وجود دارد (P = ۰/۰۰۱، I^2 = ۹۶/۵۰).

نتیجه‌ی آزمون Egger نشان‌دهنده‌ی عدم وجود سوگیری انتشار معنی‌دار برای Mb در زمان بلافاصله پس از تمرین ورزشی (P = ۰/۷) بود. همچنین نتایج تحلیل حساسیت نشان داد، با استفاده از حذف تک‌به‌تک مطالعات، میزان اندازه‌ی اثر مکمل پروتئین وی بر درد عضلانی نسبت به گروه شاهد، جهت اندازه‌ی اثر و P value تغییری نکرد.

تغییرات Mb در زمان ۲۴ ساعت پس از تمرین ورزشی

نتایج فراتحلیل حاضر برای ۴ مداخله نشان داد که مکمل پروتئین وی، سبب کاهش معنی‌دار Mb [P = ۰/۵، (۲/۶۶- الی ۱/۳۵) SMD = ۰/۶۵-] در زمان ۲۴ ساعت پس از تمرین ورزشی، نسبت به گروه شاهد در افراد ورزشکار و غیرورزشکار نشد (شکل ۴). با استفاده از شاخص I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنی‌داری وجود دارد (P = ۰/۰۰۱، I^2 = ۹۵/۳۳).

نتیجه‌ی آزمون Egger نشان‌دهنده‌ی عدم وجود سوگیری انتشار معنی‌دار برای Mb در زمان ۲۴ ساعت پس از تمرین ورزشی (P = ۰/۳) بود. همچنین نتایج تحلیل حساسیت نشان داد، با استفاده از حذف تک‌به‌تک مطالعات، میزان اندازه‌ی اثر مکمل پروتئین وی بر درد عضلانی نسبت به گروه شاهد، جهت اندازه‌ی اثر و P value تغییری نکرد.

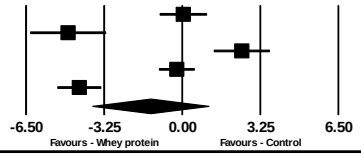
بحث

هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر مکمل پروتئین وی بر نشانگرهای آسیب عضلانی و درد عضلانی پس از تمرین ورزشی در افراد سالم است. یافته‌های پژوهش حاضر حاکی از تأثیر مکمل پروتئین وی بر کاهش کراتین کیناز در زمان ۲۴ ساعت پس از تمرین ورزشی و کاهش لاکتات دهیدروژناز در زمان بلافاصله پس از فعالیت ورزشی است. نتایج نشان داد مکمل پروتئین وی باعث تغییر معنی‌دار CK در زمان ۲۴ ساعت پس از تمرین ورزشی شده است، در حالی که در زمان‌های بلافاصله، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از تمرین ورزشی، تأثیرات مثبت بر کاهش غلظت CK مشاهده نشد. همچنین، تأثیر مکمل پروتئین وی بر غلظت LDH نیز در زمان بلافاصله پس از تمرین ورزشی قابل مشاهده بود. این یافته‌ها نشان می‌دهند که مصرف مکمل پروتئین وی، می‌تواند به بهبود عملکرد و بازسازی عضلات بعد از فعالیت ورزشی کمک کند. این نتایج می‌تواند برای ورزشکاران و افراد فعال برای بهبود عملکرد و بازسازی عضلات بعد از تمرینات ورزشی مفید باشد.

بررسی ادبیات تحقیق بیانگر آن است که آسیب عضلانی پس از فعالیت ورزشی شدید، اغلب به دلیل پاسخ التهابی و تخریب ساختاری عضلات ایجاد می‌شود. فعالیت فیزیکی شدید می‌تواند به آسیب میکروسکوپی در الیاف عضلانی، افزایش تولید رادیکال‌های آزاد و التهاب منجر شود. این عوامل در نهایت باعث نشت آنزیم‌های داخل‌سلولی مانند CK و LDHو Mb به جریان خون شده و درد عضلانی را به همراه دارند. این مطالعات نشان می‌دهند که مصرف مکمل پروتئین وی پس از تمرین ورزشی می‌تواند اثرات مفیدی بر

