

نقش رژیم غذایی در فرآیند التهابی در ورزشکاران

فاطمه شفیعی

کارشناسی ارشد تغذیه، دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران،

Shafieef66@gmail.com

چکیده

فعالیت بدنی شدید در ورزشکاران، یک پاسخ التهابی پیچیده را تحریک می کند که برای ترمیم بافت و سازگاری ضروری است. با این حال، التهاب مزمن یا بیش از حد می تواند عملکرد را مختل کند، خطر آسیب را افزایش دهد و بر سلامت کلی تأثیر بگذارد. این مقاله مروری، رابطه پیچیده بین اجزای رژیم غذایی و فرآیند التهابی در ورزشکاران را بررسی می کند. ما تأثیر مصرف درشت مغذی ها، نقش ریزمغذی ها و ترکیبات فعال زیستی خاص و پتانسیل استراتژی های غذایی برای تعدیل التهاب، بهینه سازی ریکاوری و بهبود عملکرد ورزشی را مورد بحث قرار می دهیم.

کلیدواژه ها: ورزشکاران، التهاب، رژیم غذایی، ریکاوری، عملکرد، درشت مغذی ها، ریزمغذی ها، ترکیبات فعال زیستی.

۱- مقدمه

التهاب یک مشکل رایج در میان ورزشکاران، به ویژه افرادی که در ورزش‌های با شدت بالا فعالیت دارند، بوده و می‌تواند عملکرد و ریکاوری را تحت تأثیر قرار دهد (۱-۴). تمرینات سنگین و طولانی مدت ممکن است منجر به اختلال در عملکرد سیستم ایمنی و افزایش التهاب شود (۵).

مطالعات متعددی گزارش کرده اند که ورزش شدید سیستم ایمنی بدن را مختل میکند، موجب سنتز گونه های فعال اکسیژن میشود و غلظت پلاسمایی سایتوکاین های پیش التهابی مانند اینترلوکین-۱ (۱- IL) و اینترلوکین-۶ (۶- IL) و واکنش دهنده های فاز حاد مربوط به التهاب را افزایش میدهد. این واکنش حاد التهابی ممکن است باعث افزایش تعداد آسیب های عضلانی، اضافه بار عضلانی و احساس خستگی شود که میتواند عملکرد بدنی بهینه بازیکنان فوتبال را کاهش دهد (۶). علاوه بر این، نشان داده شده است که IL-۶ مسئول افزایش پی در پی آگونیست سایتوکاین ضد التهاب IL-۱ (آگونیست IL-1) و سنتز کبدی پروتئین واکنشی C (CRP) است (۷). CRP یکی از پروتئینهای مهم فاز حاد است و تحقیقات نشان می دهند که تمرین شدید باعث افزایش سطوح CRP در خون ورزشکاران بعد از ورزش میشود. افزایش زیاد میزان CRP در خون ورزشکاران به ویژه در طول زمان ریکاوری، ممکن است نشانگر فرایند التهاب بالینی در خورتوجه مرتبط با آسیب ریز به بافت عضله باشد (۸).

رژیم غذایی نقش مهمی در مدیریت التهاب در ورزشکاران دارد و بر عملکرد و سلامت طولانی مدت آن‌ها تأثیر می‌گذارد. التهاب مزمن ناشی از تمرینات شدید می‌تواند منجر به سرکوب سیستم ایمنی و افزایش خطر آسیب دیدگی شود (۵). رژیم غذایی مدیترانه‌ای فواید مفیدی برای ورزشکاران نشان داده است، زیرا استرس اکسیداتیو و التهاب را کاهش داده و عملکرد عروقی و شناختی را بهبود می‌بخشد (۹). مداخلات غذایی خاص، مانند تنظیم درشت مغذی‌ها و استفاده آنتی‌اکسیدان‌ها، اسیدهای آمینه شاخه‌دار و ریزمغذی‌هایی مانند توکوفرول‌ها و فلاونوئیدها نیز می‌توانند از عملکرد سیستم ایمنی حمایت کرده و نشانگرهای التهابی را کاهش دهند (۵). رژیم‌های غذایی با شاخص گلیسمی بالا، کم‌فیبر و غنی از چربی‌های ترانس ممکن است سیستم ایمنی را فعال کرده و تولید واسطه‌های پیش‌التهابی را افزایش دهند (۱۰). عوامل جدید مانند میکروبیوم و استعدادهای ژنتیکی نیز در التهاب ورزشکاران نقش دارند، که نشان‌دهنده نیاز به رویکردهای شخصی‌سازی شده برای مدیریت التهاب و افزایش طول عمر عملکردی است (۱).

