مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال بیست و یکم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۵، صفحات ۲۹-۱۷

مقاله مروری

تأثیر مکمل‌یاری تورین بر استرس اکسیداتیو و التهاب ناشی از ورزش در افراد دارای تمرینات ورزشی: یک مرور سیستماتیک و سنتز روایی کارآزمایی‌های بالینی

امیرحسین رضی‌پور جویباری[۱]، ابوالفضل غلامعلی زاده[۲]، محمد نوید گلی اسکاردی[۲]، آزیتا حکمت دوست

۱- دانشجوی پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

۲- دانشجوی پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۳- نویسنده مسئول: استاد گروه تغذیه بالینی و رژیم‌درمانی، دانشکده علوم و صنایع غذایی و تغذیه، انستیتو تحقیقات تحقیقات تغذیه ای و صنایع غذایی کشور، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران . پست الکترونیکی: a_hekmat2000@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۴/۹

چکیده

سابقه و هدف: فعالیت بدنی شدید می‌تواند با افزایش استرس اکسیداتیو و پاسخ‌های التهابی همراه باشد. تورین به‌عنوان یک ترکیب گوگرددار زیست‌فعال، به دلیل نقش‌های بالقوه آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی، توجه زیادی را در زمینه ریکاوری ورزشی به خود جلب کرده است. با این حال، شواهد موجود درباره اثربخشی آن در کاهش نشانگرهای استرس اکسیداتیو و التهاب پس از ورزش، ناهمگون و گاه متناقض است. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی اثر مکمل‌یاری تورین بر بیومارکرهای استرس اکسیداتیو و التهاب ناشی از ورزش در افراد دارای تمرینات ورزشی انجام شد.

مواد و روش‌ها: جست‌وجوی نظام‌مند در PubMed، Scopus و Web of Science تا نوامبر ۲۰۲۵ انجام شد و مطالعات واجد شرایط که اثر تورین را بر نشانگرهای اکسیداتیو و التهابی پس از ورزش بررسی کرده بودند، وارد مرور شدند. در مجموع ۱۰ مطالعه با ۲۳۵ شرکت‌کننده وارد مرور شدند. به‌دلیل ناهمگونی قابل‌توجه در طرح مطالعات، جمعیت‌ها، مداخلات، پیامدها و زمان‌بندی اندازه‌گیری‌ها، متاآنالیز انجام نشد و سنتز روایی صورت گرفت. کیفیت روش‌شناختی مطالعات با استفاده از ابزار RoB2 ارزیابی شد.

یافته‌ها: نتایج حاکی از آن است که مکمل‌یاری تورین ممکن است برخی شاخص‌های استرس اکسیداتیو (مانند MDA ، TAS، PC) و نشانگرهای التهابی (نظیر MPO ، MMP-9 و CRP) را بهبود بخشد. با این حال، برای برخی نشانگرها از جمله TNF-α، IL-6 و IL-10 نتایج ناهمگون یا غیرقطعی گزارش شد. همچنین، اثرات مشاهده‌شده در برخی مطالعاتی که از دوزهای بالاتر تورین استفاده کرده بودند، بارزتر بود.

نتیجه‌گیری: شواهد موجود از نقش بالقوه تورین در تعدیل استرس اکسیداتیو و التهاب ناشی از ورزش حمایت می‌کند، اما به‌دلیل ناهمگونی مطالعات، خطر سوگیری در بخشی از شواهد و تفاوت در دوز، زمان‌بندی و مدت مکمل‌یاری، نمی‌توان نتیجه‌گیری قطعی ارائه داد. انجام کارآزمایی‌های بالینی بزرگ‌تر، استانداردشده و با کیفیت روش‌شناختی بالاتر برای تعیین دوز بهینه، زمان‌بندی مناسب و اثربخشی بالینی تورین ضروری است.

واژگان کلیدی: مکمل‌یاری تورین، التهاب، استرس اکسیداتیو، تغذیه ورزشی، سنتز روایی

پیام‌های اصلی

- مکمل‌یاری تورین با کاهش معنادار بیومارکرهای استرس اکسیداتیو (MDA، TAS، PC) و شاخص‌های التهابی (MPO، CRP)، آسیب‌های سلولی ناشی از ورزش را تعدیل می‌کند.
- علی‌رغم نتایج نویدبخش در دوزهای بالا، اثرات تورین بر سایتوکاین‌های پیش‌التهابی(IL-6 , TNF-α) به دلیل تفاوت در پروتکل‌های تمرینی همچنان متناقض است.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-23]

- استفاده از تورین به عنوان یک مکمل ایمن جهت کاهش عوارض EIMD پیشنهاد می‌شود، هرچند تعیین دوز بهینه مستلزم مطالعات استانداردسازی شده بیشتری است.

• مقدمه

فعالیت بدنی منظم برای سلامت کلی، بهبود عملکرد قلبی-عروقی و به تأخیر انداختن زوال فیزیولوژیک مرتبط با سن ضروری است (۱, ۲). با این حال، فعالیت بدنی شدید می‌تواند منجر به آسیب عضلانی ناشی از ورزش (EIMD) شود که با کوفتگی عضلانی، التهاب و از دست دادن موقت عملکرد عضله مشخص می‌گردد و تأثیر منفی بر عملکرد ورزشی و زمان ریکاوری دارد (۳, ۴). پاتوفیزیولوژی EIMD شامل دو مرحله اصلی است: اختلال مکانیکی اولیه در تارهای عضلانی و افزایش استرس اکسیداتیو ناشی از تولید بیش از حد گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر (ROS)، این فرآیند با تحریک پاسخ‌های التهابی، موجب تشدید آسیب‌های سلولی و اختلال در عملکرد عضله می‌گردد (5, 6).

استرس اکسیداتیو که توسط ROS ایجاد می‌شود، نقش مهمی در فرآیند آسیب عضلانی ایفا می‌کند (۶). گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر (ROS) از جمله سوپراکسید و هیدروژن پراکسید، در عضلات اسکلتی در حال انقباض تولید می‌شوند، این تولید عمدتاً از طریق تنفس میتوکندریایی و سیستم‌های آنزیمی مختلفی مانند NADPH اکسیداز صورت می‌گیرد (۷، ۶). این افزایش در ROS می‌تواند منجر به پراکسیداسیون لیپیدی، اکسیداسیون پروتئین و آسیب DNA شود که عملکرد عضله را بیشتر مختل می‌کند (۸, ۹). اگرچه ROS برای تنظیم سیگنالینگ سلولی و پاسخ‌های سازگاری به ورزش ضروری هستند، تولید بیش از حد آن‌ها می‌تواند بر دفاع آنتی‌اکسیدانی بدن غلبه کرده و منجر به آسیب اکسیداتیو شود (۶، ۸). برای کاهش اثرات استرس اکسیداتیو و التهاب، راهکارهای ریکاوری مختلفی از جمله غوطه وری در آب سرد، لباس‌های فشارنده (کامپرشن) و مکمل‌های غذایی مورد بررسی قرار گرفته‌اند (۳، ۱۰). مکمل‌یاری تورین (TS) به دلیل توانایی در تعدیل استرس اکسیداتیو، تنظیم هموستاز کلسیم، تثبیت غشاهای سلولی و کاهش التهاب، به عنوان یک عامل کمکی (ارگوژنیک) بالقوه پیشنهاد شده است (۱۱، ۱۲). تورین، که یک اسید آمینه مشروط ضروری است، به وفور در عضلات اسکلتی یافت می‌شود و نقش حیاتی در محافظت سلولی در حین ورزش ایفا می‌کند (۱۳).

