

بررسی فراتحلیل دوز- پاسخ بهینه مکمل سازی کراتین و اثرات آن بر روی عملکرد ورزشکاران

هادی گلپسندی^۱✉، شهرام قطبی^۲، سعدون محمدی^۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۶

چکیده

هدف: این فراتحلیل اثر مکمل سازی کراتین بر عملکرد جسمانی ورزشکاران رشته های مختلف را بررسی می کند.

روش شناسی: پژوهش حاضر از نوع فراتحلیل است. داده ها از پایگاه های اطلاعاتی مانند PubMed، Medline، Google Scholar و ScienceDirect جمع آوری شدند. مطالعات کارآزمایی تصادفی کنترل شده (RCT) که اثر کراتین را بر قدرت و توان عضلانی بررسی کرده بودند، انتخاب شدند. از بین مقالات جستجو شده، ۲۸ مطالعه (۱۶ مورد قدرت عضلانی و ۱۲ مورد توان عضلانی) برای تحلیل نهایی انتخاب شدند. تحلیل داده ها با نرم افزار CMA نسخه ۳ انجام شد.

یافته ها: نتایج بررسی مطالعات تجزیه و تحلیل شده در فراتحلیل حاضر نشان داد که مکمل سازی کراتین اثر معناداری بر قدرت عضلانی ($ES=0/421$, 95% CL= 0/209; 0/633, $P<0/001$) و توان عضلانی ($ES=1/191$, 95% CL= 0/577; 1/812, $P<0/001$) در ورزشکاران رشته های مختلف ورزشی دارد. تحلیل زیر گروهی نشان داد که ورزشکارانی که دوز مساوی و یا ۷-۵ گرم در روز مصرف کرده بودند، نسبت به ورزشکارانی که کمتر از ۵ گرم در روز مصرف کرده بودند، افزایش معناداری را در توان عضلانی مشاهده نمودند ($ES= (1.005)$ 95% CL= (-0.671; 1.339), ($P\leq 0.001$)). در برابر ($ES= (1.071)$ 95% CL= (-0.277; 1.865), ($P\leq 0.001$)).

نتیجه گیری: مکمل سازی کراتین قدرت و توان عضلانی ورزشکاران را بهبود می بخشد. دوز بهینه ۷-۵ گرم در روز است و مصرف مطلق کراتین (بدون در نظر گرفتن وزن بدن) نسبت به مصرف نسبی، تأثیر بیشتری دارد.

واژگان کلیدی: دوز- پاسخ، قدرت عضلانی، توان عضلانی و کراتین منوهایدرات.

۱- پژوهشگر پسداکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

✉ نویسنده مسئول:

hadi.golpasandi@uok.ac.ir

۲- کارشناس ارشد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

۳- دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

ISSN: ۲۹۸۰-۸۹۶۰

تمامی حقوق این مقاله برای نویسندگان محفوظ است.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه کردستان

شاپای الکترونیکی: ۲۹۸۰-۸۹۶۰

نوع دسترسی: آزاد

DOI: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.142905.1068>



Copyright ©The authors

ارجاع دهی:

Golpasandi H, Ghotbi Sh, Mohammadi S. Meta-analysis of creatine supplementation on muscle strength and power in different sports fields. *Research in Exercise Nutrition* 2024;3(1):15-36. <https://doi.org/10.22034/ren.2025.142905.1068>.



A meta-analysis of optimal dose-response of creatine supplementation and its effects on athlete performance

Hadi Golpasandi ^{1✉}, Shahram Ghotbi ², Saadoon Mohammadi ³

Received: 2023/11/27

Accepted: 2024/02/17

Abstract

Aim: This meta-analysis examines the effects of creatine supplementation on the physical performance of athletes across various sports.

Method: The study is a meta-analysis. Data were collected from databases such as PubMed, Medline, Google Scholar, and ScienceDirect. Randomized controlled trials (RCTs) investigating the effects of creatine on muscle strength and power were selected. Out of the searched articles, 28 studies (16 on muscle strength and 12 on muscle power) were included for final analysis. Data were analyzed using CMA software version 3.

Results: The results of the analyzed studies in this meta-analysis showed that creatine supplementation has a significant effect on muscle strength (ES=0.421, 95% CL=0.209; 0.633, P<0.001) and muscle power (ES=1.191, 95% CL=0.577; 1.812, P<0.001) in athletes across various sports. Subgroup analysis revealed that athletes who consumed a dose of 5-7 grams per day experienced a significant increase in muscle power compared to those who consumed less than 5 grams per day (ES=1.005, 95% CL=-0.671; 1.339, P≤0.001) versus (ES=1.071, 95% CL=-0.277; 1.865, P≤0.008).

Conclusion: Creatine supplementation improves muscle strength and power in athletes. The optimal dose is 5-7 grams per day, and absolute creatine intake (without considering body weight) has a greater impact than relative intake.

Keywords: Dose - Response, Muscular Strength, Muscular Power and Creatine Monohydrate.

¹. Postdoctoral Researcher in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

✉ Corresponding author:
m.faramoushi@tabriziau.ac.ir

². MSc, Department of Exercise Physiology, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

³. PhD Student in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

ISSN:2980-8960

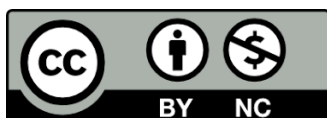
All rights of this article are reserved for authors.

Owner and Publisher: University of Kurdistan

Journal ISSN (online): 2980-8960

Access Type: Open Access

DOI: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.142905.1068>



Copyright ©The authors

Citation:

Golpasandi H, Ghotbi Sh, Mohammadi S. Meta-analysis of creatine supplementation on muscle strength and power in different sports fields. *Research in Exercise Nutrition* 2024;3(1):15-36. <https://doi.org/10.22034/ren.2025.142905.1068>.

مقدمه

در زمینه عملکرد جسمانی و ورزشی، هم ورزشکاران حرفه‌ای و هم ورزشکاران مبتدی به طور مداوم به دنبال مزایای رقابتی برای بهبود سلامت خود و بهینه سازی عملکرد بدنی هستند. اگرچه فعالیتها و ملاحظات مختلف برای دستیابی به این هدف با یکدیگر تداخل دارند (۱۲، ۱۳)، بسیاری از افراد برای تقویت عملکرد به تمرینات مختلف و استراتژی‌های تغذیه ای روی می آورند (به عنوان مثال، افزایش قدرت و نیروی عضلانی).

بنابراین می‌توان گفت که استفاده از دوزهای مختلف با توجه به پاسخ بدن افراد مختلف احتمالاً اثرات گوناگونی می تواند داشته باشد، که در پژوهش حاضر، محقق از طریق بررسی مطالعات انجام گرفته در این زمینه و تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از آن بدنبال یافتن دوز- پاسخ بهینه مکمل سازی کراتین و اثرات آن روی عملکرد ورزشکاران رشته های ورزشی مختلف می باشد.

قدرت و توان عضلانی از جمله فاکتورهای حیاتی در بسیاری از ورزشها هستند که به طور مستقیم بر عملکرد ورزشکاران تأثیر می‌گذارند. قدرت به عنوان حداکثر نیرویی که یک عضله یا گروه عضلانی می‌تواند اعمال کند، تعریف می‌شود، در حالی که توان به عنوان ترکیبی از قدرت و سرعت، توانایی تولید نیرو در کمترین زمان ممکن را نشان می‌دهد. بهبود این دو فاکتور می‌تواند به طور قابل توجهی عملکرد ورزشی را در رشته‌هایی مانند وزنه‌برداری، دوومیدانی، فوتبال و سایر ورزشهای قدرتی و سرعتی افزایش دهد (۱۴).

با گذری بر تحقیقات قبلی در راستای اثر مکمل سازی کراتین بر عملکرد ورزشی نکته قابل تامل، ارائه نتایج ضد و نقیض و مبهم در ارائه دوزهای مختلف کراتین و تاثیر آن بر عملکرد ورزشکاران رشته های ورزشی مختلف می باشد. با این حال، برخی از نویسندگان گزارش کردند که عملکردهای قدرتی در بین افراد کم تحرک بیشتر از جمعیت های تمرین شده بود (۱۵، ۱۶). افزودن تمرینات مقاومتی به مکمل کراتین موفق‌تر از مکمل سازی بدون تمرین بوده است (۱۷). علیرغم این پیشنهاد که مکمل کراتین بر عملکرد قدرتی در افراد جوان تر موثرتر بود. برخی از مطالعات اثر قابل توجهی از کراتین را در افراد مسن نشان دادند (۱۸، ۱۹). یکی از نکات مهم و قابل توجه این مسئله می باشد که متاگرسینون های مختلف نتوانستند هیچ گونه تأثیر جنسیت، سن، یا وضعیت تمرین را قبل و در طول مکمل سازی نشان دهند و اینکه همچنین در تحقیقات مختلف نشان دادن اثرات بیشتر بر روی عضلات یا گروه‌های عضلانی خاص وجود نداشت (۲۰).

در رابطه با میزان دوز مصرفی کراتین و اثرات آنها بر عملکرد جسمانی نیز تحقیقات متعددی صورت گرفته است. یک پروتکل معمولی مکمل کراتین در فاز بارگیری ۲۰ تا ۲۵ گرم CM/d یا

کراتین یک مکمل ارگوژنیک است که باعث افزایش عملکرد جسمانی، بهبود ریکاوری و ارتقای کیفیت تمرین می‌شود. این ماده با افزایش غلظت کراتین کل (TC) و فسفوکراتین (PCr) در عضلات، تأثیر مثبت خود را اعمال می‌کند (۱). حدود ۹۵ درصد ذخایر کراتین بدن در عضلات اسکلتی و مابقی در مغز و سایر بافتها قرار دارد. مصرف کراتین عمدتاً از طریق رژیم غذایی (بیشتر در گوشت) انجام می‌شود، و گیاهخواران معمولاً سطح کراتین کمتری دارند (۲، ۳).

کراتین منویدرات (CM) رایج‌ترین نوع مکمل کراتین است که به صورت خوراکی مصرف شده و عملکرد ورزشی و توده عضلانی بدون چربی را افزایش می‌دهد (۴-۶). پروتکل‌های مصرف شامل یک مرحله بارگیری (۲۰ گرم در روز یا ۰/۳ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن، به مدت ۴-۵ روز) و یک مرحله نگهداری (۳-۵ گرم در روز) است (۴). تحقیقات جدید نشان می‌دهند که بارگیری ممکن است ضروری نباشد، اما سریع‌ترین روش برای افزایش PCr عضلانی است (۷، ۸). همچنین دوزهای پایین‌تر و طولانی‌تر (۳-۶ گرم در روز) نیز اثرات مشابهی دارند، اما زمان بیشتری برای ایجاد اثر ارگوژنیک نیاز دارند (۳، ۹).

مطالعات نشان داده‌اند که روش‌های مختلف مکمل سازی کراتین (مانند دوزهای کوچک و مکرر) می‌توانند احتباس کراتین و وزن بدن را افزایش دهند و اثرات بهتری بر عملکرد ورزشی داشته باشند (۱۰، ۱۱).

