مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
دوره سی و سه، شماره نه، آذر ۱۴۰۴
تاریخ دریافت:۱۴۰۴/۰۳/۲۳
تاریخ پذیرش:۱۴۰۴/۰۵/۲۰

نقش آنتی‌اکسیدان‌ها در تنظیم استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش: مرور مکانیسم‌های مولکولی و تاثیرات عملکردی

اسداله اسدی[۱]، نرگس یزدان‌نسب[۱]، زهرا حرمتی اوغول بیگ[۲]، سیده زینب پرندک[۲]، امیرحسین حرمتی اوغول بیگ*[۲]

مقاله مروری

مقدمه: ورزش با القای استرس اکسیداتیو از طریق تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)، سازوکارهای پیچیده‌ای را در بدن به‌وجود می‌آورد که نقش دوگانه‌ای در سازگاری ورزشی و آسیب سلولی ایفا می‌کنند. این مطالعه نقش دوگانه ROS (هم سیگنالینگ مفید، هم آسیب‌زا) و تناقضات تأثیر آنتی‌اکسیدان‌ها بر عملکرد ورزشی را بررسی می‌کند. هدف، تحلیل مکانیسم‌های تعامل آنتی‌اکسیدان‌ها با ROS و ارائه راهکارهای شخصی‌سازی شده برای مصرف بهینه آن‌ها بر اساس ویژگی‌های فردی و نوع تمرین است.

روش بررسی: این مرور سیستماتیک با جستجو در پایگاه‌های PubMed، Scopus، Web of Science و PsycINFO (۲۰۲۲–۲۰۲۵) انجام شد. مطالعات مروری، تجربی و مشاهده‌ای مرتبط با آنتی‌اکسیدان‌ها، استرس اکسیداتیو و ورزش انتخاب شدند. مطالعات بدون متن کامل، غیرمرتبط با مکانیسم‌های زیستی/عملکردی، یا شامل افراد بیمار حذف شدند.

نتایج: این مرور سیستماتیک با بررسی ۱۵ مطالعه از میان ۱۴۲ مقاله اولیه نشان داد ورزش متوسط با فعال‌سازی مسیر Nrf2 دفاع آنتی‌اکسیدانی را تقویت می‌کند، درحالی‌که سطح متعادل ROS/RNS برای سازگاری عضلانی مفید است. مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی اگرچه بهبود ریکاوری را تسهیل می‌کنند، مصرف بیش‌ازحد آن‌ها می‌تواند سازگاری تمرینی را مختل نماید.

نتیجه‌گیری: حفظ تعادل میان تولید ROS و دریافت آنتی‌اکسیدان برای سلامت و عملکرد ورزشی ضروری است. ورزش با شدت متوسط دفاع آنتی‌اکسیدانی را تقویت کرده و تمرینات شدید می‌توانند این تعادل را برهم زنند. مصرف هدفمند مکمل‌ها و رژیم غذایی غنی از پلی‌فنول‌ها به بهبود ریکاوری و کاهش التهاب کمک می‌کند، اما مصرف بیش‌ازحد ممکن است سازگاری‌های تمرینی را مختل کند. پژوهش‌های آینده باید بر تعیین دوز و زمان‌بندی بهینه و بررسی اثرات بلندمدت تمرکز کنند.

واژه‌های کلیدی: استرس اکسیداتیو، آنتی‌اکسیدان‌ها، عملکرد ورزشی، سیگنالینگ، ریکاوری

ارجاع: اسدی اسداله، یزدان‌نسب نرگس، حرمتی اوغول بیگ زهرا، پرندک سیده زینب، حرمتی اوغول بیگ امیرحسین. **نقش آنتی‌اکسیدان‌ها در تنظیم استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش: مرور مکانیسم‌های مولکولی و تاثیرات عملکردی**. مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد ۱۴۰۴؛ ۳۳ (۹): ۸۵-۹۳۶۹.

۱- گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲- گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
*(نویسنده مسئول)؛ تلفن: ۰۹۹۲۰۱۴۷۸۸۲، پست الکترونیکی: amirhosseinhormati@uma.ac.ir، صندوق پستی: ۵۶۱۹۹۱۳۱۳۱

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i9.20413]

