



Original Article

The Effect of Curcumin Supplementation on Muscle Damage Factors and Muscle Soreness After Exercise in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis

Fatemeh Kazeminasab^{1*}, Saeideh Ahmadinejad²

1, 2. Department of Physical Education, Faculty of Sports Science, University of Kashan, Kashan, Iran

Received: 10/12/2024, **Revised:** 15/03/2025, **Accepted:** 09/12/2024

*Corresponding author: Fatemeh Kazeminasab, Email: fkazeminasab@kashanu.ac.ir

How to Cite: Kazeminasab, F; Ahmadinejad, S. (2024). The Effect of Curcumin Supplementation on Muscle Damage Factors and Muscle Soreness After Exercise in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sport Physiology*, 16(63): 95-123. (In Persian).

Extended Abstract

Background and Purpose

Curcumin, the active compound in turmeric, is widely recognized for its anti-inflammatory and antioxidant properties. Numerous studies have explored the effects of curcumin supplementation on markers of muscle damage and post-exercise muscle soreness in athletes. However, findings have been inconsistent, with some research demonstrating significant benefits while others report negligible effects. These discrepancies may be attributed to variations in study design, curcumin dosage, exercise type, and participant characteristics. For instance, certain studies suggest higher doses of curcumin yield greater reductions in pain and inflammation, while others find similar efficacy at lower doses. The present study aimed to systematically evaluate the effects of curcumin supplementation on muscle damage markers and muscle soreness following exercise in adults. Specifically, the study sought to assess the impact of curcumin on biochemical markers such as creatine kinase (CK), lactate dehydrogenase (LDH), and myoglobin (MB), as well as on pain perception and muscle recovery time. Given the relevance of these outcomes for athletic performance and recovery, the results can inform evidence-based recommendations for curcumin use in sports nutrition and recovery protocols. Additionally, this analysis provides insight into the biochemical mechanisms by which curcumin may alleviate exercise-induced muscle damage and soreness, setting the stage for future research.

Materials and Methods

A systematic review and meta-analysis were conducted, encompassing articles published in reputable English and Persian databases up to March 2024. The search strategy targeted studies investigating the effects of curcumin supplementation on muscle pain and muscle injury markers. Inclusion criteria focused on studies reporting serum levels of CK, LDH, and MB, as well as range of motion (ROM) and subjective muscle soreness. These markers are established indicators of muscle injury and recovery, with changes in their levels reflecting the severity of muscle



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC-ND: No Derivatives) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

damage and the efficacy of recovery interventions. Data extraction included study design, participant characteristics, curcumin dosage, intervention duration, and outcome measures. Advanced statistical techniques were employed, calculating Weighted Mean Difference (WMD) and Standardized Mean Difference (SMD) for each outcome, alongside 95% Confidence Intervals (CI) to assess precision and validity. The Random Effects Model was utilized to account for heterogeneity across studies, providing a more robust estimate of curcumin's true effect. This approach allowed for the integration of diverse study designs and populations, enhancing the generalizability of the findings and supporting practical recommendations for curcumin supplementation in athletic contexts.

Results

A total of 23 studies, including 564 subjects, met the inclusion criteria and were incorporated into the meta-analysis. The primary analysis revealed that curcumin supplementation led to a significant reduction in muscle soreness [WMD = -0.86 (95% CI: -1.08 to -0.64), $P = 0.001$], serum CK [SMD = -0.58 ng/ml (95% CI: -0.84 to -0.33), $P = 0.001$], serum LDH [SMD = -0.65 (95% CI: -1.02 to -0.28), $P = 0.001$], and serum myoglobin [WMD = -14.36 ng/ml (95% CI: -25.04 to -3.67), $P = 0.008$] compared to control groups at all measured time points post-exercise. Additionally, curcumin supplementation resulted in a significant increase in ROM [SMD = 0.67 (95% CI: 0.14 to 1.21), $P = 0.01$] at 72 hours post-exercise. These findings suggest that curcumin not only mitigates biochemical markers of muscle damage but also enhances functional recovery, as evidenced by improved ROM.

Further analysis demonstrated that serum LDH levels were significantly reduced [SMD = -0.65, 95% CI: -1.02 to -0.28, $P = 0.001$], indicating a protective effect against muscle cell damage. Serum myoglobin, another marker of muscle injury, was also significantly decreased [WMD = -14.36 ng/ml, 95% CI: -25.04 to -3.67, $P = 0.008$], supporting the role of curcumin in attenuating muscle fiber breakdown. The increase in ROM suggests enhanced recovery and a quicker return to baseline function, which is particularly relevant for athletes seeking to minimize downtime and prevent further injury. Subgroup analyses revealed that the benefits of curcumin were consistent across different doses, intervention durations, and participant training statuses, although prolonged supplementation and pre-emptive low-dose regimens appeared most effective for reducing muscle soreness and enhancing ROM. Immediate post-exercise supplementation was most beneficial for reducing CK and LDH levels.

Conclusions

The results of this meta-analysis demonstrate that curcumin supplementation significantly reduces muscle soreness and biochemical markers of muscle damage following exercise. Specifically, curcumin intake is associated with lower serum levels of CK, LDH, and myoglobin, as well as improved range of motion in the days following strenuous activity. These findings provide robust evidence for the efficacy of curcumin as a nutritional intervention to support muscle recovery and reduce pain in athletes and physically active adults. The observed reductions in muscle damage markers suggest that curcumin may accelerate the healing process and facilitate a quicker return to training, potentially allowing for higher training intensities and improved performance. The improvement in ROM further underscores curcumin's role in functional recovery and injury prevention. Given the favorable safety profile and accessibility of curcumin, these results support its inclusion in sports nutrition and recovery programs. Future research should explore optimal dosing strategies, timing of supplementation, and the long-term effects of curcumin use in diverse athletic populations.

Keywords: exercise training, curcumin, creatine kinase, lactate dehydrogenase, myoglobin, muscle soreness after exercise

Article Message

Curcumin supplementation reduces muscle soreness and muscle damage factors after exercise. Additionally, it improves range of motion and may help prevent sports injuries in athletes.

Authors' Contributions

All authors contributed to the design, execution, and writing of all sections of this study.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement

We would like to thank the authors who provided the data of their studies.





Ministry of Science, Research and Technology
Sport Sciences Research Institute

فیزیولوژی ورزشی

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



نوع مقاله: پژوهشی

اثر مکمل کورکومین بر فاکتورهای آسیب عضلانی و درد عضلانی پس از ورزش در بزرگسالان: یک مرور نظام‌مند و فراتحلیل

فاطمه کاظمی نسب*^۱ ID، سعیده احمدی نژاد^۲ ID

۱ و ۲. گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۲۳، تاریخ اصلاح: ۱۴۰۳/۱۲/۱۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۱۹

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

نحوه ارجاع دهی: کاظمی نسب، فاطمه و احمدی نژاد، سعیده. (۱۴۰۳). اثر مکمل کورکومین بر فاکتورهای آسیب عضلانی و درد عضلانی پس از ورزش در بزرگسالان: یک مرور نظام‌مند و فراتحلیل. فیزیولوژی ورزشی، ۱۶(۶۳): ۹۵-۱۲۳.

چکیده

چندین مطالعه اثر مکمل کورکومین را بر فاکتورهای آسیب عضلانی و درد عضلانی پس از ورزش ورزشکاران بررسی کرده‌اند. کورکومین که ماده فعال موجود در زردچوبه است، به دلیل خواص ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی‌اش شناخته می‌شود؛ بااین‌حال، نتایج برخی از مطالعات حاکی از آن است که مکمل کورکومین مزایای زیادی برای درد عضلانی پس از ورزش ندارد. این تناقض‌ها در نتایج مطالعات مختلف ممکن است به دلیل تفاوت در طراحی تحقیق، دوز مصرفی کورکومین، نوع فعالیت ورزشی و ویژگی‌های شرکت‌کنندگان باشد. هدف پژوهش حاضر، بررسی اثر مکمل کورکومین بر فاکتورهای آسیب عضلانی و درد عضلانی پس از ورزش در بزرگسالان بود. در این پژوهش، جستجوی سیستماتیک مقالات منتشرشده از پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر انگلیسی و فارسی تا مارس ۲۰۲۴ به‌منظور بررسی اثر مکمل کورکومین بر درد عضلانی و فاکتورهای آسیب عضلانی انجام شد. فاکتورهای بررسی‌شده شامل اندازه‌های سرمی کراتین کیناز (CK)، لاکتات دهیدروژناز (LDH) و میوگلوبین (MB) بودند. همچنین دامنه حرکتی (Range of Motion - ROM) به‌عنوان یکی از معیارهای مهم در ارزیابی عملکرد عضلانی و توانایی فرد در انجام حرکات روزمره مدنظر قرار گرفت. برای تحلیل داده‌ها از روش‌های آماری پیشرفته استفاده شد. تفاوت میانگین وزنی (Weighted Mean Difference-WMD) و تفاوت میانگین استانداردشده (Standardized Mean Difference-SMD) به‌عنوان معیارهای اصلی برای ارزیابی تأثیر کورکومین بر فاکتورهای آسیب عضلانی و درد عضلانی محاسبه شدند. در مجموع، ۲۳ مطالعه شامل ۵۶۴ آزمودنی وارد فراتحلیل حاضر شد. نتایج تحلیل اصلی نشان داد که مکمل کورکومین سبب کاهش معنادار درد عضلانی [$P=0/001$ ، $WMD = -0/86$ (الی $0/64$)، CK سرمی [$P=0/001$ ، $SMD = -0/84$ (الی $-0/33$)، LDH سرمی [$P=0/001$ ، $SMD = -0/58$ (الی $-0/33$)، LDH سرمی [$P=0/001$ ، $SMD = -0/65$ (الی $-0/28$)، $WMD = -14/36$ ng/ml (الی $3/67$)، $P=0/008$] و میوگلوبین سرمی [$P=0/001$ ، $SMD = -0/65$ (الی $-0/28$)، $WMD = -14/36$ ng/ml (الی $3/67$)، $P=0/008$] را کاهش داد. همچنین کورکومین سبب افزایش معنادار ROM برای تمام زمان‌های اندازه‌گیری‌شده پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل شد. همچنین کورکومین سبب افزایش معنادار ROM [$P=0/01$ ، $SMD = 0/14$ (الی $0/21$)، $P=0/01$] در زمان ۷۲ ساعت پس از ورزش، در مقایسه با گروه کنترل شد. نتایج نشان داد که مکمل کورکومین سبب کاهش درد عضلانی و فاکتورهای آسیب عضلانی پس از ورزش می‌شود. تحلیل داده‌ها نشان داد که مصرف کورکومین می‌تواند به طور معناداری سطوح آنزیم‌های سرمی مانند کراتین کیناز (CK) و لاکتات دهیدروژناز (LDH) را کاهش دهد. نتایج نشان داد که کورکومین نه تنها به کاهش درد عضلانی کمک می‌کند، بلکه دامنه حرکتی (ROM) را نیز بهبود می‌بخشد.



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC-ND: No Derivatives) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

این بهبود در دامنه حرکتی به ورزشکاران کمک می‌کند تا سریع‌تر به فعالیت‌های روزمره و تمرینات ورزشی خود بازگردند و از بروز آسیب‌های بعدی جلوگیری کنند.