مطالعات نشان داده‌اند که پاسخ بدن افراد به مکمل سازی کراتین متفاوت است. گرینهاف و همکاران با بررسی مردان تمرین کرده در تمرینات مقاومتی دریافتند که پاسخ‌دهندگان به مکمل سازی کراتین (>20 میلی‌مول بر کیلوگرم وزن خشک)، پاسخ‌دهندگان احتمالی ($10-20$ میلی‌مول بر کیلوگرم وزن خشک)، و عدم پاسخ‌دهندگان (<10 میلی‌مول بر کیلوگرم وزن خشک) الگوهای فیزیولوژیکی متفاوتی دارند (۷). نتایج نشان داد که گروه مکمل به طور متوسط ۱۴.۵٪ افزایش کل کراتین و فسفوکراتین در عضلات داشت، اما این افزایش بین افراد متفاوت بود. پاسخ‌دهندگان بیشترین افزایش (۲۷٪) و عدم پاسخ‌دهندگان کمترین افزایش (۴.۸٪) را نشان دادند. افراد پاسخ‌دهنده معمولاً درصد بیشتری از الیاف عضلانی نوع II و سطح مقطع بزرگ‌تر اولیه فیبرهای عضلانی داشتند. همچنین، افراد با سطح اولیه پایین‌تر کراتین و فسفوکراتین تمایل بیشتری به پاسخ‌دهی به مکمل سازی داشتند. این یافته نشان می‌دهد که ظرفیت ذخیره کراتین در عضلات محدود بوده و سطح اولیه کراتین می‌تواند پیش‌بینی‌کننده پاسخ به مکمل سازی باشد.

گنجانیدن انتخاب شدند و همچنین مقالاتی مورد بررسی قرار گرفت که تغییرات عملکرد براساس دوز مصرفی و پاسخ ورزشکاران به آن صورت گرفته بود. در پژوهش حاضر در رابطه با مولفه قدرت عضلانی، توان عضلانی (به ترتیب) پژوهش‌هایی وارد شدند که عمدتاً از طریق آزمون پرس سینه و پرس عمودی، برترتیب؛ قدرت و توان عضلانی آزمودنی‌ها را ارزیابی کرده بودند.

معیارهای ورود به پژوهش حاضر، شامل: ۱. نوع مطالعات: مطالعات تجربی (کارآزمایی‌های تصادفی‌سازی شده یا شبه‌تجربی) که تأثیر مکمل‌سازی کراتین را بر قدرت و توان عضلانی بررسی کرده‌اند. ۲. شرکت‌کنندگان: ورزشکاران یا افراد فعال در رشته‌های مختلف ورزشی (مانند وزنه‌برداری، دوومیدانی، فوتبال، راگبی و غیره) بدون محدودیت سنی یا جنسیتی. ۳. مداخله: مطالعاتی که از مکمل‌سازی کراتین (به هر شکل و دوز) به عنوان مداخله اصلی استفاده کرده‌اند. ۴. نتایج: مطالعاتی که حداقل یکی از شاخص‌های قدرت عضلانی (مانند ۱RM یا حداکثر قدرت (یا توان عضلانی (مانند پرس عمودی) را گزارش کرده‌اند. ۵. زبان مطالعات: مطالعات منتشر شده به زبان‌های انگلیسی یا فارسی. ۶. زمان انتشار: مطالعات منتشر شده در ۲۰ سال اخیر (تا زمان حاضر). معیارهای خروج نیز شامل: ۱. نوع مطالعات: مطالعات مروری، کیفی، یا مطالعاتی که فاقد گروه کنترل باشند. ۲. شرکت‌کنندگان: مطالعاتی که بر روی افراد غیرورزشکار، بیماران، یا افراد با شرایط پزشکی خاص انجام شده‌اند. ۳. مداخله: مطالعاتی که از مکمل‌های ترکیبی (حاوی کراتین به همراه سایر مواد) استفاده کرده‌اند، مگر اینکه اثر کراتین به طور جداگانه بررسی شده باشد. ۴. نتایج: مطالعاتی که فاقد داده‌های کمی در مورد قدرت یا توان عضلانی باشند. ۵. زبان مطالعات: مطالعاتی که به زبان‌هایی غیر از انگلیسی یا فارسی منتشر شده‌اند. ۶. کیفیت روش‌شناسی: مطالعاتی که از کیفیت روش‌شناسی پایینی برخوردار باشند (بر اساس ابزارهای ارزیابی کیفیت مانند PEDro یا Cochrane Risk of Bias).

در رابطه با جامعه و نمونه آماری در این پژوهش از تحقیقاتی که جامعه هدف آنها ورزشکاران رشته‌های ورزشی مختلف از جمله، بدنسازی، کشتی، فوتبال، والیبال، پاورلیفتینگ و دو بود، استفاده شد و همچنین عامل جنسیت نیز در تحقیق حاضر لحاظ گردید به طوری که جامعه‌های آماری مورد نظر شامل زنان و مردان ورزشکار بودند.

۰.۳ گرم CM/kg/d به ۴ تا ۵ مصرف روزانه ۵ گرمی برای اشباع سریع ذخایر کراتین در عضلات اسکلتی توصیه شده است. با این حال، یک پروتکل معتدل تر که در آن چندین دوز کوچکتر کراتین در طول روز مصرف می‌شود (۲۰ مصرف ۱ گرم در هر ۳۰ دقیقه) می‌تواند رویکرد بهتری برای به دست آوردن حداکثر اشباع ذخایر کراتین داخل عضلانی باشد و همچنین گزارش شده است که به منظور حفظ حداکثر اشباع کراتین بدن، مرحله بارگیری باید با یک دوره نگهداری ۳-۵ گرم CM/d یا ۰.۳ گرم CM/kg/d دنبال شود (۲۱). با این حال، می‌توان گفت مولفه مهم دوز مصرفی مناسب مصرف کراتین و اثرات آن در عملکرد جسمانی ورزشکاران رشته‌های مختلف ورزشی به طور واضح وجود ندارد، که در پژوهش حاضر سعی بر این می‌باشد که از طریق ارائه یک پژوهش فراتحلیل توضیح روشنی در این رابطه داده شود.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نوع فراتحلیل می‌باشد. بدین منظور از طیف وسیعی از پایگاه‌های داده، از جمله PubMed، Medline، Google Scholar و ScienceDirect، برای جستجو در فراتحلیل حاضر استفاده شدند. در پژوهش حاضر همه کارآزمایی‌های تصادفی کنترل شده^۱ (RCT) که در آن یک گروه مکمل کراتین را با یک گروه دارونما مقایسه کرده بودند، بررسی شدند. به طوری که پژوهش‌هایی که در آنها گروه کنترل نیاز به دریافت دارونما در طول دوره مکمل‌سازی داشتند، مورد بررسی قرار گرفتند. کلمات کلیدی بر اساس عنوان فراتحلیل حاضر از طریق جستجو گرها عبارتند از:

“Creatine” or “Creatine Supplementation” AND “Dose- Responses” AND “Creatine” or “Creatine Supplementation” AND “Creatine” AND “Performance” or “Creatine Supplementation” AND “Performance” or “Creatine” AND “Athletes” or “Athletics” Performance” or “Creatine Supplementation” AND “Athletics” Performance” or “Creatine” AND “Muscular Strength” AND “Creatine Supplementation” AND “Muscular Strength” or “Creatine” AND “Muscular Power” or “Creatine Supplementation” AND “Muscular Power” or “Low- dose” AND “Creatine” or “High- dose” AND “Creatine” or “Safety” AND “Creatine Supplementation”

مقالات بر اساس اطلاعات ارائه شده و با تمرکز ویژه بر ورزش، عملکرد، سازگاری‌های تمرینی، دوز مصرفی، دوز- پاسخ افراد به مکمل‌سازی کراتین، مهارت‌های خاص ورزش یا بهبود در جمعیت‌های ورزشکار رشته‌های مختلف ورزشی مرد و زن برای

¹. Randomized controlled trials.

بخش: فاز بارگیری و فاز نگه داری که در برخی از مطالعات فاز بارگیری وجود نداشت.

فرا تحلیل

فرا تحلیل حاضر با هدف بررسی دوز- پاسخ بهینه مکمل سازی کراتین بر عملکرد ورزشی ورزشکاران شامل قدرت و توان عضلانی انجام شد. با این حال، جهت ارزیابی اندازه اثر از میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای قدرت و توان عضلانی در زمان های قبل و پس از مداخله استفاده گردید.

فرآیند جستجو در پژوهش حاضر محدود به سالهای خاصی نبوده است. استنادات در پژوهش فرا تحلیل حاضر بیشتر براساس پیشینه مطالعات انجام شده ارزیابی و ثبت شد. مقالات با تمرکز بر کاربردهای بالینی یا متشکل از پروتکل های مطالعه انجام شده در بین جمعیت بالینی در فرا تحلیل فعلی گنجانده نشدند. براساس جستجوهای انجام شده از طریق پایگاه های اطلاعاتی، تعداد ۵۸ مقاله شناسایی گردید، که پس از بررسی اولیه عناوین و چکیده مقالات و حذف مقالات غیرمرتبط و تکراری، تعداد ۴۳ مقاله وارد مرحله ارزیابی شدند. پس از بررسی متن کامل مقالات باقیمانده، در صورتیکه مقاله شرایط ورود به پژوهش را داشت، اطلاعات آن (میانگین و انحراف استاندارد) استخراج گردید. در این مرحله تعداد ۱۳ مقاله که در مورد افراد غیرفعال انجام گرفته بود، حذف گردید. و در ۲ پژوهش نحوه انجام تمرینات ورزشی ناقص گزارش شده بود. در مجموع ۲۸ مقاله وارد فرایند فرا تحلیل شدند.

روش آماری

تجزیه و تحلیل آمارهای فرا تحلیلی با استفاده از Comprehensive Meta-Analysis نسخه ۳ انجام شد. بررسی متغیرهای وابسته مطالعه حاضر شامل قدرت و توان عضلانی با استفاده از اندازه اثر^۱ (ES) با ضریب اطمینان ۹۵٪ انجام شد. با این حال، در فرا تحلیل حاضر، جهت محاسبه اندازه اثر از شاخص هجس-جی^۲، که برآورد دقیق تری از مطالعات با حجم نمونه کوچک را فراهم می کند، استفاده گردید. همچنین جهت بررسی ناهمگونی و یا عدم ناهمگونی بین مطالعات از شاخص I-squared استفاده گردید. و برای بررسی میزان سوگیری انتشار در مطالعات استفاده شده در پژوهش حاضر از نمودار قیفی^۳ و آزمون های رگرسیون خطی اگر^۴ و همبستگی رتبه ای بگ و مزومدار^۵ استفاده گردید.