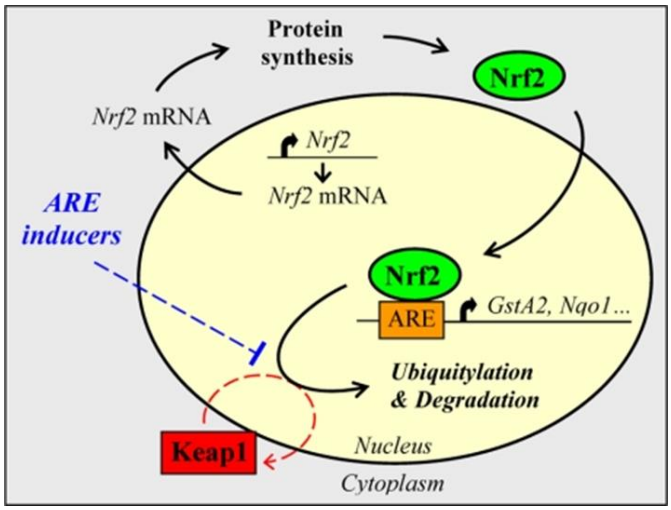
مقدمه

ژنتیک به مطالعه ژن‌ها و نقش آن‌ها در تعیین ویژگی‌های فردی، از جمله ظرفیت‌های ورزشی، گفته می‌شود. تغییرات ژنتیکی می‌توانند بر عملکرد فیزیولوژیکی، پاسخ به تمرین و ریسک ابتلا به بیماری‌ها تأثیرگذار باشند (۱) اپی‌ژنتیک به مجموعه تغییرات قابل برگشت در بیان ژن‌ها گفته می‌شود که بدون تغییر در توالی DNA رخ می‌دهد و می‌تواند تحت تأثیر عوامل محیطی مانند تغذیه و تمرین ورزشی قرار گیرد. این تغییرات می‌توانند عملکرد ورزشی و سلامت را تعدیل کنند (۲). فعالیت‌های ورزشی، به ویژه تمرینات با شدت بالا یا طولانی‌مدت، با افزایش قابل‌توجه تولید گونه‌های فعال اکسیژن (Reactive Oxygen Species) و نیتروژن (Reactive Nitrogen Species) در بدن همراه هستند. این مولکول‌های واکنشی، که به‌طور عمده در طی متابولیسم هوازی در میتوکندری‌ها و هم‌چنین از طریق فرآیندهای التهابی تولید می‌شوند، می‌توانند به استرس اکسیداتیو منجر شوند (۳). استرس اکسیداتیو زمانی رخ می‌دهد که تعادل بین تولید گونه‌های فعال اکسیژن و نیتروژن (ROS و RNS) و دفاع آنتی‌اکسیدانی بدن مختل شود. این عدم تعادل می‌تواند به آسیب سلولی، التهاب مزمن، خستگی عضلانی و کاهش عملکرد ورزشی منجر گردد (۴). در حضور استرس اکسیداتیو ناشی از فعالیت‌های ورزشی، Nrf2 از Keap1 جدا شده و به هسته منتقل می‌شود، جایی‌که با اتصال به ARE، بیان ژن‌های آنتی‌اکسیدانی مانند GSTA2 و NQO1 را فعال می‌کند. این مکانیسم به کاهش آسیب اکسیداتیو و بهبود عملکرد ورزشی کمک می‌کند (شکل۱)(۵). بدن انسان دارای سیستم دفاعی پیچیده‌ای شامل آنتی‌اکسیدان‌های درون‌زا (مانند آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتازSuperoxide Dismutase، کاتالاز Catalase و گلوتاتیون پراکسیداز Glutathione Peroxidase) و برون‌زا (مانند ویتامین‌های C و E، پلی‌فنول‌ها Polyphenols و کاروتنوئید Carotenoidsهای موجود در رژیم غذایی) است که ROS را خنثی کرده و اثرات مخرب آن‌ها را کاهش می‌دهند. (۶،۷). آنتی‌اکسیدان‌ها از طریق مکانیسم‌های زیستی متنوعی، از جمله خنثی‌سازی مستقیم رادیکال‌های آزاد، تقویت مسیرهای سیگنالینگ سلولی مانند مسیر Nrf2 (عامل رونویسی مرتبط با پاسخ آنتی‌اکسیدانی)، و کاهش التهاب از طریق تعدیل سیتوکین‌های پیش‌التهابی، به محافظت از سلول‌ها در برابر استرس اکسیداتیو کمک می‌کنند (۸،۹). تمرین منظم و مصرف آنتی‌اکسیدان‌ها هر دو به کاهش استرس اکسیداتیو کمک می‌کنند، اما از طریق مکانیسم‌های متفاوت. آنتی‌اکسیدان‌ها (مانند ویتامین‌های C و E و آنزیم‌های SOD و کاتالاز) مستقیماً رادیکال‌های آزاد را خنثی کرده و از آسیب اکسیداتیو جلوگیری می‌کنند. از طرفی، تمرین ورزشی منظم با افزایش بیان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی درون‌زا و تقویت سیستم دفاعی بدن، استرس اکسیداتیو را کاهش می‌دهد، با این‌حال، مصرف همزمان مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی ممکن است با تداخل در سیگنال‌دهی ROS ناشی از تمرین، برخی از فواید سازگاری ورزشی را مهار کند، بنابراین، تعادل بین این دو عامل برای بهره‌مندی از اثرات مثبت هر دو ضروری است (۹،۱۰). شواهد علمی نشان می‌دهند که آنتی‌اکسیدان‌ها می‌توانند نقش مؤثری در بهبود ریکاوری پس از تمرین، کاهش آسیب عضلانی، و حتی تقویت عملکرد ورزشی ایفا کنند (۱۰). با این‌حال، استفاده از مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی در ورزش همچنان محل بحث است؛ زیرا شواهد نشان می‌دهد مصرف بیش‌ازحد آن‌ها می‌تواند با سرکوب سیگنال‌های فیزیولوژیکی ناشی از استرس اکسیداتیو ـ که برای سازگاری‌های تمرینی مانند افزایش بیوژنز میتوکندری و تقویت ظرفیت آنتی‌اکسیدانی درون‌زا ضروری‌اند ـ موجب کاهش سازگاری‌های بلندمدت و افت عملکرد شود (۱۱). در مقابل، تحقیقات دیگر پیشنهاد می‌کنند که استفاده هدفمند از مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی، به‌ویژه در شرایط استرس اکسیداتیو بالا (مانند تمرینات شدید یا مسابقات پیاپی)، می‌تواند با بهبود ریکاوری، کاهش آسیب عضلانی و حفظ عملکرد ورزشی، بدون به خطر انداختن سازگاری‌های تمرینی، مفید باشد (۱۴-۱۲). در این راستا، درک دقیق نقش آنتی‌اکسیدان‌ها در تعدیل استرس اکسیداتیو ناشی از فعالیت‌های ورزشی، بررسی مکانیسم‌های زیستی دخیل و

CC BY-NC 4.0

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-06-13]
[DOI: 10.18502/ssu.v33i9.20413]

ارزیابی پیامدهای عملکردی آن‌ها از اهمیت به سزایی برخوردار است. مطالعه حاضر مروری جامع بر شواهد علمی موجود ارائه می‌دهد و اثرات آنتی‌اکسیدان‌ها بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی ورزشکاران، از جمله تعادل اکسیداتیو، کاهش التهاب و بهبود سازگاری‌های تمرینی را بررسی می‌کند. این اثرات عمدتاً از طریق خنثی‌سازی مستقیم رادیکال‌های آزاد، فعال‌سازی مسیر سیگنالینگ Nrf2 و افزایش بیان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز ایجاد می‌شوند. هم‌چنین، با توجه به تنوع منابع آنتی‌اکسیدانی (طبیعی و مکمل) و تفاوت‌های فردی در پاسخ به این ترکیبات، چالش‌ها و ملاحظات مربوط به کاربرد آن‌ها در برنامه‌های تمرینی و تغذیه‌ای ورزشکاران مورد بحث قرار خواهد گرفت. هدف این مرور، تحلیل شواهد موجود درباره نقش آنتی‌اکسیدان‌ها در تعدیل استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش و ارائه توصیه‌های علمی برای بهینه‌سازی سلامت و عملکرد ورزشکاران است. ضرورت این مطالعه از تناقض نتایج پژوهش‌های پیشین و نبود دستورالعمل‌های روشن در مصرف آنتی‌اکسیدان‌ها ناشی می‌شود.



شکل۱: مسیر سیگنالینگ ***Nrf2-ARE*** در پاسخ به استرس اکسیداتیو (۵)