واژگان کلیدی: تمرین ورزشی، کورکومین، کراتین کیناز، لاکتات دهیدروژناز، میوگلوبین، درد عضلانی پس از ورزش

مقدمه

اجرای تمرینات ورزشی سنگین و در معرض قرار گرفتن انقباضات برون‌گرای شدید می‌تواند به اختلال در عملکرد عصبی عضلانی، کاهش دامنه حرکتی و درد عضلانی منجر شود (۱). آسیب عضلانی با اختلال سارکولما، تورم یا اختلال در سیستم سارکوتوبولار، تغییر شکل اجزای انقباضی میوفیبریل، آسیب اسکلت سلولی و ناهنجاری‌های ماتریکس میوفیبریل خارج سلولی مشخص می‌شود (۲). تغییرات مورفولوژیک ناشی از انقباضات برون‌گرا منجر به پاسخ‌های التهابی می‌شود (۳). التهاب و استرس اکسیداتیو موجب تجمع نوتروفیل‌ها و افزایش تولید آنزیم‌های اکسیداتیو، سیتوکین‌ها و کموکاین‌ها (پروتئین‌های سیگنالی) از عضلات آسیب دیده می‌شود که در نهایت بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بدن غلبه می‌کند و منجر به آسیب عضلانی می‌شود (۴، ۵). در آسیب‌های عضلانی غلظت آنزیم‌های پلازما از جمله کراتین کیناز، لاکتات دهیدروژناز و آسپارات آمینوترانسفراز به علت نشت مایع در خارج از سلول افزایش می‌یابد. این پروتئین‌ها بر قدرت عضلانی تأثیر منفی می‌گذارند؛ بنابراین به‌عنوان نشانگرهای زیستی آسیب عضلانی شناخته می‌شوند (۶، ۷). افزایش سطح برادی کینین، لوکوترین‌ها و پروستاگلاندین‌ها و تجمع سلول‌های التهابی در محل آسیب به طور هم‌زمان باعث ایجاد درد در محل آسیب می‌شود (۸). مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی از جمله رویکردهای محبوب برای کاهش پاسخ‌های التهابی ناشی از ورزش‌های شدید هستند (۹). در سازمان غذا و داروی ایالات متحده، کورکومین یک عامل بی‌خطر شناخته شده و مکمل‌های حاوی کورکومین را برای مصرف انسان تأیید کرده است (۱۰). کورکومین که از ریشه گیاه کورکوما گرفته شده، یک نوع پلی فنول است و به‌وفور در زردچوبه یافت می‌شود (۱۱). این مکمل به‌عنوان عوامل ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی، و ضد سرطان شناخته شده است (۱۲). مطالعات اخیر نشان داده‌اند که مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم کورکومین قبل از دوی ماراتون توانسته درد و عملکرد عضلانی را بعد از دویدن کاهش دهد (۷). مطالعه مالارد و همکاران نشان داد که مکمل کورکومین با کاهش التهاب و CK^۱ باعث کاهش DOMS^۲ (درد عضلانی) پس از دویدن در سراسی^۳ می‌شود (۱۳). مطالعه فریا و همکاران نشان داد که شرکت‌کنندگان در گروه کورکومین غلظت میوگلوبین کمتری نسبت به گروه پلاسبو داشتند که نشان‌دهنده کاهش آسیب عضلانی پس از تمرینات ورزشی است (۷). مقاله فراتحلیل فانگ (۱۴) با ۹ مطالعه و با ۲۲۰ آزمودنی نشان داد که ورزش به کاهش معنادار غلظت CK و شاخص درد عضلانی منجر شد. از آنجاکه در این مقاله از دیگر شاخص‌های درد عضلانی تنها کراتین کیناز بررسی شده است و همچنین به دلیل ناهمگونی و نبود تجانس زیاد، پیشنهاد می‌شود فراتحلیلی با سنجش شاخص‌های درد عضلانی و همچنین تعداد مطالعات بیشتر انجام شود. در مقاله فراتحلیل پیشین با ۱۱ مطالعه و با ۳۹۱ آزمودنی نشان داده شد، اندازه اثر مکمل کورکومین برای DOMS و فاکتور التهابی اینترلوکین-۶ (IL-6) پس از ورزش‌های شدید، از نظر آماری معنادار نبود و تأکید شد به انجام تحقیقات بیشتری برای بررسی دقیق وجود اثر این مکمل نیاز است (۱۵).

1. Creatin Kinase

2. Delayed Onset Muscle Soreness

3. Downhill running

این دو فراتحلیل با هدف بررسی اثر مکمل کورکومین بر فاکتورهای آسیب عضلانی و درد عضلانی پس از ورزش در بزرگسالان انجام شدند؛ اما به دلیل تعداد مطالعه و آزمودنی کم، نبود مطالعات پژوهشی فارسی، بررسی نکردن بعضی از فاکتورهای درد عضلانی و همچنین نبود نتایج کامل از دامنه حرکتی، انجام کاوش نظام‌مند و فراتحلیل برای به‌روزرسانی فراتحلیل‌های پیشین اهمیت و ضرورت یافت؛ ازاین‌رو هدف پژوهش حاضر، بررسی اثر مکمل کورکومین بر فاکتورهای آسیب عضلانی و درد عضلانی پس از ورزش در بزرگسالان بود.

روش پژوهش

روش جستجوی مقالات

مطالعه مرور نظام‌مند و فراتحلیل حاضر براساس دستورالعمل PRISMA^۱ انجام شد (۴۸). برای استخراج مقالات، جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی Scopus، Web of Science و PubMed تا مارس سال ۲۰۲۴ (بدون محدود کردن سال انتشار) برای مقالات انگلیسی با استفاده از کلمات کلیدی "curcumin" or "Curcuma longa" or "antioxidant supplements" or "antioxidants" AND ("Exercise" or "training" or "Exercise training" or "Physical Activity" or "physical exercise" or "eccentric exercise" or "strength training" or "resistance training" or "endurance training" or "aerobic exercise" or "strenuous exercise" or "exercise performance" or "muscle performance" or "sports performance" or "muscle recovery" or "sports fatigue" or "athletes" or "athlete") AND ("Muscle soreness" or "muscle damage" 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 aminotransferase" or "serum glutamic-pyruvic transaminase" or "aspartate aminotransferase" or "serum glutamic-oxaloacetic transaminase" or "recovery" or "injury*" or "muscle*" or "perform*" or "recover*" or "muscle enzyme activity") AND ("Controlled trial" or "randomized" or "randomized" or "random" or "randomly" or "randomized clinical trial" or "RCT" or "blinded" or "double blind" or "double blinded" or "trial" or "controlled clinical trial" or "crossover procedure" or "cross-over trial" or "double blind procedure" or "equivalence trial") انجام شد (جدول پیوست ۱). شایان ذکر است که جستجو برای هر کلیدواژه به‌صورت نام کامل و اختصاری به‌صورت جداگانه و ترکیبی با کلیدواژه‌های دوم یا سوم انجام شد. همچنین جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی Magiran و مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID) برای مقالات فارسی تا اسفند ۱۴۰۲ با استفاده از کلمات کلیدی «کورکومین»، «کورکوما لونگا»، «فعالیت بدنی»، «تمرینات قدرتی»، «تمرین برون‌گرا»، «تمرینات اکسنتریک»، «کراتین کیناز»، «درد عضلانی»، «لاکتات دهیدروژناز»، «میوگلوبین» و «دامنه حرکتی» انجام شد. همچنین جستجو به روش دستی در Google Scholar صورت گرفت. جستجوی پایگاه‌های اطلاعاتی براساس استراتژی جستجو، یکسان به‌صورت مستقل توسط دو محقق انجام شد. نتایج جستجوی هر دو محقق یکسان بود.

استخراج داده‌ها

پس از بررسی کامل تمام مقالات، داده‌های درد عضلانی و فاکتورهای آسیب عضلانی (LDH، CK) و میوگلوبین و دامنه حرکتی (ROM) توسط دو نویسنده به‌طور مستقل استخراج شد. اطلاعات مربوط به نوع مطالعه، نویسنده اول، سال انتشار، تصادفی یا غیرتصادفی بودن، تعداد نمونه، کیفیت مطالعه و ویژگی‌های آزمونی‌ها شامل سن، جنسیت و پروتکل تمرینی مختلف (نوع مداخله، طول مداخله، تعداد جلسات در هفته و شدت تمرین) استخراج شد. در صورت نبود داده‌های کافی برای انجام فراتحلیل، از طریق ایمیل با نویسنده مسئول مکاتبه صورت گرفت و داده‌های موردنیاز مطالعه فراتحلیل

1. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

حاضر دریافت شد. همچنین در صورت پاسخگونی بودن یا دریافت نشدن پیامی از سوی نویسنده مقاله، استخراج داده‌ها از نمودار مقالات با استفاده از گت دیتا^۱ یا تخمین انحراف استاندارد (SD^2) از خطای استاندارد میانگین (SEM^3) صورت گرفت (۴۶، ۱۷، ۱۶).

معیارهای ورود به مطالعه و خروج از آن

برای انجام پژوهش فراتحلیل، مقالات با مشخصات زیر وارد مطالعه شدند: ۱- مطالعات منتشرشده به زبان انگلیسی و فارسی؛ ۲- مطالعات انجام‌شده روی بزرگسالان سالم؛ ۳- مطالعاتی که تأثیر مکمل کورکومین را بر گروه‌های مداخله (تمرین ورزشی و کورکومین) و یا گروه کنترل (تمرین ورزشی به تنهایی) را بررسی و مقایسه کردند؛ ۴- مطالعاتی که انواع تمرینات ورزشی را بررسی کردند؛ ۵- مطالعاتی که متغیرهای درد عضلانی و فاکتورهای آسیب عضلانی (کراتین کیناز CK، لاکتات دهیدروژناز LDH و میوگلوبین MB) و دامنه حرکتی (ROM) را بررسی کردند؛ ۶- مطالعات تصادفی بالینی کارآزمایی‌شده (RCT) و متقاطع (Cross-over). معیارهای خروج از فراتحلیل حاضر شامل مقالات حیوانی، پایان‌نامه، مقالات همایشی و مطالعات انجام‌شده روی سالمندان (بیشتر از ۷۰ سال) یا کودکان و نوجوانان (کمتر از ۱۸ سال)، مطالعات فاقد گروه کنترل و مطالعاتی که داده‌های کافی نداشتند، بود. دو محقق بررسی اولیه مقالات را به صورت مستقل انجام دادند.

جدول ۱- ویژگی آزمودنی‌ها و مداخله

Table 1- Characteristics of subjects and intervention

سال مطالعه	نوع مطالعه	ویژگی‌های آزمودنی‌ها	سن (سال) انحراف معیار $\pm$ میانگین	BMI	گروه‌ها	متغیرها	نوع مکمل و دوز مصرف	نوع تمرین شدت و مدت زمان تمرین	تعداد جلسات تمرین در هفته
۲۰۲۱ (۱۱)	کارآزمایی بالینی	زنان سالم	کورکومین 21 ± 2 کنترل 21 ± 2	کورکومین 21.75 ± 3.22 کنترل 22.20 ± 3.24	گروه کورکومین گروه کنترل	لاکتات دهیدروژناز	۵۰۰ میلی گرم کورکومین در روز، ساعت در روز، به مدت ۸ هفته	پیاده روی یا شنا به مدت حداقل ۱ ساعت در روز، به مدت ۸ هفته	۳ روز
۲۰۲۰ (۷)	کارآزمایی بالینی	مردان سالم	کورکومین 34 ± 2 کنترل 36 ± 2	کورکومین 24 ± 0.7 کنترل 24.5 ± 0.9	گروه کورکومین گروه کنترل	کراتین کیناز لاکتات دهیدروژناز میوگلوبین	۳ کپسول کورکومین در روز، هر کدام ۵۰۰ میلی گرم	مسابقه نیمه ماراثن (۲۱ کیلومتر) ۲۹ روز	۲۹ روز
۲۰۱۴ (۳۸)	کارآزمایی بالینی	مردان سالم	گروه کورکومین 32.7 ± 12.3 کنترل: 38.1 ± 11.1	گروه کورکومین 24.4 ± 1.0 کنترل 24.8 ± 1.7	گروه کورکومین گروه کنترل	کراتین کیناز	۱ گرم کورکومین دو بار در روز (۲۰۰ میلی گرم)	دویدن روی تردمیل با شیب منفی و با سرعت ثابت به مدت ۴۵ دقیقه	۴ روز

1. Getdata
2. Standard Deviation
3. Standard Error of the Mean
4. Faria
5. Drobicn

جدول ۱- ویژگی آزمودنی‌ها و مداخله

Table 1- Characteristics of subjects and intervention

سال مطالعه	نوع مطالعه	ویژگی‌های آزمودنی‌ها	سن (سال) انحراف معیار $\pm$ میانگین	BMI	گروه‌ها	متغیرها	نوع مکرمل و دوز مصرف	نوع تمرین شدت و مدت زمان تمرین	تعداد جلسات تمرین در هفته
گوجازده ^۱ و همکاران، 2020 (44)	کارآزمایی بالینی	مردان سالم	گروه کور کومین 22.21 ± 0.44 گروه کنترل 22.30 ± 0.96	گروه کور کومین 22.96 ± 2.96 گروه کنترل 22.69 ± 1.00	گروه کراتین گروه کور کومین گروه لاکتات کنترل دهیدروژناز	روزانه 4 گرم (2 گرم) کور کومین، دو بار در روز	مسابقات رسمی تکواندو 3 راند هر 2 دقیقه و 1 دقیقه استراحت بین راندها)	-	
هیلمن ^۲ و همکاران، 2021 (42)	کارآزمایی بالینی	افراد سالم	گروه کور کومین 22 ± 1 گروه کنترل 21 ± 2	گروه کور کومین 25.2 ± 4.5 گروه کنترل 25.6 ± 1.7	گروه کراتین گروه کور کومین گروه درد کنترل عضلانی	500 میلی گرم کور کومین دو بار در روز به مدت 10 روز	انجام 5 ست 20 پرس از یک سکوی 60 سانتی متری با استراحت غیرفعال 60 ثانیه‌ای در بین ست‌ها، در مجموع 100 پرس	10 روز	
بای ^۳ و همکاران، 2023 (39)	غیرتصادفی	مردان سالم	گروه کور کومین 17 ± 1 گروه کنترل 17 ± 1	گروه کور کومین 23 ± 3 گروه کنترل 22 ± 3	گروه کراتین گروه کور کومین گروه درد کنترل عضلانی	دریافت کور کومین 1200 میلی گرم در روز	تمرین هوازی (تنیس و فوتبال) و تمرینات کششی	12 هفته	
کوسنانیک ^۴ و همکاران، 2023 (43)	کارآزمایی بالینی	مردان سالم	گروه کور کومین 23.22 ± 1.78 گروه کنترل 23.11 ± 1.69	گروه کور کومین 21.15 ± 2.95 گروه کنترل 23.80 ± 3.01	گروه کراتین گروه کور کومین گروه کنترل	400 میلی گرم کور کومین در روز	تمرین بدنی با شدت بالا، در قالب تمرینات اسکوات و پرس پا با شدت 80 تا 90 درصد حداکثر توانایی	-	