یافته ها

تمامی مطالعات انتخاب شده در فرا تحلیل حاضر براساس مولفه اصلی موجود شامل مصرف کراتین منویدرات بود، به طوری که در هر کدام از مطالعات مکمل سازی کراتین بصورت دوره های حاد و مزمن انتخاب گردید. اطلاعات لازم اعم از نحوه مصرف و چگونگی و دوز مصرفی مکمل کراتین توسط ورزشکاران مطالعات مختلف در جدول ۱ آمده است. نحوه مصرف مکمل شامل دو

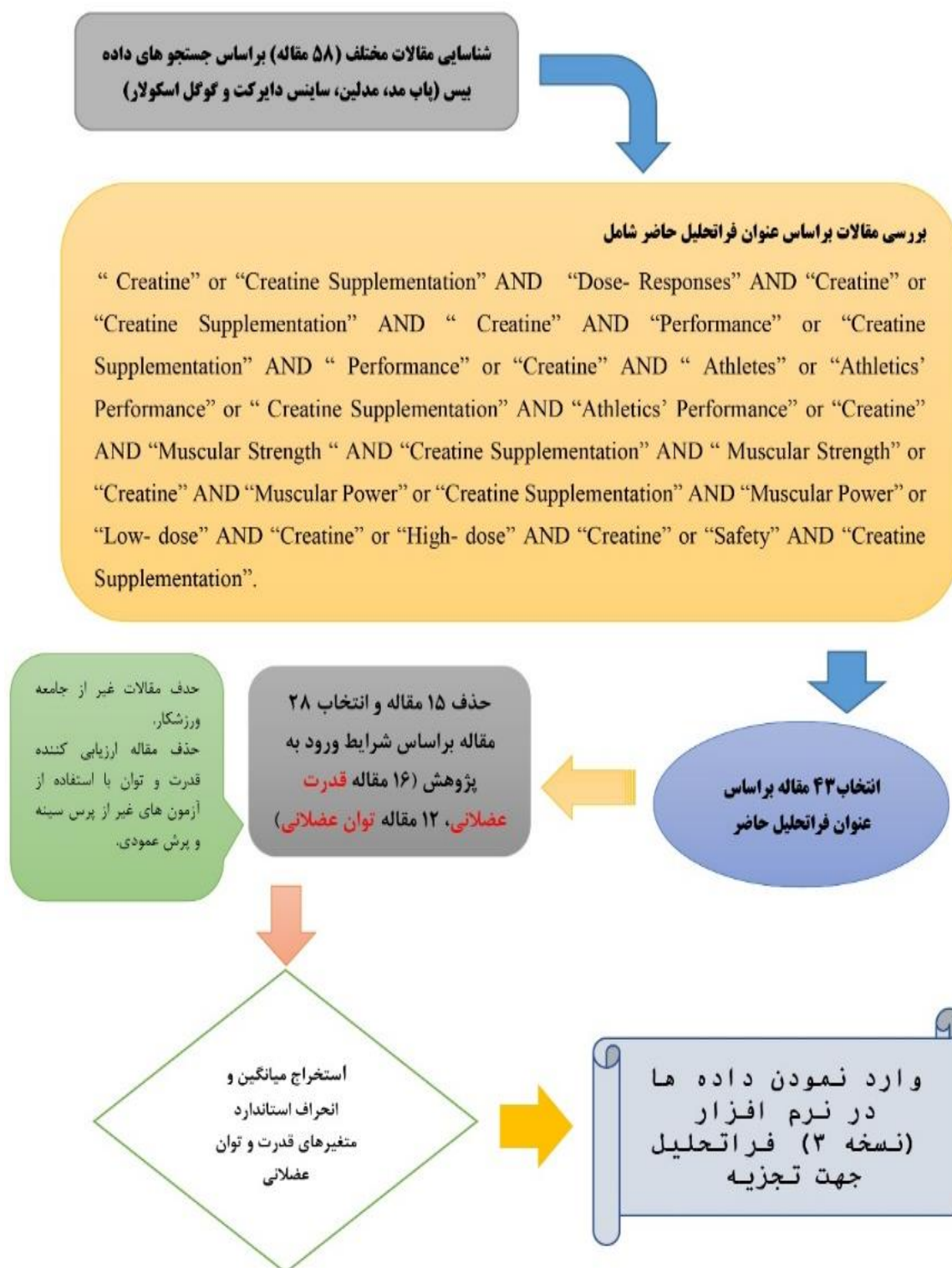
۱. Effect size.

۲. Hedges' G

۳. Funnel Plot

۴. Egger

۵. Begg and Mazumdar



مطالعه	اندازه نمونه	جنسیت	سن (سال)	وزن آزمودنی ها	جمعیت آماری	دوز مکمل دهی
برینر و همکاران ^۱	۲۰	زن	$18/8 \pm 1/8$	$2/45 \pm 60/85$	کراس	۲۰ گرم / روز (فاز بارگیری)، ۲ گرم / روز برای ۴ هفته (فاز نگه دارنده).
کیلی و همکاران ^۲	۱۸	مرد	$26/8 \pm 6/1$	$15/45 \pm 84/80$	پاورلیفتینگ	۲۰ گرم (بارگیری)، ۵ گرم در روز (نگهدارنده) به مدت ۲۸ روز.
نونان و همکاران ^۳	۳۹	مرد	$19/83 \pm 1/25$	$18/83 \pm 182/80$	بازیکنان فوتبال دانشگاهی	۲۰ گرم (بارگیری)، ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلی گرم برحسب وزن بدن در روز برای ۸ هفته.
پیرسون و همکاران ^۴	۱۶	مرد	$20/7$	$20/30 \pm 102/10$	بازیکنان فوتبال دانشگاهی	بدون فاز بارگیری، ۵ گرم در روز به مدت ۱۰ هفته.
پیترس و همکاران ^۵	۲۵	مرد	$21/2 \pm 2/6$	$17/30 \pm 86/10$	تمرین کرده تمرینات قدرتی	۲۰ گرم در روز برای سه روز (دوره بارگیری)، ۱۰ گرم در روز برای ۶ هفته (دوره نگهدارنده)
استون و همکاران ^۶	۲۰	مرد	$18/4 \pm 0/5$	$2/60 \pm 89/50$	فوتبال	۰.۲۲ گرم / وزن بدن. روز برای ۵ هفته.
ایزکویردو و همکاران ^۷	۲۹	مرد	$22/2 \pm 5$	$83/20 \pm 10$	هندبال	۴ و هله ۵ گرمی در روز برای ۵ روز
هیردا و همکاران ^۸	۲۸	مرد	21 ± 2	$2/60 \pm 75/85$	تمرین کرده	بکارگیری دوز های مختلف: ۵، ۱.۲۵ و ۲.۵ گرم بصورت هفته های مجزا (به مدت ۱ ماه)
کاندو و همکاران ^۹	۲۱	۱۳ مرد و ۹ زن	۱۹ تا ۳۷	$19/33 \pm 80/19$	تمرین کرده	۰.۰۰۵ گرم / کیلوگرم وزن بدن / روز، یک ساعت قبل از تمرینات مقاومتی برای ۶ هفته
میکانیل و همکاران ^{۱۰}	۱۷	مرد	۱۸ تا ۲۲	$5/50 \pm 90/25$	فوتبال	۴ دوز ۵ گرمی در روز / (۲۰ گرم / روز)، (فاز بارگیری)، برای یک هفته سپس ۵ گرم در روز برای ۹ هفته
پاکولاک و همکاران ^{۱۱}	۱۴	۹ مرد و ۴ زن	$19/22 \pm 4$	$11/20 \pm 75/45$	فوتبال	۰.۱ گرم / کیلوگرم / روز برای ۶ هفته، (بدون فاز بارگیری).
سامپایو و	۱۶	مرد	$25/40 \pm 3/30$	$12/15 \pm$	پاورلیفتینگ	۷ روز مصرف کراتین،

1. Breener and et al.

2. Kelly and et al.

3. Noonan and et al.

4. PEARSON and et al.

5. PEETERS and et al.

6. Stone and et al.

7. IZQUIERDO and et al.

8. HERDA and et al.

9. Candow and et al.

10. MICHAEL and et al.

11. Pakulak and et al.

همکاران ^۱	۷۰/۳۰	۷ روز مکمل مالتودکسترین و ۷ روز مصرف پلاسیبو، (مقدار مصرفی نامشخص).
وولک و همکاران ^۲	۱۴	مرد نامشخص ۹/۸۰ ± ۷۷/۶۵
ایرنست و همکاران ^۳	۱۶	مرد ۳۰/۶۵ ± ۲/۹ ۱۳/۹۰ ± ۸۷/۳۵
کریدر و همکاران ^۴	۲۸	مرد ۰/۳ ± ۹/۱۹ مشخص نشده
استوت و همکاران ^۵	۱۶	مرد ۱ ± ۱۹/۶ ۱۷/۷۰ ± ۹۳/۳۰
استویچیک و همکاران ^۶	۲۰	مرد ۱/۹ ± ۱۶/۶ ۵/۶۰ ± ۶۳/۶۰
کیلدینگ و همکاران ^۷	۱۶	مرد ۲۶/۰۵ ± ۴/۵۵ ۹/۵۵ ± ۸۰/۰۵
لاکاسه و همکاران ^۸	۲۴	مرد ۱/۵ ± ۲۲ ۸ ± ۸۴
کامپیلو و همکاران ^۹	۲۰	زن ۲/۵ ± ۲۲/۹ ۶/۷۰ ± ۵۸/۶۰
لارسون میر و همکاران ^{۱۰}	۱۲	زن ۱/۴۵ ± ۱۹/۱۵ مشخص نشده
کلودینو و همکاران ^{۱۱}	۱۴	مرد ۰/۹ ± ۱۸/۳ ۸/۸۰ ± ۶۹/۹۰
اسفرجانی و همکاران	۱۳	مرد ۲/۹۱ ± ۲۱/۰۹ ۴/۶۰ ± ۷۸/۶۰
دنایی و همکاران	۲۰	مرد ۳ ± ۲۲/۳ ۱۲ ± ۶۹
عزیزی و همکاران	۲۰	زن ۱/۶ ± ۲۰/۹ ۴/۲۰ ± ۶۰/۶۰

¹ . Sampaio and et al.

² . Volek and et al.

³ . Earnest and et al.

⁴ . Kreider and et al.

⁵ . Stout and et al.

⁶ . Ostojic and et al.

⁷ . Kilding and et al.

⁸ . Lacasse and et al.

⁹ . Campillo and et al.

¹⁰ . LARSON-MEYER and et al.

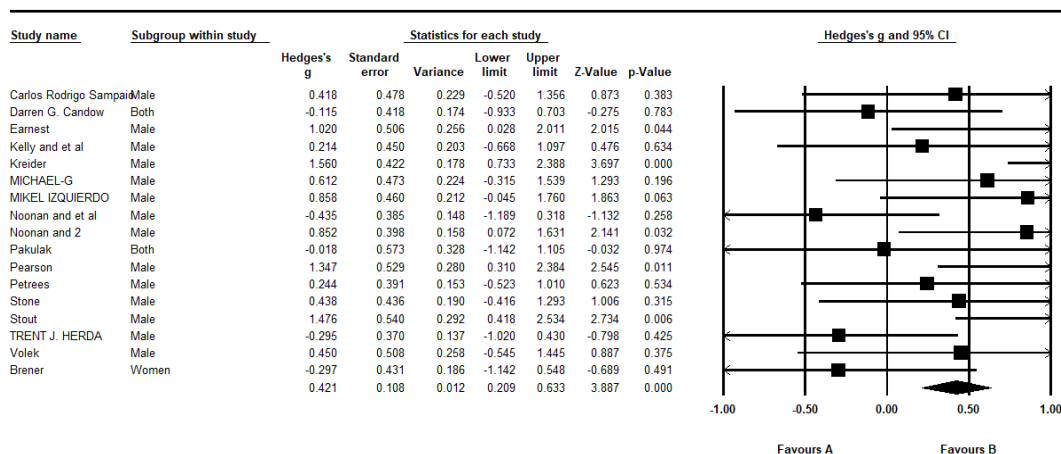
¹¹ . Claudino and et al.

ES=0/421, 95% CL= 0/209; 0/633, P < 0/000). از طرفی با توجه به معنی دار بودن مقدار P آزمون های رگرسیون خطی اگر و همبستگی خطی بگ و مزومدار، با استفاده از روش چینش و تکمیل تعداد ۴ مطالعه به سمت راست نمودار کیفی اضافه گردید و در این صورت مقدار اندازه اثر بدون تغییر باقی ماند (ES= 0/421, 95% CL= 0/209; 0/633). با این حال نتایج نشان داد که اندازه اثر ۱۲ مطالعه معنادار نمی باشد (نمودار ۲).