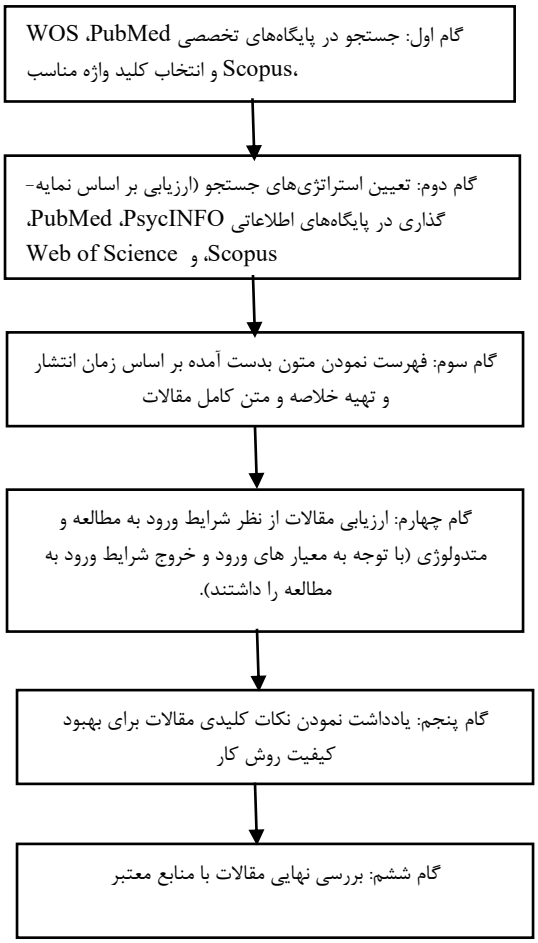
روش بررسی

این پژوهش از نوع مطالعه مروری سیستماتیک بوده و به تحلیل مطالعات منتشر شده در زمینه ارتباط ژنتیک، اپی‌ژنتیک و تغذیه با سلامت و عملکرد ورزشی می‌پردازد. جستجوی مقالات به زبان انگلیسی منتشر شده بین سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۵ بود، که در پایگاه‌هایPsycINFO ، PubMed، Scopus، و Web of Science نمایه شده بودند، علاوه براین برای جستجوی مقالات از کلیدواژه‌های مرتبط مانند Antioxidants, oxidative stress, exercise, reactive oxygen species (ROS), sports performance استفاده شد. بررسی مقالات از طریق چکیده، مقدمه و نتایج و انتخاب مطالعات مرتبط صورت گرفت که تجزیه و تحلیل محتوای مطالعات با استفاده از رویکرد کیفی و رویکرد مقایسه‌ای صورت گرفت و طی بررسی، شباهت‌ها و تفاوت‌های یافته‌ها در مقالات مختلف انجام پذیرفت، علاوه براین استخراج نتایج کلیدی مرتبط با مکانیسم‌های زیستی و پیامدهای عملکردی میسر شد. معیارهای ورود و خروج مطالعه عبارتند از ۱_ مطالعات مروری، مطالعات تجربی، و مطالعات مشاهده‌ای مرتبط باشند. ۲_ مقالات چاپ شده در ژورنال‌هایی با ضریب تأثیر بالا و نمایه شده در پایگاه‌های معتبر باشند. ۳_مطالعات در حیطه تحقیقات مرتبط با نقش آنتی‌اکسیدان‌ها در تعدیل استرس اکسیداتیو ناشی از فعالیت‌های ورزشی باشند. ۴_ در صورت محدودیت در دسترسی به متن کامل مطالعه از روند مطالعه حذف شدند. سرانجام ۱۴۲ عنوان مقاله براساس کلید واژه‌ها

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-06-13]
[DOI: 10.18502/ssu.v33i9.20413]

CC BY-NC 4.0

به‌دست آمد. و پس از بررسی های دقیق و هم‌چنین استفاده از پرسش‌نامه دان و بلک برای سنجش کیفیت مقالات و سرانجام ۱۵ عنوان مقاله با کیفیت در خصوص نقش آنتی‌اکسیدان‌ها در تعدیل استرس اکسیداتیو ناشی از فعالیت‌های ورزشی انتخاب شد (۱۵) و مورد بررسی محققان قرار گرفت به علاوه شکل۲، روند انتخاب مقالات مطالعه حاضر را نشان می‌دهد. مطالعات وارد شده بر اساس)پرسش‌نامه ذکر شده ۲۷ سوال دارد که مجموع نمرات ۳۲ می‌باشد. طبق این) پرسش‌نامه میانگین نمره کیفیت مقالات مورد بررسی گزارش شد.



شکل۲: جدول مربوط به نحوه بررسی کیفیت مقالات

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i9.20413]

CC BY-NC 4.0

جدول ۱: خلاصه‌ای از مطالعات بررسی شده

نویسندگان، نام مجله و سال انتشار	نام مطالعه	نوع مطالعه	روش مطالعه	متغیرهای مستقل	متغیرهای وابسته	نتایج	محدودیت‌ها
ویکلسما و همکاران *bioRxiv* ۲۰۲۵ (۱۶)	مکمل آنتی‌اکسیدانی، پاسخ پروتئوم به سه هفته تمرین سرعتی اینتروال را ترجیحاً در فیبرهای عضلانی نوع ۲ انسان کند می‌کند.	مطالعه تجربی	این تحقیق از طراحی تصادفی کنترل‌شده استفاده کرده است. شرکت‌کنندگان سه جلسه تمرین اینتروال سرعتی (۶ × ۳۰ ثانیه دوچرخه‌سواری با شدت بالا) در هفته انجام داده‌اند، در حالی‌که گروهی از آن‌ها مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی دریافت کرده‌اند و گروه دیگر دارونما مصرف کرده‌اند.	مصرف مکمل‌های آنتی‌اکسیدان (ویتامین C و E)	تغییرات پروتئومی عضلات نوع۲	مصرف مکمل‌های ویتامین C و E باعث کاهش تنظیم ژن‌های مرتبط با ROS و التهاب شده و تغییرات پروتئومی عضلات نوع ۲ را کاهش داده است، بدون تأثیر منفی بر عملکرد ورزشی.	-
تکاچنکو و همکاران *International Journal of Molecular Sciences* ۲۰۲۵ (۱۷)	غذاهای کاربردی غنی از آنتی‌اکسیدان و ورزش: دستیابی به سلامت متابولیک از طریق Nrf2 و مسیرهای مرتبط	مطالعه مروری	یک مطالعه مروری سیستماتیک که داده‌های موجود از پایگاه‌های علمی مانند PubMed، SCOPUS، Web of Science و PsycINFO را بررسی کرده است.	مصرف غذاهای غنی از آنتی‌اکسیدان و انجام ورزش	فعال‌سازی مسیر Nrf2 و بهبود سلامت متابولیک	رژیم غذایی غنی از آنتی اکسیدان و ورزش باعث بهبود سلامت متابولیک از طریق فعال سازی Nrf2 می شود.	شکاف های قابل توجه در تحقیق در مورد مکانیسم های مولکولی. اثرات بلند مدت در جمعیت های مختلف مشخص نیست.
منگ و همکاران *Antioxidants* ۲۰۲۴ (۱۸)	تأثیر ورزش بدنی بر استرس اکسیداتیو و نیتروزاتیو: متعادل کردن مزایا و خطرات	مطالعه مروری	جمع‌آوری داده‌ها: اطلاعات از پایگاه‌های علمی مانند PubMed، EBSCO، Web of Science و Google Scholar بین سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۴ گردآوری شده است	فعالیت بدنی	میزان استرس اکسیداتیو و نیتروزاتیو (و تعادل مزایا و خطرات ناشی از آن)	ورزش متوسط سلامت را بهبود می‌بخشد و دفاع آنتی‌اکسیدانی را تقویت می‌کند، اما ورزش بیش از حد می‌تواند استرس اکسیداتیو را افزایش دهد. آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی مفید هستند، ولی مصرف زیاد مکمل‌ها ممکن است اثرات مثبت ورزش را کاهش دهد.	مکمل های با دوز بالا ممکن است مانع سازگاری با ورزش شوند. نیاز به تمرینات متناسب و تحقیقات تغذیه بیشتر دارد.
لی و همکاران *Frontiers in Nutrition* ۲۰۲۴ (۱۳)	آیا مکمل هیدروژن مولکولی می‌تواند استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش را در بزرگسالان سالم	مطالعه مروری	جستجو در پایگاه‌های داده PubMed، Web of Science، Medline، SportDiscus و PsycINFO انجام	مصرف مکمل‌های هیدروژن مولکولی (از طریق آب غنی از هیدروژن،	سطح استرس اکسیداتیو (اندازه‌گیری شده با d-ROMs) و ظرفیت	مصرف مکمل‌های هیدروژن مولکولی (H_2) می‌تواند به افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در بزرگسالان سالم، به‌ویژه در تمرینات متناوب کمک	تعداد محدود مطالعات موجود در تجزیه و تحلیل. نیاز به طرح های مطالعه دقیق تر.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i9.20413]