رژیم غذایی به عنوان یک عامل قابل تعدیل، التهاب را از طریق مکانیسم‌های زیر تنظیم می‌کند :

۱- مسیرهای آنتی‌اکسیدانی: خنثی کردن گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) (11, 12).

۲- سنتز ایکوزانوئیدها: تعادل متابولیسم اسیدهای چرب امگا-۶ و امگا-۳ (۲).

۳- میکروبیوم روده: تنظیم تولید اسیدهای چرب کوتاه زنجیره (SCFA) و نفوذپذیری روده (۱۳).

۲- روش تحقیق

این پژوهش به صورت یک مطالعه‌ی مروری نظام‌مند انجام شده است. منابع علمی معتبر شامل مقالات پژوهشی، مرورهای سیستماتیک و متاآنالیزهای منتشر شده در پایگاه‌های اطلاعاتی بین‌المللی (از جمله PubMed، Scopus و Web of Science) مورد جستجو و تحلیل قرار گرفته‌اند. مطالعات انجام شده بر روی ورزشکاران با جمعیت‌های فعال، و پژوهش‌هایی بود که به بررسی نقش رژیم غذایی در فرآیند التهابی در ورزشکاران پرداخته بودند. اطلاعات استخراج شده به صورت کیفی تحلیل شده و یافته‌ها در چارچوب تأثیرات رژیم غذایی در فرآیند التهابی ورزشکاران سازماندهی شده‌اند.

۳- بحث

۱- التهاب در ورزشکاران - میکانیسم‌ها و بیومارکرهای التهابی

۱-۱ پاسخ‌های التهابی حاد در مقابل مزمن

ورزش حاد باعث ایجاد یک پاسخ التهابی شامل فعال شدن NF- κ B و افزایش آزادسازی IL-6 در عضله اسکلتی می‌شود (14). این پاسخ با نفوذ نوتروفیل‌ها و آسیب عضلانی مرتبط است، همانطور که بین IL-6، تعداد نوتروفیل‌ها و نشانگرهای آسیب عضلانی همبستگی نشان داده شده است (15). سیگنالینگ IL-6 در طول ورزش، تداخل عضله-عضله را تسهیل می‌کند و اثرات ضد التهابی دارد، که در تضاد با نقش پیش التهابی آن در بیماری‌های مزمن است (16). فعال شدن NF- κ B ناشی از ورزش و بیان IL-6 ممکن است بین افراد سالم و مقاوم به انسولین متفاوت باشد، به طوری که افراد دیابتی نوع ۲ فعالیت پایه NF- κ B بالایی را نشان می‌دهند و پاسخ ورزشی کمتری دارند (17). مسیر سیگنالینگ IL-6 می‌تواند توسط تمرینات مزمن و عوامل ژنتیکی تعدیل شود و به طور بالقوه بر پیامدهای سلامتی و عملکرد ورزشی تأثیر بگذارد (۱۶). این یافته‌ها نقش پیچیده التهاب در سازگاری و ریکاوری ورزشی را برجسته می‌کند.

ورزش بیش از حد مزمن می‌تواند منجر به سندرم تمرین بیش از حد (OTS) شود که با کاهش عملکرد و تغییرات فیزیولوژیکی مختلف مشخص می‌شود. فرضیه سیتوکین پیشنهاد می‌کند که OTS ناشی از التهاب سیستمیک ناشی از میکروتروماهای مکرر ناشی از تمرین با حجم/شدت بالا بدون ریکاوری کافی است (۱۸) (اسمیت، ۲۰۰۰). این امر منجر به افزایش سطح سیتوکین‌های پیش التهابی، به ویژه IL-1 β ، IL-6 و TNF- α می‌شود (۱۹) (دا روچا و همکاران، ۲۰۱۹). این سیتوکین‌ها با علائم OTS، از جمله خستگی و خوی افسرده، اختلالات خواب و خستگی مرتبط هستند (۲۰) (مین و همکاران، ۲۰۱۰). ورزشکاران بیش از حد تمرین کرده همچنین نشانگرهای استرس اکسیداتیو افزایش یافته‌ای مانند کربونیل‌های پروتئین پلازما بالاتر در حالت استراحت و پاسخ‌های ضعیف استرس اکسیداتیو و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به ورزش را نشان می‌دهند (تانسکان و همکاران، ۲۰۱۰). وضعیت التهابی مزمن ناشی از ورزش بیش از حد، بر سیستم‌های مختلف اندام تأثیر می‌گذارد و فراتر از کاهش عملکرد است (۱۹) (دا روچا و همکاران، ۲۰۱۹). درک این مکانیسم‌ها می‌تواند به مربیان و فیزیولوژیست‌ها کمک کند تا استراتژی‌هایی را برای جلوگیری از پیامدهای نامطلوب مرتبط با ورزش بیش از حد مزمن تدوین کنند.