یک مرور سیستماتیک و متاآنالیز، اثربخشی مکمل‌یاری تورین را در کاهش شاخص‌های آسیب عضلانی و درد عضلانی در ورزشکاران ارزیابی کرده است (۱۴). اگرچه نقش تورین در بهبود درد عضلانی مستند شده است، اما تأثیرات اختصاصی آن بر پروفایل اکسیداتیو و سایتوکاین‌های التهابی در جمعیت‌های ورزشکار همچنان با ابهاماتی روبروست. کمبود پژوهش‌های متمرکز در زمینه تعامل میان تورین و نشانگرهای زیستی استرس اکسیداتیو و التهاب در ورزشکاران، شکافی در دانش کنونی ایجاد کرده است که مطالعه حاضر با هدف رفع آن انجام شد. علیرغم مزایای نظری امیدوارکننده مکمل تورین (TS)، مطالعات بالینی در مورد اثرات آن نتایج متناقضی به همراه داشته‌اند. برخی از کارآزمایی‌های تصادفی‌سازی و کنترل‌شده (RCTs)کاهش معناداری را در شاخص‌های آسیب عضلانی، مانند کراتین کیناز (CK) و لاکتات دهیدروژناز (LDH) پس از مصرف مکمل تورین گزارش کرده‌اند که نشان‌دهنده اثرات محافظتی بر یکپارچگی عضله است (۱۵، ۱۶). با این حال، مطالعات دیگر هیچ تأثیر معناداری بر این بیومارکرها یا ادراک ذهنی درد نشان نداده‌اند (۱۷). این تناقضات ممکن است ناشی از تفاوت‌ها در طرح مطالعه، دوز تورین و زمان‌بندی مصرف مکمل باشد. بنابراین، این مرور سیستماتیک با هدف ترکیب شواهد موجود در مورد اثرات مکمل‌یاری تورین بر استرس اکسیداتیو و التهاب در افراد دارای تمرینات ورزشی انجام شده است. این مطالعه به روشن شدن پتانسیل تورین به عنوان یک کمک‌کننده به ریکاوری کمک خواهد کرد و بینش‌هایی را در مورد کاربردهای عملی آن در عملکرد ورزشی و توانبخشی، با تمرکز ویژه بر رفع خلاء تحقیقاتی در زمینه استرس اکسیداتیو و التهاب در جمعیت‌های ورزش‌کرده، فراهم می‌آورد.

معیارهای ورود و خروج به مطالعه

معیارهای ورود:

(1) آزمایش بالینی شاملRCT ها و غیرRCT ها باشد

(2) ورزشکاران یا جمعیت تمرین‌کرده را به عنوان جمعیت مورد نظر بررسی کند

(3) مطالعه اصلی باشد که اثرات کوتاه‌مدت یا بلندمدت مکمل تورین را ارزیابی نماید

(4) داده‌های کافی در مورد بیومارکرهای استرس اکسیداتیو یا بیومارکرهای التهابی به عنوان پیامد اولیه یا ثانویه گزارش دهد

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-23]

معیارهای خروج:
(الف) مطالعات آزمایشگاهی، in silico یا حیوانی in vivo (ب) مطالعات اکولوژیک/ مقطعی/ مورد-شاهدی، مرورهای سیستماتیک و متاآنالیزها

• مواد و روش‌ها

این مرور در پایگاه PROSPERO با شماره CRD420251245217 ثبت شد و طبق دستورالعمل‌های روش‌شناسی ذکر شده در «کتابچه راهنمای کاکرین برای مرورهای سیستماتیک مداخلات» (۱۸) انجام گرفت، و هم‌زمان از دستورالعمل‌های گزارش‌دهی PRISMA 2020 (موارد گزارش‌دهی ترجیحی برای مرورهای سیستماتیک و متاآنالیزها) پیروی نمود (۱۹). نویسندگان به طور مستقل جستجوهایی را در پایگاه‌های PubMed , Scopus و Web of Science تا نوامبر ۲۰۲۵ برای یافتن مطالعات واجد شرایط انجام دادند. یک استراتژی جستجوی جامع با استفاده از چارچوب «جمعیت-مداخله-مقایسه-پیامد-طرح مطالعه (PICOS) » تدوین شد تا از شناسایی کامل مطالعات مرتبط اطمینان حاصل شود .جمعیت (P): شامل ورزشکاران یا افرادی بود که به فعالیت ورزشی می‌پرداختند. مداخله (I): بر مکمل‌یاری تورین تمرکز داشت. مقایسه‌کننده (C): شامل مراقبت استاندارد، دارونما (پلاسیبو) یا یک گروه کنترل بود. پیامدها (O): فاکتورهای مرتبط با استرس اکسیداتیو و التهاب را ارزیابی می‌کردند .طرح‌های مطالعه (S): شامل کارآزمایی‌های بالینی مانند کارآزمایی‌های تصادفی‌سازی و کنترل‌شده RCTs و غیر RCTs بودند.

اطلاعات بیشتر در مورد چارچوب PICOS در فایل تکمیلی ۱ موجود است. هیچ محدودیتی بر اساس زبان یا تاریخ انتشار اعمال نشد. پس از تکمیل جستجوها، فهرست منابع مقالات مرتبط به صورت دستی بررسی شد تا مطالعات اضافی شناسایی شوند. سوابق مطالعات با استفاده از نرم‌افزار EndNote نسخه (X9.3.3)سازماندهی شد و موارد تکراری با استفاده از ابزار تشخیص داخلی EndNote حذف گردیدند.

معیارهای ورود به مطالعه به شرح زیر بود: الف) کارآزمایی‌های بالینی، شامل هر دو نوع RCT و غیرRCT ؛ ب) جمعیت‌های متشکل از ورزشکاران یا افرادی که ورزش می‌کنند؛ ج) مطالعات اصیل که اثرات کوتاه‌مدت یا بلندمدت مکمل‌یاری تورین را بررسی می‌کنند؛ و د) گزارش‌دهی کافی از شاخص‌های استرس اکسیداتیو و التهابی. معیارهای خروج شامل موارد زیر بودند: الف) مطالعات آزمایشگاهی(in vitro) ، محاسباتی (in silico)یا حیوانی؛ ب) مطالعات اکولوژیک، مقطعی یا مورد-شاهدی؛ و تحقیقات ثانویه مانند مرورهای سیستماتیک یا متاآنالیزها.

سوابق بازیابی شده از جستجوی اولیه با استفاده از EndNote X9.3.3غربالگری شدند. دو نویسنده به طور مستقل عناوین و چکیده مطالعات را بر اساس معیارهای ورود ارزیابی کردند. سوابقی که معیارهای واجد شرایط بودن را در مرحله عنوان و چکیده دارا بودند، به مرحله بررسی متن کامل راه یافتند. اختلافات در طول فرآیند غربالگری از طریق بحث و گفتگو حل و فصل شد و در صورتی که توافق حاصل نمی‌شد، یک مرورگر سوم تصمیم نهایی را اتخاذ می‌کرد.

پیامدهای بررسی شده در این مطالعه به دو دسته شاخص‌های التهابی و شاخص‌های استرس اکسیداتیو طبقه‌بندی می‌شوند. متغیرهای التهابی شامل اینترلوکین‌هایی مانند IL-6 ، IL-1β، IL-10 و نسبت IL-10/TNF- α، نسبت IL-1/IL-1ra، فاکتور نکروز تومور آلفا (TNF-α)، پروتئین واکنش‌گرC (CRP) و پلاکت‌ها بودند. متغیرهای مرتبط با استرس اکسیداتیو شامل موارد زیر بودند: شاخص‌های پراکسیداسیون لیپیدی نظیر مالون‌دی‌آلدئید (MDA)، وضعیت آنتی‌اکسیدانی کل (TAS)، تیول کل (TT)، زایلنول اورنج (xylenol orange)، سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، مواد واکنش‌گر با اسید تیوباربیتوریک (TBARS) و پنتان؛ شاخص‌های اکسیداسیون پروتئین شامل کربونیل‌های پروتئین (PC)؛ شاخص‌های اکسیداسیون پیشرفته و آسیب DNA مانند ۸-ایزوپروستان (8-Isoprostane) و ۸-هیدروکسی-۲-دی‌اکسی گوانوزین (8-OHdG).