CC BY-NC 4.0

	کاهش دهد؟		دادند. مطالعاتی که تا ۱۰ فوریه ۲۰۲۴ انجام شده بود.	حمام یا گاز هیدروژن).	آنتی‌اکسیدانی پس از ورزش.	کند، اما به‌طور مستقیم سطح استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش را کاهش نمی‌دهد.	
پولیوس و همکاران *Nutrients* ۲۰۲۴ (۱۴)	اثرات مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی بر عملکرد و ریکاوری فوتبال: مروری انتقادی بر شواهد موجود	مطالعه مروری	بررسی نشریات انگلیسی زبان در مورد مکمل های آنتی اکسیدانی در فوتبال. بررسی اثرات بر بهبودی قبل، حین و بعد از فعالیت های فوتبال.	مصرف مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی	کاهش آسیب عضلانی، کاهش التهاب کاهش استرس اکسیداتیو، معیار های عملکردی	مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی به کاهش آسیب عضلانی و التهاب و بهبود ریکاوری کمک می‌کنند. برخی ترکیبات مانند BET و NAC باعث افزایش عملکرد ورزشی می‌شوند، اما تحقیقات بیشتری برای بررسی اثرات دقیق آن‌ها مورد نیاز است.	تحقیقات بیشتری در مورد مکانیسم ها و تأثیرات مورد نیاز است. شواهد محدود در مورد اثرات حاد و طولانی مدت
حسن و همکاران *Human Antibodies* ۲۰۲۴ (۱۹)	رادیکال‌های آزاد و استرس اکسیداتیو: مکانیسم‌ها و اهداف درمانی	مطالعه مروری	اطلاعات به دست آمده از پایگاه‌های اطلاعاتی الکترونیکی مانند PubMed و Web of Science. مقالات منتشر شده بین سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۲۳ گنجانده شد.	رادیکال‌های آزاد	استرس اکسیداتیو، مکانیسم‌های ایجاد شده و اهداف درمانی مرتبط	استرس اکسیداتیو یکی از عوامل بیماری‌زا است، اما سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌توانند از آسیب جلوگیری کنند. آنتی‌اکسیدان‌ها نقش مهمی در تنظیم این فرآیند دارند، اما مصرف بیش از حد آن‌ها ممکن است مضر باشد. سطح بهینه ویتامین‌ها و مواد معدنی برای سلامت، رشد و کارایی سیستم ایمنی ضروری است.	نتایج کارآزمایی بالینی برای آنتی اکسیدان ها ناکافی بوده است. اثربخشی دفاع آنتی اکسیدانی دارای محدودیت‌هایی است.
سوپرونیوک و همکاران *Antioxidants* ۲۰۲۳ (۲۰)	آنتی‌اکسیدان‌های درون‌زا و برون‌زا در ایجاد خستگی عضلات اسکلتی در طول ورزش	مطالعه مروری	بررسی مکانیسم های زیربنای ROS/RNS در ورزش. تجزیه و تحلیل اثرات آنتی اکسیدانی بر خستگی عضلانی.	میزان آنتی‌اکسیدان های درون‌زا و برون‌زا	میزان خستگی عضلانی	ROS/RNS در ورزش می‌توانند هم مضر و هم مفید باشند؛ در مقادیر زیاد باعث کاهش عملکرد عضلانی می‌شوند، اما در مقادیر کم به سازگاری‌های سلولی کمک می‌کنند. هم‌چنین، آنتی‌اکسیدان‌های برون‌زا ممکن است روند سازگاری‌های مثبت ناشی از ورزش را مختل کنند.	مشکلات اندازه گیری تولید ROS تحریک شده توسط انقباض در زمان واقعی. عدم اطمینان در مورد منابع اصلی ROS عضلانی در طول ورزش.
کلمنته سوارز و همکاران *Nutrients* ۲۰۲۳	آنتی‌اکسیدان‌ها و عملکرد ورزشی	مطالعه مروری	تحلیل گونه‌های واکنشی اکسیژن و پاسخ آنتیاکسیدانی در عملکرد ورزشی	مکمل CoQ10 مکمل آب انار طبیعی	کاهش آسیب عضلانی، بهبود عملکرد	گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) هم می‌توانند مضر باشند و هم مفید؛ در مقادیر مناسب، به کاهش	نتایج متناقض در اثربخشی مکمل آنتی اکسیدان. نتایج مختلط در

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i9.20413]

CC BY-NC 4.0

(۲۱)				و راهبردهای مکمل آنتی اکسیدان برای افزایش سلامت جسمی و روانی	(PomJ)		التهاب و تنظیم سیگنال‌های مولکولی کمک می‌کنند. هم‌چنین، برخی آنتی‌اکسیدان‌ها مانند ویتامین C و E، رزوراترول و کوآنزیم Q10 به بهبود عملکرد جسمی و ذهنی کمک می‌کنند.	مطالعات اثرات ROS.
تولدو *International Journal of Nutrology* ۲۰۲۳ (۲۲)	رویکردهای بالینی، سلولی و مولکولی به استرس اکسیداتیو در بدن ورزشکاران: یک بررسی سیستماتیک و یکپارچه	مطالعه مروری	این مطالعه با رعایت قوانین PRISMA داده‌ها را از پایگاه‌های علمی معتبر جمع‌آوری کرده و کیفیت تحقیقات را با GRADE ارزیابی کرده است. هم‌چنین، خطر سوگیری مطالعات با ابزار Cochrane تحلیل شده است.	اکسیژن (ROS) و سطح آنتی‌اکسیدان های درون‌زا و برون‌زا در بدن ورزشکاران	استرس اکسیداتیو، آسیب عضلانی و عملکرد ورزشی	رادیکال‌های آزاد در سیگنالینگ عضلانی نقش دارند، اما استرس اکسیداتیو به شدت تمرین وابسته است. سطح بالای ROS ممکن است آسیب عضلانی ایجاد کند، در حالی که مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی و تمرینات مناسب به حفظ تعادل ردوکس کمک می‌کنند.	۷ مطالعه در معرض خطر بالای سوگیری. ۲۵ مطالعه معیارهای GRADE را برآورده نکردند.
بارگاس مندوزا وهمکاران *American journal of translational research* ۲۰۲۲ (۲۳)	مواد شیمیایی گیاهی و تعدیل استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش: مروری نوین بر آنتی‌اکسیدان‌ها.	مطالعه مروری	بررسی نقش فیتوشیمیایی‌ها در تعدیل استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش می‌پردازد. بررسی تأثیر آنتی‌اکسیدان‌های گیاهی بر مسیرهای سیگنالینگ مرتبط با ورزش	مصرف فیتوشیمیایی ها و سطح ROS/RNS در بدن ورزشکاران.	میزان استرس اکسیداتیو، عملکرد عضلانی و سازگاری‌های ناشی از ورزش	ورزش تولید ROS و RNS را افزایش می‌دهد که در مقادیر زیاد موجب خستگی عضلانی می‌شود، اما فیتوشیمیایی‌ها با فعال‌سازی Nrf2 می‌توانند استرس اکسیداتیو را کاهش داده و عملکرد ورزشی را بهبود بخشند.	ورزش جامع می تواند از دفاع آنتی اکسیدان فراتر رود. اختلال انقباض عضلانی و خستگی رخ می دهد.
کروک و همکاران *The Journal of Physiological Sciences* ۲۰۲۲ (۲۴)	خواص آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنلی و تأثیر آنها بر استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش شدید بدنی	مطالعه مروری	تکنیک های ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی در شرایط آزمایشگاهی اجماع در ارزیابی نشانگرهای چندگانه برای اطلاعات دقیق	دوز و زمان بندی مکمل پلی فنول شدت تمرینات بدنی انجام شده	نشانگرهای استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش شدید نتایج عملکرد ورزشی	پلی‌فنول‌ها به کاهش استرس اکسیداتیو و التهاب ناشی از ورزش شدید کمک می‌کنند، اما تأثیر آن‌ها بر عملکرد ورزشی هنوز قطعی نیست.	مشخصات ضعیف ترکیبات فنولی در مطالعات. تنوع بالا در پروتکل های مکمل در طول مطالعات.
تراویس توماس و همکاران *Antioxidants* ۲۰۲۲ (۲۵)	گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و آنتی‌اکسیدان‌ها به عنوان تعدیل‌کننده‌های سیستم ایمنی در ورزش: پیامدهایی	مطالعه مروری	بررسی تأثیر ورزش بر اختلال عملکرد متابولیک و التهاب. تجزیه و تحلیل نقش بیلی روبین به عنوان آنتی اکسیدان و هورمون.	شدت و مدت تمرین ورزشی سطح بیلی روبین پلاسما	سطح بیلی روبین پلاسما نتایج سلامت متابولیک	ورزش باعث افزایش ROS می‌شود که به تنظیم ایمنی کمک می‌کند، در حالی که HO-1 و بیلی‌روبین التهاب و استرس اکسیداتیو را کاهش داده و	اثربخشی محدود ورزش به عنوان تنها راننده کاهش وزن.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i9.20413]