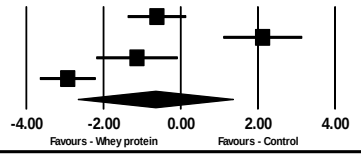
A

Model	Study name	Std diff in means	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value
	Naclerio et al. 2015 a	0.046	0.500	0.250	-0.934	1.026	0.091	0.927
	Karakus et al. 2020 a	-4.754	0.805	0.649	-6.333	-3.176	-5.903	0.000
	Lazaro et al. 2021 a	2.481	0.595	0.354	1.315	3.647	4.171	0.000
	Baba et al. 2014 a	-0.225	0.379	0.144	-0.968	0.519	-0.592	0.554
	Nieman et al. 2020 a	-4.286	0.465	0.216	-5.197	-3.375	-9.219	0.000
Random		-1.323	1.234	1.523	-3.742	1.095	-1.072	0.284



B

Model	Study name	Std diff in means	Standard error	Variance	Lower limit	Upper limit	Z-Value	p-Value
	Baba et al. 2014 b	-0.617	0.387	0.150	-1.375	0.142	-1.594	0.111
	Karakus et al. 2020 b	2.124	0.521	0.272	1.102	3.146	4.074	0.000
	Naclerio et al. 2015 b	-1.133	0.539	0.290	-2.188	-0.077	-2.103	0.035
	Nieman et al. 2020 b	-2.926	0.368	0.136	-3.648	-2.203	-7.940	0.000
Random		-0.656	1.026	1.053	-2.667	1.356	-0.639	0.523



شکل ۵. نمودار فارست پلات (Forrest plot). اثر مکمل پروتئین وی بر میوگلوبین در بزرگسالان سالم. A) ۲۴ ساعت پس از ورزش. B) ۷۲ ساعت پس از ورزش. C) ۹۶ ساعت پس از ورزش

کاهش آسیب و درد عضلانی داشته باشد. فراتحلیل‌ها نشان داده‌اند که پروتئین وی در مقایسه با گروه شاهد، به طور معنی‌داری سبب کاهش سطوح نشانگرهای آسیب عضلانی مانند CK، LDH و Mb می شود. همچنین درد عضلانی پس از تمرین در گروه دریافت‌کننده‌ی پروتئین وی، به طور قابل‌توجهی کمتر از گروه شاهد بوده است. این اثرات مفید احتمالاً به دلیل ویژگی‌های آنابولیک و تحریک سنتز پروتئین عضلانی پروتئین وی می‌باشد. در مجموع، مکمل‌سازی با پروتئین وی می‌تواند به عنوان یک استراتژی تغذیه‌ای مؤثر برای کاهش آسیب و بهبود درد عضلانی ناشی از فعالیت ورزشی شدید در نظر گرفته شود (۴۷-۵۰).

بر اساس شواهد موجود و بر اساس یافته‌های فراتحلیل حاضر، مکمل پروتئین وی تأثیر چندانی بر کاهش درد عضلانی تأخیری (DOMS) در افراد ورزشکار و غیرورزشکار نداشته است. در زمان ۲۴ ساعت پس از تمرین ورزشی، مکمل پروتئین وی نتوانست درد عضلانی را به طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد کاهش دهد. این نتیجه با وجود ناهمگونی معنی‌دار در مطالعات و همچنین سوگیری انتشار، بیانگر عدم تأثیر محسوس مکمل پروتئین وی در این مرحله است. از سوی دیگر، در زمان ۷۲ ساعت پس از تمرین ورزشی نیز، مکمل پروتئین وی نتوانست درد عضلانی را به طور معنی‌داری کاهش دهد. از این‌رو، به نظر می‌رسد مکمل پروتئین وی از طریق اثرات ضد التهابی یا ترمیم عضله نتوانسته است درد عضلانی تأخیری را به طور مؤثری کاهش دهد. احتمالاً سایر مکمل‌ها مانند کورکومین یا کراتین ممکن است در این زمینه مؤثرتر باشند.