نویسندگان داده‌ها را از مقالات انتخاب شده به صورت مستقل استخراج کردند. اطلاعات استخراج شده شامل نام نویسنده اول، سال انتشار، کشور، طرح مطالعه، مدت زمان مداخله، سن و جنسیت افراد، وضعیت تمرینی، تعداد شرکت‌کنندگان، گروه مداخله، گروه مقایسه و یافته‌های کلیدی مطالعات بود.

خطر سوگیری در مطالعات وارد شده توسط نویسندگان به طور مستقل با استفاده از RoB2، ابزار اصلاح‌شده خطر سوگیری کاکرین برای کارآزمایی‌های تصادفی‌سازی شده (۲۰)، ارزیابی گردید. ابزار RoB2 پنج حیطه را مورد ارزیابی قرار می‌دهد که شامل فرآیند تصادفی‌سازی، انحراف از مداخلات مورد نظر، داده‌های پیامد از دست رفته، اندازه‌گیری پیامد و انتخاب نتایج گزارش‌شده است. براساس ارزیابی‌های انجام شده در این حیطه‌ها، یک رتبه‌بندی کلی برای خطر سوگیری تعیین شد که شامل «خطر سوگیری پایین»، «مقداری نگرانی» یا «خطر

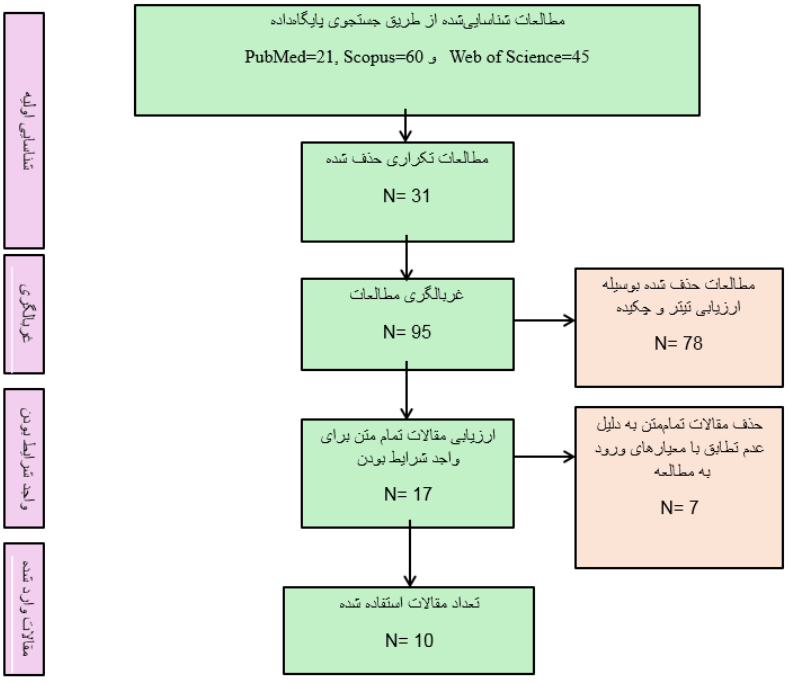
[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-23]

سوگیری بالا» بود. نتایج این ارزیابی در جدول ۴ ارائه شده است.

در راستای معیارهای سنتز بدون متاآنالیز (SWiM)، یافته‌های حاصل از مطالعات وارد شده به صورت روایی سنتز (ترکیب) و گزارش شدند (۲۱). روش SWiM برای بهبود شفافیت در گزارش‌دهی سنتزهای روایی برای مرورهای سیستماتیک که شامل متاآنالیز نمی‌شوند، ایجاد شده است. در این مرور، انجام متاآنالیز حتی با در نظر گرفتن مفروضات اثرات تصادفی، به دلیل ناهمگونی قابل‌توجه در مداخلات مکمل، ویژگی‌های جمعیت، معیارهای پیامد و طرح‌های مطالعه امکان‌پذیر نبود. یافته‌های کمی و کیفی با گزارش جهت اثرات، مقدار P برای هر پیامد و مقادیر P ترکیبی با استفاده از روش فیشر که در پکیج Corbi در نرم‌افزار R اجرا شده است (برای هر مداخله خلاصه شدند)، این نتایج در جدول ۲ و جدول ۳ ارائه شده‌اند. مقدار P ترکیبی تنها برای مطالعاتی محاسبه شد که سطح معناداری را ارائه کرده بودند. ویژگی‌های کلیدی مطالعه و همچنین یافته‌های کلیدی هر مطالعه به صورت کیفی در جدول ۱ خلاصه شدند.

• یافته‌ها

پس از جستجوی اولیه و حذف ۳۱ مورد تکراری، ۹۵ مقاله بر اساس عنوان و چکیده غربالگری شدند که منجر به حذف ۷۸ مطالعه گردید. متعاقباً، ۱۷ مقاله برای ارزیابی متن کامل انتخاب شدند و پس از ارزیابی دقیق، ۱۰ کارآزمایی بالینی واجد شرایط و داری معیارهای پژوهش بوده و در این مرور سیستماتیک گنجانده شدند (۱۵-۱۷, ۲۲-۲۸). جزئیات فرآیند انتخاب مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. برخی مطالعات در جمعیت‌های سالم و تمرین‌دیده انجام شدند و برخی دیگر در گروه‌های خاص یا با ویژگی‌های جمعیتی متفاوت گزارش شدند. این تنوع، امکان ترکیب آماری داده‌ها را محدود کرد. مقالات وارد شده شامل سه کارآزمایی تصادفی‌سازی و کنترل‌شده RCT (22, 27, 28)، سه RCT دوسوکور (۱۵-۱۷)، دو مطالعه متقاطع دوسوکور (۲۵, ۲۶) و دو کارآزمایی کنترل‌شده آینده‌نگر و ناتورالیستی (۲۳, ۲۴) بودند. این کارآزمایی‌ها بین سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۲۱ منتشر شده و مربوط به کشورهای پرتغال (۲۳, ۲۴)، ژاپن (۱۶، ۱۷)، لهستان (۲۷، ۲۸)، برزیل (۱۵، ۲۵، ۲۶) و ایران (۲۲) بودند. هفت مطالعه منحصراً بر روی شرکت کننده های مرد (۱۵-۱۷, ۲۵-۲۸)، دو مطالعه تنها بر روی شرکت‌کنندگان زن (۲۳, ۲۴) انجام شد و یک مطالعه جنسیت افراد را گزارش نکرد (۲۲). حجم نمونه مطالعات وارد شده بین ۹ تا ۴۰ شرکت‌کننده متغیر بود که منجر به حجم نمونه کل ۲۳۵ نفر گردید. به علاوه، وضعیت تمرینی شرکت‌کنندگان شامل ورزشکاران و افراد دارای تمرینات ورزشی بود. پروتکل‌های مداخله در مطالعات مختلف از نظر دوز مکمل و مدت زمان مصرف متفاوت بودند. برای مشاهده روش‌شناسی‌های اختصاصی هر مطالعه به جدول ۱ مراجعه کنید.