CC BY-NC 4.0

	برای هم اکسیژناز و بیلی‌روبین					متابولیسم را بهبود می‌بخشند.	
شاو و همکاران *Biomedicines* ۲۰۲۲ (۲۶)	تعدیل پاسخ آنتی‌اکسیدانی برای درمان‌های بهتر القاکننده استرس اکسیداتیو: چگونه از دو روی یک مدال بهره ببریم؟	مطالعه مروری	توصیف سیستم های آنزیمی در شرایط طبیعی و پاتولوژیک. نکات برجسته اختلال در پاسخ های آنتی اکسیدانی در بیماران	میزان گونه‌های فعال اکسیژن و نیتروژن (RONS) و فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی در بدن.	تنظیم پاسخ آنتی‌اکسیدانی بر درمان بیماری‌های مرتبط با استرس اکسیداتیو، بیماری‌های قلبی و اختلالات عصبی.	استرس اکسیداتیو می‌تواند در درمان برخی بیماری‌ها مفید باشد، اما تعادل RONS برای موفقیت ضروری است. تنظیم سیستم آنتی‌اکسیدانی به بهبود درمان‌های مرتبط با سرطان و بیماری‌های عصبی کمک می‌کند.	آنتی اکسیدان ها به تنهایی نمی توانند آسیب های پوست را درمان کنند. عوامل دیگر ممکن است به آسیب اکسیداتیو کمک کنند.
پاورز و همکاران *Antioxidants* ۲۰۲۲ (۲۷)	تمرین ورزشی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی عضله اسکلتی: به‌روزرسانی	مطالعه مروری	تجزیه و تحلیل فعالیت آنزیم آنتی اکسیدانی در عضله های اسکلتی در اثرات تمرین ورزشی.	شدت و مدت تمرین استقامتی تمرینات تناوبی با شدت بالا و دوره های بهبودی	فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی در عضله های اسکلتی آسیب اکسیداتیو عضلانی و سطوح خستگی	تمرینات ورزشی باعث افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، کاهش آسیب اکسیداتیو، کاهش خستگی عضلانی و بهبود عملکرد ورزشی می‌شوند.	مطالعات محدود در مورد اثرات آنتی اکسیدانی تمرین مقاومتی. شکاف در آگاهی از تغییرات ظرفیت آنتی اکسیدانی عضلانی.
الحورانی *The Open Sports Sciences Journal* ۲۰۲۲ (۲۸)	مروری روایی بر استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش: آسیب اکسیداتیو DNA با تأکید	مطالعه مروری	مقالات مجله با بررسی همتایان در مورد ورزش و آسیب DNA اکسیداتیو. ۸-هیدروکسیدئوکسیگوانوزین و آزمون دنباله‌دار برای ارزیابی.	روش تمرین شدت ورزش مدت تمرین شرایط ورزش	سطوح آسیب DNA اکسیداتیو تولید گونه های اکسیژن واکنشی (ROS)	ورزش باعث افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود، که می‌تواند به آسیب DNA منجر شود. شدت، مدت و نوع ورزش نقش مهمی در میزان این آسیب دارند. با این حال، ورزش منظم می‌تواند مکانیسم‌های حفاظتی را فعال کند و از آسیب DNA جلوگیری کند.	بررسی حداقل آسیب DNA اکسیداتیو در طول ورزش. تمرکز محدود بر اسیدهای نوکلئیک در مقایسه با سایر ماکرومولکولها.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i9.20413]

CC BY-NC 4.0

جدول ۲: پرسش‌نامه کیفیت سنجی Black و Downs

مطالعات / عناوین	ویکلسما و همکاران	تکاچنکو و همکاران	منگ و همکاران	لی و همکاران	پولیوس و همکاران	حسن و همکاران	سوپرونیوک و همکاران	کلمنته سوارز و همکاران	تولدو	بارگاس مندوزا وهمکاران	کروک و همکاران	تراویس توماس و همکاران	شاو و همکاران	پاورز و همکاران	الحورانی
آیا فرضیات و اهداف مطالعه به وضوح شرح داده شده است؟	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
آیا نتایج اصلی به وضوح شرح داده شده است؟	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
آیا ویژگی بیماران به وضوح شرح داده شده است؟	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
آیا مداخلات شرح داده شده است؟	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
آیا در خصوص عوامل مخدوش کننده توضیحاتی ارائه شده است؟	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱
آیا یافته‌ها به وضوح شرح داده شده است؟	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
آیا داده های این مطالعه بصورت تصادفی برای پیامدهای اصلی ارائه شده است؟	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰
آیا عوارض جانبی گزارش شده است؟	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۱
آیا در خصوص ترک بیماران از مطالعه و عوارض آن اطلاعاتی ارائه شده است؟	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آیا مقادیر واقعی داده‌ها گزارش شده است (بصورت دقیق نه تخمینی)؟	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
آیا در خصوص نحوه انتخاب	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

CC BY-NC 4.0

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-06-13]
[DOI: 10.18502/ssu.v33i9.20413]

نمونه‌های مطالعه اطلاعاتی ارائه شده است؟															
آیا آزمودنی‌ها آمادگی لازم را برای اجرای آزمون داشتند؟	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰
آیا در مورد خصوصیات مکان و امکانات اطلاعاتی ارائه شده است؟	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰
آیا در خصوص تلاش مداخلات که بیماران داشتند اطلاعاتی ارائه شده است؟	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آیا برای یکسان‌سازی مطالعه اطلاعاتی ارائه شده است؟	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰
آیا نتایج مطالعه پس از نرمال کردن داده‌ها به وضوح شرح داده شده است؟	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
آیا اطلاعاتی از نتایج دوره مداخلات تمرینی و گروه کنترل ارائه شده است؟	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱
آیا از آزمون‌های آماری مناسبی برای تحلیل داده‌ها استفاده شده است؟	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
آیا مداخلات قابل اعتماد بود؟	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
آیا معیار نتایج اصلی قابل اعتماد بود؟	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
آیا گروه‌ها تحت مداخلات متفاوتی قرار داشتند؟	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آیا آزمودنی‌ها یکسازی شدند؟	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱
آیا آزمودنی‌ها به صورت تصادفی در گروه‌ها قرار گرفتند؟	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۰

CC BY-NC 4.0

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-06-13]
[DOI: 10.18502/ssu.v33i9.20413]