1. Ghojzadeh

2. Hillman

3. Bai

4. Kusnanik

جدول ۱- ویژگی آزمودنی‌ها و مداخله

Table 1- Characteristics of subjects and intervention

سال مطالعه	نوع مطالعه	ویژگی‌های آزمودنی‌ها	سن (سال) انحراف معیار $\pm$ میانگین	BMI	گروه‌ها	متغیرها	نوع مکمل و دوز مصرف	نوع تمرین شدت و مدت زمان تمرین	تعداد جلسات تمرین در هفته
مالارد ^۱ و همکاران، 2021 (31)	کارآزمایی بالینی	مردان سالم	گروه کورکومین 26 ± 5 گروه کنترل 26 ± 4	گروه کورکومین 25.51 ± 2.25 گروه کنترل 25.61 ± 2.77	گروه کورکومین گروه کنترل	کراتین کیناز لاکتات دهیدروژناز میوگلوبین	500 میلی گرم کورکومین در روز	انجام تمرینات مقاومتی اندام تحتانی تا حد خستگی	-
امسیفارلین ^۲ و همکاران، 2023 (32)	کارآزمایی بالینی	مردان سالم	گروه کورکومین 20 ± 1 گروه کنترل 19 ± 2	گروه کورکومین 22.7 ± 3.5 گروه کنترل 22.3 ± 1.9	گروه کورکومین گروه کنترل	کراتین کیناز درد عضلانی	400 میلی گرم کورکومین در روز	6 ست از 10 تکرار تمرین پرس پا با شدت 110 درصد 1RM	-
روحی ^۳ و همکاران، 2016 (33)	مقاطع	مردان سالم	گروه کورکومین گروه کنترل	گروه کورکومین گروه کنترل	گروه کورکومین گروه کنترل	کراتین کیناز درد عضلانی	150 میلی گرم کورکومین در روز	انجام تمرینات (7 ست 20 اسکوات با سرعت کمتر از 50 درصد 1RM)	-
نیکل ^۴ و همکاران، 2015 (34)	مقاطع	مردان سالم	گروه کورکومین گروه کنترل	گروه کورکومین گروه کنترل	گروه کورکومین گروه کنترل	کراتین کیناز درد عضلانی	5 کپسول حاوی 2.5 گرم کورکومین دو بار در روز به مدت 2.5 روز پس از تمرین	انجام یک پروتکل متشکل از 7 ست از 10 تکرار غیرعادی پرس تک پا بر روی دستگاه پرس ساق پا	-

1. Mallard
2. McFarlin
3. Roohi
4. Nicol

جدول ۱- ویژگی آزمودنی‌ها و مداخله

Table 1- Characteristics of subjects and intervention

سال مطالعه	نوع مطالعه	ویژگی‌های آزمودنی‌ها	سن (سال) انحراف معیار $\pm$ میانگین	BMI	گروه‌ها	متغیرها	نوع مکمل و دوز مصرف	نوع تمرین شدت و مدت زمان تمرین	تعداد جلسات تمرین در هفته
جاجر ^۱ و همکاران، 2019 (13)	کارآزمایی بالینی	مردان سالم زنان سالم	گروه ۵۰ گرم کور کومین 21.4 $\pm$ 2.4 گروه ۲۰۰ گرم کور کومین 21.6 $\pm$ 2.3	گروه ۵۰ گرم کور کومین 23.9 $\pm$ 3.5 گروه ۲۰۰ گرم کور کومین 23.6 $\pm$ 3.1 گروه کنترل 23.9 $\pm$ 2.6	گروه ۵۰ گرم کور کومین 23.9 $\pm$ 2.6	درد عضلانی	گروه دوز پایین کور کومین: 50 گرم کور کومین در روز	دویدن در یک سراسیمه به مدت 45 دقیقه و سرعت 65% VO2Max	-
باشام ^۲ و همکاران، 2019 (40)	مقاطع	مردان سالم	گروه کور کومین 21.7 $\pm$ 2.9 گروه کنترل 21.7 $\pm$ 2.9	گروه کور کومین --- گروه کنترل ---	گروه کور کومین کنترل	کراتین کیناز درد عضلانی	1.5 گرم کور کومین در روز	15 دقیقه نشستن مداوم را با یک پا در ارتفاع 42 سانتی متری با 15 تکرار	28 روز
کارداسکی ^۳ و همکاران، 2020 (41)	کارآزمایی بالینی	مردان سالم زنان سالم	گروه کور کومین 20.91 $\pm$ 1.04 گروه کنترل 21.33 $\pm$ 1.07	گروه کور کومین --- گروه کنترل ---	گروه کور کومین کنترل	درد عضلانی	هر دو گروه 2 گرم از مکمل کور کومین و 20 میلی گرم پیپرین را برای 11 روز متوالی مصرف کردند.	دویدن روی تردمیل با شیب منفی به مدت 45 دقیقه با شدت 60% VO2max	11 روز
تانابه ^۴ و همکاران، 2015 (37)	مقاطع	مردان سالم	گروه کور کومین 23.5 $\pm$ 2.3 گروه کنترل 23.5 $\pm$ 2.3	گروه کور کومین --- گروه کنترل ---	گروه کور کومین کنترل	کراتین کیناز درد عضلانی دامنه حرکتی	150 میلی گرم کور کومین در روز	انجام دو نوبت تمرین برای خم کننده‌های آرنج روی یک دینامومتر به مدت 4 هفته	4 هفته

1. Jäger
2. Basham
3. Cardaci
4. Tanabe

جدول ۱- ویژگی آزمودنی‌ها و مداخله

Table 1- Characteristics of subjects and intervention

سال مطالعه	نوع مطالعه	ویژگی‌های آزمودنی‌ها	سن (سال) انحراف معیار $\pm$ میانگین	BMI	گروه‌ها	متغیرها	نوع مکمل و دوز مصرف	نوع تمرین شدت و مدت زمان تمرین	تعداد جلسات تمرین در هفته
تانابه و همکاران، 2019 (36)	کارآزمایی بالینی	مردان سالم	گروه کورکومین 8.28 ± 6.3 گروه کنترل 8.28 ± 6.3	گروه کورکومین ---	گروه کورکومین گروه کنترل	کراتین کیناز درد عضلانی دامنه حرکتی	180 میلی گرم کورکومین در روز	30 انقباض ایزوکتیک حداکثر (120) درجه در ثانیه	10 روز
تانابه و همکاران، 2018 (35)	مقاطع	مردان سالم	گروه کورکومین ---	گروه کورکومین ---	گروه کورکومین گروه کنترل	کراتین کیناز درد عضلانی دامنه حرکتی	180 میلی گرم کورکومین در روز	انجام دو جلسه تمرین فلکسورهای آرنج روی یک دینامومتر به مدت 4 هفته	14 روز
چوی ^۱ و همکاران، 2023 (24)	مقاطع	زنان سالم	گروه کورکومین 20.0 ± 2.0 گروه کنترل 20.0 ± 2.0	گروه کورکومین 22.1 ± 0.9 گروه کنترل 22.1 ± 0.9	گروه کورکومین گروه کنترل	کراتین کیناز میوگلوبین لاکتات دهیدروژناز	270 میلی گرم کورکومین در روز 2 طول هفته	انجام تمرینات فوتبال پیش فصل، تمرینات فوتبال و قدرتی	2 هفته
صمدی و همکاران، 2019 (30)	کارآزمایی بالینی	مردان سالم	مکمل یک روزه 20.6 ± 3.2 مکمل پنج روزه 21.2 ± 2.6 کنترل 22.7 ± 1.5	مکمل یک روزه 24.40 ± 0.73 مکمل پنج روزه 23.71 ± 0.82 کنترل 23 ± 1.5	مکمل یک روزه مکمل پنج روزه دارونما	کراتین کیناز لاکتات دهیدروژناز درد عضلانی	گروه مکمل یک روزه گروه مکمل یک روزه گروه مکمل یک روزه گروه مکمل یک روزه گروه مکمل یک روزه گروه مکمل یک روزه	حرکت خم شدن زانو با وزن‌های معادل 70 درصد 1RM	-
محمودی حمیدآباد و همکاران، 2018 (29)	مقاطع	مردان سالم	گروه کورکومین 25 ± 1.6 گروه کنترل 25 ± 1.6	گروه کورکومین ---	گروه کورکومین گروه کنترل	آنزیم لاکتات دهیدروژناز دامنه حرکتی درد عضلانی	150 میلی گرم کورکومین	حرکت اسکات 7 ست با 20 تکرار با 50 درصد 1RM	-
غنی‌وند و همکاران، 2017 (28)	مقاطع	مردان سالم	گروه کورکومین 25 ± 1.6	گروه کورکومین ---	گروه کورکومین	دامنه حرکتی	150 میلی گرم کورکومین	آزمودنی‌ها تعداد 20 تکرار در 7	-

1. Choi

فیزیولوژی ورزشی، پاییز ۱۴۰۳، دوره ۱۶، شماره ۶۳

جدول ۱- ویژگی آزمودنی‌ها و مداخله

Table 1- Characteristics of subjects and intervention

سال مطالعه	نوع مطالعه	ویژگی‌های آزمودنی‌ها	سن (سال) انحراف معیار $\pm$ میانگین	BMI	گروه‌ها	متغیرها	نوع مکمل و دوز مصرف	نوع تمرین شدت و مدت زمان تمرین	تعداد جلسات تمرین در هفته
عسجدی و همکاران، 2020 (27)	تصادفی دوسوکور	مردان سالم	گروه کنترل 25 $\pm$ 1.6	گروه کنترل ---	گروه کنترل	کراتین کیناز درد عضلانی	نوبت و با 50 درصد 1RM حرکت اسکات را انجام دادند.	5 روز	
احمدزاده و همکاران، 2021 (26)	تصادفی	مردان سالم	گروه کورکومین 23.6 $\pm$ 2.1	گروه کورکومین ---	گروه کورکومین	کراتین کیناز لاکتات دهیدروژناز درد عضلانی	1000 میلی گرم کورکومین	حرکت پرس پا با وزن‌های معادل 70 درصد RM	8 هفته
	تصادفی	مردان سالم	گروه کورکومین 26.06 $\pm$ 3.88	گروه کورکومین 24.4 $\pm$ 3.17	گروه کورکومین	کراتین کیناز گروه کنترل	150 میلی گرم قرص کورکومین	یک جلسه تمرین قدرتی حاد دایره‌ای در 5 ایستگاه و سه ست 75 درصد 1RM	

بررسی کیفیت مقالات

دو نویسنده به‌طور مستقل نیز کیفیت مقالات را بررسی کردند. ارزیابی کیفیت مطالعات با استفاده از چک‌لیست ۹ سؤال پدرو^۱ انجام شد (۲۱). معیارهای ارزیابی عبارت بود از: ۱- مشخص بودن ضوابط واجد شرایط بودن آزمودنی‌ها؛ ۲- اختصاص شرکت‌کنندگان به‌طور تصادفی به گروه‌های مختلف؛ ۳- آشنایی نداشتن شرکت‌کنندگان با گروه‌بندی‌هایشان؛ ۴- یکسان بودن آزمودنی‌ها در شروع مداخله برای متغیرهای اصلی پژوهش در گروه‌های مختلف مطالعه، به‌طوری‌که متغیرهای اصلی پژوهش در شروع مداخله تفاوت معناداری نداشته باشند؛ ۵- وجود ارزیابی یکسو کور برای متغیر اصلی پژوهش (Blinding of all assessors)؛ ۶- خروج کمتر از ۱۵ درصد شرکت‌کنندگان از پژوهش؛ ۷- انجام تجزیه و تحلیل به‌صورت Intention to treat (ITT)؛ ۸- وجود گزارش تفاوت آماری بین گروهی برای متغیر اصلی پژوهش؛ ۹- وجود گزارش میانگین، انحراف معیار و میزان معناداری (P-value). به تمام سؤالات چک‌لیست پدرو، با دو گزینه بله ✓ یا خیر ✗ پاسخ داده شد (۲۰-۱۸). امتیاز حداقل صفر و حداکثر ۹ بود که در آن ارزش عددی بیشتر، نمایانگر کیفیت بالاتر مطالعه بود.