Saracino و همکاران در مطالعه‌ای نشان دادند که مصرف کل پروتئین روزانه، به جای زمان مصرف پروتئین، ممکن است برای اندازه و بازسازی عضلات مؤثرتر باشد. علاوه بر این، نتایج نشان داد که مصرف پروتئین روزانه بالاتر ممکن است برای بازسازی عضلات در مردان میان‌سال ضروری باشد (۴۴).

Rindom وهمکاران نیز نشان داده‌اند که مصرف پروتئین وی ممکن است تأثیر مثبتی بر بازسازی عملکرد تمرینی داشته باشد (۳۲).

همچنین نیمان و همکاران نیز با مطالعه بر اهمیت استفاده از مکمل پروتئین وی برای کاهش درد عضلات و آسیب پس از تمرینات تأکید کردند (۱۸). محققان در مطالعه‌ی دیگر نشان داده‌اند که DOMS در زمان ۲۴-۴۸ ساعت به حداکثر رسیده و در زمان ۷۲ ساعت پس از تمرین ورزشی شروع به کاهش می‌کند.

برخی از مطالعات نشان داده‌اند که درد عضلانی پس از تمرین ورزشی در گروه مصرف‌کننده‌ی مکمل پروتئین نسبت به گروه شاهد کمتر بود (۴۹-۵۰). همچنین، برخی از تحقیقات نشان دادند که مصرف پروتئین وی می‌تواند به کاهش درد عضلانی و احساس خستگی کمک کند، که در نهایت می‌تواند به کاهش آسیب‌های عضلانی و دردهای پس از تمرین منجر شود (۱۸، ۴۵).

در مطالعه‌ی حاضر، تغییرات کراتین کیناز در ساعات بلافاصله، ۲۴، ۷۲ و ۹۶ بعد از تمرین ورزشی نسبت به گروه شاهد سنجیده شد. در زمان بلافاصله پس از تمرین ورزشی، مکمل پروتئین وی نتوانست سطح CK را به طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد کاهش دهد. این نشان

می‌دهد که در این مرحله، مکمل پروتئین وی تأثیر چندانی بر کاهش آسیب عضلانی نداشته است. در مقابل، در زمان ۲۴ ساعت پس از تمرین ورزشی، مکمل پروتئین وی باعث کاهش معنی‌دار سطح CK نسبت به گروه شاهد گردید. این یافته بیانگر آن است که مکمل پروتئین وی در این مرحله تا حدودی توانسته است به کاهش آسیب عضلانی کمک کند. با این حال، در زمان‌های ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از تمرین ورزشی، مکمل پروتئین وی نتوانست سطح CK را به طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد کاهش دهد. این نتایج نشان داد که تأثیر مکمل پروتئین وی بر کاهش آسیب عضلانی محدود به مرحله‌ی ۲۴ ساعت پس از تمرین ورزشی بوده و در مراحل بعدی این اثر معنی‌دار نبوده است. در مجموع، به نظر می‌رسد مکمل پروتئین وی از طریق کاهش آسیب عضلانی در مرحله‌ی ۲۴ ساعت پس از تمرین ورزشی، تا حدودی توانسته است به کاهش درد عضلانی تأخیری کمک کند. اما در مراحل دیگر پس از ورزش، مکانیسم‌های دیگری به جز کاهش آسیب عضلانی در کاهش درد دخالت داشته‌اند که مکمل پروتئین وی نتوانسته است بر آن‌ها تأثیرگذار باشد. یک مطالعه نشان داد که مصرف پروتئین وی قبل از ورزش می‌تواند به کاهش نشانگرهای آسیب عضلانی و حس خستگی منجر شود (۲۳).