۲- درشت مغذی ها و التهاب

۱-۲ کربوهیدرات

کربوهیدرات‌ها نقش مهمی در عملکرد ورزشی و ریکاوری دارند، اما تأثیر آن‌ها بر التهاب پیچیده است. مصرف کافی کربوهیدرات برای حفظ سطح گلیکوژن عضلانی در طول فعالیت‌های شدید ضروری است (۲۱). مکمل‌های کربوهیدراتی می‌توانند سطح هورمون‌های استرس پس از ورزش و التهاب را کاهش دهند (۲۲). با این حال، مصرف بیش از حد کربوهیدرات، به‌ویژه از منابع تصفیه‌شده و قندهای افزوده، به‌ویژه در افرادی که دارای عوامل خطر مانند چاقی یا سبک زندگی کم‌تحرک هستند ممکن است منجر به استرس متابولیکی و افزایش التهاب شود، (۲۳). میوه‌های غنی از کربوهیدرات و پلی‌فنول‌ها می‌توانند عملکرد ورزشی را حمایت کرده و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ضدپروسی را افزایش دهند (۲۲). برای بهینه‌سازی عملکرد ورزشی و بهبود، در حالی که التهاب را به حداقل می‌رسانیم، توصیه می‌شود برنامه‌های تغذیه‌ای فردی با در نظر گرفتن زمان‌بندی مواد مغذی، ترکیب آن‌ها و ویژگی‌های شخصی طراحی شوند (۲۱، ۲۳).

۲-۲ پرتئین

مکمل‌های پروتئینی، به‌ویژه پودرهای پروتئینی مانند وی، سویا و کازئین، به‌خوبی برای نقش خود در سنتز پروتئین عضلانی و بهبود ریکاوری شناخته شده‌اند (۲۴). با این حال، تأثیر آن‌ها بر پاسخ‌های التهابی حاد و گونه‌های فعال اکسیژن و نیتروژن (RONS) ناشی از ورزش همچنان یک حوزه تحقیقاتی در حال توسعه است (25).

برخی مطالعات گزارش کرده‌اند که پروتئین وی دارای اثرات آنتی‌اکسیدانی است که به افزایش گلووتاتیون، یک ترکیب تیول سلولی، و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی درون‌زا مانند سوپراکسید دیسموتاز، گلووتاتیون پراکسیداز و کاتالاز کمک می‌کند (۲۶). شواهد حاصل از مطالعات روی حیوانات (۲۷) و سلول‌های آزمایشگاهی (۲۸) نشان داده‌اند که پروتئین وی مسیرهای درون‌سلولی مرتبط با تولید گونه‌های فعال اکسیژن و نیتروژن (RONS) را تعدیل می‌کند، که این امر می‌تواند به پاسخ ایمنی طبیعی در برابر آسیب‌ها کمک کند. پروتئین سویا، چه به‌صورت ایزوله و چه غنی‌شده با ایزوفلاوون‌ها، ممکن است با کاهش سیگنالینگ NF-κB و مهار ترشح سایتوکاین‌های پیش‌التهابی مانند TNF-α، IL-6، و IL-1β، التهاب مزمن را کاهش دهد (۲۹).