آیا مداخلات به صورت تصادفی اعمال شد؟	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱
آیا شرایطی برای عوامل کنترل نشده در نظرگرفته شده بود؟	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱
آیا برنامه خاصی برای از دست دادن بیماران داشتید؟	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آیا مقالات قابل اعتماد و استناد هستند؟	۴	۴	۳	۳	۳	۴	۳	۴	۴	۳	۳	۳	۳	۳	۳
کیفیت مقالات بر حسب درصد	۸۰/۶۴	۷۰/۹۶	۷۴/۱۹	۷۷/۴۱	۶۷/۷۴	۷۴/۱۹	۶۴/۵۱	۷۷/۴۱	/۱۹ ۷۴	۶۴/۵۱	۶۷/۷۴	۷۰/۹۶	۷۰/۹۶	۷۰/۹۶	۶۴/۵۱

CC BY-NC 4.0

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-06-13]
[DOI: 10.18502/ssu.v33i9.20413]

نتایج

یافته‌های حاصل از مرور مقالات نشان‌دهنده نقش پیچیده و دوگانه گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و نیتروژن (RNS) در پاسخ به فعالیت ورزشی هستند. در غلظت‌های پایین، ROSو RNSبه عنوان پیام‌رسان‌های سلولی در سازگاری‌های عضلانی، تنظیم پاسخ‌های التهابی و بهبود متابولیسم نقش دارند (۱۸،۱۹،۲۰،۲۳). اما در غلظت‌های بالا می‌توانند منجر به استرس اکسیداتیو، آسیب سلولی و کاهش عملکرد ورزشی شوند (۱۸،۲۰،۲۱،۲۶). ورزش منظم با شدت متوسط از طریق فعال‌سازی مسیر Nrf2 و افزایش فعالیت آنزیم‌هایی مانند هم‌اکسیژناز-۱(HO-1) ، ظرفیت دفاعی آنتی‌اکسیدانی را تقویت می‌کند و آسیب‌های اکسیداتیو را کاهش می‌دهد (۱۳،۱۴،۲۱،۲۳،۲۵). مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی مختلف، از جمله ویتامین‌های C وE ، رزوراترولResveratrol، کوآنزیم Q10 و ترکیبات نوظهور مانند هیدروژن مولکولی، بتائین Betaine (BET)و استیل‌سیستئین N-Acetylcysteine (NAC)، با کاهش التهاب، آسیب عضلانی و خستگی به بهبود ریکاوری کمک می‌کنند، هرچند اثرات بلندمدت و دوز بهینه آن‌ها نیازمند بررسی بیشتر است (۱۲،۱۵،۱۶،۱۹). لازم به ذکر است که مصرف بیش از حد این مکمل‌ها ممکن است با اختلال در سازگاری‌های فیزیولوژیکی ناشی از ورزش، اثرات منفی بر عملکرد داشته باشد (۱۴،۱۷،۱۸). در مجموع، حفظ تعادل میان تولید ROS و فعالیت سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی برای بهینه‌سازی سلامت و عملکرد ورزشی حیاتی است (۱۷،۲۰،۲۴). و تحقیقات آینده باید به تعیین دقیق مکانیسم‌ها و دوزهای مؤثر اختصاص یابد.

بحث

نتایج این مطالعه مروری سیستماتیک، بر پایه تحلیل ۱۵ مطالعه با کیفیت، تصویری روشن از نقش دوگانه گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و نیتروژن (RNS) در واکنش بدن به ورزش ارائه می‌کند. در مقادیر کم، این مولکول‌ها نه‌تنها مضر نیستند، بلکه برای سازگاری عضلات، کنترل التهاب و بهبود متابولیسم ضروری هستند (۱۸،۱۹،۲۰،۲۳). اما زمانی که میزان آن‌ها بیش از حد بالا می‌رود، ورق برمی‌گردد و این مولکول‌ها به عامل ایجاد استرس اکسیداتیو، آسیبDNA ، خستگی و افت عملکرد ورزشی تبدیل می‌شوند (۱۸،۲۰،۲۱،۲۶). این اثر دوسویه با آنچه مطالعات پیشین گزارش کرده‌اند، مطابقت دارد (۷،۸). شواهد قوی نشان می‌دهد که ورزش با شدت متوسط می‌تواند موازنه را به سمت اثرات مثبت ببرد. این نوع تمرینات با فعال‌سازی مسیر Nrf2 و افزایش فعالیت آنزیم‌های محافظ مانندSOD، کاتالاز وHO-1 ، سپر دفاعی آنتی‌اکسیدانی بدن را تقویت می‌کنند و آسیب‌های ناشی از رادیکال‌های آزاد را کاهش می‌دهند (۱۳،۱۴،۲۱،۲۳،۲۵). در مقابل، تمرینات بسیار سنگین یا طولانی‌مدت ممکن است این تعادل ظریف را بر هم بزنند و اثرات منفی بر جای بگذارند (۱۴،۲۰،۲۶). مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی از ویتامین‌های C و E گرفته تا ترکیباتی مانند رزوراترول، کوآنزیمQ10 ، هیدروژن مولکولی، بتائین (BET) و استیل‌سیستئین (NAC) طبق یافته‌ها می‌توانند التهاب، آسیب عضلانی و خستگی را کاهش دهند و به ریکاوری کمک کنند (۱۲،۱۵،۱۶،۱۹). با این حال، مصرف بی‌رویه آن‌ها همیشه به نفع بدن نیست. مهار بیش از حد سیگنال‌های ROS می‌تواند فرآیندهایی مثل تولید میتوکندریMitochondrion های جدید و تقویت سیستم دفاعی طبیعی بدن را کند کند (۱۴،۱۷،۱۸). نکته‌ای که در مطالعات قبلی هم به آن هشدار داده شده است (۸،۹) رژیم‌های غذایی سرشار از پلی‌فنول‌ها و سایر ترکیبات گیاهی هم می‌توانند با فعال‌کردنNrf2 ، به کاهش استرس اکسیداتیو و التهاب کمک کنند (۱۳،۲۱،۲۲). هرچند هنوز شواهد کافی برای تأثیر مستقیم آن‌ها بر عملکرد ورزشی وجود ندارد (۲۲). با وجود این یافته‌ها، برخی محدودیت‌ها باید در نظر گرفته شود: تفاوت در طراحی مطالعات، روش‌های اندازه‌گیری، و دوز و زمان‌بندی مصرف مکمل‌ها، مقایسه نتایج را دشوار کرده است (۱۵،۲۲). هم‌چنین، بیشتر تحقیقات روی بزرگسالان سالم انجام شده و اطلاعات کمی درباره ورزشکاران حرفه‌ای یا افراد با شرایط خاص موجود است (۱۳،۲۰). علاوه بر این یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد

CC BY-NC 4.0

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-06-13]
[DOI: 10.18502/ssu.v33i9.20413]