شکل ۱. نمودار جریان فرآیند انتخاب

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-23]

جدول ۱. خلاصه ویژگی‌های مطالعات واردشده درباره اثر مکمل‌یاری تورین همراه با فعالیت ورزشی

مطالعه، سال	کشور	طراحی مطالعه	نوع تمرین/ پروتکل	گروه مداخله، مدت زمان و دوز مصرفی	گروه مقایسه	یافته‌های کلیدی
احمدیان و همکاران، ۲۰۱۷	ایران	RCT (کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده)	آزمون ورزشی فزاینده بر اساس پروتکل بروس اصلاح‌شده	افراد دارای تمرینات ورزشی (بیماران نارسایی قلبی)، تعداد=۲۰، سن= ۵،۴ ± ۶۰،۱۲ سال، تورین (۵۰۰ میلی‌گرم، ۳ بار در روز به مدت ۲ هفته)	تعداد=۲۰، سن= ۸،۳ ± ۶۰،۱۳ سال، دارونما (نشاسته، دوز مشابه)	• کاهش التهاب: کاهش CRP (۲۰٪-) و کاهش پلاکت‌ها (۱۵٪-) در مراحل قبل از ورزش، بعد از مکمل و بعد از ورزش در گروه تورین؛ اما افزایش CRP (۱۰٪+) و افزایش پلاکت‌ها (۱۲٪+) در گروه دارونما ← اثر ضدالتهابی در گروه تورین، بدون تغییر معنادار در دارونما. • کاهش خطر گرفتگی عروق: کاهش شاخص خطر کرونری ۱ (CRI-I) (۲۸،۹٪-)، کاهش شاخص خطر کرونری ۲ (CRI-II) (۲۸،۸٪-) و کاهش ضریب آتروژنیک (AC) (۲۳،۳٪-) در گروه تورین پس از مکمل‌دهی؛ عدم تغییر معنادار در CRI-I، CRI-II و AC در گروه دارونما ← اثر آتروژنیک (خطر گرفتگی عروق) با مصرف تورین کاهش یافت. • افزایش استقامت: افزایش زمان تا خستگی (TTE) (۲۵٪+) در گروه تورین پس از مکمل‌دهی؛ عدم تغییر معنادار در گروه دارونما ← افزایش استقامت در گروه تورین. • سطح تورین: افزایش تورین (۱۳۷٪+) قبل و بعد از ورزش در گروه تورین؛ عدم تغییر معنادار در گروه دارونما ← افزایش سطوح تورین با مکمل‌دهی.
چوپل و همکاران، ۲۰۱۸	پرتغال	کارآزمایی طبیعی‌گرا، آینده‌نگر و کنترل‌شده	تمرین چندمؤلفه‌ای، ۲ جلسه در هفته	افراد دارای تمرینات ورزشی (زنان سالمند)، ۱۱ نفر، زن، سن= ۸،۶ ± ۸۳،۵۸ سال، تورین (۱،۵ گرم در روز برای ۱۴ هفته)	۱۳ نفر، زن، سن= ۷،۳ ± ۸۳،۵ سال، گروه کنترل (فقط تمرین ترکیبی)	گروه تورین (TAU): • کاهش TNF-α (۱۰،۴٪-)، کاهش IL-6 (۸،۲٪-)، کاهش نسبت IL-1/IL-1ra ← اثر ضدالتهابی با تورین. گروه تمرین (CET): • کاهش TNF-α، کاهش IL-6، بهبود نسبت IL-1/IL-1ra ← تاثیر مثبت بر التهاب. گروه تمرین + تورین (CET+TAU): • افزایش امتیاز MMSE (۳،۰+ امتیاز) ← بهبود شناختی معنادار با ترکیب تورین و ورزش. گروه کنترل (CG): • کاهش امتیاز MMSE ← زوال شناختی در گروه کنترل. نشانگرهای محیطی آسیب مغزی: • افزایش NSE (۱۲٪+) در گروه تورین ← افزایش نشانگر آسیب عصبی. • عدم تغییر معنادار در S100 (نشانگر سد خونی-مغزی) در گروه‌های مداخله؛ افزایش جزئی در گروه کنترل ← تورین و ورزش یکپارچگی سد خونی-مغزی (BBB) را حفظ می‌کنند.
چوپل و همکاران، ۲۰۲۱	پرتغال	کارآزمایی طبیعی‌گرا، آینده‌نگر و کنترل‌شده	تمرین چندمؤلفه‌ای، ۲ جلسه در هفته	افراد دارای تمرینات ورزشی (زنان سالمند)، ۱۱ نفر، زن، سن= ۸،۶ ± ۸۳،۵۸ سال، تورین (۱،۵ گرم در روز برای ۱۴ هفته)	۱۳ نفر، زن، سن= ۷،۳ ± ۸۳،۵ سال، گروه کنترل (فقط تمرین ورزشی)	التهاب و آنزیم‌ها: • مکمل تورین (TS): کاهش میلوپراکسیداز (MPO)(۲۷٪-)($p<0.05$) و کاهش متالوپروتئیناز ماتریکس-۹(MMP-9) (۲۸٪-)($p=0.04$) • ورزش تنها (EO): بدون اثر بر MPO و MMP-9. • ورزش + تورین (ETTS): کاهش اندک در MPO و MMP-9 (غیر معنادار).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-23]

مطالعه، سال	کشور	طراحی مطالعه	نوع تمرین/ پروتکل	گروه مداخله، مدت زمان و دوز مصرفی	گروه مقایسه	یافته‌های کلیدی
						سلول‌های خونی: • لنفوسیت‌ها: کاهش در گروه مکمل تورین ($p = 0.02$). • مونوسیت‌ها: افزایش در گروه کنترل ($p = 0.05$)؛ حفظ سطوح در گروه‌های TS، EO و ETTS. عملکرد شناختی و فیزیکی: • گروه کنترل (CG): کاهش امتیاز شناختی MoCA (۱٫۵- امتیاز) پس از ۱۴ هفته ($p = 0.04$). • ورزش + تورین (ETTS): بدون تغییر در امتیازات شناختی (جلوگیری از افت) ؛ افزایش چابکی (تست برخاستن و رفتن ۸ فوت) و ظرفیت هوازی (تست گام‌برداری ۲ دقیقه‌ای) ($p = 0.04$).
داسیلوا و همکاران، ۲۰۱۴	برزیل	کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده (RCT) دوسوکور	تمرین اکسنتریک با شدت ۸۰٪ یک تکرار بیشینه	افراد دارای تمرینات ورزشی (بزرگسالان جوان)، ۱۱ نفر، مرد، سن= ۶ ± ۲۱ سال، تورین (۵۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز برای ۲۱ روز)	۱۰ نفر، مرد، سن مشابه، دارونما (نشاسته، دوز مشابه)	عملکرد و آسیب: • مکمل تورین منجر به بهبود عملکرد عضلانی، کاهش کوفتگی عضلانی و کاهش آسیب عضلانی شد. استرس اکسیداتیو و التهاب: • استرس اکسیداتیو در گروه تورین به‌طور معناداری کمتر بود. • تغییرات معناداری در نشانگرهای التهابی مانند TNF-α، IL-1 و IL-10 در طول دوره ریکاوری نسبت به دارونما مشاهده نشد.
دکاروالیو و همکاران، ۲۰۱۷	برزیل	مطالعه متقاطع و دوسو کور	تمرینات رشته سه‌گانه	ورزشکاران (سه‌گانه‌کاران) ، ۱۰ نفر، مرد، سن= ۱٫۳ ± ۳۰٫۹ سال، تورین (۳ گرم در روز) + شیرکاکائو (۴۰۰ میلی‌لیتر) برای ۸ هفته	همان گروه (متقاطع)، دارونما + شیرکاکائو (۴۰۰ میلی‌لیتر) برای ۸ هفته	سطح تورین: • افزایش تورین در گروه «تورین+شیرکاکائو» (از ۲۰۱٫۳۲ به ۲۳۴٫۳۶ µmol/L، $p = 0.01$) ؛ بدون تغییر معنادار در گروه شیرکاکائو تنها. متابولیسم پروتئین: • افزایش تعادل نیتروژن مثبت در گروه تورین+شیرکاکائو ($p = 0.01$). • کاهش دفع نیتروژن ادراری (۳۳٪-، $p = 0.03$). عملکرد ورزشی: • عدم بهبود معنادار در Vmax (حداکثر اکسیژن مصرفی)، ضربان قلب، یا RPE (درک فشار) پس از مکمل‌دهی.
گالان و همکاران، ۲۰۱۸	برزیل	مطالعه متقاطع و دوسو کور	طرح متقاطع همراه با آزمون عملکردی	ورزشکاران (سه‌گانه‌کاران)، ۹ نفر، مرد، سن= ۴٫۶ ± ۳۰ سال، تورین (۳ گرم در روز) + شیرکاکائو (۲۰۰ میلی‌لیتر) برای ۸ هفته ۵	همان گروه (به صورت متقاطع)، دارونما + شیرکاکائو (۲۰۰ میلی‌لیتر) برای ۸ هفته ۶	آسیب عضلانی: • افزایش کراتین کیناز (CK) در گروه تورین (۲۳۴٫۶٪، p= 0.01)؛ عدم تغییر در گروه دارونما. عملکرد ورزشی: • عدم تغییر معنادار در آستانه بی‌هوازی، درک فشار (RPE)، ضربان قلب، یا حداکثر سرعت هوازی. • عدم تغییر معنادار بین گروه تورین و گروه دارونما. سطح تورین: • افزایش تورین پلاسما پس از مکمل‌دهی تورین.
را و همکاران، ۲۰۱۳	ژاپن	RCT دوسوکور	تمرین اکسنتریک عضلات فلکسور آرنج	افراد دارای تمرینات ورزشی (دانشجویان داوطلب)، ۹ نفر، مرد، سن= ۰٫۸ ± ۲۲٫۲ سال، تورین (۲ گرم سه بار در روز)، ۱۴ روز	۹ نفر، مرد، سن= ۰٫۸ ± ۲۲٫۲ سال، دارونما	درد و آسیب عضلانی: • کاهش نمره درد (VAS) در گروه ترکیبی (BCAA + تورین)؛ که در روز دوم به‌طور معناداری کمتر بود. نشانگرهای آسیب سلولی: • کاهش LDH و کاهش 8-OHdG (نشانگر استرس اکسیداتیو) در گروه ترکیبی نسبت به دارونما. • عدم تغییر معنادار در کراتین کیناز (CK) و آلدولاز.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-23]