1. Pedro

جدول ۲- ارزیابی کیفیت مطالعات
Table 2- Evaluation of the quality of studies

نمره کل	9	8	7	6	5	4	3	2	1	نویسندگان و سال انتشار
7	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	صالحی و همکاران، 2021 (11)
7	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	فریا و همکاران، 2020 (7)
5	✓	✓	×	×	×	✓	×	✓	✓	درابنیک و همکاران، 2014 (38)
7	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	گوجازده و همکاران، 2020 (44)
6	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	×	هیلمن و همکاران، 2021 (42)
6	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	بای و همکاران، 2023 (39)
7	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	کوسنانیک و همکاران، 2023 (43)
7	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	مالارد و همکاران، 2021 (31)
7	✓	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	امسیفارلین و همکاران، 2023 (32)
7	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	روچی و همکاران، 2016 (33)
8	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	نیکل و همکاران، 2015 (34)
6	✓	✓	×	×	✓	✓	×	✓	✓	جاجر و همکاران، 2019 (13)
7	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	باشامن و همکاران، 2019 (40)
6	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	×	کاردکی و همکاران، 2020 (41)
6	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	×	تانابه و همکاران، 2015 (37)
6	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	×	تانابه و همکاران، 2019 (36)
5	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	×	×	تانابه و همکاران، 2018 (35)
6	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	×	چوی و همکاران، 2023 (21)
6	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	صمدی و همکاران، 2019 (30)
6	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	محمودی حمیدآباد و همکاران، 2018 (29)
5	✓	✓	×	✓	×	✓	×	×	✓	غنی‌وند و همکاران، 2017 (28)
6	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	عسجدی و همکاران، 2020 (27)
6	✓	✓	×	✓	×	✓	×	✓	✓	احمدزاده و همکاران، 2021 (26)

فرا تحلیل

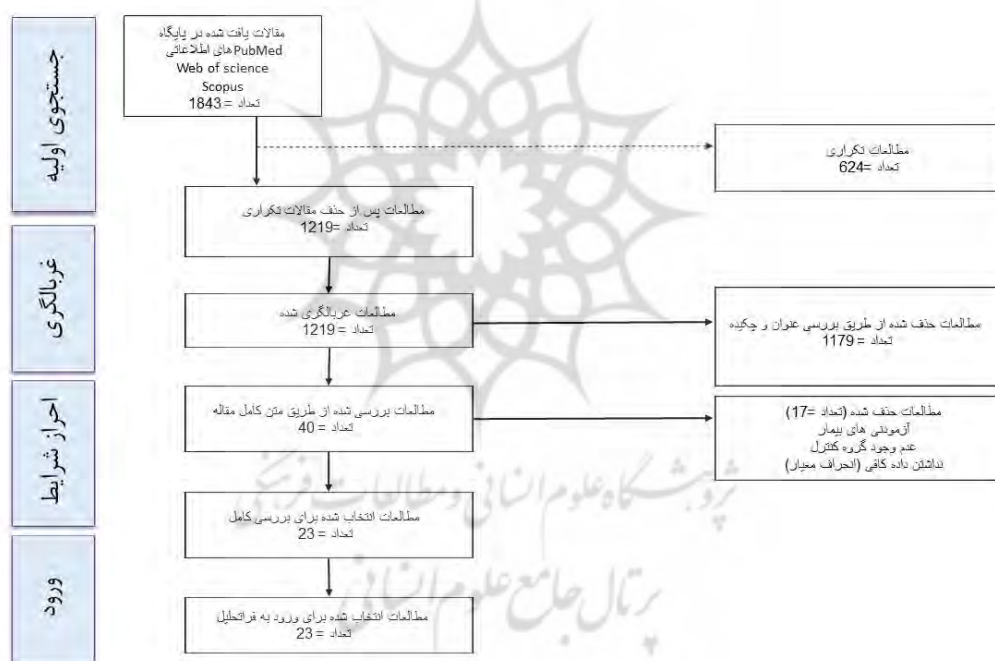
مطالعه فراتحلیل حاضر با هدف بررسی اثر مکمل کورکومین بر فاکتورهای آسیب عضلانی و درد عضلانی پس از ورزش در بزرگسالان انجام شد. در این مطالعه، برای انجام تجزیه و تحلیل آماری از میانگین، انحراف استاندارد (1SD) و حجم نمونه استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از مدل اثر تصادفی^۲ انجام شد (۴۷). برای متغیرهایی که واحد اندازه‌گیری یکسان داشتند، از تفاوت میانگین وزنی (3WMD) و برای متغیرهایی که واحد اندازه‌گیری یکسان نداشتند، از تفاوت میانگین استاندارد شده (4SMD) استفاده شد. همچنین فاصله اطمینان (5CI) ۹۵ درصد در نظر گرفته شد. برای تعیین نبود تجانس (ناهمگونی^۶) مطالعات، از آزمون I^2 استفاده شد که طبق دستورالعمل کوکران مقدار ناهمگونی به صورت

1. Standard Deviation
2. Random Effect Model
3. Weighted Mean Difference
4. Standardized Mean Difference
5. Confidence Interval
6. Heterogeneity

کمتر از ۲۵٪=ناهمگونی خیلی کم، ۲۵-۵۰٪=ناهمگونی کم، ۵۰-۷۵٪=ناهمگونی متوسط و بیشتر از ۷۵٪=ناهمگونی زیاد، تفسیر شد (۲۲). در ادامه در صورت وجود ناهمگونی، تحلیل حساسیت^۱ از طریق روش خارج کردن یک به یک مطالعات^۲ انجام شد. سوگیری انتشار نیز با استفاده از تفسیر بصری از فونل پلات بررسی شد که در صورت مشاهده سوگیری، تست Egger به عنوان تست تعیین کننده ثانویه استفاده شد که در آن سطح معناداری برابر با ۰/۱ به عنوان وجود سوگیری انتشار معنادار در نظر گرفته شد. اگر نتایج تست Egger معنادار بود، نتایج با تست trim-and-fill ارزیابی شد^{۲۳}.

نتایج

براساس جستجو در پایگاه های اطلاعات علمی تا اسفند ۱۴۰۲، ۱۸۴۳ مقاله یافت شد. پس از حذف مقالات تکراری (۶۲۴ مقاله)، ۱۲۱۹ مقاله برای ارزیابی اولیه بررسی شد. پس از بررسی عناوین و چکیده مقالات، ۴۰ مقاله برای ارزیابی متن کامل انتخاب شد که پس از بررسی متن کامل مقالات، ۱۷ مقاله از مطالعه حاضر خارج شد. در نهایت، ۲۳ مطالعه وارد فراتحلیل حاضر شد (شکل ۱، جدول ۱). تعداد ۱۴ مداخله برای درد عضلانی، ۱۹ مداخله برای کراتین کیناز (CK)، ۸ مداخله برای لاکتات دهیدروژناز (LDH)، ۳ مداخله برای میوگلوبین (MB) و ۵ مداخله برای دامنه حرکتی (ROM) وجود داشت.



شکل ۱- فلوچارت PRISMA
Figure 1- PRISMA flowchart

ویژگی آزمودنی ها

تعداد ۵۶۴ آزمودنی با رده سنی ۱۸-۳۹ سال وارد مطالعه فراتحلیل حاضر شدند که همه شرکت کنندگان، بزرگسالان سالم بودند. تعداد ۳۲۴ آزمودنی با رده سنی ۱۸-۳۹ سال در گروه مکمل کورکومین و ۳۲۸ آزمودنی با میانگین سنی

1. Sensitivity Analysis
2. Leave One-Out Method

۱۸-۳۹ سال در گروه کنترل بودند. همه شرکت کنندگان پیش از شروع پروتکل ورزشی، تمرین ورزشی انجام نداده و غیرفعال بودند (جدول ۱). تعداد آزمودنی‌های هر مطالعه در محدوده ۶ (۲۴) و ۶۵ نفر (۲۵) بود.

ویژگی پروتکل‌های تمرین

تعداد ۲۳ مطالعه وارد مطالعه فراتحلیل حاضر شد. در میان مطالعات وارد شده، ۱۲ مطالعه از تمرینات مقاومتی (۳۷-۲۶)، ۹ مطالعه از تمرینات هوازی (۴۳-۳۸، ۲۵، ۱۱، ۷)، ۱ مطالعه از ورزش تکواندو (۴۴) و ۱ مطالعه از ورزش فوتبال (۲۴) استفاده کردند. شدت تمرین برای تمرینات مقاومتی ۵۰ (۳۳، ۲۹، ۲۸) تا ۱۱۰ (۳۲) درصد یک تکرار بیشینه بود.

ویژگی مطالعات

از بین مطالعات وارد شده، ۱۸ مطالعه از نوع کارآزمایی بالینی تصادفی شده (RCT) و ۵ مطالعه از نوع متقاطع بود. میزان مکمل کورکومین مصرفی از ۱۵۰ میلی گرم در روز (۳۷، ۳۳، ۲۹، ۲۸، ۲۶) تا ۴۰۰۰ میلی گرم در روز (۴۴) بود. مدت زمان دریافت مکمل از ۳ روز (۱۱) تا ۱۲ هفته (۳۹) بود.

براساس بررسی و مرور مطالعات، زمان اندازه‌گیری متغیرها متفاوت بود؛ برای مثال، درد عضلانی در زمان‌های قبل از تمرین، ۲۴ ساعت، ۹۶-۷۲-۴۸ ساعت پس از ورزش (۳-۴ روز پس از ورزش)، CK در زمان‌های قبل از تمرین، بلافاصله، ۲۴ ساعت، ۹۶-۷۲-۴۸ ساعت پس از ورزش و LDH در زمان‌های قبل از تمرین، بلافاصله و ۲۴-۴۸ ساعت پس از ورزش و MB در زمان‌های قبل از ورزش، بلافاصله و ۲۴-۴۸ ساعت پس از ورزش، ROM در زمان‌های قبل از تمرین، ۲۴ ساعت، ۹۶-۷۲-۴۸ ساعت پس از ورزش، ALT و AST در زمان‌های قبل از ورزش، بلافاصله و ۲۴-۴۸ ساعت پس از ورزش اندازه‌گیری شده بود.

کیفیت مطالعات

نتایج بررسی کیفیت مقالات با استفاده از پرو نشان داد که حداقل امتیاز کیفیت مقالات ۵ (۳۸، ۳۵، ۲۸) و حداکثر امتیاز ۸ (۳۴) بود (جدول ۲).

نتایج فراتحلیل

تغییرات درد عضلانی برای تمام زمان‌های اندازه‌گیری شده پس از ورزش

نتایج فراتحلیل حاضر برای ۱۰۲ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب کاهش معنادار درد عضلانی [$WMD = -0.86$ (۰/۶۴) الی (۱/۰۸)، $P = 0.001$] پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل شد (شکل ۲). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($I^2 = 92/34$ ، $P = 0.001$). نتیجه آزمون Egger نشان دهنده نبود سوگیری انتشار معنادار برای درد عضلانی پس از ورزش بود ($P = 0.07$).

تغییرات درد عضلانی در زمان بلافاصله پس از ورزش

نتایج فراتحلیل حاضر برای ۱۸ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب تغییر معنادار درد عضلانی [$WMD = -0.9$ (۰/۳۱) الی (۰/۱۳)، $P = 0.001$] در زمان بلافاصله پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل نشد (شکل ۲A). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($I^2 = 65/13$ ، $P = 0.001$).

تغییرات درد عضلانی در زمان ۲۴ ساعت پس از ورزش

نتایج فراتحلیل حاضر برای ۲۷ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب کاهش معنادار درد عضلانی [$WMD = -0.88$ (۰/۵۹) الی (۱/۱۷)، $P = 0.001$] در زمان ۲۴ ساعت پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل شد (شکل ۲B). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($I^2 = 76/23$ ، $P = 0.001$).

تغییرات درد عضلانی در زمان ۴۸ ساعت پس از ورزش

نتایج فراتحلیل حاضر برای ۲۶ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب کاهش معنادار درد عضلانی [$P=0/001$ ، $WMD=-1/42$ (الی $-0/73$)، $WMD=-1/07$] در زمان ۴۸ ساعت پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل شد (شکل ۲C). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($P=0/001$ ، $I^2=82/38$).

تغییرات درد عضلانی در زمان ۷۲ ساعت پس از ورزش

نتایج فراتحلیل حاضر برای ۲۰ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب کاهش معنادار درد عضلانی [$P=0/001$ ، $WMD=-0/33$ (الی $-0/64$)، $WMD=-0/99$] در زمان ۷۲ ساعت پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل شد (شکل ۲D). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($P=0/001$ ، $I^2=81/82$).

تغییرات درد عضلانی در زمان ۹۶ ساعت پس از ورزش

نتایج فراتحلیل حاضر برای ۱۱ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کراتین سبب کاهش معنادار درد عضلانی [$P=0/001$ ، $WMD=-0/49$ (الی $-1/09$)، $WMD=0/279$] در زمان ۹۶ ساعت پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل شد (شکل ۲E). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($P=0/001$ ، $I^2=94/33$).