که فعالیت ورزشی با شدت متوسط به طور معناداری موجب تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی درون‌زا می‌شود، نتیجه‌ای که با کارهای پاورز و همکاران (۲۷). درباره نقش ورزش در فعال‌سازی مسیر Nrf2 همسو است. هر دو مطالعه بر این نکته تأکید دارند که ورزش متوسط می‌تواند تعادل ردوکس را بهبود بخشد. از سوی دیگر، نتایج ما در مورد اثرات منفی تمرینات با شدت بالا بر استرس اکسیداتیو با یافته‌های مارگاریتلیس و همکاران درباره ارتباط بین ورزش شدید و افزایش نشانگرهای آسیب اکسیداتیو همخوانی دارد (۲۹). در زمینه مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی، مطالعه ما و تحقیقات مارگاریتلیس و همکاران هر دو به تأثیر مثبت این ترکیبات بر کاهش آسیب عضلانی اشاره کرده‌اند (۳۰). با این‌حال، در تضاد با این یافته‌ها، مطالعه ریستو و همکاران نشان داده‌اند که مصرف آنتی‌اکسیدان‌ها ممکن است با سازگاری‌های ناشی از تمرین تداخل داشته باشد. این تناقض‌ها احتمالاً ناشی از تفاوت در دوز مصرفی، مدت مداخله و ویژگی‌های فردی شرکت‌کنندگان است (۳۱). با توجه به تناقضات موجود در مطالعات فعلی، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی با طراحی کارآزمایی‌های کنترل‌شده تصادفی (RCTs) به بررسی دوز-پاسخ بهینه مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی (مانند NAC، هیدروژن مولکولی و پلی‌فنول‌ها) در ورزشکاران با سطوح تمرینی مختلف بپردازند. هم‌چنین، ارزیابی زمان‌بندی مصرف (پیش/حین/پس از تمرین) و تأثیر ترکیبی آن‌ها با رژیم‌های غذایی غنی از فیتوشیمیاییPhytochemicals ها ضروری است. مطالعات باید اثرات بلندمدت این مداخلات را بر سازگاری‌های تمرینی، بیومارکرBiomarker. های استرس اکسیداتیو (مانند مالون دی آلدئیدMalondialdehyde و گلوتاتیون Glutathione احیا شده) و عملکرد ورزشی بررسی کنند. استفاده از روش‌های امیکس Omics مانند ترانسکریپتومیکس Transcriptomics و پروتئومیکس Proteomics برای شناسایی مسیرهای مولکولی دقیقِ تنظیم‌شده توسط آنتی‌اکسیدان‌ها نیز پیشنهاد می‌شود. در نهایت، توسعه دستورالعمل‌های شخصی‌سازی‌شده بر اساس ویژگی‌های فردی (سن، جنس، وضعیت تمرینی و پلی‌مورفیسم‌های ژنی مرتبط با سیستم آنتی‌اکسیدانی) می‌تواند به بهینه‌سازی نتایج کمک کند.

نتیجه‌گیری

آنتی‌اکسیدان‌ها به‌عنوان یکی از ارکان کلیدی در تعدیل و کنترل استرس اکسیداتیو ناشی از فعالیت بدنی شناخته می‌شوند. شواهد نشان می‌دهد که انجام ورزش با شدت متوسط می‌تواند از طریق تقویت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی درون‌زا، ظرفیت بدن را برای مقابله با رادیکال‌های آزاد افزایش دهد. در مقابل، تمرینات با شدت یا حجم بسیار بالا ممکن است این تعادل ردوکس را برهم زده و منجر به آسیب اکسیداتیو و کاهش عملکرد شوند. مصرف هدفمند و متعادل مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی، مانند ویتامین‌های C وE ، هیدروژن مولکولی و N-استیل‌سیستئین(NAC) ، می‌تواند به بهبود فرآیند ریکاوری، کاهش التهاب و محافظت از بافت‌های عضلانی کمک کند، هرچند مصرف بیش‌ازحد آن‌ها خطر تداخل با سازگاری‌های فیزیولوژیکی ناشی از تمرین را به‌همراه دارد. علاوه بر این، رژیم‌های غذایی سرشار از ترکیبات پلی‌فنولی و فیتوشیمیایی‌ها از طریق مکانیسم‌هایی نظیر فعال‌سازی مسیر Nrf2، در کاهش استرس اکسیداتیو و بهبود سلامت متابولیک نقش مؤثری ایفا می‌کنند. به‌طورکلی، یک رویکرد جامع که شامل طراحی برنامه‌های ورزشی با شدت مناسب، تغذیه متعادل و استفاده هوشمندانه و زمان‌بندی‌شده از مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی باشد، می‌تواند به حفظ سلامت عمومی و ارتقاء عملکرد ورزشی کمک کند. با این‌حال، تعیین دوز بهینه، زمان مصرف و ارزیابی اثرات بلندمدت این مداخلات نیازمند انجام مطالعات کنترل‌شده و طولی بیشتر است.

حامی مالی: ندارد.

مشارکت نویسندگان

تمامی نویسندگان نقش یکسانی در طراحی این مطالعه داشتند.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i9.20413]

CC BY-NC 4.0

References:

1-Bouchard C, Dionne FT, Simoneau JA, Boulay MR. 2: Genetics of Aerobic and Anaerobic Performances. Exercise and Sport Sciences Reviews 1992; 20(1): 27-58.

2-Jasiulionis MG. ***Abnormal Epigenetic Regulation of Immune System during Aging***. Front Immunol 2018; 9: 197.

3-Soloviev A, Sydorenko V. ***Oxidative and Nitrous Stress Underlies Vascular Malfunction Induced by Ionizing Radiation and Diabetes***. Cardiovasc Toxicol 2024; 24(8): 776-88.

4-Saleh EAM, Al-Dolaimy F, Qasim Almajidi Y, Baymakov S, Kader M MA, Ullah MI, et al. ***Oxidative Stress Affects the Beginning of the Growth of Cancer Cells through a Variety of Routes***. Pathol Res Pract 2023; 249: 154664.

5-Nguyen T, Nioi P, Pickett CB. ***The Nrf2-Antioxidant Response Element Signaling Pathway and Its Activation by Oxidative Stress***. Journal of Biological Chemistry 2009; 284(20): 13291-295.

6-6-Jomova K, Alomar SY, Alwasel SH, Nepovimova E, Kuca K, Valko M. ***Several Lines of Antioxidant Defense Against Oxidative Stress: Antioxidant Enzymes, Nanomaterials with Multiple Enzyme-Mimicking Activities, and Low-Molecular-Weight Antioxidants.*** Arch Toxicol 2024; 98(5): 1323-67.

7-7-Korczowska-Łącka I, Słowikowski B, Piekut T, Hurła M, Banaszek N, Szymanowicz O, Jagodziński PP, et al. Disorders of endogenous and exogenous antioxidants in neurological diseases. Antioxidants 2023; 12(10): 1811.

8-Casper E. ***The Crosstalk between Nrf2 and NF-Kappab Pathways in Coronary Artery Disease: Can It be Regulated by SIRT6?*** Life Sci 2023; 330: 122007.

9-Tu W, Wang H, Li S, Liu Q, Sha H. ***The Anti-Inflammatory and Anti-Oxidant Mechanisms of the Keap1/Nrf2/ARE Signaling Pathway in Chronic Diseases***. Aging Dis 2019; 10(3): 637-51.

10-Peternelj TT, Coombes JS. ***Antioxidant Supplementation during Exercise Training: Beneficial or Detrimental?*** Sports Medicine 2011; 41(12): 1043-069.

11-Jordan AC, Perry CGR, Cheng AJ. ***Promoting a Pro-Oxidant State in Skeletal Muscle: Potential Dietary, Environmental, and Exercise Interventions for Enhancing Endurance-Training Adaptations.*** Free Radic Biol Med 2021; 176: 189-202.

12-McLeay Y, Stannard S, Houltham S, Starck C. ***Dietary Thiols in Exercise: Oxidative Stress Defence, Exercise Performance, and Adaptation***. J Int Soc Sports Nutr 2017; 14: 12.

13-Li Y, Bing R, Liu M, Shang Z, Huang Y, Zhou K, et al. ***Can Molecular Hydrogen Supplementation Reduce Exercise-Induced Oxidative Stress in Healthy Adults? A Systematic Review and Meta-Analysis***. Front Nutr 2024; 11: 1328705.