Farup و همکاران نیز طی مطالعه‌ای دریافتند که پروتئین بر شاخص‌های ریکاوری عضلانی در روزهای پس از ورزش غیرعادی تأثیرگذار است (۴۵). Kraemer و همکاران، در یک مطالعه مشاهده کردند که مکمل پروتئین وی سبب کاهش نشانگرهای آسیب عضلانی پس از ۳ روز تمرین مقاومتی شد (۳۹). در پژوهشی دیگر، بهبود سریع عملکرد عضلانی را به دنبال آسیب عضلانی (EIMD) با مصرف پروتئین وی گزارش کردند (۲۲). پژوهشگران در مطالعه‌ی دیگر گزارش کردند که مصرف پروتئین وی برکاهش سطح CK تأثیرگذار است (۶).

در مطالعه‌ی حاضر، تغییرات لاکتات دهیدروژناز در ساعات بلافاصله،۲۴ و ۹۶ بعد از تمرین ورزشی نسبت به گروه شاهد سنجیده شد. در زمان بلافاصله پس از تمرین ورزشی، مکمل پروتئین وی توانست سطح LDH را به طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد کاهش دهد. این نشان می‌دهد که در این زمان، مکمل پروتئین وی تا حدودی توانسته است به کاهش آسیب عضلانی کمک کند. در مقابل، در زمان ۲۴ و ۹۶ ساعت پس از تمرین ورزشی، مکمل پروتئین وی نتوانست سطح LDH را به طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد کاهش دهد. در مجموع، به نظر می‌رسد مکمل پروتئین وی، در کاهش آسیب عضلانی در زمان بلافاصله پس از تمرین ورزشی اثرگذار است، ولی در زمان‌های بعدی مؤثر نیست. البته با توجه وجود سوگیری انتشار و ناهمگونی در برخی زمان‌ها، تفسیر نتایج باید با احتیاط انجام شود. از سوی دیگر، تعداد مطالعات محدود است و نمی‌توان نظر قطعی ارائه داد و باید با افزایش تعداد مطالعات تحلیل جدیدتری انجام پذیرد. در مطالعه‌ای گزارش شد که نتایج مثبتی در عملکرد ورزشی، کاهش نشانگرهای زیستی و تعدیل پاسخ هورمونی پس از مصرف مکمل پروتئین وی پس از تمرین رخ می‌دهد (۲۴).

اساساً یافته‌های مطالعات حاضر نشان داد که احتمالاً پروتئین وی می‌تواند میوگلوبین بعد از تمرین ورزشی را کاهش دهد، اما در این مطالعه در زمان بلافاصله و ۲۴ ساعت پس از تمرین ورزشی، مکمل پروتئین وی نتوانست سطح Mb را به طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد کاهش دهد. این بدان معنی است که مکمل پروتئین وی، در کاهش Mb مؤثر نیست. با این حال، نظر به اینکه تعداد مطالعات برای این متغیر محدود بود، تحقیقات بیشتری باید در آینده انجام شود تا بتوان تفسیر دقیقی انجام داد. یک پژوهش نشان داد که مصرف مکمل پروتئین وی باعث کاهش مقادیر Mb نسبت به گروه شاهد می‌شود (۲۱).

نقاط قوت و محدودیت‌ها

مطالعه‌ی حاضر دارای چندین نقاط قوت است. با توجه به این‌که در مطالعات مختلف، درد عضلانی و عوامل آسیب عضلانی پس از تمرین ورزشی در زمان‌های مختلف از جمله بلافاصله پس از تمرین، ۲۴، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از تمرین ورزشی سنجیده شده بود، فراتحلیل حاضر اثرات پروتئین وی بر درد عضلانی، CK، LDH و Mb در زمان‌های مختلف را بررسی نمود. از محدودیت‌های مطالعه‌ی حاضر به مطالعات وارد شده دارای حجم نمونه نسبتاً پایین اشاره کرد. با توجه به اینکه تعداد مطالعات برای هر متغیر محدود بود، امکان انجام تحلیل زیرگروه بر اساس نوع تمرین، مدت تمرین، شدت تمرین و دوز مکمل و ویژگی آزمودنی‌ها وجود نداشت. از اطلاعات مطالعات وارد شده به فراتحلیل حاضر مشخص است که پنهان‌سازی تخصیص به اندازه‌ی کافی در همه‌ی کارآزمایی‌های تصادفی سازی شده گزارش نشده، که ممکن است سوگیری انتخابی را در این ارزیابی وارد کند. بنابراین، انجام مطالعات بیشتر با حجم نمونه‌های بیشتر برای تأیید و تقویت یافته‌های مطالعه حاضر ضروری است.