مطالعه، سال	کشور	طراحی مطالعه	نوع تمرین/ پروتکل	گروه مداخله، مدت زمان و دوز مصرفی	گروه مقایسه	یافته‌های کلیدی
				پیش از تمرین + ۳ روز پس از آن		• کاهش 8-OHdG در روز دوم در گروه ترکیبی نسبت به سایر گروه ها. کلی: • تفاوت معناداری بین گروه‌ها در طول ۴ روز مشاهده نشد.
را و همکاران، ۲۰۱۶	ژاپن	تصادفی‌سازی‌شده، دوسوکور، متقاطع	تمرین اکسنتریک اندام غیرغالب	افراد دارای تمرینات ورزشی (مردان جوان سالم)، ۱۵نفر، مرد، سن= ۱,۰ ± ۲۵,۴ سال، تورین (۲ گرم سه بار در روز) برای ۱۸ روز، ۱۴روز پیش از تمرین + روز تمرین + ۳ روز پس از آن	۱۴نفر، مرد، سن= ۱,۰ ± ۲۵,۲ سال، دارونما (لاکتوز، دوز مشابه)	استرس اکسیداتیو: • مکمل تورین باعث کاهش مالون دی‌آلدئید (MDA) سرم بعد از ورزش اکسنتریک (ECC) شد، که نشان‌دهنده کاهش استرس اکسیداتیو است. عملکرد عروقی: • کاهش میزان "افزایش تاخیری" در سفتی شریانی (cfPWV) بعد از ورزش در گروه تورین نسبت به دارونما (تفاوت معنادار).
زمبرون-لاکنی و همکاران، ۲۰۰۹	لهستان	RCT	تمرین مقاومتی چندمفصلی تا خستگی	افراد دارای تمرینات ورزشی (مردان سالم)، ۱۵ نفر، مرد، سن= ۱,۳ ± ۲۱,۹ سال، تورین (۳ گرم در روز) برای ۳ روز	۱۵ نفر، مرد، سن= ۱,۴ ± ۲۱,۵ سال، گروه کنترل	آسیب عضلانی (CK): • مکمل‌های NAC و تورین (TAU) باعث کاهش آزادسازی کراتین کیناز (CK) بعد از ورزش شدند. • سطح CK در ۲۴ ساعت در تمام گروه‌ها افزایش یافت، اما این افزایش در گروه‌های NAC و تورین کمتر از گروه کنترل بود. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (TAS): • مکمل‌های NAC و ALA باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل (TAS) در حالت استراحت و در طول ریکاوری شدند ؛ اما تورین تأثیری بر TAS نداشت. اسید اوریک (UA): • کاهش اسید اوریک (UA) در ۲۴ ساعت در هر سه گروه (NAC، ALA و تورین) در مقایسه با گروه کنترل مشاهده شد. استرس اکسیداتیو (TBARS و PC): • مکمل‌های NAC و ALA باعث کاهش TBARS (در استراحت و بعد از ورزش) و کاهش PC (نشانگر آسیب اکسیداتیو) شدند. • تورین تأثیری بر TBARS و PC نداشت.
زمبرون-لاکنی و همکاران، ۲۰۰۷	لهستان	RCT	تمرین مقاومتی شدید	افراد دارای تمرینات ورزشی (مردان سالم)، ۱۵ نفر، مرد، سن= ۱,۳ ± ۲۱,۹ سال، تورین (۳ گرم در روز) برای ۳ روز	۱۵ نفر، مرد، سن= ۱,۴ ± ۲۱,۵ سال، گروه کنترل	تیول‌های پروتئینی و TBARS: • گروه‌های NAC (ان-استیل سیستئین) و LIP (لیپوئیک اسید) باعث افزایش تیول‌های پروتئینی نسبت به دارونما شدند؛ اما تورین اثر معناداری نداشت. • گروه‌های NAC و LIP باعث کاهش TBARS نسبت به دارونما شدند؛ اما تورین اثری بر TBARS نداشت. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (SOD و GPx): • هر سه گروه (NAC، LIP و تورین) از کاهش آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) بعد از ورزش جلوگیری کردند (اثر محافظتی). • گروه‌های NAC و LIP فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز (GPx) را بعد از ورزش افزایش دادند؛ اما تورین اثر معناداری بر GPx نداشت.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-23]

مکمل‌یاری تورین در چندین مطالعه با تمرکز بر بیومارکرهای التهابی مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۲). اثرات معناداری برایMPO ، MMP-9، لنفوسیت‌ها و مونوسیت‌ها مشاهده شد. به‌طور خاص، کاهش‌هایی در MPO ، MMP-9 و لنفوسیت‌ها در برخی مطالعات مشاهده گردید که مقادیر P آن‌ها به ترتیب ۰,۰۱، ۰,۰۲ و ۰,۰۴ بود (۲۴). علاوه بر این، کاهشی در مونوسیت‌ها در این مطالعه یافت شد که مقدار P آن ۰,۰۵ بود (۲۴). برای TNF-α ، IL-6 وIL-10 ، نتایج متناقضی گزارش شد. برخی مطالعات کاهش معناداری را در سطوح TNF-α و IL-6 مقادیر ($p<0.05$) نشان دادند [۲۳]، در حالی که مطالعات دیگر هیچ تغییر معناداری را گزارش نکردند (15, 26). مقدار P ترکیبی کلی برای تمام پیامدهای التهابی کمتر از ۰,۰۰۱ گزارش شد که نشان‌دهنده معناداری آماری قوی است (15, 22-24, 26).