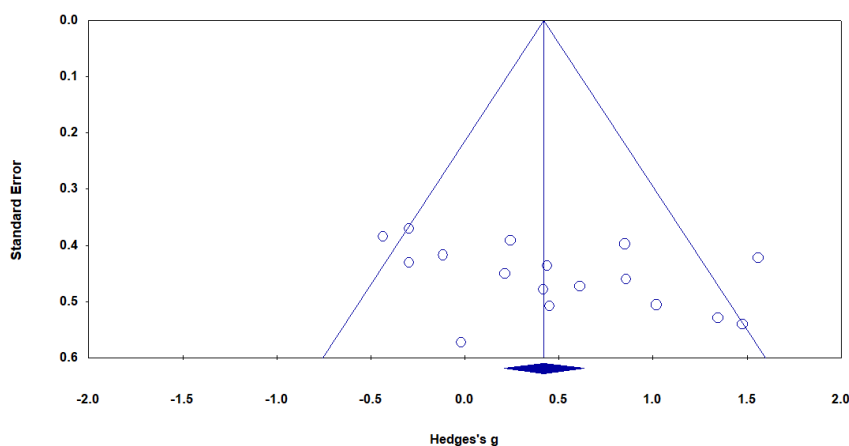
دوز- پاسخ بهینه مکمل سازی کراتین روی عملکرد قدرتی ورزشکاران

با توجه به مقدار بدست آمده ($I^2 = 49/90\%$) که کوچکتر از ۵۰ درصد می باشد، لذا حکایت از عدم ناهمگونی بین مطالعات تحت بررسی دارد، بنابراین از مدل اثرات ثابت جهت بررسی اندازه اثر داده ها استفاده گردید ($P < 0/000$). نتایج مربوط به نمودار بیشه ای نشان داد که مکمل سازی کراتین باعث افزایش معناداری در قدرت عضلانی با اندازه اثر (ES) برابر ۰/۴۲۱ کیلوگرم در ورزشکاران رشته های ورزشی مختلف گردید

نمودار ۱: نمودار بیشه ای مربوط به در رابطه با مکمل سازی کراتین و اثر آن بر قدرت عضلانی.



Funnel Plot of Standard Error by Hedges's g



با توجه به دسته بندی مطالعات وارد شده در فراتحلیل حاضر، به دو بخش کلی مساوی و بین ۵ تا ۷ گرم در روز و کمتر از ۵ گرم در روز، نتایج در نمودار بیشه ای ۳ ارائه شده است.

گروه	زیر گروه	تعداد	مطالعات	اندازه اثر، فاصله اطمینان با ۹۵٪	آزمون ناهمگونی I-squared	P و ۹۵% CL بین گروهی
دوز مصرفی	بین ۵ تا ۷ گرم در روز	۱۰	کاندو و همکاران، کارلوس و همکاران، کریدر و همکاران، کیلی و همکاران، میکائیل و همکاران، پاکولاک و همکاران، پیرسون و همکاران، پیترس و همکاران، استون و همکاران، استوت و همکاران و وولیک و همکاران.	ES= (0.680) 95% CL= (0.402; 0.958)	I ² = 22.44	P ≤ 0.000
	کمتر از ۵ گرم در روز	۴	برینر و همکاران، نونان و همکاران، هیردا و همکاران و کاندو و همکاران.	ES= (0.063) 95% CL= (-0.412; 0.286)	I ² = 42.28	P ≥ 0.725

P ≤ ۰/۰۵

دوز مصرفی در مطالعه ارنست و همکاران نامشخص بود.

نونان بدلیل دو دوز مصرفی به عنوان دو مقاله در بخش قدرت عضلانی در نظر گرفته شده است.

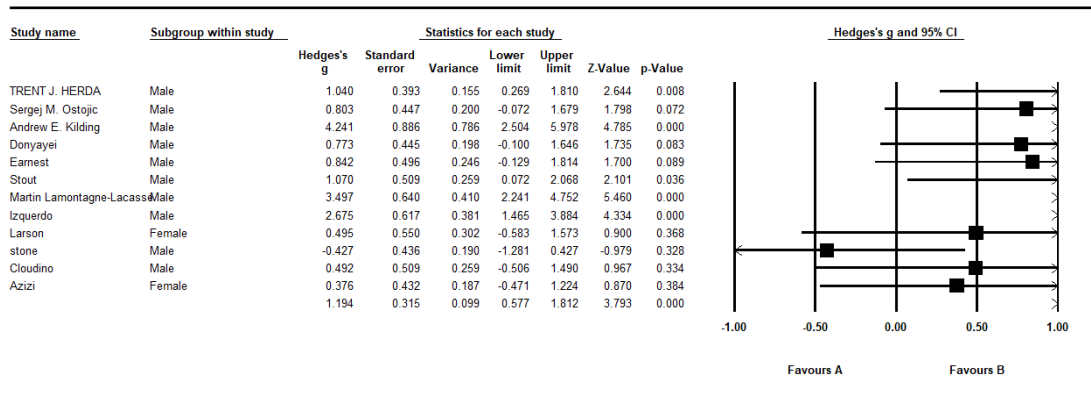
براساس نتایج بدست آمده در جدول ۲، می توان گفت که در مطالعاتی که ورزشکاران، دوز ۵-۷ گرم در روز مصرف کرده بودند، نسبت به ورزشکارانی که کمتر از ۵ گرم در روز مصرف کرده بودند، افزایش معناداری را در قدرت عضلانی مشاهده نمودند (ES= (0.680) 95% CL= (0.402; 0.958) P(0.001) در برابر ES= (0.063) 95% CL= (-0.412; 0.286) P(0.725). نتایج مربوط به مقایسه بین گروهی نیز نشان داد که بین دو زیر گروه بالای ۵ گرم و زیر ۵ گرم در روز تفاوت معناداری وجود دارد (ES= (0.421) 95% CL= (0.209; 0.633) P ≤ 0.000). بنابراین می توان گفت که فرض صفر مبنی بر عدم تاثیر دوز- پاسخ مکمل سازی کراتین بر قدرت عضلانی ورزشکاران رد می گردد.

دوز- پاسخ بهینه مکمل سازی کراتین روی عملکرد توانی

ورزشکاران

با توجه به مقدار بدست آمده (۷۸/۳۹٪) I-squared = که بیشتر از ۵۰ درصد می باشد، لذا حکایت از وجود ناهمگونی بین مطالعات تحت بررسی دارد، بنابراین از مدل اثرات تصادفی جهت بررسی اندازه اثر داده ها استفاده گردید (P ≤ ۰/۰۰۱). نتایج مربوط به نمودار بیشه ای نشان داد که مکمل سازی کراتین باعث افزایش معناداری در توان عضلانی با اندازه اثر (ES) برابر ۱/۱۹۴ سانتیمتر در ورزشکاران رشته های ورزشی مختلف گردید (ES=1/194, 95% CL= 0/577; 1/812, P ≤ 0/001). از طرفی با توجه به معنی دار بودن مقدار P مربوط به آزمون های رگرسیون خطی اگر و همبستگی خطی بگ و مزومدار، با استفاده از روش چینش و تکمیل تعداد ۱ مطالعه به سمت چپ نمودار کیفی اضافه گردید، که در این صورت مقدار اندازه اثر از مقدار ۱/۱۹۴ به ۰/۹۵۶ کاهش یافت (ES= 0/956, 95% CL= 0/577; 0/811). با این حال نتایج نشان داد که اندازه اثر ۷ مطالعه معنادار نمی باشد.

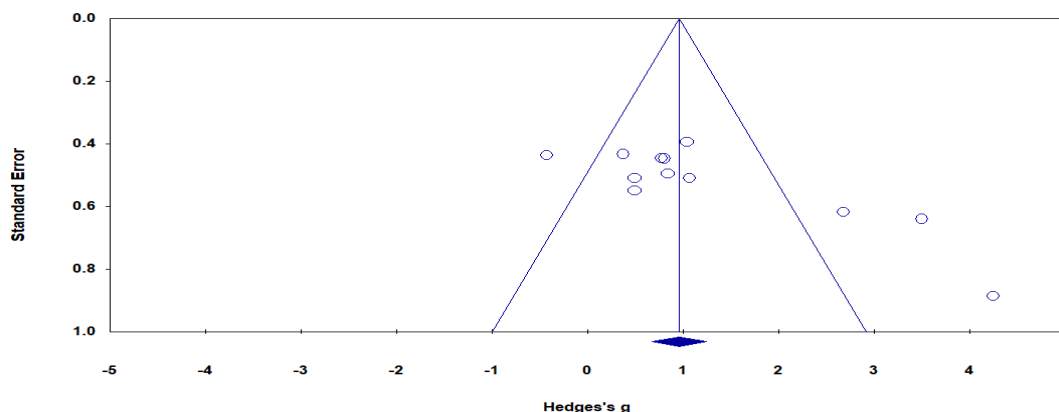
نمودار ۳: نمودار بیسه ای مربوط به اثر مکمل سازی کراتین بر توان عضلانی.



روش چینش و تکمیل تعداد ۱ مطالعه به سمت چپ نمودار قیفی
 اضافه گردید، که در این صورت مقدار اندازه اثر از مقدار ۱/۱۹۴ به
 ۰/۹۵۶ کاهش یافت (ES= 0/956, 95% CL= 0/577;)

نمودار ۴: نمودار قیفی مربوط به تاثیر مکمل سازی کراتین در توان عضلانی ورزشکاران.

Funnel Plot of Standard Error by Hedges's g



جدول ۳: مقایسه دوز های مصرفی بیشتر و کمتر از ۵ گرم در روز برای توان عضلانی در ورزشکاران رشته ورزشی مختلف.

گروه	زیر گروه	تعداد	مطالعات	اندازه اثر، فاصله اطمینان با ۹۵٪	آزمون ناهمگونی I-squared	P	95% و P CL بین گروهی
دوز مصرفی	بین ۵ تا ۷ گرم در روز	۱۰	آندریو و همکاران، دنیایی و همکاران، ازکوبدر و همکاران، ایرنست و همکاران، مارتین و همکاران، لارسون و همکاران، استوت و همکاران، استون و همکاران، کلودینو و همکاران و استوجیک و همکاران.	ES= (1.005) 95% CL= (-0.671; 1.339)	I ² = 82.294	P ≤ 0.000	ES= (1.005) 95% CL= (-0.710; 1.300) P ≤ 0.000
	کمتر از ۵ گرم/ روز	۱	عزیزی و همکاران.	ES= (1.071) 95% CL= (-0.277; 1.865)	I ² = 00.000	P ≤ 0.008	

P ≤ ۰/۰۵

دوز مصرفی در مطالعه ایرنست و همکاران نامشخص بود.

براساس نتایج بدست آمده در جدول ۳، می توان گفت که در مطالعاتی که ورزشکاران، دوز مساوی و یا ۵-۷ گرم در روز مصرف کرده بودند، نسبت به ورزشکارانی که کمتر از ۵ گرم در روز مصرف کرده بودند، افزایش معناداری را در توان عضلانی مشاهده

نتایج فراتحلیل طبقه ای زیر گروه های مختلف در رابطه با اثر گذاری مکمل سازی کراتین بر قدرت عضلانی بر عملکرد های قدرت و توان عضلانی به ترتیب در جداول ۴ و ۵ برحسب سن، جنسیت، مدت مکمل سازی به تفکیک (حاد و مزمن)، وضعیت بارگیری و عدم بارگیری، نوع مصرف براساس وزن (نسبی و مطلق) و نوع رشته ورزشی (فوتبال، هندبال، لاکراس، بدنسازی، پاورلیفتینگ و تمرین کرده مقاومتی) مورد بررسی قرار گرفت. شاخص های آماری مورد استفاده در این جداول شامل، اندازه اثر، فاصله اطمینان ۹۵٪، آزمون ناهمگونی I-Squared، مقدار P درون گروهی و مقدار P و اندازه اثر و فاصله اطمینان ۹۵٪ بین گروهی ذکر شده است. میزان معناداری تفاوت های درون گروهی و بین گروهی برحسب سطح معنی داری $P \leq 0.05$ در نظر گرفته شده است.