نتیجه‌گیری

این مطالعه‌ی مرور سیستماتیک و فراتحلیل، ۳۲ مطالعه پژوهشی اصیل در خصوص اثر مکمل پروتئین وی بر درد عضلانی و عوامل آسیب عضلانی پس از تمرین ورزشی را شناسایی کرد. نتایج نشان داد که مصرف مکمل پروتئین وی سبب کاهش CK و LDH پس از تمرین ورزشی شد. از سوی دیگر، مصرف مکمل پروتئین وی در کاهش آسیب فوری عضلانی که پس از تمرین ورزشی اتفاق می‌افتد، مؤثر نیست. اما، به دلیل ناهمگونی زیاد و خطر متوسط سوگیری برای مقالات، پیشنهاد می شود این نتایج با احتیاط تفسیر شود و حقایق با احتیاط توسط خوانندگان تفسیر شوند. تحقیقات

بیشتر با دوزهای متنوع پروتئین وی برای دانستن دوز بهینه و بهترین تکرار در روز برای بهبود کارآمدتر عملکرد ورزشی ورزشکاران مورد نیاز است. بنابراین ما به ورزشکاران یا تمرین‌کنندگان توصیه می‌کنیم که از پروتئین وی برای تسریع بهبودی پس از ورزش استفاده کنند و در عوض استفاده از استراتژی‌هایی با شواهد قوی‌تر را پیشنهاد می‌دهیم و همچنین تحقیقات بیشتری باید انجام شود که مکانیسم‌های دقیق‌تر و مستندتری را که پروتئین وی می‌تواند به طور مطلوب بر علائم DOMS تأثیر بگذارد، روشن و واضح کند.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از محققانی که با ارائه‌ی داده‌های کمی به تکمیل این مطالعه فراتحلیل کمک کردند، سپاسگزاری می‌شود.