چندین مطالعه اثر مکمل‌یاری تورین بر بیومارکرهای استرس اکسیداتیو را ارزیابی کردند (جدول ۳). کاهش‌های معناداری در MDA، TAS، PC و TT گزارش شد، که مقادیر P در آن‌ها به طور ثابت کمتر از ۰,۰۵ بود (۱۵, ۱۶, ۲۷, ۲۸). به‌ویژه، MDA و TAS کاهش‌های معناداری را نشان دادند که حاکی از کاهش در پراکسیداسیون لیپیدی و بهبود در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی است (۱۶, ۲۵, ۲۷). همچنین PC و TT نیز کاهش‌های معناداری را با مقادیر ($p<0.05$) نشان دادند (۱۵, ۲۷). افزون بر این، نتایج مربوط به SOD و زایلنول اورنج با سایر مطالعات همسو بود و اثر کاهشی معناداری ($p<0.05$) را برای این شاخص‌ها نشان داد (۱۵, ۲۸). مقدار P ترکیبی برای تمام پیامدهای استرس اکسیداتیو کمتر از ۰,۰۰۱ گزارش شد که نشان‌دهنده معناداری آماری کلی قوی است (15, 16, 25, 27, 28).

جدول ۲. سنتز روایی برای تعیین جهت اثرات، مقادیر p هر پیامد التهابی، و ترکیب مقادیر p برای هر مداخله

مطالعه، سال	پیامد التهابی	اثر مثبت (count)	اثر منفی (count)	بی اثر (count)	برای هر p مقادیر پیامد	pترکیب مقادیر برای هر مداخله
چوپل و همکاران، ۲۰۲۱	MPO	1	0	0	۰,۰۱	
چوپل و همکاران، ۲۰۲۱	MMP-9	1	0	0	۰,۰۲	
چوپل و همکاران، ۲۰۲۱	Lymphocytes	1	0	0	۰,۰۴	
چوپل و همکاران، ۲۰۲۱	Monocytes	۰	۱	۰	۰,۰۵	
چوپل و همکاران، ۲۰۱۸	TNF-α	1	0	0	0.02	
چوپل و همکاران، ۲۰۱۸	IL-6	1	0	0	0.03	
چوپل و همکاران، ۲۰۱۸	IL-10	0	1	0	0.01	
چوپل و همکاران، ۲۰۱۸	IL-1/IL-1ra ratio	1	0	0	<0.05	<0.001
گالان و همکاران، ۲۰۱۸	TNF-α	0	0	1	>0.05	
گالان و همکاران، ۲۰۱۸	IL-6	0	0	1	>0.05	
احمدیان و همکاران، ۲۰۱۷	CRP	1	0	0	<0.05	
احمدیان و همکاران، ۲۰۱۷	Platelets	1	0	0	<0.05	
داسیلوا و همکاران، ۲۰۱۴	TNF-α	۰	۰	۱	>0.05	
داسیلوا و همکاران، ۲۰۱۴	IL-1β	0	0	1	>0.05	
داسیلوا و همکاران، ۲۰۱۴	IL-10	0	0	1	>0.05	

Note. Abbreviations: CRP = C-Reactive Protein; IL = Interleukin (e.g., IL-1β, IL-6, IL-10); MMP-9 = Matrix Metalloproteinase-9; MPO = Myeloperoxidase; NS = Not Specified; TNF-α = Tumor Necrosis Factor Alpha.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-23]

جدول ۳. سنتز روایی برای تعیین جهت اثرات، مقادیر p هر پیامد استرس اکسیداتیو، و ترکیب مقادیر p برای هر مداخله

مطالعه، سال	پیامد استرس اکسیداتیو	اثر مثبت (count)	اثر منفی (count)	بی اثر (count)	برای هر p مقادیر پیامد	pترکیب مقادیر برای هر مداخله
دکاروالیو و همکاران، ۲۰۱۷	MDA	1	0	0	0.03	
را و همکاران، ۲۰۱۶	MDA	۱	۰	۰	< 0.05	
داسیلوا و همکاران، ۲۰۱۴	Xylenol orange	۰	۱	۰	< 0.05	
داسیلوا و همکاران، ۲۰۱۴	PC	۰	۱	۰	< 0.05	
داسیلوا و همکاران، ۲۰۱۴	TT	۱	۰	۰	< 0.05	
را و همکاران، ۲۰۱۳	8-OHdG	1	0	0	< 0.05	<0.001
زمبرون-لاکنی و همکاران، ۲۰۰۹	TBARS	1	0	0	< 0.05	
زمبرون-لاکنی و همکاران، ۲۰۰۹	PC	1	0	0	< 0.05	
زمبرون-لاکنی و همکاران، ۲۰۰۹	TAS	1	0	0	< 0.05	
زمبرون-لاکنی و همکاران، ۲۰۰۷	TBARS	1	0	0	< 0.05	
زمبرون-لاکنی و همکاران، ۲۰۰۷	PC	1	0	0	< 0.05	
زمبرون-لاکنی و همکاران، ۲۰۰۷	SOD	1	0	0	< 0.05	

Note. Abbreviations: MDA = Malondialdehyde; 8-OHdG = 8-Hydroxy-2'-Deoxyguanosine; NS = Not Specified; PC = Protein Carbonyls; Superoxide Dismutase, TAS = Total Antioxidant Status; TBARS = Thiobarbituric Acid Reactive Substances; TT = Total Thiol.

کیفیت روش‌شناختی مطالعات واردشده با استفاده از ابزار RoB2 در پنج حیطه تخصصی ارزیابی گردید (جدول ۴). نتایج نشان داد که توزیع خطر سوگیری در مطالعات ناهمگون است:

- **فرآیند تصادفی‌سازی:** اکثر مطالعات به دلیل عدم گزارش دقیق جزئیات پنهان‌سازی تخصیص (Allocation Concealment)، در رده «مقداری نگرانی» (Some Concerns) قرار گرفتند. مطالعه احمدیان و همکاران (۲۰۱۷) به دلیل نقص در پروتکل تصادفی‌سازی، دارای «خطر بالا» (High Risk) ارزیابی شد (۲۲).

جدول ۴. ابزار بازبینی‌شده کوکران برای خطر سوگیری در آزمایش‌های تصادفی (RoB2)

مطالعه، سال	فرایند رندومیزاسیون	انحراف از مداخلات مورد نظر	داده های پیامد گم شده	اندازه گیری پیامد	انتخاب نتیجه گزارش‌شده	کیفیت کلی
چوپل و همکاران، ۲۰۲۱	S	H	L	L	S	ریسک بالا
چوپل و همکاران، ۲۰۱۸	S	H	L	L	S	ریسک بالا
گالان و همکاران، ۲۰۱۸	S	L	L	L	S	مقداری نگرانی
احمدیان و همکاران، ۲۰۱۷	L	H	L	L	S	ریسک بالا
دکاروالیو و همکاران، ۲۰۱۷	S	L	L	L	L	ریسک پایین
را و همکاران، ۲۰۱۶	S	L	L	L	S	مقداری نگرانی
داسیلوا و همکاران، ۲۰۱۴	S	H	L	L	S	ریسک بالا
را و همکاران، ۲۰۱۳	S	L	L	L	L	ریسک پایین
زمبرون-لاکنی و همکاران، ۲۰۰۹	S	L	L	L	H	ریسک بالا
زمبرون-لاکنی و همکاران، ۲۰۰۷	S	L	L	L	H	ریسک بالا

S: مقداری نگرانی ,L : خطر سوگیری پایین ,H : خطر سوگیری بالا

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-23]

- **انحراف از مداخلات:** مطالعات چوپل (۲۰۱۸، ۲۰۲۱)، داسیلوا (۲۰۱۴) و احمدیان (۲۰۱۷) به دلیل عدم استفاده از روش‌های دوسوکور (Double-blind) با دقت کافی، در رده «خطر بالا» قرار گرفتند (۲۳،۲۴، ۱۵، ۲۲).
- **داده‌های از دست رفته و اندازه‌گیری پیامد:** در این دو حیطه، تمامی مطالعات عملکرد مناسبی داشته و «خطر پایین» دریافت کردند.
- **خطر سوگیری کلی:** در مجموع، ۶ مطالعه دارای «خطر بالا» (۱۵, ۲۲-۲۴, ۲۷, ۲۸)، دو مطالعه دارای «مقداری نگرانی» (۱۶, ۲۶) و دو مطالعه (۱۷، ۲۵) دارای «خطر پایین» ارزیابی شدند. وجود این سطح از سوگیری در بخش عمده‌ای از شواهد، ایجاب می‌کند که نتایج مربوط به اثربخشی تورین با احتیاط فراوان تفسیر شود.