تغییرات CK برای تمام زمان‌های اندازه‌گیری شده پس از ورزش

نتایج فراتحلیل حاضر برای ۶۶ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب کاهش معنادار CK [$P=0/001$ ، $SMD=-0/84$ (الی $-0/33$)، $SMD=-0/58$] پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل شد (شکل ۳). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($P=0/001$ ، $I^2=81/73$). نتیجه آزمون Egger نشان‌دهنده وجود سوگیری انتشار معنادار برای CK پس از ورزش بود ($P=0/001$). علاوه بر این، زمانی که مطالعات گم‌شده با استفاده از روش trim-and-fill محاسبه شدند، تغییرات کلی به شرح زیر بود: CK [$P=0/001$ ، $SMD=-0/84$] الی $SMD=-0/33$ (الی $-0/84$)، $SMD=-0/58$ (الی $-0/33$)، $SMD=-0/58$ ؛ در نتیجه هیچ‌گونه سوگیری انتشاری وجود نداشت.

تغییرات CK در زمان بلافاصله پس از ورزش

نتایج این فراتحلیل برای ۱۶ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب کاهش معنادار CK [$P=0/004$ ، $SMD=-0/79$ (الی $-0/01$)، $SMD=-0/40$] در زمان بلافاصله پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل شد (شکل ۳A). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($P=0/001$ ، $I^2=68/91$).

تغییرات CK در زمان ۲۴ ساعت پس از ورزش

نتایج این فراتحلیل برای ۱۶ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب کاهش معنادار CK [$P=0/001$ ، $SMD=-1/46$ (الی $-0/2$)، $SMD=-0/83$] در زمان ۲۴ ساعت پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل شد (شکل ۳B). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($P=0/001$ ، $I^2=86/97$).

تغییرات CK در زمان ۴۸ ساعت پس از ورزش

نتایج این فراتحلیل برای ۱۶ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب کاهش معنادار CK [$P=0/003$ ، $SMD=-1/20$ (الی $-0/04$)، $SMD=-0/62$] در زمان ۴۸ ساعت پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل شد (شکل ۳C). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($P=0/001$ ، $I^2=85/04$).

تغییرات CK در زمان ۷۲ ساعت پس از ورزش

نتایج این فراتحلیل برای ۱۲ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب کاهش معنادار CK [$P=0/07$ ، $-0/98$ الی $0/04$] ($SMD=-0/47$) در زمان ۷۲ ساعت، نسبت به گروه کنترل نشد (شکل ۳D). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($P=0/001$ ، $I^2=76/10$).

تغییرات CK در زمان ۹۶ ساعت پس از ورزش

نتایج این فراتحلیل برای ۶ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب تغییر معنادار CK [$P=0/1$ ، $-1/9$ الی $0/39$] ($SMD=-0/75$) در زمان ۹۶ ساعت پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل نشد (شکل ۳E). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($P=0/001$ ، $I^2=88/42$).

تغییرات LDH برای تمام زمان‌های اندازه‌گیری شده پس از ورزش

نتایج این فراتحلیل برای ۲۴ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب کاهش معنادار LDH [$P=0/001$ ، $-1/02$ الی $-0/28$] ($SMD=-0/65$) پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل شد (شکل ۴). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($P=0/001$ ، $I^2=78/37$). نتیجه آزمون Egger نشان‌دهنده وجود سوگیری انتشار معنادار برای LDH پس از ورزش بود ($P=0/001$). علاوه بر این، زمانی که مطالعات گم‌شده با استفاده از روش trim-and-fill محاسبه شدند، تغییرات کلی به شرح زیر بود: LDH [$P=0/001$ ، $-1/02$ الی $-0/28$] ($SMD=-0/65$). نتایج LDH تغییری نکرد [$P=0/001$ ، $-1/02$ الی $-0/28$] ($SMD=-0/65$); در نتیجه هیچ‌گونه سوگیری انتشاری وجود نداشت.

تغییرات LDH در زمان بلافاصله پس از ورزش

نتایج برای ۶ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب تغییر معنادار LDH [$P=0/6$ ، $-0/56$ الی $0/37$] ($SMD=-0/09$) بلافاصله پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل نشد (شکل ۴). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود نداشت ($P=0/05$ ، $I^2=53/26$).

تغییرات LDH در زمان ۲۴ ساعت پس از ورزش

نتایج برای ۷ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب کاهش معنادار LDH [$P=0/01$ ، $-1/36$ الی $-0/13$] ($SMD=-0/75$) ۲۴ ساعت پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل شد (شکل ۴). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($P=0/001$ ، $I^2=72/63$).

تغییرات LDH در زمان ۴۸ ساعت پس از ورزش

نتایج برای ۷ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب کاهش معنادار LDH [$P=0/001$ ، $-1/11$ الی $-0/28$] ($SMD=-0/69$) ۴۸ ساعت پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل شد (شکل ۴). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($P=0/001$ ، $I^2=84/68$).

تغییرات LDH در زمان ۷۲ ساعت پس از ورزش

نتایج برای ۴ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب کاهش معنادار LDH [$P=0/1$ ، $-2/31$ الی $0/34$] ($SMD=-0/98$) ۷۲ ساعت پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل نشد (شکل ۴). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($P=0/001$ ، $I^2=89/35$).

تغییرات MB برای تمام زمان‌های اندازه‌گیری شده پس از ورزش

نتایج این فراتحلیل برای ۷ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب کاهش معنادار MB $[P=0/008, I^2=25/04]$ الی $-3/67$ ($-14/36$ ng/ml) $[WMD=]$ پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل شد (شکل ۵). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($P=0/009, I^2=64/84$). نتیجه آزمون Egger نشان‌دهنده نبود سوگیری انتشار معنادار برای MB پس از ورزش بود ($P=0/2$).

تغییرات MB در زمان بلافاصله پس از ورزش

نتایج این فراتحلیل برای ۳ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب کاهش معنادار MB $[P=0/008, I^2=20/31]$ الی $-6/34$ ($-13/32$ ng/ml) $[WMD=]$ بلافاصله پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل شد (شکل ۵). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود نداشت ($P=0/6, I^2=0/00$).

تغییرات MB در زمان ۲۴ ساعت پس از ورزش

نتایج این فراتحلیل برای ۲ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب تغییر معنادار MB $[P=0/7, I^2=61/47]$ الی $-4/36$ ($-8/55$ ng/ml) $[WMD=]$ در زمان ۲۴ ساعت پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل نشد (شکل ۵). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($P=0/008, I^2=85/74$).

تغییرات MB در زمان ۴۸ ساعت پس از ورزش

نتایج این فراتحلیل برای ۲ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب تغییر معنادار MB $[P=0/7, I^2=47/80]$ الی $-1/57$ ($-13/11$ ng/ml) $[WMD=]$ در زمان ۴۸ ساعت پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل نشد (شکل ۵). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($P=0/1, I^2=81/77$).

تغییرات دامنه حرکتی (ROM) برای تمام زمان‌های اندازه‌گیری شده پس از ورزش

نتایج این فراتحلیل برای ۳۳ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب تغییر معنادار ROM $[P=0/6, I^2=0/19]$ الی $0/33$ ($0/06$) $[SMD=]$ پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل نشد (شکل ۶). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($P=0/001, I^2=63/86$). نتیجه آزمون Egger نشان‌دهنده وجود سوگیری انتشار معنادار برای ROM پس از ورزش بود ($P=0/03$). علاوه بر این، زمانی که مطالعات گمشده با استفاده از روش trim-and-fill محاسبه شدند، تغییرات کلی به شرح زیر بود: ROM $[P=0/6, I^2=0/19]$ الی $0/33$ ($0/06$) $[SMD=]$. نتایج ROM تغییری نکرد ($P=0/6, I^2=0/19]$ الی $0/33$ ($0/06$) $[SMD=]$ ؛ در نتیجه هیچ‌گونه سوگیری انتشاری وجود نداشت.

تغییرات دامنه حرکتی (ROM) در زمان بلافاصله پس از ورزش

نتایج این فراتحلیل برای ۷ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب تغییر معنادار ROM $[P=0/2, I^2=0/52]$ الی $-0/14$ ($-0/19$) $[SMD=]$ پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل نشد (شکل ۶). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود نداشت ($P=0/6, I^2=0/00$).

تغییرات دامنه حرکتی (ROM) در زمان ۲۴ ساعت پس از ورزش

نتایج این فراتحلیل برای ۷ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب تغییر معنادار ROM $[P=0/1, I^2=1/02]$ الی $-0/43$ ($-0/16$) $[SMD=]$ در زمان ۲۴ ساعت پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل نشد (شکل ۶). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($P=0/008, I^2=65/47$).

تغییرات دامنه حرکتی (ROM) در زمان ۴۸ ساعت پس از ورزش

نتایج این فراتحلیل برای ۷ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب تغییر معنادار ROM [$P=0/5$ ، $-0/64$ الی $0/36$] ($SMD=-0/14$) در زمان ۴۸ ساعت پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل نشد (شکل ۶). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($P=0/04$ ، $I^2=53/91$).

تغییرات دامنه حرکتی (ROM) در زمان ۷۲ ساعت پس از ورزش

نتایج این فراتحلیل برای ۷ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب افزایش معنادار ROM [$P=0/01$ ، $-0/14$ الی $0/67$] ($SMD=0/12$) در زمان ۷۲ ساعت پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل نشد (شکل ۶). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($P=0/03$ ، $I^2=57/13$).

تغییرات دامنه حرکتی (ROM) در زمان ۹۶ ساعت پس از ورزش

نتایج این فراتحلیل برای ۵ مداخله ورزشی نشان داد که مکمل کورکومین سبب افزایش معنادار ROM [$P=0/1$ ، $-0/23$ الی $0/63$] ($SMD=0/15$) در زمان ۹۶ ساعت پس از ورزش، نسبت به گروه کنترل نشد (شکل ۶). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معناداری وجود داشت ($P=0/02$ ، $I^2=76/66$).

بحث و نتیجه گیری

در تحقیق حاضر به ارزیابی اثر مکمل کورکومین بر فاکتورهای آسیب عضلانی و درد عضلانی پس از ورزش پرداخته شد. یافته‌های تحقیق حاضر حاکی از تأثیر مکمل کورکومین بر کاهش درد عضلانی، کراتین کیناز، لاکتات دهیدروژناز، میوگلوبین و دامنه حرکتی است. براساس یافته‌های پژوهش حاضر مکمل کورکومین سبب تغییر معنادار درد عضلانی در طیف زمانی ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از فعالیت ورزشی، نسبت به گروه کنترل در بزرگسالان می‌شود. بررسی یافته‌های بیشتر نشان داد، مکمل کورکومین بر کاهش LDH در بازه زمانی ۲۴ الی ۴۸ ساعت پس از فعالیت ورزشی نسبت به گروه کنترل در بزرگسالان تأثیر معنادار دارد. همچنین نشان داده شد، مکمل کورکومین باعث کاهش معنادار MB در زمان بلافاصله و ROM در زمان ۷۲ ساعت می‌شود. در نهایت تحلیل ۲۳ مطالعه بیانگر آن است که مکمل کورکومین سبب تغییر معنادار CK در محدوده زمانی مختلف می‌شود؛ بنابراین نتایج فراتحلیل حاضر نشان داد که مکمل کورکومین به کاهش غلظت نشانگرهای آسیب عضلانی پس از پیگیری‌های مختلف پس از فعالیت ورزشی منجر می‌شود.

بررسی ادبیات تحقیق بیانگر آن است که تمرینات ورزشی شدید، اعمال عضلانی غیرعادی و تمرینات پلائیومتریک که شامل حرکات سریع، تکراری و انفجاری است، باعث ایجاد آسیب و درد عضلانی، استرس اکسیداتیو و التهاب می‌شود (۴۲). استرس اکسیداتیو و التهاب ممکن است برای عملکرد ورزشی مضر باشد (۴۰). آسیب‌های عضلانی بلافاصله پس از ورزش، تولید قدرت را تا ۶۰٪ و تولید نیرو را تا ۱۵٪ کاهش می‌دهد. آسیب و درد عضلانی ۲۴ تا ۷۲ ساعت پس از ورزش به اوج خود می‌رسد و عملکردهای عصبی عضلانی مانند قدرت، دامنه حرکت و نیرو را کاهش می‌دهد و باعث سفتی و تورم می‌شود که همگی می‌توانند بر عملکرد ورزشی تأثیر بگذارند (۴۲). استرس اکسیداتیو نتیجه نبود تعادل بین گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)، گونه‌های نیتروژن فعال (RNS) و آنتی‌اکسیدان‌ها است. آنتی‌اکسیدان‌ها به عنوان مکانیسم محافظتی در برابر اثرات مخرب ROS عمل می‌کنند (۴۰). کورکومین (دیفرولویل متان) که از ریشه زردچوبه استخراج می‌شود، دارای اثرات فیزیولوژیک مختلفی مانند اثرات محافظتی غشاء و پاسخ‌های آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی در پروتئولیز و التهاب عضلانی است (۴۵).