نمودند $ES = (1.005) 95\% CL = (-0.671; 1.339)$, $(P \leq 0.001)$ ، در برابر $ES = (1.071) 95\% CL = (-0.277; 1.865)$, $(P \leq 0.008)$ نتایج مربوط به مقایسه بین گروهی نیز نشان داد که بین دو زیر گروه بالای ۵ گرم و زیر ۵ گرم در روز تفاوت معناداری وجود دارد $ES = (1.005) 95\% CL = (-0.710; 1.300)$, $(P \leq 0.000)$ ، بنابراین می توان گفت که فرض صفر مبنی بر عدم تاثیر دوز- پاسخ مکمل سازی کراتین بر توان عضلانی ورزشکاران رد می گردد.

فراتحلیل طبقه ای زیر گروه های مختلف اثر گذاری مکمل سازی کراتین بر عملکرد ورزشی ورزشکاران رشته های ورزشی مختلف به تفکیک، قدرت و توان عضلانی.

جدول ۴: نتایج تجزیه و تحلیل زیر گروه اثرات مکمل سازی کراتین بر قدرت عضلانی در رشته های ورزشی مختلف.

گروه	زیر گروه	تعداد	مطالعات	اندازه اثر، فاصله اطمینان با ۹۵٪	آزمون ناهمگونی I-Squared	P	95% و P CL بین گروهی
سن	بالای ۲۰ سال	۱۱	کارلوس و همکاران، پاکولاک و همکاران، کیلی و همکاران، ارنست و همکاران، مایکل و همکاران، پیترسن و همکاران، پیرسون و همکاران، هیردا و همکاران، رودرگیز سامپایو و همکاران، میکائیل و همکاران، کاندو و همکاران.	$ES = (0.327) 95\% CL = (0.032; 0.622)$	$I^2 = 29.647$	$P \leq 0.030$	$ES = (0.413) 95\% CL = (0.110; 0.717) P \leq 0.008$
	زیر ۲۰ سال	۵	کریدر و همکاران، برینیر و همکاران، نونان و همکاران، استوت و همکاران، استون و همکاران.	$ES = (0.520) 95\% CL = (0.208; 0.580)$	$I^2 = 69.608$	$P \leq 0.001$	
جنسیت	مرد	۱۳	کارلوس و همکاران، کیلی و همکاران، ارنست و همکاران، کریدر و همکاران، مایکل و همکاران، میکائیل و همکاران، نونان و همکاران، پیترسن و همکاران، پیرسون و همکاران، استوت و همکاران، استون و همکاران، هیردا و همکاران و وولیک و همکاران.	$ES = (0.538) 95\% CL = (0.305; 0.770)$	$I^2 = 49.926$	$P \leq 0.000$	$ES = (0.421) 95\% CL = (0.209; 0.633) P \leq 0.000$
	زن	۱	برینیر و همکاران	$ES = (0.297) 95\% CL = (1.14; 0.54)$	$I^2 = 49.905$	$P \leq 0.491$	$ES = (0.429) 95\% CL = (0.141; 0.717) P \leq 0.008$
	هر دو	۲	دارن و همکاران، پاکولاک و همکاران	$ES = (0.081) 95\% CL = (0.743; 0.580)$	$I^2 = 49.318$	$P \leq 0.809$	
مدت مکمل سازی	حاد (یک ماه و کمتر)	۷	برینیر و همکاران، کارلوس و همکاران، ارنست و همکاران، کیلی و همکاران، کریدر و همکاران، استوت و همکاران و هیردا و همکاران.	$ES = (0.485) 95\% CL = (0.153; 0.816)$	$I^2 = 68.584$	$P \leq 0.004$	$ES = (0.429) 95\% CL = (0.141; 0.717) P \leq 0.008$

0.718) P ≤ 0.004	P ≤ 0.008	I ² = 28.58	ES= (0.377) 95% CL= (0.101; 0.653)	میکائیل و همکاران، مایکل و همکاران، نونان و همکاران، پاکولاک و همکاران، پیرسون و همکاران، پیترس و همکاران، وولیک و همکاران و استون و همکاران.	۸	مزمین (بیشتر از یک ماه)	
ES= (0.421) 95% CL= (0.209; 0.633) P ≤ 0.000	P ≤ 0.012	I ² = 43.163	ES= (0.368) 95% CL= (0.080; 0.685)	برینر و همکاران، کیلی و همکاران، مایکل و همکاران، نونان و همکاران، استون و همکاران، وولیک و همکاران، پیترس و همکاران.	۸	بارگیری	وضعیت بارگیری یا عدم بارگیری
	P ≤ 0.003	I ² = 60.170	ES= (0.485) 95% CL= (0.170; 0.799)	کارلوس و همکاران، کاندو و همکاران، ایرنست و همکاران، پاکولاک و همکاران، پیرسون و همکاران، استون و همکاران و هیردا و همکاران.	۷	عدم بارگیری	
ES= (0.433) 95% CL= (0.146; 0.720) P ≤ 0.003	P ≤ 0.082	I ² = 12.270	ES= (0.360) 95% CL= (0.165; 0.693)	کاندو و همکاران، میکائیل و همکاران، مایکل و همکاران، پاکولاک و همکاران و استون و همکاران.	۵	نسبی (برحسب وزن بدن)	نوع مصرف
	P ≤ 0.000	I ² = 61.54	ES= (0.444) 95% CL= (-0.046; 0.767)	برینر و همکاران، کارلوس و همکاران، ایرنست و همکاران، کیلی و همکاران، کریدرو همکاران، نونان و همکاران، پیرسون و همکاران، استون و همکاران، پیترس و همکاران، هیردا و همکاران و وولیک و همکاران.	۱۲	مطلق	
ES= (0.421) 95% CL= (0.209; 0.633) P ≤ 0.000	P ≤ 0.000	I ² = 52.320	ES= (0.677) 95% CL= (-0.391; 0.962)	کریدر و همکاران، میکائیل و همکاران، مایکل و همکاران، نونان و همکاران، پیرسون و همکاران، پاکولاک و همکاران، استون و همکاران، استون و همکاران، وولیک و همکاران.	۹	فوتبال	نوع رشته ورزشی
	P ≤ 0.491	I ² = 00.00	ES= (-0.297) 95% CL= (1.142; 0.548)	برینر و همکاران	۱	لاکراس (ورزش برخوردی)	
	P ≤ 0.782	I ² = 00.00	ES= (-0.063) 95% CL= (-0.505; 0.380)	کاندو و همکاران، پیترس و همکاران و هیردا و همکاران.		تمرین کرده قدرتی	
	P ≤ 0.044	I ² = 00.00	ES= (1.020) 95% CL= (0.028; 2.011)	ایرنست و همکاران	۱	بدنساز	
	P ≤ 0.345	I ² = 00.00	ES= (0.310) 95% CL= (-0.333; 0.953)	کارلوس و همکاران و کیلی و همکاران.	۲	پاورلیفتینگ	

P ≤ ۰/۰۵

دوز مصرفی در مطالعه ارنست و همکاران نامشخص بود.

جدول ۵: نتایج تجزیه و تحلیل زیر گروه اثرات مکمل سازی کراتین بر توان عضلانی در رشته های ورزشی مختلف.

گروه	زیر گروه	تعداد	مطالعات	اندازه اثر، فاصله اطمینان با ۹۵٪ I- squared	آزمون ناهمگونی P	P و ۹۵% CL بین گروهی
سن	بالای ۲۰	۸	هیردا و همکاران، آندریو و	ES= (0.454)	I ² = 81.032	P ≤ 0.000
				ES= (0.951)		

95% CL= (-0.403; 1.499) P≤ 0.001			95% CL= (-0.032; 0.940)	همکاران، دنیایی و همکاران، ازکویودر و همکاران، ایرنست و همکاران، مارتین و همکاران، لارسون و همکاران و عزیزی و همکاران.	سال	
	P≤ 0.067	I ² = 51.519	ES= (1.326) 95% CL= (-0.955; 1.697)	استوت و همکاران، استون و همکاران، کلودینو و همکاران و استوجیک و همکاران.	۴	پایین ۲۰ سال
ES= (1.005) 95% CL= (-0.710; 1.300) P≤ 0.001	P≤ 0.000	I ² = 72.000	ES= (1.081) 95% CL= (-0.769; 1.394)	هیردا و همکاران، آندریو و همکاران، دنیایی و همکاران، ازکویودر و همکاران، ایرنست و همکاران، مارتین و همکاران، لارسون و همکاران، استوت و همکاران، استون و همکاران، کلودینو و همکاران و استوجیک و همکاران.	۱۱	مرد
	P≤ 0.384	I ² = 79.523	ES= (0.393) 95% CL= (-0.492; 1.278)	عزیزی و همکاران.	۱	زن
ES= (1.005) 95% CL= (-0.710; 1.300) P≤ 0.000	P≤ 0.010	I ² = 88.426	ES= (0.704) 95% CL= (-0.167; 1.241)	مارتین و همکاران، لارسون و همکاران، استون و همکاران و کلودینا و همکاران.	۴	مزمین (بیشتر از یک ماه)
	P≤ 0.000	I ² = 69.908	ES= (1.135) 95% CL= (-0.782; 1.488)	هیردا و همکاران، دنیایی و همکاران، استوجیک و همکاران، عزیزی و همکاران، استوت و همکاران، ایزوکویودر و همکاران، ایرنست و همکاران و آندریو و همکاران.	۸	حاد (کمتر از یک ماه)
ES= (1.005) 95% CL= (-0.710; 1.300) P≤ 0.000	P≤ 0.000	I ² = 87.429	ES= (0.526) 95% CL= (-0.540; 1.591)	ایزکویودر و همکاران، مارتین و همکاران، استوت و همکاران، پیتس و همکاران.	۴	بارگیری
	P≤ 0.000	I ² = 74.246	ES= (0.850) 95% CL= (-0.515; 1.184)	استوجیک و همکاران، کلودینو و همکاران، عزیزی و همکاران، ایرنست و همکاران، استون و همکاران و هیردا و همکاران.	۶	عدم بارگیری
ES= (1.005) 95% CL= (-0.710; 1.300) P≤ 0.000	P≤ 0.004	I ² = 92.180	ES= (0.837) 95% CL= (-0.264; 1.409)	دنیایی و همکاران، استون و همکاران، مارتین و همکاران.	۳	نسبی (برحسب وزن)
	P≤ 0.000	I ² = 70.847	ES= (1.116) 95% CL= (-0.756; 1.476)	هیردا و همکاران، آندریو و همکاران، استوت و همکاران، کلودینو و همکاران، ایزوکویودر و همکاران، عزیزی و همکاران.	۷	مطلق
ES= (1.005) 95% CL= (-	P≤ 0.000	I ² = 83.535	ES= (0.882) 95% CL= (-	استوجیک و همکاران، کیلینگ	۸	فوتبال
						رشته ورزشی

0.710; 1.300) P≤ 0.000			0.507; 1.256)	و همکاران، استوت و همکاران، لارسون و همکاران، استون و همکاران، کلودینو و همکاران، هیردا و همکاران و عزیزی و همکاران.		
	P≤ 0.000	I ² = 00.000	ES= (2.800) 95% CL= (-1.534; 4.066)	ایزکویدر و همکاران.	۱	هندبال
	P≤ 0.083	I ² = 00.000	ES= (0.807) 95% CL= (-0.104; 1.719)	دنیایی و همکاران.	۱	کشتی
	P≤ 0.089	I ² = 00.000	ES= (0.891) 95% CL= (-0.137; 1.918)	ایرنست و همکاران.	۱	بدنساز
	P≤ 0.008	I ² = 00.000	ES= (1.071) 95% CL= (-0.277; 1.865)	هیردا و همکاران.	۱	تمرین کرده مقاومتی

P ≤ ۰/۰۵

دوز مصرفی در مطالعه ارنست و همکاران نامشخص بود. بارگیری و عدم بارگیری در مطالعه لارسون و همکاران مشخص نمی باشد. نوع مصرف مکمل کراتین در مطالعه لارسون مشخص نبود.