14-Poulios A, Papanikolaou K, Draganidis D, Tsimeas P, Chatzinikolaou A, Tsiokanos A, et al. ***The Effects of Antioxidant Supplementation on Soccer Performance and Recovery: A Critical Review of the Available Evidence***. Nutrients 2024; 16(22): 3803.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i9.20413]

CC BY-NC 4.0

15-Downs SH, Black N. ***The Feasibility of Creating a Checklist for the Assessment of the Methodological Quality Both of Randomised and Non-Randomised Studies of Health Care Interventions.*** J Epidemiol Community Health 1998; 52(6): 377-84.

16-Wyckelsma VL, Murgia M, Kamandulis S, Gastaldello S, Brazaitis M, Snieckus A, et al. ***Antioxidant Supplementation Blunts the Proteome Response to Three Weeks of Sprint Interval Training Preferentially in Human Type 2 Muscle Fibres***. J Physiol 2025

17-Tkaczenko H, Kurhaluk N. ***Antioxidant-Rich Functional Foods and Exercise: Unlocking Metabolic Health through Nrf2 and Related Pathways***. Int J Mol Sci 2025; 26(3): 1098.

18-Meng Q, CH Su. ***The Impact of Physical Exercise on Oxidative and Nitrosative Stress: Balancing the Benefits and Risks***. Antioxidants 2024; 13(5): 573.

19-Hassan HA, Ahmed HS, Hassan DF. ***Free Radicals and Oxidative Stress: Mechanisms and Therapeutic Targets***. Human Antibodies 2024; 32(4): 151-67.

20-Supruniuk E, Górski J, Chabowski A. ***Endogenous and Exogenous Antioxidants in Skeletal Muscle Fatigue Development during Exercise***. Antioxidants 2023; 12(2): 501.

21-Clemente-Suárez VJ, Bustamante-Sanchez Á, Mielgo-Ayuso J, Martínez-Guardado I, Martín-Rodríguez A, Tornero-Aguilera JF. ***Antioxidants and Sports Performance.*** Nutrients 2023; 15(10): 2371.

22-Toledo ICA. ***Clinical, Cellular and Molecular Approaches to Oxidative Stress in Athletes' Bodies: A Systematic and Integrative Review***. International Journal of Nutrology 2023; 16(1).

23-Vargas-Mendoza N, Morales-González Á, Madrigal-Santillán EO, Angeles-Valencia M, Anguiano-Robledo L, González-López LL, et al. ***Phytochemicals and Modulation of Exercise-Induced Oxidative Stress: A Novel Overview of Antioxidants***. Am J Transl Res 2022; 14(11): 8292-314.

24-Kruk J, Aboul-Enein BH, Duchnik E, Marchlewicz M. ***Antioxidative Properties of Phenolic Compounds and their Effect on Oxidative Stress Induced by Severe Physical Exercise***. J Physiol Sci 2022; 72(1): 19.

25-Thomas DT, DelCimmuto NR, Flack KD, Stec DE, Hinds TD Jr. ***Reactive Oxygen Species (ROS) and Antioxidants as Immunomodulators in Exercise: Implications for Heme Oxygenase and Bilirubin***. Antioxidants 2022; 11(2): 179.

26-Shaw P, Kumar N, Sahun M, Smits E, Bogaerts A, Privat-Maldonado A. ***Modulating the Antioxidant Response for Better Oxidative Stress-Inducing Therapies: How to Take Advantage of Two Sides of the Same Medal?*** Biomedicines 2022; 10(4): 823.

27-Powers SK, Goldstein E, Schrager M, Ji LL . ***Exercise Training and Skeletal Muscle Antioxidant Enzymes: An Update***. Antioxidants 2022; 12(1): 39.

28-Al-Horani RA. ***A Narrative Review of Exercise-Induced Oxidative Stress: Oxidative DNA Damage Underlined.*** The Open Sports Sciences Journal 2022; 15(1).

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i9.20413]

CC BY-NC 4.0

*29-*Margaritelis NV, Paschalis V, Theodorou AA, Vassiliou V, Kyparos A, Nikolaidis MG. ***Rapid Decreases of Key Antioxidant Molecules in Critically Ill Patients: A Personalized Approach.*** Clin Nutr 2020; 39(4): 1146-54.

*30-*Margaritelis NV, Theodorou AA, Chatzinikolaou PN, Kyparos A, Nikolaidis MG, Paschalis V. ***Eccentric Exercise Per Se Does Not Affect Muscle Damage Biomarkers: Early and Late Phase Adaptations***. Eur J Appl Physiol 2021; 121(2): 549-59.

*31-*Ristow M, Zarse K, Oberbach A, Klöting N, Birringer M, Kiehntopf M. ***Antioxidants Prevent Health-Promoting Effects of Physical Exercise in Humans.*** Roc Natl Acad Sci USA 2009; 106(21): 8665-70.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i9.20413]

CC BY-NC 4.0

Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences
Vol 33| NO 9 | Nov 2025

Received: 13 Jun 2025
Accepted: 11 Aug 2025

Role of Antioxidants in Regulating Exercise-Induced Oxidative Stress: A Review of Molecular Mechanisms and Functional Impacts

Asadollah Asadi[1], Narges Yazdan Nasab[1], Zahra Hormati Oughoulbaig[2], Seyedeh Zeinab Parandak[2], Amir Hossein Hormati Oughoulbaig[*2]

Review Article

Introduction: Exercise prompts oxidative stress through the production of reactive oxygen species (ROS), triggering complex physiological mechanisms that play a dual role in both athletic adaptation and cellular damage. This study examined the paradoxical nature of ROS (beneficial signaling vs. harmful effects) and controversies surrounding antioxidant supplementation's impact on athletic performance. Our goals were to analyze the mechanism of antioxidant-ROS interactions and mechanisms and develop personalized antioxidant strategies based on individual characteristics and training regimens.

Methods: This systematic review searched PubMed, Scopus, Web of Science, and PsycINFO (2022-2025). We included review articles, experimental studies, and observational studies related to antioxidants, oxidative stress, and physical activity. Exclusions comprised studies without full-text access, irrelevant to biological mechanisms/functional outcomes, or that involved participants with underlying medical conditions.

Results: Analysis of 15 qualifying studies (out of 142 initially identified) revealed that moderate-intensity exercise enhanced antioxidant defenses via Nrf2 pathway activation, while balanced ROS/RNS levels facilitated muscular adaptation. Although antioxidant supplements (like vitamins C/E, polyphenols, coenzyme Q10) supported recovery, excessive intake could impair training adaptation.

Conclusion: Maintaining ROS-antioxidant equilibrium is crucial for athletic performance and well-being. Moderate exercise optimizes antioxidant defenses, whereas intense training may disrupt this balance. Targeted supplementation and polyphenol-rich diets can enhance recovery, but excessive intake might hinder training adaptations. Future research needs to determine optimal dosing protocols and investigate long-term effects.

Keywords: Oxidative stress, Antioxidants, Athletic performance, Cell signaling, Recovery.

Citation: Asadi A, Yazdan Nasab N, Hormati Oughoulbaig Z, Parandak S.Z, Hormati Oughoulbaig A.H. **Role of Antioxidants in Regulating Exercise-Induced Oxidative Stress: A Review of Molecular Mechanisms and Functional Impacts.** J Shahid Sadoughi Uni Med Sci 2025; 33(9): 9369-85.

[1]Department of Biology, Faculty of Basic Sciences, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.
[2]Department of Sports Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.
***Corresponding author: Tel:** 09920147882**, email:** amirhosseinhormati@uma.ac.ir

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.18502/ssu.v33i9.20413]

CC BY-NC 4.0