با اندازه‌گیری سطح سرمی آنزیم‌های CK، LDH و میوگلوبین می‌توان آسیب‌های وارد شده بر عضله را تشخیص داد (۷). در مطالعه حاضر، تغییرات کراتین کیناز در ساعات بلافاصله، ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت بعد از ورزش نسبت به گروه کنترل سنجیده شد. در مطالعه فراتحلیل فانگ و همکاران (۱۴)، تجزیه و تحلیل زیرگروه براساس زمان پیگیری نشان داد که اثر مکمل کورکومین بر کاهش CK سرم در ۴۸ ساعت پس از ورزش معنادار بود. در این فراتحلیل نشان داده شد که میزان کراتین کیناز در گروه کورکومین علاوه بر ۴۸ ساعت بعد از تمرین، در ساعات بلافاصله و ۲۴ بعد از تمرین هم نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری یافت. از علل کاهش آنزیم‌ها می‌توان به مصرف کورکومین اشاره کرد که ممکن است استحکام غشاء را افزایش دهد و در نتیجه آزادسازی آنزیم را کاهش دهد. نتایج تحقیق حاضر با برخی از مطالعات پیشین همسو بود (۳۲، ۳۰، ۲۸). تانابه و همکارانش نشان دادند که مصرف ۱۵۰ میلی گرم کورکومین ۱ ساعت قبل و ۱۲ ساعت پس از فعالیت برون‌گرا توانست از افزایش غلظت CK به طور معناداری جلوگیری کند (۳۷). نشأت آنزیم LDH از غشای سلول‌های آسیب‌دیده عضلانی به دلیل استرس اکسیداتیو است. کورکومین به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی در سنتز رادیکال‌های آزاد و غیر فعال کردن آن‌ها نقش دارد. همچنین با کاهش استرس اکسیداتیو و جلوگیری از آسیب رساندن به غشای سلول مانع نشأت آن می‌شود (۲۵)؛ در نتیجه در مطالعه حاضر، تغییرات لاکتات دهیدروژناز در ساعات بلافاصله، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از ورزش نسبت به گروه کنترل بررسی شد و کاهش معناداری را در ساعات ۲۴ و ۴۸ بعد از ورزش نسبت به گروه کنترل نشان داد. این یافته‌ها در نتایج برخی مطالعات قبلی که نشان‌دهنده بهبود آسیب‌های عضلانی بعد از ورزش با مصرف کورکومین بود، تأیید شده است (۴۴، ۳۳)؛ درحالی‌که مطالعه پژوهشی چوی و همکاران نشان داد که نشانگرهای بیوشیمیایی آسیب عضله اسکلتی از جمله CK، LDH، میوگلوبین و AST در هر دو شرایط (مصرف کورکومین و مصرف دارونما) تغییر نکردند (۲۴).

براساس شواهد موجود و یافته‌های فراتحلیل حاضر، کاهش معناداری در میزان درد عضلانی در گروه کورکومین نسبت به گروه دارونما در ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از فعالیت مشاهده می‌شود که می‌تواند به علت خواص ضد درد و ضدالتهابی کورکومین باشد. این مفهوم دست‌کم با دو شاهد تجربی همخوانی دارد: نخست فراتحلیل فانگ و همکارانش با هدف اثرات مکمل کورکومین بر بهبودی آسیب عضلانی ناشی از فعالیت ورزشی که منتج به این شد که مکمل کورکومین باعث کاهش شاخص درد عضلانی در ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از تمرین شد (۴۵)؛ دیگر اینکه، فراتحلیل اوکسیلی و همکارانش، روند کلی به سمت کاهش درد عضلانی را با استفاده از کارآزمایی‌های موازی نشان داد (۱۵). مطالعه پژوهشی نیکول و همکاران نشان داد، آثار ضد درد کورکومین می‌تواند به علت عدم ساخت یا مهار یک سری از کانال‌های یونی گیرنده‌های موقت پتانسیل درگیر در تولید تحریکات دردناک مانند TRPV1 و TRPV2 باشد. این مکانیسم می‌تواند مسئول کاهش درد عضلانی پس از ورزش باشد (۳۴). همچنین مالارد و همکاران نشان دادند که مکمل کورکومین با کاهش التهاب و CK باعث کاهش DOMS می‌شود (۳۱). کاهش درد عضلانی در گروه کورکومین نشان می‌دهد که بازگشت به تمرین ممکن است زودتر از گروه دارونما امکان‌پذیر باشد. بازگشت سریع‌تر به تمرینات ورزشی یا درد کمتر در تمرین ممکن است به بهبود سازگاری با تمرین و متعاقباً بهبود عملکرد ورزشی منجر شود (۳۱).

اساساً یافته‌های مطالعه حاضر نشان می‌دهد که احتمالاً کورکومین می‌تواند میوگلوبین بعد از ورزش را کاهش دهد، اما یافته‌های فراتحلیل پژوهش حاضر در طیف زمانی بلافاصله، ۲۴ و ۴۸ ساعت متفاوت بود (در زمان بلافاصله، مکمل کورکومین سبب کاهش معنادار MB شد، ولی این مکمل سبب تغییر معنادار MB در زمان‌های ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از ورزش نشد)؛ درحالی‌که مطالعات پژوهشی چوی و همکاران (۲۴) و مالارد و همکاران (۳۱) به تأثیر نداشتن مکمل کورکومین بر MB تأکید دارند؛ بنابراین به دلیل تعداد کم مطالعات و مداخلات نیاز است که مطالعات پژوهشی بیشتری روی میوگلوبین سرمی انجام شود تا بتوان نتایج را بیشتر تجزیه و تحلیل کرد.

واضح است که عوامل محدودکننده ROM مانند کوتاه شدن عضله، ادم و تورم، پس از ورزش وجود دارند (۳۵). کورکومین احتمالاً دامنه حرکتی بعد از ورزش را افزایش می‌دهد، اما نتایج در زمان‌های مختلف متفاوت بود. در فراتحلیل حاضر، فعالیت ورزشی باعث افزایش معنادار میزان دامنه حرکتی در گروه کورکومین پس از ۷۲ ساعت بعد از فعالیت نسبت به قبل از آن شد، اما در طیف زمانی بلافاصله، ۲۴، ۴۸ و ۹۶ ساعت پس از ورزش، مکمل کورکومین سبب افزایش معنادار ROM نشد. در مطالعه پژوهشی تانابه و همکاران در سال ۲۰۱۹، نتایج حاکی از آن بود که مکمل کورکومین اثر مثبتی بر ROM دارد. همچنین نتایج نشان داد که وقتی کورکومین بعد از ورزش مصرف می‌شود، زمان استراحت کاهش می‌یابد که نشان می‌دهد کورکومین ممکن است ادم پس از ورزش را کاهش دهد؛ بنابراین مصرف کورکومین بعد از ورزش ممکن است کاهش ROM ناشی از درد و تورم عضلانی را بهبود بخشد. در پژوهش تانابه و همکاران، کورکومین به مدت هفت روز پس از فعالیت ورزشی مصرف شد و نتایج نشان داد که کورکومین ROM را بهبود می‌بخشد (۳۵). ناهمسو با این موضوع و یافته‌های فراتحلیل حاضر، مطالعه پژوهشی تانابه در سال ۲۰۱۵ گزارش داد که وقتی یک دوز تک‌مکمل کورکومین قبل و بعد از ورزش مصرف شد، تفاوت معناداری در ROM بعد از ورزش براساس زمان مصرف وجود نداشت (۳۷). احتمالاً نتایج متفاوت مطالعات پژوهشی تانابه در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۹ به دلیل تفاوت در میزان دوز مصرفی کورکومین، مدت مداخله و احتمالاً زمان مصرف مکمل است. همچنین در مطالعه غنی‌وند و همکاران (۲۸) و حمیدآباد و همکاران (۲۹) تأکید شد که به دلیل تأثیر نداشتن کورکومین بر میزان دامنه حرکتی و ادم بافتی، به‌رغم تأثیر بر میزان درد و شاخص‌های هماتولوژیک نیاز است که مطالعات پژوهشی اصلی در آینده انجام شود تا بتوانیم تحلیل با مطالعات و مداخلات بیشتری را انجام دهیم.

مکمل کورکومین به‌عنوان یک ترکیب طبیعی با خواص ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی، تأثیرات مثبت بر ارتباط آسیب عضلانی و التهاب دارد (۱۱). این ترکیب با مهار مسیرهای التهابی و کاهش تولید سیتوکین‌های التهابی می‌تواند به بهبود دامنه حرکتی و کاهش درد ناشی از آسیب‌های عضلانی کمک کند (۱۲). مطالعات نشان داده‌اند که کورکومین می‌تواند به تسریع فرایند بهبودی و کاهش زمان ریکاوری پس از تمرینات شدید کمک کند (۱۴، ۱۳، ۷)؛ در نتیجه، مصرف مکمل‌های کورکومین منجر به کاهش درد عضلانی و تسهیل ریکاوری پس از ورزش می‌شود که به ورزشکاران اجازه می‌دهد با کیفیت بالاتری به تمرینات خود ادامه دهند و از آسیب‌های ناشی از ورزش به‌طور مؤثرتری جلوگیری کنند.

نتایج این مطالعه مرور نظام‌مند و فراتحلیل نشان می‌دهد که مکمل کورکومین سبب کاهش (۹) درد عضلانی و فاکتورهای آسیب عضلانی پس از ورزش می‌شود؛ بنابراین به ورزشکاران توصیه می‌شود که از مکمل کورکومین برای ریکاوری پس از ورزش و کاهش درد عضلانی استفاده کنند.

پیام مقاله

نتایج مطالعه فراتحلیل حاضر نشان می‌دهد که مکمل کورکومین سبب کاهش درد عضلانی و فاکتورهای آسیب عضلانی پس از ورزش می‌شود. همچنین، کورکومین سبب بهبود دامنه حرکتی می‌شود و احتمالاً از بروز آسیب‌های ورزشی ورزشکاران جلوگیری می‌کند.