• بحث

این مرور سیستماتیک و سنتز روایی، اثرات مکمل‌یاری تورین (TS) را بر استرس اکسیداتیو و التهاب ناشی از ورزش در افراد دارای تمرینات ورزشی ارزیابی کرد. یافته‌های مطالعات وارد شده نشان می‌دهند که مکمل‌یاری تورین ممکن است اثر سودمندی بر هر دو دسته بیومارکرهای استرس اکسیداتیو و التهابی داشته باشد. به‌ویژه، مکمل‌یاری تورین به‌طور معناداری شاخص‌های استرس اکسیداتیو (MDA ، TAS و PC) و مارکرهای التهابی (MPO ، MMP-9 و CRP) را کاهش داد. این اثرات به‌ویژه در مطالعاتی با دوزهای بالاتر تورین بارزتر بود که بهبودهای معناداری را در هر دو زمینه استرس اکسیداتیو و التهاب پس از ورزش گزارش کردند.

یافته‌های ما با مطالعات پیشین که به نقش تورین در تعدیل استرس اکسیداتیو و التهاب اشاره دارند، همسو است. برای مثال، چوپل و همکاران (۲۰۱۸) کاهش معناداری را در TNF-α و IL-6 پس از مکمل‌یاری تورین در زنان سالمند گزارش کردند (۲۳). به همین ترتیب، را و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه ای بر روی مردان جوان سالم که به صورت متقاطع، تصادفی‌سازی‌شده و دوسوکور طراحی شده بود، شرکت‌کنندگان به مدت دو هفته روزانه ۶ گرم تورین دریافت نموده و سپس در یک پروتکل ورزش برون‌گرا (اکسنتریک) شرکت نمودند. نتایج نشان داد که مکمل‌یاری با تورین باعث کاهش افزایش تأخیری سفتی شریانی ناشی از ورزش و کاهش سطوح MDA پس از ورزش برون‌گرا (اکسنتریک) شد (۱۶). با این حال، تناقضاتی در برخی مطالعات وجود داشت. گالان و همکاران (۲۰۱۸) تغییرات معناداری در شاخص‌های التهابی مانند TNF-α و IL-6 نیافتند، که پیشنهاد می‌کند اثرات مکمل‌یاری تورین ممکن است بسته به جمعیت، شدت ورزش و دوز مصرف متفاوت باشد (۲۶).

تضادهای مشاهده شده در نتایج برخی بیومارکرها مانند TNF-α و IL-6 نیازمند تحلیل دقیق‌تری است. یکی از دلایل اصلی این ناهمگونی، تفاوت در دوز مصرفی است. مطالعاتی که دوزهای بالاتر (۳ تا ۶ گرم) را به کار برده‌اند، نتایج معنادارتری گزارش کرده‌اند. علاوه بر این، زمان‌بندی مصرف (قبل در برابر بعد از فعالیت) و مدت مداخله (کوتاه‌مدت در برابر میان‌مدت) نقش تعیین‌کننده‌ای در اثربخشی تورین ایفا می‌کنند. بنابراین چندین محدودیت باید مورد توجه قرار گیرند. نخست، حجم نمونه در بسیاری از مطالعات نسبتاً کوچک بود که تعمیم‌پذیری یافته‌ها را محدود می‌کند. برای مثال، مطالعاتی مانند دی کاروالیو و همکاران (۲۰۱۷) (۲۵) و گالان و همکاران (۲۰۱۸) (۲۶) شامل گروه‌های کوچکی از شرکت‌کنندگان (۹ تا ۱۰ نفر) بودند که ممکن است بر توان آماری نتایج تأثیر بگذارد. دوم، تفاوت‌ها در پروتکل‌های مطالعه، شامل دوزهای مختلف، اشکال متفاوت تورین و برنامه‌های تمرینی گوناگون، نتیجه‌گیری قطعی در مورد راهبرد بهینه مکمل‌یاری تورین را دشوار می‌سازد. در نهایت، مدت زمان مکمل‌یاری در مطالعات مختلف متفاوت بود و برخی کارآزمایی‌ها تنها چند هفته به طول انجامیدند که ممکن است اثرات بلندمدت مکمل‌یاری تورین بر ریکاوری و سلامت عضله را نشان ندهند. در مورد مطالعه احمدیان (۲۲)، باید خاطرنشان کرد که اگرچه یافته‌های آن همسو با جهت کلی تحقیق است، اما به دلیل تفاوت در جمعیت مورد مطالعه (بیماران با شرایط خاص در کنار ورزشکاران) و خطر سوگیری بالا، نتایج آن باید به عنوان یک «یافته احتیاطی» در نظر گرفته شود.

با توجه به این ناهمگونی، رویکرد SWiM استفاده شده در این مرور مزیتی را ارائه می‌دهد، چرا که به ما اجازه می‌دهد یافته‌ها را بدون تحمیل یک برآورد اثر تجمعی (Pooled effect)در بین طرح‌های مطالعه و پروتکل‌های متنوع، تحلیل و گزارش کنیم. این روش شفافیت را ارتقا و اطمینان حاصل می‌کند که تغییرات در ویژگی‌های مطالعه، مانند دوز و مدت زمان، نتیجه‌گیری‌ها را مخدوش نکنند. این امر درک دقیق‌تری از اثرات مکمل‌یاری تورین در زمینه‌های گوناگون فراهم می‌کند که ممکن است در یک متاآنالیز سنتی نادیده گرفته شوند.

برای بسط دادن یافته‌های کنونی، تحقیقات آتی باید با هدف استانداردسازی پروتکل‌های دوز مصرفی، زمان‌بندی مکمل‌دهی و طرح‌های مطالعاتی انجام شوند تا نتایج منسجم‌تری ارائه دهند. کارآزمایی‌های بالینی بزرگتر با جمعیت‌های متنوع، شامل گروه‌های سنی و شیوه‌های تمرینی مختلف، به روشن شدن

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-23]

مزایای بالقوه مکمل‌یاری تورین در شرایط گوناگون کمک خواهد کرد. علاوه بر این، بررسی اثرات تورین بر سایر بیومارکرهای مرتبط با بازسازی عضلانی و تعامل آن با سایر آنتی‌اکسیدان‌ها می‌تواند درک جامع‌تری از پتانسیل درمانی آن فراهم آورد.

نتیجه‌گیری

در مجموع، شواهد موجود نشان می‌دهد که مکمل‌یاری تورین ممکن است در کاهش استرس اکسیداتیو و التهاب ناشی از ورزش نقش مفیدی داشته و از این طریق به بهبود ریکاوری کمک کند. با این حال، به‌دلیل ناهمگونی مطالعات، تفاوت در دوز و زمان‌بندی مصرف، مدت مداخله و نیز وجود محدودیت‌های روش‌شناختی، این نتیجه‌گیری باید با احتیاط تفسیر شود. مطالعات آینده باید با طراحی‌های بزرگ‌تر، تصادفی‌سازی بهتر، پروتکل‌های استانداردتر و دوره‌های مداخله طولانی‌تر انجام شوند تا بتوان دوز بهینه، زمان‌بندی مناسب و اثربخشی واقعی تورین را با دقت بیشتری تعیین کرد.

تضاد منافع

نویسنده اعلام می‌دارد که هیچ‌گونه تضاد منافع مالی یا اخلاقی برای هیچ‌یک از مطالعات شرح داده شده در این دست‌نوشته وجود ندارد.