بحث و نتیجه گیری

نتایج فراتحلیل حاضر نشان داد که مصرف کراتین اثر معناداری روی قدرت عضلانی با اندازه اثر (ES= 0.421) با فاصله اطمینان (95% CL= 0.209; 0.633, P<0/001) در ورزشکاران رشته های ورزشی مختلف دارد. در هنگام بررسی مطالعات مختلف بصورت تفکیک از هم نشان داده شد که تنها ۵ مقاله دارای اندازه اثر معنی دار می باشند. در راستای پژوهش حاضر، فردریک و همکاران^{۲۹} (۲۰۱۷) در مطالعه خود تحت عنوان یک مطالعه فراتحلیل، گزارش نمود که مکمل سازی کراتین اثر معناداری در افزایش قدرت عضلانی در افراد سالم و ورزشکار داشت (ES= 677, 95% CL 0.149; 1.206; P= 0.012) (۱)، که با نتایج پژوهش حاضر همسو بود. یکی از مشترکات این دو پژوهش بررسی قدرت عضلانی از طریق آزمون پرس سینه بود که در هر دو مطالعه ناشی از مکمل سازی کراتین افزایش را نشان داد، و همچنین می توان گفت که یکی از نقطه تمایز این دو، وجود نوع آزمودنی ها بود، به طوری که در فراتحلیل حاضر اثر مکمل سازی قدرت عضلانی ورزشکاران رشته های ورزشی مختلف بررسی شد که در مطالعه فردریک و همکاران، نمونه پژوهش شامل افراد ورزشکار و غیر ورزشکار بود. در راستای هدف پژوهش

حاضر مبنی بر بررسی دوز- پاسخ بهینه مکمل سازی کراتین بر قدرت عضلانی ورزشکاران، با در نظر گرفتن دوز مصرفی و تقسیم بندی آن به دو زیرگروه بالاتر و پایین تر از ۵ گرم در روز، نتایج ۱۰ مطالعه نشان داد که افرادی که دوز ۵ گرم و بالاتر را مصرف کرده بودند، افزایش را در قدرت عضلاتشان مشاهده نمودند (ES= (0.680) 95% CL= (0.402; 0.958; P ≤ 0.001))، این در حالی است که نتایج ۴ مطالعه نیز نشان از غیر معنادار بودن اثر دوز کمتر از ۵ گرم در روز داد (ES= (0.063) 95% CL= (-0.412; 0.286, P ≥ 0.725)). بعدها، هالتمن و همکاران (۱۹۹۶)، تعیین کردند که دوزهای «نگهداری^{۳۰}» کوچکتر (۲ تا ۵ گرم در هر دوز، ۱ در روز، یا ۰/۰۳ گرم بر کیلوگرم در دوز) می-تواند برای حفظ ذخایر کراتین بالا در عضله استفاده شود (۲). قابل توجه، لاو و همکاران کارایی بارگیری کراتین را بر معیارهای عملکرد با استفاده از یک رژیم ۲ و ۵ روزه (۵ × ۴ گرم در روز) در ۲۰ مرد از نظر بدنی فعال مقایسه کردند (۳). آنها بهبودهای قابل توجهی را در حداکثر قدرت پا و متوسط قدرت بی هوازی پس از یک رژیم بارگیری ۵ روزه کراتین در مقایسه با گروه دارونما گزارش کردند. با این حال، هیچ اهمیتی در عملکرد پس از ۲ روز بارگیری یافت نشد. علاوه بر این، سال و همکاران^{۳۱} (۲۰۰۹)

³⁰ . Maintenance.

³¹ . Sale and et al.

^{۲۹} Frederic and et al.

بین ۱۰ تا ۱۵ درصد مشاهده می‌شود که با نتایج پژوهش حاضر همسو بود. به طور خاص، بهبود ۵٪ تا ۱۵٪ در حداکثر توان و قدرت عضلانی، ظرفیت بی هوازی و عملکرد کاری در حین اجرای تکراری دو سرعت معمولاً گزارش می‌شود، در حالی که بهبود عملکرد تک وهله ای دو سرعت بین ۱٪ تا ۵٪ بهبود نشان داده شده است (۱۰). از طرف دیگر، هیچ گزارش ثابتی نشان نمی‌دهد که مکمل سازی با کراتین ممکن است واکنش ارگولیتیک یا کاهش عملکرد داشته باشد. در خلال بررسی مطالعات اجرا شده در پژوهش حاضر نیز، هیچ مطالعه ای دال بر اینکه کراتین باعث کاهش عملکرد در ورزشکاران شده باشد، وجود نداشت. برخلاف این نتایج، مکمل کراتین همیشه نتایج ارگولیتیک آماری قابل توجهی را به همراه نداشته است. به عنوان مثال، استیون سون و همکاران^{۳۳} (۲۰۰۱)، پس از ۷ روز مصرف مکمل کراتین، حداکثر قدرت ایزومتریک اکستنشن زانو در گروه کراتین یا دارونما در ۳۱ فرد مقاومتی کار که تمرین مقاومتی را مانند هفته قبل ادامه دادند، تغییری نکرد (۱۱). به طور مشابه، در مطالعه زونیکا و همکاران^{۳۴} (۲۰۱۲)، هیچ تفاوت در قدرت برای ۱ پرس سینه برای هر دو گروه پس از ۷ روز مصرف مکمل کراتین یا دارونما بدون تمرین همزمان در مردان جوان مشاهده نشد (۱۲). وضعیت آزمودنی ها و سطوح اولیه آمادگی افراد شرکت کننده در پژوهش به عنوان یکی از مولفه های مهمی است که در امر پاسخ ناشی از مکمل سازی کراتین در زمینه های مختلف عملکرد ورزشی نقش بسزایی دارد. به طوری که در پژوهش حاضر براساس یکی از معیارهای ورود به پژوهش شامل ورزشکار بودن افراد مورد مطالعه، نشان داده شد که در اکثریت مطالعات انجام شده کراتین باعث بهبود معناداری در عملکرد آنها گردید. بنابراین، هنگام تلاش برای بدست آوردن نتیجه خاص از طرح های مطالعاتی متعدد و متنوع و پروتکل های مکمل، بسیار مهم است که نحوه بارگیری کراتین، ماهیت افراد، انجام یا عدم انجام تمرین مقاومتی همزمان، پیشرفت حجم تمرین، مدت زمان مطالعه و نتایج هدف مورد توجه قرار گیرد. در این رابطه، بررسی انجام شده توسط راسون و همکاران نشان داد که از ۲۲ مطالعه شناسایی شده در مورد تمرین مقاومتی با مکمل کراتین، میانگین افزایش قدرت نسبی عضلانی (یعنی ۱، ۳، یا ۱۰ RM) تقریباً ۸٪ بیشتر از تمرین مقاومتی به

دریافتند که مصرف کل ۲۰ گرم کراتین با ۱ گرم در فواصل ۳۰ دقیقه به مدت ۵ روز نسبت به رژیم بارگیری معمولی ۴ وهله ۵ گرمی در روز در طی یک دوره ۵ روزه، دفع ادراری کمتری را به همراه داشت، که نویسندگان را به این نتیجه رساند، که این احتمالاً منجر به سطوح بالاتر کراتین درون عضلانی می‌شود (۴). از این نظر، بدون شک افزایش ذخایر کراتین عضلانی از طریق هر تعداد رویکرد مکمل می‌تواند سطح PCr داخل عضلانی را افزایش دهد و این افزایش ها مستقیماً با پیامدهای مختلف ارگولیتیک مرتبط هستند (۵) که این رویکرد از سال ۱۹۹۲ متعاقباً در تعداد زیادی از تحقیقات علمی مورد استفاده قرار گرفت (۶). این رویکرد مستلزم مصرف چهار دوز جداگانه ۵ گرم در روز برای پنج روز متوالی است و به طور مداوم منجر به افزایش ۲۰٪ تا ۴۰٪ در محتوای کراتین می‌شود (۷). به طوری که در پژوهش حاضر نیز نشان داده شد که مکمل سازی کراتین به شکل ۴ وهله در روز و هر وهله ۵ گرم (در مجموع ۲۰ گرم) اثر معناداری را در بهبود عملکرد بویژه قدرت عضلانی در ورزشکاران داشت. در حال حاضر معمولاً پذیرفته شده است که ممکن است به فاز بارگیری نیاز نباشد، اما این رویکرد سریع ترین وسیله برای افزایش سطح PCr داخل عضلانی و در نتیجه عملکرد است (۲، ۸). در فراتحلیل حاضر در رابطه با مدت زمان مکمل سازی شامل دو زیرگروه مکمل سازی حاد و مزمن نتایج نشان داد که هر دو نوع باعث اثر معناداری در افزایش قدرت عضلانی در ورزشکاران شده بود؛ به ترتیب حاد (۷ مطالعه) و مزمن (۸ مطالعه) ($ES = (0.153; 0.816; P \leq 0.004)$ 95% CL= (0.485) ، $ES = (0.101; 0.653; P \leq 0.008)$ 95% CL= (0.377)).

توانایی کراتین برای افزایش پارامترهای مختلف عملکرد ورزشی حاد به خوبی مستند شده است (۵، ۷، ۹). مقاله مروری انجام شده توسط کریدر^{۳۲} در سال ۲۰۰۳، پیشینه مطالعات را در این جهت که تقریباً ۷۰ درصد از مطالعات بهبود را در برخی از جنبه های عملکرد ورزشی را گزارش کرده اند، خلاصه نمود (۵). میزان افزایش عملکرد به تعداد زیادی متغیر بستگی دارد که می تواند شامل رژیم دوز، وضعیت تمرین ورزشکار و هر یک از تعدادی از متغیرهای تمرین (شدت تمرین، مدت زمان تلاش و غیره) باشد. مروری بر این ادبیات نشان می‌دهد که معمولاً افزایش عملکرد

³³. Stevenson and et al.

³⁴. Zuniga and et al.

³². Kreider and et al.