همچنین، برخی مکمل‌های محبوب که شامل یک یا چند آمینواسید هستند، مانند آمینواسیدهای شاخه‌دار (BCAAs)، ال-گلوتامین، یا گلیسین، ممکن است اثرات ضدالتهابی داشته باشند (29). گلوتامین می‌تواند احتمالاً از طریق افزایش بیان پروتئین شوک حرارتی ۷۲ (HSP72) و/یا کاهش فعال‌سازی NF-κB ترشح سایتوکاین‌ها را تعدیل کند (۳۰)، BCAAs اثرات ضدالتهابی خود را به‌طور غیرمستقیم اعمال می‌کنند، که ممکن است ناشی از افزایش سنتز گلوتامین یا فعال‌سازی مسیر mTOR باشد، که در نهایت تجزیه پروتئین (پروتئولیز) را کاهش می‌دهد (31). گلیسین، که جزء اصلی پپتیدهای کلاژن است، نشان داده شده که تولید سوپراکسید توسط نوتروفیل‌ها را از طریق یک مسیر وابسته به کلسیم کاهش می‌دهد (32).

ال-کارنیتین نیز ممکن است استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش را کاهش دهد، احتمالاً به طور غیرمستقیم، از طریق افزایش اکسیژن رسانی به عضلات در طول ورزش و در نتیجه محدود کردن فعال سازی پروتئازهای وابسته به کلسیم و گزانتین اکسیداز، که تولید سوپراکسید را افزایش می دهد (33).

در حالی که شواهد آزمایشگاهی نشان می دهند که پروتئین ها و آمینواسیدهای خاص می توانند التهاب و استرس اکسیداتیو را کاهش دهند، مطالعات انسانی نتایج متناقضی را ارائه کرده اند. این موضوع نشان می دهد که عوامل فردی، نوع ورزش، دوز مصرفی، و ترکیب رژیم غذایی ممکن است بر تأثیر این مکمل ها بر التهاب و بازسازی عضلات تأثیر بگذارند (25).

۲-۳ چربی

تحقیقات اخیر رابطه پیچیده بین چربی، التهاب و عملکرد ورزشی را برجسته می کنند. اسیدهای چرب امگا-۳ از طریق میانجی های تخصصی حل کننده التهاب، خواص ضدالتهابی نشان داده اند که ممکن است برای ورزشکاران مفید باشد (34). خود تمرینات ورزشی نیز اثرات ضدالتهابی دارند، مستقل از کاهش چربی بدن، که ممکن است به تأثیر مثبت آن بر بیماری های مزمن کمک کند (35). با این حال، وعده های غذایی پرچرب می توانند باعث انتقال اندوتوکسین شده و یک پاسخ التهابی گذرا را تحریک کنند، که این اثر بسته به مقدار و نوع چربی متفاوت است (36) در حالی که اسیدهای چرب اشباع ممکن است با تقلید از عملکرد لیپوپلی ساکارید باعث التهاب شوند، ادعاها درباره تأثیر التهابی اسید لینولئیک شواهد قوی ندارند. جالب توجه است که اسیدهای چرب امگا-۳ چندغیراشباع در انسان ها اثرات ضدالتهابی کمتری نسبت به موش ها نشان می دهند (36) این یافته ها اهمیت توجه به ترکیب چربی رژیم غذایی و ورزش را در مدیریت التهاب برای عملکرد ورزشی و سلامت کلی برجسته می کنند.

۲-۳-۱ اسیدهای چرب امگا-۳

اسیدهای چرب امگا-۳ با کاهش التهاب و استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش، فواید بالقوه ای برای ورزشکاران نشان داده اند. این اسیدهای چرب چند غیراشباع از طریق واسطه های تخصصی اثرات ضدالتهابی اعمال می کنند (34). مکمل های امگا-۳ ممکن است آسیب عضلانی، درد و نشانگرهای التهابی پس از فعالیت بدنی شدید را کاهش دهند (37، 38). دوز ۲-۱ گرم در روز با نسبت EPA به DHA برابر ۲:۱ برای مقابله با التهاب ناشی از ورزش پیشنهاد شده است (39). با این حال، دوز و مدت زمان بهینه برای بهبود عملکرد نامشخص است و مطالعات فوایدی را از ۱.۱ تا ۷ گرم در روز طی ۲ هفته تا ۴ ماه گزارش کرده اند (37). اگرچه مکمل های امگا-۳ در حمایت از سلامت و بهبودی ورزشکاران امیدوارکننده هستند، تحقیقات بیشتری برای تعیین توصیه های قطعی و ارزیابی خطرات بالقوه مانند سرکوب سیستم ایمنی و افزایش زمان خونریزی مورد نیاز است (39).