منابع مالی

این پژوهش هیچ‌گونه کمک مالی خاصی از جانب سازمان‌های تأمین بودجه در بخش‌های عمومی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

• References

1. Nystoriak, M.A. and A. Bhatnagar, Cardiovascular Effects and Benefits of Exercise. Front Cardiovasc Med, 2018. 5: p. 135.
2. Pinckard, K., K.K. Baskin, and K.I. Stanford, Effects of Exercise to Improve Cardiovascular Health. Front Cardiovasc Med, 2019. 6: p. 69.
3. Owens, D.J., et al., Exercise-induced muscle damage: What is it, what causes it and what are the nutritional solutions? European Journal of Sport Science, 2019. 19(1): p. 71-85.
4. Stožer, A., P. Vodopivc, and L. Križančić Bombek, Pathophysiology of exercise-induced muscle damage and its structural, functional, metabolic, and clinical consequences. Physiol Res, 2020. 69(4): p. 565-598.
5. Cerqueira, É., et al., Inflammatory Effects of High and Moderate Intensity Exercise-A Systematic Review. Front Physiol, 2019. 10: p. 1550.
6. Powers, S.K., W.B. Nelson, and M.B. Hudson, Exercise-induced oxidative stress in humans: cause and consequences. Free Radic Biol Med, 2011. 51(5): p. 942-50.
7. Martinovic, J., et al., Long-term effects of oxidative stress in volleyball players. Int J Sports Med, 2009. 30(12): p. 851-6.
8. Chandimali, N., et al., Free radicals and their impact on health and antioxidant defenses: a review. Cell Death Discovery, 2025. 11(1): p. 19.
9. Steinbacher, P. and P. Eckl, Impact of Oxidative Stress on Exercising Skeletal Muscle. Biomolecules, 2015. 5(2): p. 356-377.
10. Maruyama, T., S. Mizuno, and K. Goto, Effects of cold water immersion and compression garment use after eccentric exercise on recovery. J Exerc Nutrition Biochem, 2019. 23(1): p. 48-54.
11. Baliou, S., et al., Protective role of taurine against oxidative stress (Review). Mol Med Rep, 2021. 24(2).
12. Vahdat, M., et al., The effects of Taurine supplementation on inflammatory markers and clinical outcomes in patients with traumatic brain injury: a double-blind randomized controlled trial. Nutr J, 2021. 20(1): p. 53.
13. Merckx, C. and B. De Paepe, The Role of Taurine in Skeletal Muscle Functioning and Its Potential as a Supportive Treatment for Duchenne Muscular Dystrophy. Metabolites, 2022. 12(2).
14. Dehghani, E., et al., The effect of taurine supplementation on markers of muscle damage and muscle pain in an athletic population: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials assessed using the grading of recommendations, assessment, development, and evaluation approach. Heliyon, 2025. 11(13).
15. da Silva, L.A., et al., Effects of taurine supplementation following eccentric exercise in young adults. Appl Physiol Nutr Metab, 2014. 39(1): p. 101-4.
16. Ra, S.G., et al., Taurine supplementation attenuates delayed increase in exercise-induced arterial stiffness. Appl Physiol Nutr Metab, 2016. 41(6): p. 618-23.
17. Ra, S.G., et al., Combined effect of branched-chain amino acids and taurine supplementation on delayed onset muscle soreness and muscle damage in high-intensity eccentric exercise. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 2013. 10.
18. Akl, E., et al., Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. 2019.
19. Page, M.J., et al., The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. Journal of Clinical Epidemiology, 2021. 134: p. 178-189.
20. Sterne, J.A.C., et al., RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. Bmj, 2019. 366: p. l4898.
21. Campbell, M., et al., Synthesis without meta-analysis (SWiM) in systematic reviews: reporting guideline. Bmj, 2020. 368: p. l6890.
22. Ahmadian, M., et al., Taurine supplementation has anti-atherogenic and anti-inflammatory effects before and after incremental exercise in heart failure. Therapeutic Advances in Cardiovascular Disease, 2017. 11(7): p. 185-194.
23. Chupel, M.U., et al., Exercise and taurine in inflammation, cognition, and peripheral markers of blood-brain barrier

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-23]

integrity in older women. Appl Physiol Nutr Metab, 2018. 43(7): p. 733-741.

24. Chupel, M.U., et al., Taurine supplementation reduces myeloperoxidase and matrix-metalloproteinase-9 levels and improves the effects of exercise in cognition and physical fitness in older women. Amino Acids, 2021. 53(3): p. 333-345.
25. De Carvalho, F.G., et al., Taurine: A Potential Ergogenic Aid for Preventing Muscle Damage and Protein Catabolism and Decreasing Oxidative Stress Produced by Endurance Exercise. Front Physiol, 2017. 8: p. 710.
26. Galan, B.S., et al., Effects of taurine on markers of muscle damage, inflammatory response and physical performance in triathletes. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 2018. 58(9): p. 1318-1324.
27. Zembron-Lacny, A., J. Ostapiuk, and K. Szyszka, Effects of sulphur-containing compounds on plasma redox status in muscle-damaging exercise. Chin J Physiol, 2009. 52(5): p. 289-94.
28. Zembron-Lacny, A., K. Szyszka, and Z. Szygula, Effect of cysteine derivatives administration in healthy men exposed to intense resistance exercise by evaluation of pro-antioxidant ratio. Journal of Physiological Sciences, 2007. 57(6): p. 343-348.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-23]

Review Article

The Impact of Taurine Supplementation on Exercise-Induced Oxidative Stress and Inflammation in Trained Individuals: A Systematic Review and Narrative Synthesis of Clinical Trials

Razipour Juybari AH[1], Gholamalizade A[2], Goli Eskardi MN[2], Hekmatdoost A[3]*

1- Medical Student Medical Student, School of Medicine, Tehran University of Medical Sciences (TUMS), Tehran, Iran

2- Medical Student Medical Student, School of Medicine, Shahid Beheshti University of Medical Sciences (SBMU), Tehran, Iran

*3- *Corresponding author: Professor Department of Clinical Nutrition & Dietetics, Faculty of Nutrition and Food Industries, National Nutrition and Food Industries Research Institute, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran Email: a_hekmat2000@yahoo.com*

Received 22 Dec, 2025 **Accepted 1 Jul, 2026**

Background and Objective: Intense physical activity can be accompanied by increased oxidative stress and inflammatory responses. Taurine, a bioactive sulfur-containing compound, has attracted considerable attention in the context of exercise recovery due to its potential antioxidant and anti-inflammatory properties. However, the existing evidence regarding its effectiveness in attenuating post-exercise oxidative stress and inflammatory biomarkers remains heterogeneous and sometimes conflicting. The present study aimed to evaluate the effects of taurine supplementation on exercise-induced oxidative stress and inflammatory biomarkers in physically active individuals.

Methods: A systematic search was conducted in PubMed, Scopus, and Web of Science up to November 2025. Eligible studies that examined the effects of taurine supplementation on oxidative stress and inflammatory markers following exercise were included. In total, 10 studies involving 235 participants were included in the review. Due to substantial heterogeneity in study design, populations, interventions, outcomes, and timing of measurements, a meta-analysis was not performed and a narrative synthesis was conducted instead. The methodological quality of the included studies was assessed using the RoB 2 tool.

Results: The findings suggest that taurine supplementation may improve certain markers of oxidative stress (such as MDA, TAS, and PC) as well as inflammatory biomarkers (including MPO, MMP-9, and CRP). However, inconsistent or inconclusive results were reported for several other markers, including TNF-α, IL-6, and IL-10. Moreover, the observed effects appeared to be more pronounced in studies using higher doses of taurine.

Conclusion: Current evidence supports a potential role for taurine in modulating exercise-induced oxidative stress and inflammation. Nevertheless, due to heterogeneity across studies, potential risk of bias in parts of the evidence, and variations in dosage, timing, and duration of supplementation, definitive conclusions cannot yet be drawn. Larger, well-designed, and standardized randomized clinical trials are needed to determine the optimal dosage, timing, and clinical efficacy of taurine supplementation.

PROSPERO Registration: CRD420251245217

Keywords: Taurine supplementation, Inflammation, Oxidative stress, Sports nutrition, Narrative synthesis

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-23]