References

1. Kerksick CM, Rasmussen CJ, Lancaster SL, Magu B, Smith P, Melton C, et al. The effects of protein and amino acid supplementation on performance and training adaptations during ten weeks of resistance training. J Strength Cond Res 2006; 20(3): 643-53.
2. Shirato M, Tsuchiya Y, Sato T, Hamano S, Gushiken T, Kimura N, Ochi E. Effects of combined β-hydroxy-β-methylbutyrate (HMB) and whey protein ingestion on symptoms of eccentric exercise-induced muscle damage. J Int Soc Sports Nutr 2016; 13: 7.
3. Al-Nawaiseh AM, Pritchett RC, Bishop PA. Enhancing short-term recovery after high-intensity anaerobic exercise. J Strength Cond Res 2016; 30(2): 320-5.
4. Hilkens L, De Bock J, Kretzers J, Kardinaal AFM, Floris-Vollenbroek EG, Scholtens P, et al. Whey protein supplementation does not accelerate recovery from a single bout of eccentric exercise. J Sports Sci 2021; 39(3): 322-31.
5. Beelen M, Burke LM, Gibala MJ, Van Loon LJ. Nutritional strategies to promote postexercise recovery. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2010; 20(6): 515-32.
6. 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.
7. 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.
8. Lam FC, Khan TM, Faidah H, Haseeb A, Khan AH. Effectiveness of whey protein supplements on the serum levels of amino acid, creatinine kinase and myoglobin of athletes: a systematic review and meta-analysis. Syst Rev 2019; 8(1): 130.
9. Wan X, Wang W, Liu J, Tong T. Estimating the sample mean and standard deviation from the sample size, median, range and/or interquartile range. BMC Med Res Methodol 2014; 14: 1-13.
10. Higgins JP, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ, Welch VA. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; 2019.
11. 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 [in Persian]. Iranian J Endocrinol Metabol 2022; 23(6): 409-25.
12. De Morton NA. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. Aust J Physiother 2009; 55(2): 129-33.
13. Kazeminasab F, Baharlooie M, Karimi B, Mokhtari K, Rosenkranz SK, Santos HO. Effects of intermittent fasting combined with physical exercise on cardiometabolic outcomes: systematic review and meta-analysis of clinical studies. Nutrition Reviews 2023: nuad155.
14. Higgins JP, Thompson SG, Deeks JJ, Altman DG. Measuring inconsistency in meta-analyses. BMJ 2003; 327(7414): 557-60.
15. 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.
16. Egger M, Smith GD, Schneider M, Minder C. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. BMJ 1997; 315(7109): 629-34.
17. Kritikos S, Papanikolaou K, Draganidis D, Poulios A, Georgakouli K, Tsimeas P, et al. Effect of whey vs. soy protein supplementation on recovery kinetics following speed endurance training in competitive male soccer players: a randomized controlled trial. J Int Soc Sports Nutr 2021; 18(1): 23.
18. Nieman DC, Zwetsloot KA, Simonson AJ, Hoyle AT, Wang X, Nelson HK, et al. Effects of whey and pea protein supplementation on post-eccentric exercise muscle damage: a randomized trial. Nutrients 2020; 12(8): 2382.
19. Philpott JD, Donnelly C, Walshe IH, MacKinley EE, Dick J, Galloway SDR, et al. Adding fish oil to whey protein, leucine, and carbohydrate over a six-week supplementation period attenuates muscle soreness following eccentric exercise in competitive soccer players. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2018; 28(1): 26-36.
20. Gunnarsson T, Bendiksen M, Bischoff R, Christensen PM, Lesivig B, Madsen K, et al. Effect of whey protein- and carbohydrate-enriched diet on glycogen resynthesis during the first 48 h after a soccer game. Scand J Med Sci Sports 2013; 23(4): 508-15.
21. Naclerio F, Larumbe-Zabala E, Cooper R, Allgrove J, Earnest CP. A multi-ingredient containing carbohydrate, proteins L-glutamine and L-carnitine attenuates fatigue perception with no effect on performance, muscle damage or immunity in soccer players. PLoS One 2015; 10(4): e0125188.
22. Brown MA, Stevenson EJ, Howatson G. Whey protein hydrolysate supplementation accelerates recovery from exercise-induced muscle damage in females. Appl Physiol Nutr Metab 2018; 43(4): 324-30.