شود (۷، ۱۶). در راستای هدف مهم فراتحلیل مبنی بر بررسی دوز- پاسخ بهینه مکمل سازی کراتین در توان عضلانی ورزشکاران نتایج نشان داد که میزان دوز مصرفی ۵-۷ گرم در روز باعث افزایش معناداری در توان عضلانی ورزشکاران رشته های ورزشی مختلف نسبت به دوز کمتر از ۵ گرم در روز شد (به ترتیب) $ES = (-0.671; 1.339; P \leq 0.001)$ 95% CL= (1.005) در برابر $ES = (-0.277; 1.865; P \leq 0.008)$ 95% CL= (1.071) البته این در حالی بود که براساس زیرگروه مدت مکمل سازی حاد (کمتر از یک ماه) و مزمن (بیشتر از یک ماه)، بیشتر مطالعات (تعداد ۸ مقاله) دوره مکمل سازی حاد را به عنوان دوره اصلی و اثر گذار مکمل کراتین بر توان عضلانی ترجیح داده بودند $ES = (-0.782; 1.488; P \leq 0.001)$ 95% CL= (1.135) به طور کلی، دوزهای بارگیری (یعنی ۰/۳ گرم بر کیلوگرم در روز یا ۲۰ گرم در روز) اغلب برای دوره های مکمل سازی کوتاه مدت (دو هفته) یا به عنوان بخشی از مرحله بارگیری استفاده می شود، که معمولاً پس از آن دوره طولانی تری، به عنوان دوز نگهدارنده (یعنی ۰/۳ گرم بر کیلوگرم در روز یا ۲ تا ۵ گرم در روز) از مکمل سازی دنبال می شود. همانطور که ذخایر PCR داخل عضلانی از طریق مکمل سازی افزایش می یابد، معمولاً بهبودهای بعدی ۵٪ تا ۱۵٪ در پارامترهای مختلف عملکرد گزارش می شود، حتی گاهی اوقات حتی پس از دوره های نسبتاً کوتاه مصرف مکمل کراتین (کمتر از ۱۴ روز) (۱۷). در مطالعه ای که توسط لاو و همکاران^{۳۶} (۲۰۰۹) انجام شده بود، بهبود قابل توجهی در میانگین توان بی هوازی در طول تست وینگیت و قدرت اسکات پشت بدنال پروتکل مکمل ۵ روزه کراتین همراه با یک برنامه تمرین مقاومتی گزارش کرد (۳). جالب اینجاست که مزایای مشابهی تنها پس از ۲ روز بارگیری کراتین مشاهده نشد، بنابراین نشان می دهد که شاید بیش از ۲ روز بارگیری کراتین مورد نیاز باشد تا در صورت ترکیب با تمرین مقاومتی، توان و مزایای مرتبط با توان قابل توجهی به دست آید. مطالعات بررسی شده در فراتحلیل حاضر در بخش زیر گروه حاد (کمتر از یک ماه) کمترین زمان مکمل سازی آن زمان یک هفته و بیشترین آن نزدیک به یک ماه بود. همچنین در مطالعه دل فاورو و همکاران^{۳۷} (۲۰۱۲)، فواید کوتاه مدت در مردان بالغ جوانی که نسبت به تمرین مقاومتی تجربه کمی داشتند، گزارش شده

تنهایی بود (۱۳). لانهرس و همکاران^{۳۵} (۲۰۱۵) در یک مطالعه فراتحلیل ۶۰ مطالعه را شناسایی کرد که با معیارهای طرح های مطالعه کارآزمایی تصادفی سازی و کنترل شده مطابقت داشتند که از رویکرد کنترل دارونما دوسوکور برای بررسی اثرات مکمل سازی کراتین بر عملکرد اندام تحتانی استفاده می کردند. نتایج بررسی نشان دهنده اندازه اثر کلی ۰/۳۳۶ و ۰/۲۹۷ برای افزایش قدرت در تمرینات اسکوات و پرس پا بود. علاوه بر این، اندازه اثر محاسبه شده برای قدرت چهارسر ران ۰/۲۶۶، با اندازه کلی اثر قدرت اندام تحتانی ۰/۲۶۶ بود. جالب توجه است که این پیامدها مستقل از جمعیت هدف یا رژیم مکمل مشاهده شدند، در نتیجه از اثربخشی کلی مکمل کراتین، مستقل از عوامل تأثیرگذار بیرونی حمایت کردند (۱۴). در یک بررسی بعدی، همان گروه ۵۳ مطالعه را با استفاده از معیارهای جستجوی مشابه شناسایی کردند، اما بر روی اثرات مکمل کراتین برای قدرت اندام فوقانی تمرکز کردند (۱). نتایج متاآنالیز نشان دهنده اندازه اثر کلی ۰/۲۶۵ و ۰/۶۷۷ برای تغییرات قدرتی مرتبط با تمرینات پرس سینه بود. برای تمرین سینه ای و قدرت کلی اندام فوقانی، اندازه های اثر ۰/۲۸۹ و ۰/۳۱۷ یافت شد، دوباره بدون هیچ ارتباطی با ویژگی های قابل انتساب به افرادی که مکمل مصرف کرده بودند، که از کارایی کلی کراتین برای عملکرد ورزش بالاتنه مستقل از عوامل زمینه ای حمایت می کند.

نتایج فراتحلیل حاضر نشان داد که مکمل سازی کراتین اثر معناداری بر توان عضلانی با اندازه اثر $ES = 1/194$ و فاصله اطمینان $(95\% CL = 0/577; 1/812, P \leq 0/001)$ دارد. در اکثر اما نه همه مطالعات، نشان داده شده است که مکمل کراتین یک کمک ارگونومیک موثر برای افزایش توان عضلانی است و این یافته ها شامل مردان و زنان تمرین کرده و تمرین نکرده، از جمله ورزشکاران و غیر ورزشکاران می شود (۱۳، ۱۵). به نظر می رسد مکانیسم اصلی پشت این نتایج ارگونومیک برای مکمل کراتین، تا حدی به افزایش غلظت PCR درون عضلانی مربوط می شود (۶، ۷). با توجه به پتانسیل آن نه تنها برای افزایش قدرت و توان خروجی، بلکه برای تسریع ریکاوری از تمرینات شدید متناوب، نشان داده شده است که مکمل کراتین باعث افزایش حجم کار و افزایش بازده کار در طول تمرینات مقاومتی می شود، که ممکن است منجر به افزایش توان بیشتر

³⁶ . Lav and et al.

³⁷ . Del Favero and et al.

³⁵ . Lanhers et al.

مشاهده کردند (۲۳). در مطالعه بمبین و همکاران^{۴۰} (۲۰۰۱)، که در آن فوتبالیست های دانشگاهی در یک برنامه تمرینات مقاومتی ۹ هفته ای شرکت نمودند، نتایج نشان دهنده بهبودهایی در حداکثر عملکرد قدرت پرس سینه، اسکات و توان عضلانی در گروه ترکیبی (کراتین + گلوکز) نسبت به گروه کراتین و دارونمای صرف بود. نویسندگان پیشنهاد کردند که این ممکن است به دلیل افزایش حجم کار باشد که با افزایش بهبودی توضیح داده شده است (۲۳). به طور مشابه، در مطالعه پیرسون و همکاران گزارش شد که به دنبال یک برنامه ۱۰ هفته ای قدرتی و آماده سازی، فوتبالیست دانشگاهی که مکمل کراتین مونوهیدرات با دوز کم (۵ گرم در روز) دریافت کردند، نسبت به افرادی که فقط تمرینات قدرتی را انجام دادند، افزایش بیشتری را در عملکردهای اسکوات و توان عضلانی مشاهده نمودند. این مطالعه از این جهت حائز اهمیت بود که نشان داد نه تنها مکمل کراتین ممکن است قدرت و توان را بهبود بخشد، بلکه برای دستیابی به این نتایج نیازی به مرحله بارگیری نیست (۲۴).

نتیجه گیری

بررسی مطالعات تجزیه و تحلیل شده در فراتحلیل حاضر نشان داد که مکمل سازی کراتین اثر معناداری بر قدرت و توان عضلانی ورزشکاران رشته های مختلف ورزشی به ترتیب؛ ($ES=0/421$, $95\% CL= 0/209; 0/633$, $P < 0/001$ و ($ES=1/194$, $95\% CL= 0/577; 1/812$, $P < 0/001$) داشت. با این حال دوز- پاسخ بهینه مکمل سازی کراتین در هر دو مولفه قدرت و توان عضلانی، ۷-۵ گرم در روز بود، به ترتیب قدرت و توان عضلانی؛ $ES= (0.680)$ 95% ($CL= (0.402; 0.958; P \leq 0.000)$ و $ES= (1.005)$ ($CL= (-0.671; 1.339; P \leq 0.000)$).

پیام مقاله

پیشنهاد می شود مربیان و ورزشکاران در رشته های مختلف، با در نظر گرفتن عامل وزن، وضعیت تمرینی و سطوح آمادگی اولیه، از مکمل کراتین با دوز مصرفی بین ۵ تا ۷ گرم در روز، همراه یا بدون دوره بارگیری، به منظور افزایش قدرت و توان عضلانی استفاده نمایند. برای بهبود قدرت

است. پس از ۱۰ روز مصرف مکمل کراتین، بهبودهایی در پرس سینه و قدرت اسکات و توان خروجی مشاهده شد (۱۸). شایان ذکر است که آزمودنی ها در طول دوره مکمل سازی در یک برنامه تمرین مقاومتی شرکت نکردند، با این حال مزایای ارگوژنیک همچنان وجود داشت. اخیراً، در مطالعه آتاکان و همکاران^{۳۸}، فواید مشابهی در قدرت ایزومتریک پا در فوتبالیست های زن جوان پس از ۷ روز مصرف مکمل کراتین همراه با یک برنامه تمرین مقاومتی همزمان گزارش شده است (۱۹). چندین مورد از این مطالعات نشان داد که وقتی مکمل کراتین برای مدت طولانی تری همراه با یک برنامه قدرتی و آماده سازی ارائه شد، بهبود در شاخص های مختلف قدرت، توان عضلانی و ترکیب بدن گزارش شد. برای مثال، کریدر و همکاران پس از ۲۸ روز مصرف مکمل کراتین همراه با یک برنامه تمرینی مقاومتی/ چابکی، بهبودهای بیشتری را در توده بدون چربی، حجم تمرین و عملکرد دوی سرعت در بازیکنان فوتبال دانشگاهی گزارش کردند (۹، ۲۰). به طور مشابه، در مطالعه استون و همکاران، پس از ۵ هفته مصرف مکمل کراتین، دانشجویان سال اول و بازیکنان فوتبال دانشگاهی آمریکایی، افزایش بیشتری در امتیازات پرس روی نیمکت و اسکات در مقایسه با گروه دارونما نشان داده شد (۲۱). جالب توجه است، در یک مطالعه نونان و همکاران، که شامل بازیکنان فوتبال دانشگاهی شرکت کننده در یک برنامه ۸ هفته ای تمرینات قدرتی و آماده سازی بود، به ورزشکاران، کراتین در دو دوز مختلف (۱۰۰ و ۳۰۰ میلی گرم/ وزن بدن/ روز) بر اساس توده بدون چربی هر ورزشکار^{۳۹} (FFM) و دکستروز به عنوان دارونما به مدت ۸ هفته داده شد. نتایج نشان داد که هر دو گروه دریافت کننده کراتین افزایش توان قابل توجهی را در طول دوره تمرین تجربه کردند. با این حال، تنها گروه کراتین (۳۰۰ میلی گرم- ۰/۳ بر کیلوگرم/ وزن بدن) افزایش توان قابل توجهی را در مقایسه با گروه دارونما تجربه کردند. بنابراین، به نظر می رسد که دوز کراتین ممکن است عاملی مهم در امر مصرف آن برای برخی از ورزشکاران باشد (۲۲). دوره های طولانی تر مصرف مکمل های کراتین نیز همچنان امیدوارکننده بوده است، به طوری که، بمبین و همکاران بهبودهای بیشتر را در ۱ RM پرس سینه و اسکوات از پشت در بازیکنان فوتبال دانشگاهی در مقایسه با تمرین صرف

38 . Atakan and et al.

39 . Fat free mass.

40 . Bemben and et al.