اسیدهای چرب امگا-۳ چندغیراشباع (PUFAs) مزایای بالقوه ای، از جمله کاهش التهاب، بهبود ریکاوری عضلانی و ارتقای سلامت مغز برای ورزشکاران دارند (39-41). مصرف روزانه ۱ تا ۳ گرم EPA+DHA برای حمایت از سلامت ورزشکاران با حداقل عوارض جانبی توصیه شده است (39، 41). با این حال، تحقیقات درباره تأثیر مکمل های امگا-۳ PUFA بر عملکرد ورزشی و پاسخ های التهابی همچنان نتایج قطعی ارائه نکرده اند (39). در حالی که امگا-۳ PUFA ممکن است به بهبود ریکاوری پس از تمرینات شدید و آسیب های خفیف مغزی کمک کند، مصرف زیاد آن می تواند منجر به سرکوب سیستم ایمنی و افزایش زمان خونریزی شود (39). مطالعات آینده باید بر تعیین دوزهای بهینه و استفاده از پروتکل های ورزشی

دقیق تر برای ارزیابی اثربخشی تمرکز کنند (۳۹). علاوه بر این، تحقیقات بیشتری برای تعیین توصیه‌های خاص ورزشکاران در مورد امگا-۳ و درک کامل نقش آن در عملکرد ورزشی مورد نیاز است (۴۱).

۲-۳-۲ اسیدهای چرب کوتاه زنجیره

اسیدهای چرب زنجیره کوتاه (SCFAs) به‌ویژه استات، پروپیونات و بوتیرات، متابولیت‌هایی هستند که توسط میکروبیوتای روده از طریق تخمیر فیبرهای غذایی تولید می‌شوند (۴۲). این اسیدهای چرب نقش‌های مهمی در تنظیم هموستاز روده، عملکرد ایمنی و التهاب ایفا می‌کنند (۴۳). آن‌ها از طریق گیرنده‌های جفت‌شده با پروتئین G و مهار هیستون داستیلز بر انواع مختلف سلول‌ها اثر می‌گذارند و تولید سایتوکاین و مهاجرت لوکوسیت‌ها را تعدیل می‌کنند (۴۳) SCFAs. سد روده را تقویت کرده، انرژی مورد نیاز سلول‌های اپیتلیال روده را تأمین می‌کنند و اثرات تنظیم‌کننده ایمنی دارند (۴۴). در ورزشکاران، SCFAs ممکن است ایمنی را افزایش دهند، بهبود پس از ورزش را از طریق فعالیت ضدالتهابی تسهیل کنند و به‌عنوان منابع انرژی اضافی برای عملکرد ورزشی عمل کنند (۴۲). علاوه بر این، SCFAs با تنظیم متابولیسم لیپید و کربوهیدرات مرتبط هستند و ممکن است بر التهاب مزمن و آترواسکلروز تأثیر بگذارند (۴۵). این یافته‌ها نشان می‌دهند که SCFAs می‌توانند پتانسیل درمانی برای شرایط التهابی و اختلالات متابولیکی داشته باشند.

۳- مواد مغذی

مواد مغذی و مکمل‌های ضدالتهابی می‌توانند برای ورزشکاران مفید باشند، زیرا التهاب را کاهش داده، از عملکرد سیستم ایمنی حمایت کرده و بهبود پس از تمرینات شدید و آسیب‌دیدگی را تسریع می‌کنند (۴۰، ۵). اسیدهای چرب امگا-۳، ویتامین D، پروبیوتیک‌ها و کراتین مونوهیدرات ممکن است به بهبود آسیب‌های خفیف مغزی و حمایت از سلامت کلی کمک کنند (۴۰). کورکومین، آب آلبالوی ترش و سایر آنتی‌اکسیدان‌ها می‌توانند التهاب و درد عضلانی را کاهش دهند (۴۰، ۴۶). آمینواسیدهای شاخه‌دار ممکن است پاسخ‌های ایمنی را در عضلات اسکلتی تقویت کنند (۵). ریزمغذی‌هایی مانند توکوفرول‌ها، دوکوزاهگزانوئات و فلاونوئیدها از سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی درون‌زا حمایت کرده و دارای خواص ضدالتهابی بالقوه هستند (۵). کلاژن و ویتامین C ممکن است سلامت بافت‌های همبند را بهبود بخشند (۴۰، ۴۷). این راهبردهای تغذیه‌ای به‌ویژه برای ورزشکاران حرفه‌ای که در طول فصل‌های رقابتی فرصت‌های محدودی برای بهبود دارند، بسیار مفید هستند (۴۷).