23. Qin L, Sun FH, Huang Y, Sheridan S, Sit CH, Wong SH. Effect of pre-exercise ingestion of α-lactalbumin on subsequent endurance exercise performance and mood states. Br J Nutr 2019; 121(1): 22-9.
24. Fernández-Lázaro D, Mielgo-Ayuso J, Del Valle Soto M, Adams DP, Gutiérrez-Abejón E, Seco-Calvo J. Impact of optimal timing of intake of multi-ingredient performance supplements on sports performance, muscular damage, and hormonal behavior across a ten-week training camp in elite cyclists: A randomized clinical trial. Nutrients 2021; 13(11): 3746.
25. Zhao C. Supplement of liquid nutrient for fatigue recovery after tennis. Progress in Nutrition 2019; 21(4): 1034-8.
26. Zhao C. Supplement of liquid nutrient for fatigue recovery after tennis. Progress in Nutrition 2019; 21(4): 1034-8.
27. Kim J, Lee C, Lee J. Effect of timing of whey protein supplement on muscle damage markers after eccentric exercise. J Exerc Rehabil 2017; 13(4): 436-40.
28. Karakuş M, Akkurt S. The effect of use of protein supplements on muscle damage. Progress in Nutrition 2020; 22.
29. White JP, Wilson JM, Austin KG, Greer BK, St John N, Panton LB. Effect of carbohydrate-protein supplement timing on acute exercise-induced muscle damage. J Int Soc Sports Nutr 2008; 5: 5.
30. Baba S, Ebihara S, Sakano K, Natsume M. Whey protein-containing product reduces muscle damage induced by running in male adults. Sport Sciences for Health 2014; 10(2): 85-95.
31. Qin L, Wong SHS, Sun FH, Huang Y, Sheridan S, Sit CHP. Effects of alpha-lactalbumin or whey protein isolate on muscle damage, muscle pain, and mood states following prolonged strenuous endurance exercise. Front Physiol 2017; 8: 754.
32. Rindom E, Nielsen MH, Kececi K, Jensen ME, Vissing K, Farup J. Effect of protein quality on recovery after intense resistance training. Eur J Appl Physiol 2016; 116(11-12): 2225-36.
33. Gee TI, Woolrich TJ, Smith MF. Effectiveness of whey protein hydrolysate and milk-based formulated drinks on recovery of strength and power following acute resistance exercise. J Hum Kinet 2019; 68: 193-202.
34. Cooke MB, Rybalka E, Stathis CG, Cribb PJ, Hayes A. Whey protein isolate attenuates strength decline after eccentrically-induced muscle damage in healthy individuals. J Int Soc Sports Nutr 2010; 7: 1-9.
35. Buckley JD, Thomson RL, Coates AM, Howe PR, DeNichilo MO, Rowney MK. Supplementation with a whey protein hydrolysate enhances recovery of muscle force-generating capacity following eccentric exercise. J Sci Med Sport 2010; 13(1): 178-81.
36. Kerksick CM, Rasmussen CJ, Lancaster SL, Magu B, Smith P, Melton C, et al. The effects of protein and amino acid supplementation on performance and training adaptations during ten weeks of resistance training. J Strength Cond Res 2006; 20(3): 643-53.
37. Al-Nawaiseh AM, Pritchett RC, Bishop PA. Enhancing short-term recovery after high-intensity anaerobic exercise. J Strength Cond Res 2016; 30(2): 320-5.
38. Bird SP, Mabon T, Pryde M, Feebrey S, Cannon J. Triphasic multinutrient supplementation during acute resistance exercise improves session volume load and reduces muscle damage in strength-trained athletes. Nutr Res 2013; 33(5): 376-87.
39. Kraemer WJ, Hooper DR, Szivak TK, Kupchak BR, Dunn-Lewis C, Comstock BA, et al. The addition of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate and isomaltulose to whey protein improves recovery from highly demanding resistance exercise. J Am Coll Nutr 2015; 34(2): 91-9.
40. Hansen M, Bangsbo J, Jensen J, Bibby BM, Madsen K. Effect of whey protein hydrolysate on performance and recovery of top-class orienteering runners. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2015; 25(2): 97-109.
41. Hillman AR, Taylor BCR, Thompkins D. The effects of tart cherry juice with whey protein on the signs and symptoms of exercise-induced muscle damage following plyometric exercise. Journal of Functional Foods 2017; 29: 185-92.
42. Burnley ECD, Olson AN, Sharp RL, Baier SM, Alekel DL. Impact of Protein supplements on muscle recovery after exercise-induced muscle soreness. Journal of Exercise Science & Fitness 2010; 8(2): 89-96.
43. Draganidis D, Chondrogianni N, Chatzinikolaou A, Terzis G, Karagounis LG, Sovatzidis A, et al. Protein ingestion preserves proteasome activity during intense aseptic inflammation and facilitates skeletal muscle recovery in humans. Br J Nutr 2017; 118(3): 189-200.
44. Saracino PG, Saylor HE, Hanna BR, Hickner RC, Kim JS, Ormsbee MJ. Effects of pre-sleep whey vs. plant-based protein consumption on muscle recovery following damaging morning exercise. Nutrients 2020; 12(7): 2049.
45. Farup J, Rahbek SK, Knudsen IS, de Paoli F, Mackey AL, Vissing K. Whey protein supplementation accelerates satellite cell proliferation during recovery from eccentric exercise. Amino Acids 2014; 46(11): 2503-16.
46. Panebianco C, Villani A, Pazienza V. High levels of prebiotic resistant starch in diet modulate gene expression and metabolomic profile in pancreatic cancer xenograft mice. Nutrients 2019; 11(4): 709.
47. Pasiakos SM, Lieberman HR, McLellan TM. Effects of protein supplements on muscle damage, soreness and recovery of muscle function and physical performance: a systematic review. Sports Med 2014; 44(5): 655-70.
48. Pearson AG, Hind K, Macnaughton LS. The impact of dietary protein supplementation on recovery from resistance exercise-induced muscle damage: A systematic review with meta-analysis. Eur J Clin Nutr 2023; 77(8): 767-83.
49. Davies RW, Carson BP, Jakeman PM. The effect of whey protein supplementation on the temporal recovery of muscle function following resistance training: a systematic review and meta-analysis. Nutrients. 2018; 10(2): 221.
50. Karakuş M, Akkurt S. The effect of use of protein supplements on muscle damage. Progress in Nutrition 2020; 22: 194-8.
51. Gunnarsson TP, Bendiksen M, Bischoff R, Christensen PM, Lesivig B, Madsen K, et al. Effect of whey protein- and carbohydrate-enriched diet on glycogen resynthesis during the first 48 h after a soccer game. Scand J Med Sci Sports 2013; 23(4): 508-15.