مشارکت نویسندگان

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

تعارض منافع

مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

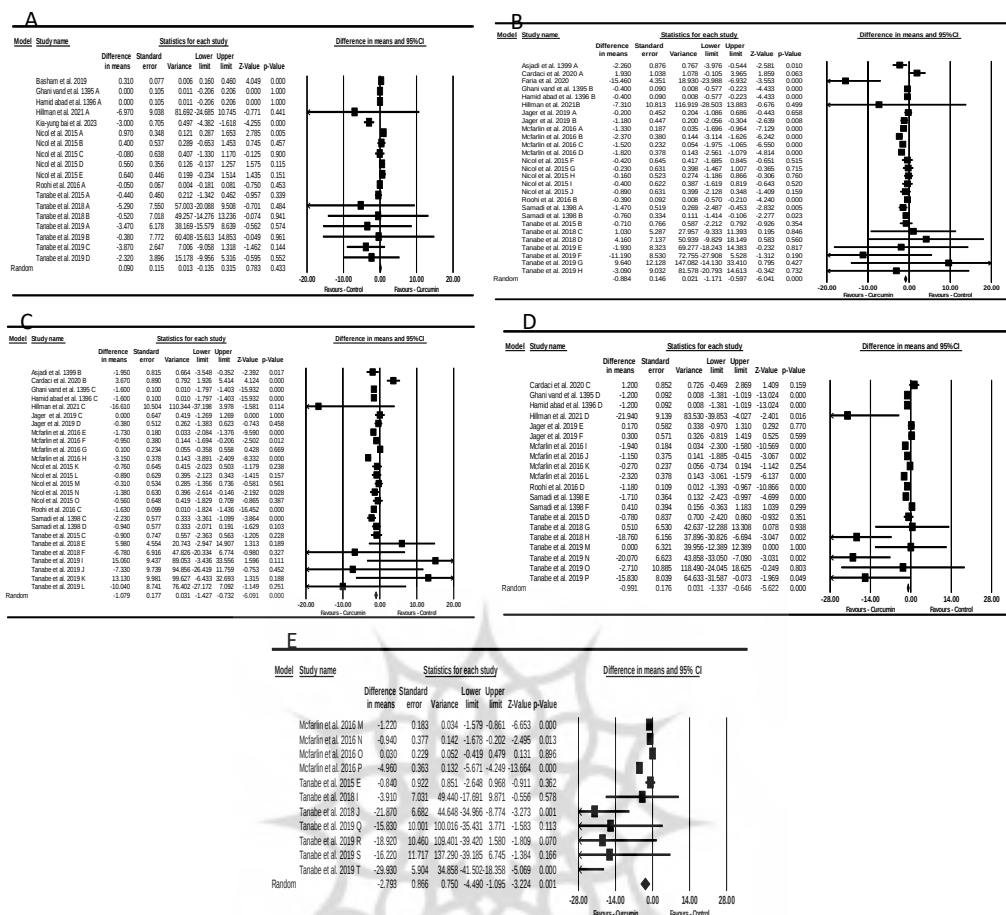
تشکر و قدردانی

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

جدول پیوست ۱- استراتژی جستجو

Supplemental Table 1- Search strategy

نتایج	فیلترها	استراتژی جستجو	پایگاه‌های اطلاعاتی
1704	Humans, English	((("curcumin" or "Curcuma longa" or "antioxidant supplements" or "antioxidants") AND ("Exercise" or "training" or "Exercise training" or "Physical Activity" or "physical exercise" or "eccentric exercise" or "strength training" or "resistance training" or "endurance training" or "aerobic exercise" or "strenuous exercise" or "exercise performance" or "muscle performance" or "sports performance" or "muscle recovery" or "sports fatigue" or "athletes" or "athlete")) AND ("Muscle soreness" or "muscle damage" "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 "recovery" or "injury*" or "muscle*" or "perform*" or "recover*" or "muscle enzyme activity")) AND ("Controlled trial" or "randomized" or "randomized" or "random" or "randomly" or "randomized clinical trial" or "RCT" or "blinded" or "double blind" or "double blinded" or "trial" or "controlled clinical trial" or "crossover procedure" or "cross-over trial" or "double blind procedure" or "equivalence trial")	PubMed
2733	Article, English	((("TS=("curcumin" or "Curcuma longa" or "antioxidant supplements" or "antioxidants") AND TS=("Exercise" or "training" or "Exercise training" or "Physical Activity" or "physical exercise" or "eccentric exercise" or "strength training" or "resistance training" or "endurance training" or "aerobic exercise" or "strenuous exercise" or "exercise performance" or "muscle performance" or "sports performance" or "muscle recovery" or "sports fatigue" or "athletes" or "athlete")) AND TS=("Muscle soreness" or "muscle damage" "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 "recovery" or "injury*" or "muscle*" or "perform*" or "recover*" or "muscle enzyme activity")) AND TS=("Controlled trial" or "randomized" or "randomized" or "random" or "randomly" or "randomized clinical trial" or "RCT" or "blinded" or "double blind" or "double blinded" or "trial" or "controlled clinical trial" or "crossover procedure" or "cross-over trial" or "double blind procedure" or "equivalence trial")	Scopus
62	Article, English	((("TS=("curcumin" or "Curcuma longa" or "antioxidant supplements" or "antioxidants") AND TS=("Exercise" or "training" or "Exercise training" or "Physical Activity" or "physical exercise" or "eccentric exercise" or "strength training" or "resistance training" or "endurance training" or "aerobic exercise" or "strenuous exercise" or "exercise performance" or "muscle performance" or "sports performance" or "muscle recovery" or "sports fatigue" or "athletes" or "athlete")) AND TS=("Muscle soreness" or "muscle damage" "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 "recovery" or "injury*" or "muscle*" or "perform*" or "recover*" or "muscle enzyme activity")) AND TS=("Controlled trial" or "randomized" or "randomized" or "random" or "randomly" or "randomized clinical trial" or "RCT" or "blinded" or "double blind" or "double blinded" or "trial" or "controlled clinical trial" or "crossover procedure" or "cross-over trial" or "double blind procedure" or "equivalence trial")	Web of science



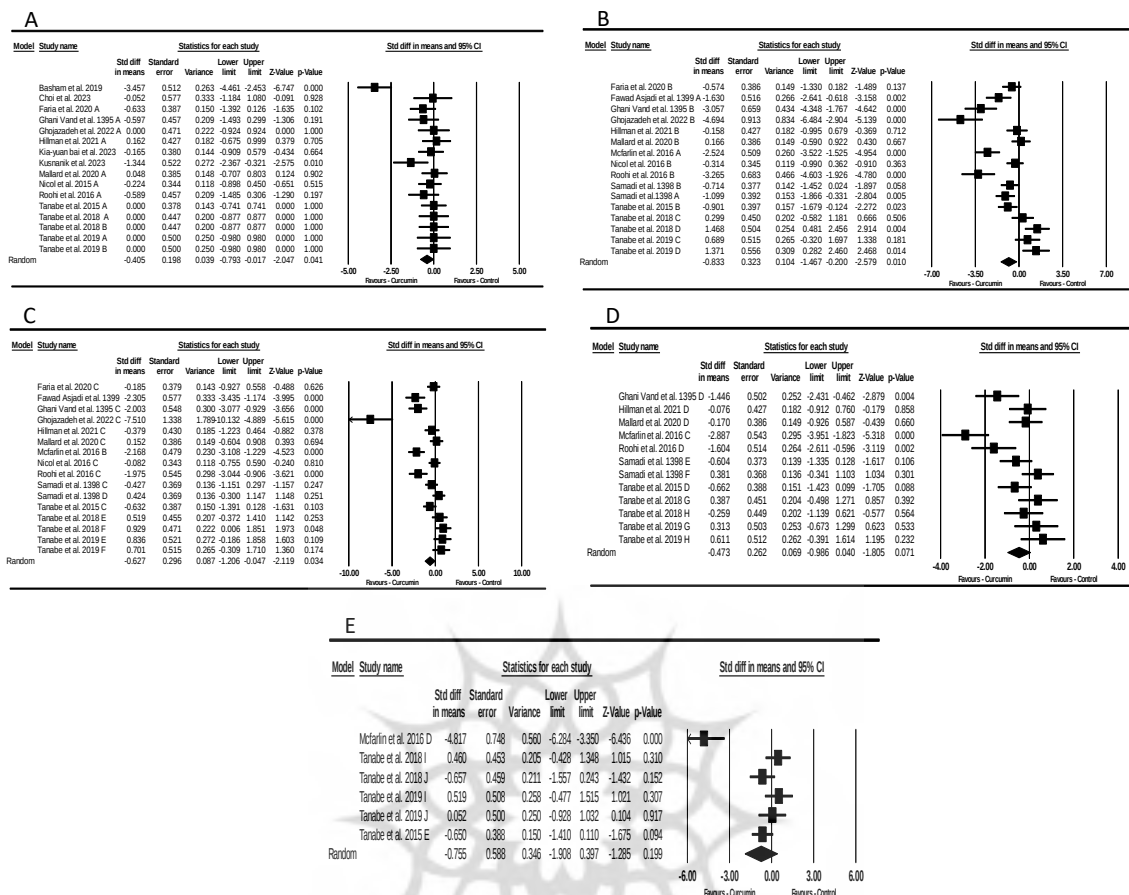
شکل ۲- نمودار فارست پلات (Forrest plot): اثر مکمل کورکومین بر درد عضلانی پس از ورزش

(A) زمان بلافاصله پس از ورزش، (B) ۲۴ ساعت پس از ورزش، (C) زمان ۴۸ پس از ورزش، (D) زمان ۷۲ ساعت پس از

ورزش و (E) زمان ۹۶ ساعت پس از ورزش

Figure 2- Forrest plot diagram: Effect of curcumin supplementation on muscle soreness in healthy adults

A) immediately after exercise, B) 24 hours after exercise, C) at 48 hours after exercise, D) 72 hours after exercise and E) 96 hours after exercise

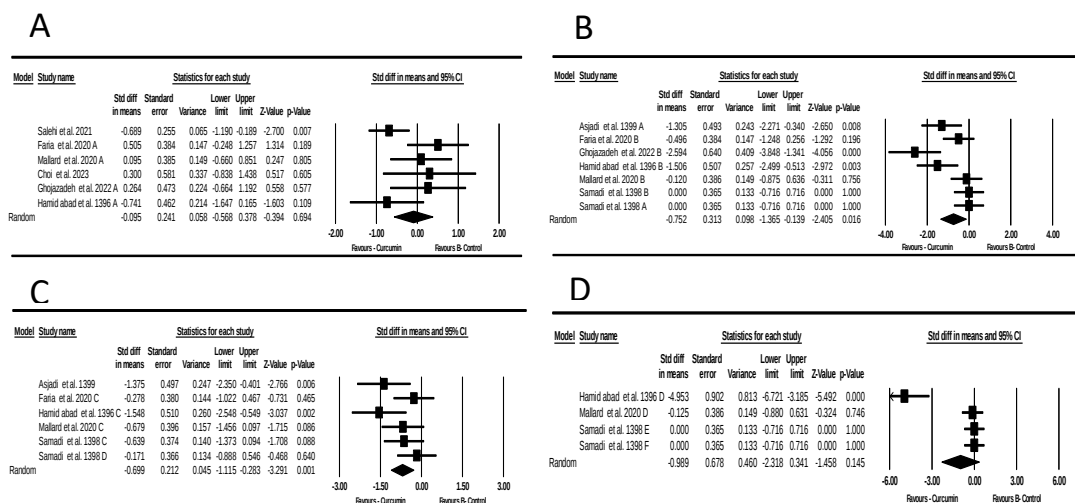


شکل ۳- نمودار فارست پلات (Forrest plot): اثر مکمل کورکومین بر CK پس از ورزش

(A) زمان بلافاصله پس از ورزش، (B) زمان ۲۴ ساعت پس از ورزش، (C) زمان ۴۸ ساعت پس از ورزش، (D) زمان ۷۲ ساعت پس از

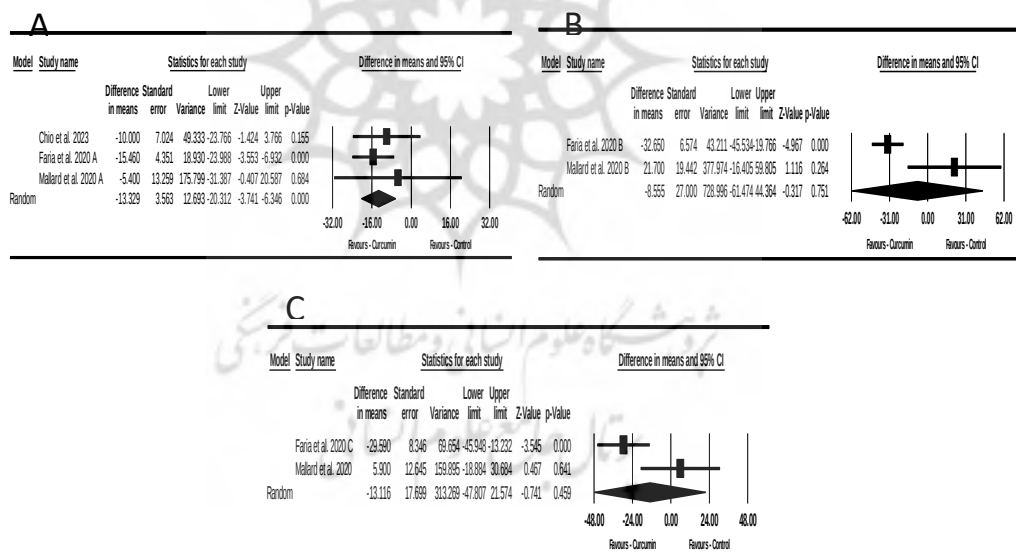
ورزش و (E) زمان ۹۶ ساعت پس از ورزش

Figure 3- Forrest plot diagram: Effect of curcumin supplementation on CK in healthy adults
A) immediately after exercise, B) 24 hours after exercise, C) at 48 hours after exercise, D) 72 hours after exercise and E) 96 hours after exercise



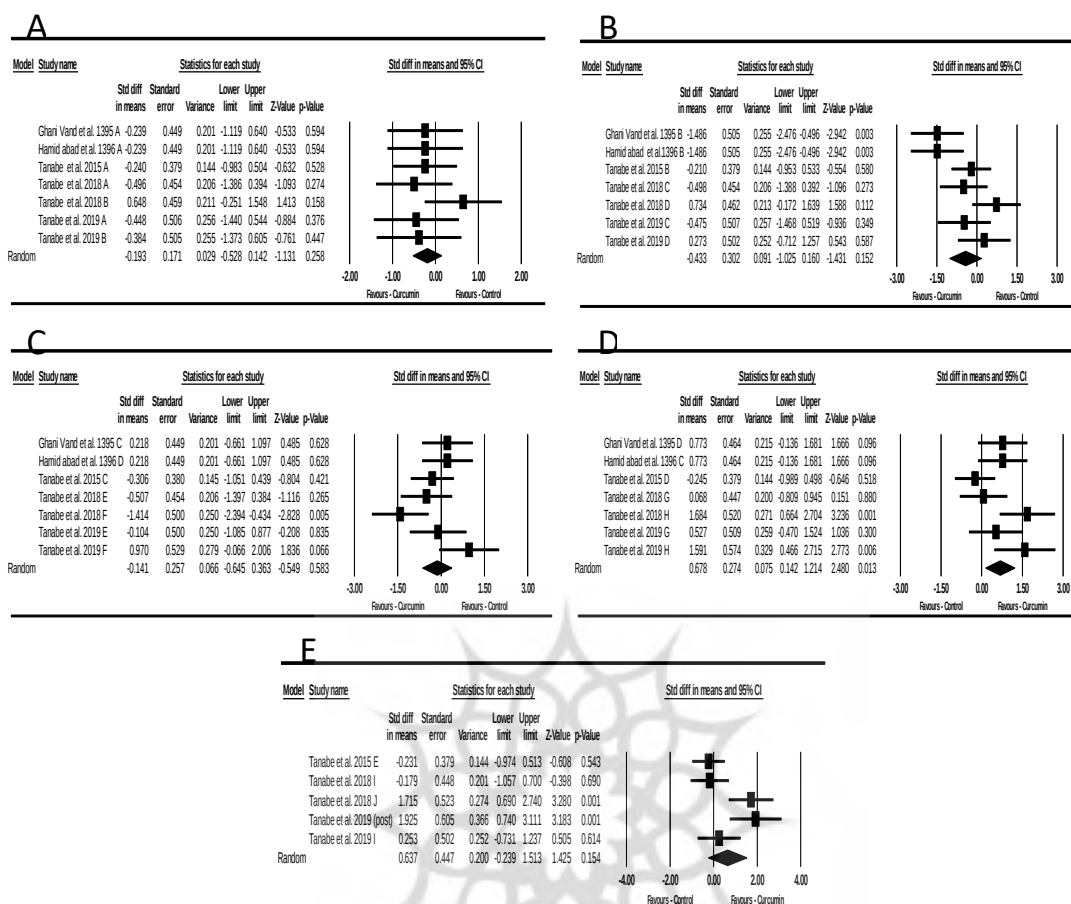
شکل ۴- نمودار فارست پلات (Forrest plot): اثر مکمل کورکومین بر LDH پس از ورزش (A) زمان بلافاصله پس از ورزش، (B) زمان ۲۴ ساعت پس از ورزش، (C) زمان ۴۸ ساعت پس از ورزش، (D) زمان ۷۲ ساعت پس از ورزش