۱-۳ پلی فنول‌ها

پلی‌فنول‌ها، ترکیبات گیاهی موجود در میوه‌ها و سبزیجات، پتانسیل فوایدی برای ورزشکاران در مدیریت التهاب و استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش نشان داده‌اند (۴۸). این ترکیبات زیست‌فعال می‌توانند با تعامل با سیستم ایمنی و مهار آسیب اکسیداتیو، عملکرد فیزیکی و بازیابی عضلانی را بهبود بخشند. (۴۸). اثرات پلی‌فنول‌ها تحت تأثیر عوامل فردی مانند ترکیب میکروبیوتای روده، ویژگی‌های ژنومی و مکانیسم‌های اپی‌ژنتیکی قرار می‌گیرد (۴۹). میوه‌های غنی از پلی‌فنول می‌توانند عملکرد، ظرفیت اکسیداتیو و خواص ضدپروسی را افزایش دهند (۲۲). مطالعات نشان داده‌اند که ورزش شدید منجر به اکسیداسیون گسترده لیپیدها می‌شود که پلی‌فنول‌ها ممکن است به کاهش آن کمک کنند (۲۲). به طور کلی، مصرف منظم

غذاها و مکمل‌های غنی از پلی فنول به نظر می‌رسد یک استراتژی قابل قبول برای بهبود عملکرد ورزشی و بازیابی باشد (۴۸، ۴۹).

۳-۲ آنتی اکسیدان ها

آنتی اکسیدانها نقش حیاتی در کاهش التهاب و استرس اکسیداتیو در ورزشکارانی که تحت تمرینات شدید هستند، ایفا میکنند. تولید گونه های فعال اکسیژن (ROS) در حین تمرین به طور قابل توجهی بر عملکرد ورزشی و فرآیندهای سازگاری تأثیر میگذارد (50). در حالی که التهاب و ROS میتوانند هم اثرات مفید و هم مضر بر عضلات اسکلتی داشته باشند، آنها برای سازگاریهای تمرینی ضروری هستند (51). مداخلات تغذیه ای و مکمل ها، مانند آمینواسیدهای شاخه دار، توکوفرول ها و فلاونوئیدها، میتوانند با کاهش التهاب و حمایت از عملکرد ایمنی، به مقابله با اثرات منفی تمرینات سنگین کمک کنند (5). آنتی اکسیدان هایی مانند ویتامینهای E و C، رسوراترول و کورکومین ممکن است به بهبود جسمی و روانی ورزشکاران کمک کنند (50). با این حال، استفاده از داروهای آنت یاکسیدان و ضدالتهاب توسط ورزشکاران نیاز به بررسی دقیق دارد، زیرا ممکن است با سازگاریهای عضلانی به ورزش تداخل داشته باشند (51).

تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی ممکن است تأثیرات منفی بر عملکرد ورزشکاران و سازگاری‌های ناشی از تمرین داشته باشند. مصرف مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی با دوز بالا، به‌ویژه ویتامین‌های E و C، ممکن است مسیرهای سیگنال‌دهی آنابولیک را مختل کرده و سازگاری‌های ناشی از تمرینات مقاومتی را کاهش دهد (52، 53). این مکمل‌ها می‌توانند عملکرد فیزیولوژیکی رادیکال‌های آزاد که برای سیگنال‌دهی سلولی ضروری هستند را مختل کرده و سازگاری‌های مؤثر بر عملکرد مانند بیوزنز میتوکندری و هیپرتروفی عضلانی را مهار کند (53). در حالی که برخی ترکیبات مانند N-استیل سیستئین، ملاتونین و α -لیپوئیک اسید ممکن است نشانگرهای استرس اکسیداتیو ناشی از ورزش را کاهش دهند، شواهدی که از مزایای آنها بر عملکرد استقامتی حمایت کند، محدود است (54). به‌طور کلی، اثرات منفی بالقوه مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی با دوز بالا ممکن است بیشتر از مزایای آنها برای ورزشکاران باشد (53).