DOI: *10.48305/jims.v42.i772.0526*

Journal of Isfahan Medical School **Vol. 42, No. 772, 4th Week, August 2024**

Received: 25.03.2024 Accepted: 10.08.2024 Published: 21.08.2024

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

Fatemeh Kazeminasab[1], Zahra Bagheri[2], Fatemeh Tajabadi[2]

Review Article

Abstract

Background: Several studies have investigated the effect of whey protein supplementation on muscle damage markers and recovery of athletes. However, combined data from several studies show that the benefits of whey protein on recovery in athletes are limited. The purpose of this study was to investigate the effect of whey protein supplementation on post-exercise recovery and muscle damage factors in healthy subjects.

Methods: A systematic search of published articles until November 2023 was conducted to examine the effect of whey protein supplementation on markers of muscle damage such as creatine kinase (CK), lactate dehydrogenase (LDH), myoglobin (Mb), and muscle soreness in healthy individuals. Weighted mean difference (WMD) and standardized mean difference (SMD) were calculated using a random-effects model.

Findings: In this meta-analysis comprising 32 studies with 625 participants, it was found that whey protein consumption led to a significant reduction in muscle soreness at immediate, 24,72, and 96 hours post-exercise. Additionally, a substantial impact of whey protein on CK at 24 hours post-exercise, compared to the control group, was observed. Moreover, whey protein significantly affected LDH immediately after exercise training in athletes. However, whey protein did not affect Mb in athletes and non-athletes at any time.

Conclusion: Based on the results of this research, consumption of whey protein supplements decreased CK and LDH after exercise training. However, investigating the effect of whey protein supplementation in reducing muscle soreness and post-exercise recovery requires more studies.

Keywords: Exercise training; Whey protein; Creatine kinase; Lactate dehydrogenase; Myoglobin

Citation: 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.** J Isfahan Med Sch 2024; 42(772): 526-44.

1- Assistant Professor, Department of Physical Education and Sports Sciences, School of Humanities, University of Kashan, Kashan, Iran
2- MSc Student, Department of Physical Education and Sports Sciences, School of Humanities, University of Kashan, Kashan, Iran
Corresponding Author: Fatemeh Kazeminasab, Assistant Professor, Department of Physical Education and Sports Sciences, School of Humanities, University of Kashan, Kashan, Iran; Email: F_kazemi85@yahoo.com