Figure 4- Forrest plot diagram: Effect of curcumin supplementation on LDH in healthy adults A) immediately after exercise, B) 24 hours after exercise, C) at 48 hours after exercise, D) 72 hours after exercise



شکل ۵- نمودار فارست پلات (Forrest plot): اثر مکمل کورکومین بر MB پس از ورزش (A) زمان بلافاصله پس از ورزش، (B) زمان ۲۴ ساعت پس از ورزش، (C) زمان ۴۸ ساعت پس از ورزش

Figure 5- Forrest plot diagram: Effect of curcumin supplementation on MB in healthy adults. A) immediately after exercise, B) 24 hours after exercise, C) at 48 hours after exercise



شکل ۶- نمودار فارست پلات (Forrest plot): اثر مکمل کورکومین بر دامنه حرکتی در بزرگسالان سالم
 (A) زمان بلافاصله پس از ورزش، (B) ۲۴ ساعت پس از ورزش، (C) ۴۸ ساعت پس از ورزش، (D) ۷۲ ساعت پس از ورزش و (E) ۹۶ ساعت پس از ورزش

Figure 6- Forrest plot diagram: Effect of curcumin supplementation ROM in healthy adults
A) immediately after exercise, B) 24 hours after exercise, C) at 48 hours after exercise, D) 72 hours after exercise and E) 96 hours after exercise

منابع

- Howatson G, Van Someren KA. The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. Sports medicine. 2008;38:483-503.
- Friden J, Lieber RL. Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. Medicine & Science in Sports & Exercise. 1992;24(5):521-30.
- Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. 2002;81(11):S52-S69.
- Aoi W, Naito Y, Takanami Y, Kawai Y, Sakuma K, Ichikawa H, et al. Oxidative stress and delayed-onset muscle damage after exercise. Free Radical Biology and Medicine. 2004;37(4):480-7.
- Hamson DK, Roes MM, Galea LA. Comprehensive physiology. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc; 2016.
- Briviba K, Watzl B, Nickel K, Kulling S, Bös K, Haertel S, et al. A half-marathon and a marathon run induce oxidative DNA damage, reduce antioxidant capacity to protect DNA against damage and modify immune function in hobby runners. Redox Report. 2005;10(6):325-31.

7. Faria FR, Gomes AC, Antunes A, Rezende KR, Pimentel GD, Oliveira CLP, et al. Effects of turmeric extract supplementation on inflammation and muscle damage after a half-marathon race: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *European Journal of Applied Physiology*. 2020;120(7):1531-40.
8. Connolly DA, Sayers SE, Mchugh MP. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2003;17(1):197-208.
9. Asjodi F, Arazi H, Farazi Samarin S. Comparing the effects of dietary supplementation with carbohydrate and whey protein at two ratios on muscle damage indices after eccentric resistance exercise. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*. 2013;7(4):83-92. (Persian)
10. Jurenka JS. Anti-inflammatory properties of curcumin, a major constituent of *Curcuma longa*: a review of preclinical and clinical research. *Alternative Medicine Review*. 2009;14(2).
11. Salehi M, Mashhadi NS, Esfahani PS, Feizi A, Hadi A, Askari G. The effects of curcumin supplementation on muscle damage, oxidative stress, and inflammatory markers in healthy females with moderate physical activity: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *International Journal of Preventive Medicine*. 2021;12(1):94.
12. Menon VP, Sudheer AR. Antioxidant and anti-inflammatory properties of curcumin. The molecular targets and therapeutic uses of curcumin in health and disease. *Adv Exp Med Biol*. 2007;595:105-25.
13. Jäger R, Purpura M, Kerksick CM. Eight weeks of a high dose of curcumin supplementation may attenuate performance decrements following muscle-damaging exercise. *Nutrients*. 2019;11(7):1692.
14. Fang W, Nasir Y. The effect of curcumin supplementation on recovery following exercise induced muscle damage and delayed onset muscle soreness: A systematic review and meta analysis of randomized controlled trials. *Phytotherapy Research*. 2021;35(4):1768-81.
15. Oxley RA, Peart DJ. The effect of curcumin supplementation on functional strength outcomes and markers of exercise-induced muscle damage: a systematic review and meta-analysis. *Nutrition and Health*. 2024;30(1):77-92.
16. Kazeminasab F, Sabaghian F. The combined effect of aerobic exercise and plant-based diet on body composition in adults with overweight and obesity: a meta-analysis systematic review. *Journal of Guilan University of Medical Sciences*. 2024;33(2):160-75. (Persian)
17. Kazeminasab F, Sabaghian F, Khalafi M. The effect of exercise training on metabolic factors in women with polycystic ovary syndrome: A systematic review and meta-analysis. *The Iranian Journal of Obstetrics, Gynecology and Infertility*. 2023;26(6):94-113. (Persian)
18. Kazeminasab F, Sharafifard F. Impact of resistance training and ketogenic diet on body composition factors: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Birjand University of Medical Sciences*. 2024;31(1):15-37. (Persian)
19. Kazeminasab F, Behzanejad N, Khalafi M. Impact of exercise training on inflammatory markers in adult and elderly patients with chronic obstructive pulmonary disease: A Systematic review and meta-analysis. *Journal of Ilam University of Medical Sciences*. 2024;32(2):1-16. (Persian)
20. Kazeminasab F, Baharlooe 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.
21. De Morton NA. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *Australian Journal of Physiotherapy*. 2009;55(2):129-33.
22. Higgins JP, Thompson SG, Deeks JJ, Altman DG. Measuring inconsistency in meta-analyses. *Bmj*. 2003;327(7414):557-60.
23. Egger M, Smith GD, Schneider M, Minder C. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *BMJ*. 1997;315(7109):629-34.
24. Choi Y, Ra SG, Nishijima T, Maeda S. Effect of curcumin supplementation on inflammatory status and muscle damage in competitive female soccer players: a placebo-controlled, single-blind, nonrandomized, crossover pilot study. *Physical Activity and Nutrition*. 2023;27(2):34-8.
25. Armstrong R, Warren G, Warren J. Mechanisms of exercise-induced muscle fibre injury. *Sports Medicine*. 1991;12:184-207.
26. Ahmadzadeh A, Pourrahim-Ghouroghchi A, Afroundeh R. The effect of 8 weeks of curcumin supplementation consumption on muscle injury and inflammatory response following an acute strength activity in male futsal players. *Feyz Medical Sciences Journal*. 2021;25(1):743-51. (Persian)

27. Asjodi F, Khazaei Y, Qomi MH, Samadi M, Irvani OM. Comparing five-day curcumin and glutamine consumption and simultaneous consumption of both nutrients on muscle damage indices after eccentric resistance exercise. *Journal of Medical Council of Iran*. 2020;38(2):92-8. (Persian)
28. Ghanivand B, Nakhostinroohi B. What is the effect of curcumin supplementation after intensive eccentric exercise on some selected indices of muscle damage and delayed onset muscle soreness (DOMS)? *Metabolism and Exercise*. 2017;6(1):73-82. (Persian)
29. Mahmoodi-Hamidabad S, Nakhostin-Roohi B. The effect of curcumin acute supplementation on Total Antioxidant Capacity (TAC), and selected markers of Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) after a Bout of Intensive Eccentric Exercise. *Journal of Applied Exercise Physiology*. 2018;13(26):115-24. (Persian)
30. Samadi M, Kordi N, Salehpour S, Irvani OM, Asjodi F. Effect of one and five-day curcumin consumption on muscle damage indices after an eccentric exercise session in untrained young men. *Journal of Military Medicine*. 2019;21(2):123-30. (Persian)
31. Mallard AR, Briskey D, Richards B, Andrew, Rao A. Curcumin improves delayed onset muscle soreness and postexercise lactate accumulation. *Journal of Dietary Supplements*. 2021;18(5):531-42.
32. McFarlin BK, Venable AS, Henning AL, Sampson JNB, Pennel K, Vingren JL, et al. Reduced inflammatory and muscle damage biomarkers following oral supplementation with bioavailable curcumin. *BBA Clinical*. 2016;5:72-8.
33. Nakhostin-Roohi B, Nasirvand Moradlou A, Mahmoodi Hamidabad S, Ghanivand B. The effect of curcumin supplementation on selected markers of delayed onset muscle soreness (DOMS). *Annals of Applied Sport Science*. 2016;4(2):25-31.
34. Nicol LM, Rowlands DS, Fazakerly R, Kellett J. Curcumin supplementation likely attenuates delayed onset muscle soreness (DOMS). *European Journal of Applied Physiology*. 2015;115:1769-77.
35. Tanabe Y, Chino K, Ohnishi T, Ozawa H, Sagayama H, Maeda S, et al. Effects of oral curcumin ingested before or after eccentric exercise on markers of muscle damage and inflammation. *Scand J Med Sci Sports*. 2019;29(4):524-34.
36. Tanabe Y, Chino K, Sagayama H, Lee HJ, Ozawa H, Maeda S, et al. Effective timing of curcumin ingestion to attenuate eccentric Exercise-induced muscle soreness in men. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*. 2019;65(1):82-9.
37. Tanabe Y, Maeda S, Akazawa N, Zempo-Miyaki A, Choi Y, Ra S-G, et al. Attenuation of indirect markers of eccentric exercise-induced muscle damage by curcumin. *European Journal of Applied Physiology*. 2015;115:1949-57.
38. Drobnic F, Riera J, Appendino G, Togni S, Franceschi F, Valle X, et al. Reduction of delayed onset muscle soreness by a novel curcumin delivery system (Meriva®): a randomised, placebo-controlled trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2014;11:1-10.
39. Bai KY, Liu GH, Fan CH, Kuo LT, Hsu WH, Yu PA, et al. 12-week curcumin supplementation may relieve postexercise muscle fatigue in adolescent athletes. *Frontiers in Nutrition*. 2023;9:1078108.
40. Basham SA, Waldman HS, Krings B, Lamberth J, Smith JW, McAllister MJ. Effect of curcumin supplementation on exercise-induced oxidative stress, inflammation, muscle damage, and muscle soreness. *Journal of Dietary Supplements*. 2020;17(4):401-14.
41. Cardaci TD, Machek SB, Wilburn DT, Hwang PS, Willoughby DS. Ubiquitin proteasome system activity is suppressed by curcumin following exercise-induced muscle damage in human skeletal muscle. *J Am Coll Nutr*. 2021;40(5):401-11.
42. Hillman AR, Gerchman A, O'Hara E. Ten days of curcumin supplementation attenuates subjective soreness and maintains muscular power following plyometric exercise. *Journal of Dietary Supplements*. 2022;19(3):303-17.
43. Kusnanik NW, Ayubi N, Herawati L, Jatmiko T, Muin A, Bird SP. Curcumin reduce creatine kinase (CK) levels without decreasing malondialdehyde (MDA) levels after 24 hours of high-intensity physical exercise. *Retos-Nuevas Tendencias En Educacion Fisica Deporte Y Recreacion*. 2023(48):878-82.
44. Ghojzadeh M, Memarzadeh A, Nikniaz L, Sohrabnavi A, Hoseini M, Pourmanaf H. Effect of curcumin supplementation on muscle damage, antioxidant status and inflammatory factors after successive simulated taekwondo competitions. *Science & Sports*. 2022;37(3):200-8.

45. Wang IL, Hsiao CY, Li YH, Meng FB, Huang CC, Chen YM. Nanobubbles water curcumin extract reduces injury risks on drop jumps in women: a pilot study. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2019;8647587.
46. 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. *Frontiers in Endocrinology*. 2023;10;14:1178376.
47. Tufanaru C, Munn Z, Stephenson M, Aromataris E. Fixed or random effects meta-analysis? Common methodological issues in systematic reviews of effectiveness. *JB I Evidence Implementation*. 2015;13(3):196-207.
48. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group* t. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of Internal Medicine*. 2009;151(4):264-9.