۳-۳ کورکومین و زنجبیل

مکمل کورکومین اثرات امیدوارکننده‌ای در کاهش آسیب عضلانی ناشی از ورزش و درد عضلانی نشان داده است. مطالعات نشان می‌دهند که کورکومین می‌تواند شدت درد عضلانی را کاهش دهد، سطح کراتین کیناز را پایین بیاورد و عملکرد عضلانی را بهبود بخشد (۴، ۵۵). خواص ضدالتهابی کورکومین به توانایی آن در سرکوب NF- κ B، یک تنظیم‌کننده کلیدی التهاب، نسبت داده می‌شود (۵۶). دوزهای بین ۹۰ تا ۵۰۰۰ میلی‌گرم در روز در کاهش آسیب عضلانی هنگام مصرف نزدیک به زمان ورزش مؤثر بوده‌اند (۴). به‌طور مشابه، مکمل ریشه زنجبیل (۱.۴۲۵ گرم در روز) پتانسیل کاهش درد عضلانی ناشی از دویدن در سراسیمگی را نشان داده است، اگرچه تأثیر آن بر بهبود عملکرد فیزیکی کمتر مشهود بوده است (۵۷). به نظر می‌رسد که هم کورکومین و هم زنجبیل برای ورزشکاران و ورزشکاران تفریحی مفید باشند، زیرا آسیب عضلانی را کاهش داده و روند بهبود را تسریع می‌کنند، که این امر می‌تواند امکان تمرین مداوم با شدت‌های بالاتر را فراهم کند (۵۵، ۵۷).

۳-۴ آرژنین و نیترات

نیترات غذایی، به‌ویژه از آب چغندر، به‌عنوان یک روش درمانی غیر دارویی امیدوارکننده برای سلامت قلب و عروق با افزایش سنتز نیتریک اکسید (NO) مطرح شده است (58, 59). مصرف منظم آب چغندر غنی از نیترات نشان داده است که پارامترهای همودینامیکی را بهبود می‌بخشد و سطح نیتريت پلاسما را افزایش می‌دهد (58, 59). علاوه بر این، مکمل‌ها - L آرژنین و L-سیترولین به افزایش سطح NO کمک کرده و عملکرد ورزشی و پاسخ تنفسی را بهبود می‌بخشند (60). در حالی که مکمل NO نویدبخش بهبود سلامت قلب و عروق و عملکرد ورزشی است، باید تحت نظارت پزشکی مصرف شود، زیرا ممکن است عوارض جانبی داشته باشد و با برخی شرایط سلامتی و داروها تداخل کند (60).

۵-۳ ویتامین D

ویتامین D برای ورزشکاران ضروری است و بر سلامت استخوان‌ها، عملکرد ایمنی، و التهاب تأثیر می‌گذارد. تحقیقات نشان می‌دهند که بسیاری از ورزشکاران به دلیل موقعیت جغرافیایی و شرایط تمرینی دچار کمبود ویتامین D هستند (61). کمبود ویتامین D با افزایش خطر شکستگی‌های ناشی از استرس، التهاب، و اختلال در عملکرد عضلانی مرتبط است (61). یک مطالعه روی ورزشکاران استقامتی نشان داد که سطح ویتامین D با $TNF-\alpha$ (یک سایتوکاین پیش‌التهابی) رابطه معکوس دارد، به این معنا که کمبود ویتامین D ممکن است التهاب را افزایش دهد (۶۲). یک مرور سیستماتیک نتایج متناقضی را در مورد تأثیر مکمل ویتامین D بر سایتوکاین‌های پیش‌التهابی گزارش کرده است، به‌طوری که تنها دو مورد از شش مطالعه تغییرات قابل توجهی در سطح سایتوکاین‌ها نشان داده‌اند (63).