- supplementation. 2000;32(3):706-17, Doi: <https://doi.org/10.1097/00005768-200003000-00024> .
- [6] Branch JD, Ijssn, metabolism e. Effect of creatine supplementation on body composition and performance: a meta-analysis. 2003;13(2):198-226, Doi: <https://doi.org/10.1123/ijsnem.13.2.198> .
- [7] Greenhaff P, Bodin K, Soderlund K, Hultman EJAJoP-E, Metabolism. Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis. 1994;266(5):E725-E30, Doi: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1994.266.5.E725> .
- [8] Hultman E, Soderlund K, Timmons J, Cederblad G, Greenhaff PJJJoap. Muscle creatine loading in men. 1996;81(1):232-7, Doi: <https://doi.org/10.1152/jappl.1996.81.1.232> .
- [9] Hickner RC, Dyck DJ, Sklar J, Hatley H, Byrd PJJotiSoSN. Effect of 28 days of creatine ingestion on muscle metabolism and performance of a simulated cycling road race. 2010;7(1):1-13, Doi: <https://doi.org/10.1186/1550-2783-7-26> .
- [10] Delpino FM, Figueiredo LM, Forbes SC, Candow DG, Santos HO. Influence of age, sex, and type of exercise on the efficacy of creatine supplementation on lean body mass: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. Nutrition. 2022 Nov 1;103:111791, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2022.111791> .
- [11] Desai I, Wewege MA, Jones MD, Clifford BK, Pandit A, Kaakoush NO, et al. The Effect of Creatine Supplementation on Resistance Training-Based Changes to Body Composition: A Systematic Review and Meta-analysis. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2022;10.1519, Doi:

عضلانی، استفاده از این مکمل در یک دوره زمانی مزمن (بیش از یک ماه) و برای ارتقای توان عضلانی، به کارگیری آن در یک دوره زمانی کوتاه مدت (کمتر از یک ماه) توصیه می شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از افرادی که ما را در پژوهش حاضر یاری نمودند، قدردانی می شود.

تعارض منافع: نویسندگان اعلام می دارند که هیچ گونه تعارض منافی در خصوص این مقاله وجود ندارد.

منابع

- [1] Kreider RBJM, biochemistry c. Effects of creatine supplementation on performance and training adaptations. 2003;244(1):89-94, Doi: <https://doi.org/10.1023/A:1022465203458> .
- [2] Finn JP, Ebert T, Withers R, Carey M, Mackay M, Phillips J, Febbraio MJEJoap. Effect of creatine supplementation on metabolism and performance in humans during intermittent sprint cycling. 2001;84(3):238-43, Doi: <https://doi.org/10.1007/s004210170011> .
- [3] Willoughby DS, Rosene JJM, Sports Si, Exercise. Effects of oral creatine and resistance training on myosin heavy chain expression. 2001;33(10):1674-81, Doi: <https://doi.org/10.1097/00005768-200110000-00010> .
- [4] Buford TW, Kreider RB, Stout JR, Greenwood M, Campbell B, Spano M, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: creatine supplementation and exercise. 2007;4(1):1-8, Doi: <https://doi.org/10.1186/1550-2783-4-6> .
- [5] Terjung RL, Clarkson P, Eichner E, Greenhaff P, Hespel P, Israel R, et al. American College of Sports Medicine roundtable. The physiological and health effects of oral creatine

- meta-analysis. Open access journal of sports medicine. 2017 Nov 2:213-26, Doi: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.2147/OAJSM.S123529>.
- [19] Gualano B, Rawson ES, Candow DG, Chilibeck PD. Creatine supplementation in the aging population: effects on skeletal muscle, bone and brain. Amino acids. 2016;48:1793-805, Doi: <https://doi.org/10.1007/s00726-016-2239-7>.
- [20] Candow DG, Chilibeck PD, Burke DG, Mueller KD, Lewis JD. Effect of different frequencies of creatine supplementation on muscle size and strength in young adults. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2011;25(7):1831-8, Doi: [10.1519/JSC.0b013e3181e7419a](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e7419a).
- [21] Cooper R, Naclerio F, Allgrove J, Jimenez A. Creatine supplementation with specific view to exercise/sports performance: an update. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2012;9:1-11, Doi: <https://doi.org/10.1186/1550-2783-9-33>.
- [22] Lanhers C, Pereira B, Naughton G, Trousselard M, Lesage F-X, Dutheil F. Creatine supplementation and upper limb strength performance: A systematic review and meta-analysis. Sports medicine. 2017;47(1):163-73, Doi: <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0337-4>.
- [23] Hultman E, Soderlund K, Timmons J, Cederblad G, Greenhaff P. Muscle creatine loading in men. Journal of applied physiology. 1996;81(1):232-7, Doi: <https://doi.org/10.1152/jappl.1996.81.1.232>.
- [24] Law YLL, Ong WS, GillianYap TL, Lim SCJ, Von Chia E. Effects of two and five days of creatine loading on muscular strength and anaerobic power in trained athletes. The Journal of Strength & Conditioning Research. <https://doi.org/10.1519/jsc.00000000000004862>.
- [12] Kerksick CM, Wilborn CD, Roberts MD, Smith-Ryan A, Kleiner SM, Jäger R, et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. 2018;15(1):1-57, Doi: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1186/s12970-018-0242-y%4010.1080/tfocoll.2022.0.issue-issn-position-stands>.
- [13] Williams MHJ. Facts and fallacies of purported ergogenic amino acid supplements. 1999;18(3):633-49, Doi: [https://doi.org/10.1016/S0278-5919\(05\)70173-3](https://doi.org/10.1016/S0278-5919(05)70173-3).
- [14] Suchomel TJ, Nimphius S, Stone MH. The importance of muscular strength in athletic performance. Sports medicine. 2016;46:1419-49, Doi: <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>.
- [15] BERMON, VENEMBRE, SACHET, VALOUR, DOLISI. Effects of creatine monohydrate ingestion in sedentary and weight-trained older adults. Acta Physiologica Scandinavica. 1998;164(2):147-55, Doi: <https://doi.org/10.1046/j.1365-201X.1998.00427.x>.
- [16] Rahmanpour AH, Afroundeh R. Comparing the effects of creatine malate, betaine and beta-alanine supplements on the performance of boxing athletes. Research in Exercise Nutrition. 2024, Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2024.140199.1040>.
- [17] Pinto CL, Botelho PB, Carneiro JA, Mota JF. Impact of creatine supplementation in combination with resistance training on lean mass in the elderly. Journal of cachexia, sarcopenia and muscle. 2016 Sep;7(4):413-21, Doi: <https://doi.org/10.1002/jcsm.12094>.
- [18] Chilibeck PD, Kaviani M, Candow DG, Zello GA. Effect of creatine supplementation during resistance training on lean tissue mass and muscular strength in older adults: a

- <https://doi.org/10.1097/00005768-199801000-00011> .
- [31] Jalal Rashid B ,Saedmocheshi S. The effect of creatine supplementation on factors related to morphological, speed-power, agility and anaerobic power indices of female futsal players. *Research in Exercise Nutrition*. 2023;2(3):10-1, Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2024.140069.1022> .
- [32] Stevenson SW, Dudley GA. Creatine loading, resistance exercise performance, and muscle mechanics. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2001;15(4):413-9, Doi: https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/2001/11000/Creatine_Loading,_Resistance_Exercise_Performance.3.aspx .
- [33] Zuniga JM, Housh TJ, Camic CL, Hendrix CR, Mielke M, Johnson GO, et al. The effects of creatine monohydrate loading on anaerobic performance and one-repetition maximum strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2012;26(6):1651-6, Doi: [10.1519/JSC.0b013e318234eba1](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318234eba1) .
- [34] Rawson ES, Volek JS. Effects of creatine supplementation and resistance training on muscle strength and weightlifting performance .*The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2003;17(4):822-31, Doi: https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/2003/11000/effects_of_creatine_supplementation_and_resistance.31.aspx .
- [35] Lanhers C, Pereira B, Naughton G, Trousselard M, Lesage F-X, Dutheil F. Creatine supplementation and lower limb strength performance: a systematic review and meta-analyses. *Sports Medicine*. 2015;45(9):1285-94, Doi: <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0337-4> .
- [36] Buford TW, Kreider RB, Stout JR, Greenwood M, Campbell B, Spano M, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: creatine 2009;23(3):906-14, Doi: [10.1519/JSC.0b013e3181a06c59](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a06c59) .
- [25] Sale C, Harris RC, Florance J, Kumps A, Sanvura R, Poortmans JR. Urinary creatine and methylamine excretion following 4× 5 g· day⁻¹ or 20× 1 g· day⁻¹ of creatine monohydrate for 5 days. *Journal of sports sciences*. 2009;27(7):759-66, Doi: <https://doi.org/10.1080/02640410902838237> .
- [26] Kreider RB. Effects of creatine supplementation on performance and training adaptations. *Molecular and cellular biochemistry*. 2003;244(1):89-94, Doi: <https://doi.org/10.1023/A:1022465203458> .
- [27] Harris RC, Söderlund K, Hultman E. Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clinical science*. 1992;83(3):367-74, Doi: <https://doi.org/10.1042/cs0830367> .
- [28] Kreider RB, Kalman DS, Antonio J, Ziegenfuss TN, Wildman R, Collins R, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2017;14(1):1-18, Doi: <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0173-z> .
- [29] Greenhaff PL, Bodin K, Soderlund K, Hultman E. Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 1994 May 1;266(5):E725-30, Doi: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1994.266.5.E725> .
- [30] Kreider RB, Ferreira M, Wilson M, Grindstaff P, Plisk S, Reinardy J, et al. Effects of creatine supplementation on body composition, strength, and sprint performance. *Medicine and science in sports and exercise*. 1998;30:73-82, Doi:

- on anaerobic performance, fatigue index and futsal specific performance test in elite futsal players in pre-season training. *Research in Exercise Nutrition*. 2022;1(2):43-52, Doi: 10.34785/J019.2023.005 .
- [42] Stone MH, Sanborn K, Smith LL, O'Bryant HS, Hoke T, Utter AC, et al. Effects of in-season (5 weeks) creatine and pyruvate supplementation on anaerobic performance and body composition in American football players. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 1999;9(2):146-65, Doi: <https://doi.org/10.1123/ijesn.9.2.146> .
- [43] Noonan D, Berg K, Latin RW, Wagner JC, Reimers K. Effects of varying dosages of oral creatine relative to fat free body mass on strength and body composition. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 1998;12(2):104-8, Doi: https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/1998/05000/Effects_of_Varying_Dosages_of_Oral_Creatine.9.aspx .
- [44] Bemben MG, Bemben DA, Loftiss DD, Knehans AW. Creatine supplementation during resistance training in college football athletes. *Medicine and science in sports and exercise*. 2001;33(10):1667-73, Doi: <https://doi.org/10.1097/00005768-200110000-00009> .
- [45] PEARSON DR, RUSSEL DG, HARRIS T. Long-term effects of creatine monohydrate on strength and power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 1999 Aug 1;13(3):187-92, Doi: https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/1999/08000/long_term_effects_of_creatine_monohydrate_on.1.asp .
- supplementation and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2007;4(1):6, Doi: <https://doi.org/10.1186/1550-2783-4-6> .
- [37] Demant T, Rhodes E. Effects of creatine supplementation on exercise performance. *Sports medicine*. 1999;28(1):49-60, Doi: <https://doi.org/10.2165/00007256-199928010-00005> .
- [38] Volek JS, Duncan ND, Mazzetti SA, Staron RS, Putukian M, Gomez A, et al. Performance and muscle fiber adaptations to creatine supplementation and heavy resistance training. *Medicine and science in sports and exercise*. 1999;31(8):1147-5, Doi: <https://doi.org/10.1097/00005768-199908000-00011> .
- [39] Del Favero S, Roschel H, Artioli G, Ugrinowitsch C, Tricoli V, Costa A, et al. Creatine but not betaine supplementation increases muscle phosphorylcreatine content and strength performance. *Amino Acids*. 2012;42(6):2299-305, Doi: <https://doi.org/10.1007/s00726-011-0972-5> .
- [40] Atakan MM, Karavelioğlu MB, Harmancı H, Cook M, Bulut S. Short term creatine loading without weight gain improves sprint, agility and leg strength performance in female futsal players. *Science & Sports*. 2019;34(5):321-7, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2018.11.003> .
- [41] Fijan A, Daryanosh FK, N. Hosseinienezhad, F. Foroozan, N. Mehrez, A. The effect of creatine and sodium bicarbonate supplementation