۴-الگوهای غذایی

۱-۴ رژیم مدیترانه

در مطالعات نشان داده شده است که رژیم غذایی مدیترانه‌ای (MD) دارای مزایای بالقوه‌ای از جمله بهبود عملکرد ورزشی، قدرت عضلانی و نشانگرهای سلامتی برای ورزشکاران دارد. مطالعات نشان داده‌اند که MD ممکن است استقامت عضلانی، قدرت و عملکرد بی‌هوازی را در جمعیت‌های مختلف ورزشی افزایش دهد (۶۴). خواص ضد التهابی این رژیم غذایی می‌تواند با کاهش خطر آسیب و بیماری و همچنین بهبود عملکرد عروقی و شناختی، برای ورزشکاران مفید باشد (۹). نشان داده شده است که اجزای MD، به ویژه اسیدهای چرب غیراشباع w-3 مسیرهای التهابی را تعدیل کرده و بر عملکرد سلول‌های ایمنی تأثیر می‌گذارند (۶۵). علاوه بر این، MD با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل پلاسما با کاهش نشانگرهای استرس اکسیداتیو همراه بوده است (۶۴). با این حال، تحقیقات نشان می‌دهد که رژیم‌های غذایی بسیاری از ورزشکاران به اندازه کافی با دستورالعمل‌های MD مطابقت ندارند، که نشان دهنده نیاز به مداخلات تغذیه‌ای هدفمند برای افزایش مصرف سبزیجات، میوه‌ها، حبوبات و ماهی و در عین حال کاهش گوشت قرمز و نوشیدنی‌های شیرین شده با شکر است (۶۶).

۲-۴ رژیم بر پایه گیاهی

رژیم‌های غذایی بر پایه گیاهی (PBDs) بر مصرف غذاهای گیاهی تأکید دارند در حالی که محصولات حیوانی را محدود یا حذف می‌کنند (67). این رژیم‌ها با مزایای سلامتی متعددی از جمله کاهش وزن، بهبود سلامت قلب و عروق، کاهش فشار خون و متابولیسم بهتر گلوکز همراه هستند (67, 68). رژیم‌های بر پایه گیاهی به نرخ مرگ و میر پایین‌تر و کاهش بروز بیماری‌های قلبی-عروقی مرتبط شده‌اند (68). اثرات مثبت این رژیم‌ها به محتوای بالای فیبر و آنتی‌اکسیدان، وجود اسیدهای چرب چند غیراشباع و تأثیر آن‌ها بر میکروبیوتای روده نسبت داده می‌شود (69). گرچه رژیم‌های مزایای سلامتی بسیاری دارند، ممکن است از نظر مواد مغذی ضروری مانند ویتامین B12، روی و ویتامین D کمبود داشته باشند (69). یک متآنالیز از آزمایش‌های مداخله‌ای نشان داد که PBDs به طور قابل توجهی سطح پروتئین واکنش‌دهنده C و اینترلوکین-6 را کاهش می‌دهند (۷۰). این اثرات ضدالتهابی تا حدی به پلی‌فنول‌ها نسبت داده می‌شوند که عملکرد سلول‌های ایمنی را تنظیم می‌کنند، سنتز سیتوکین‌های پیش‌التهابی را مهار می‌کنند و مسیرهای مختلف سیگنالینگ از جمله NF- κ B و MAPK را تعدیل می‌کنند (3). پلی‌فنول‌ها همچنین خواص آنتی‌اکسیدانی دارند و آنزیم‌های دخیل در تولید واسطه‌های التهابی را مهار می‌کنند (3) تأثیر مفید PBDs بر پروفیل‌های التهابی، پتانسیل آن‌ها را در پیشگیری و درمان بیماری‌های مزمن مرتبط با التهاب، مانند چاقی، دیابت و اختلالات قلبی-عروقی نشان می‌دهد (۷۱, ۳).

۴-۳ رژیم های غربی

رژیم غذایی غربی، که با مصرف بالای چربی و غذاهای فوق‌فرآوری شده مشخص می‌شود، به شدت با التهاب متابولیک مزمن و انواع بیماری‌های غیرواگیر مرتبط است (72). این الگوی غذایی باعث ایجاد دیس‌بیوز روده، افزایش نفوذپذیری روده و نشت سموم باکتریایی به گردش خون می‌شود که به التهاب سیستمیک منجر می‌شود (73) تعامل بین رژیم غذایی، میکروبیوتای روده و سیستم ایمنی میزبان نقش کلیدی در ایجاد شرایط التهابی مانند بیماری‌های التهابی روده، ام‌اس و آرتریت دارد (74). محیط روده‌ای که توسط غذاهای فوق‌فرآوری شده ایجاد می‌شود، به عنوان زمینه انتخابی منحصر به فردی برای میکروب‌هایی عمل می‌کند که می‌توانند بیماری‌های التهابی را تشدید کنند (۷۵).

۴-۴ رژیم کتوژنیک و رژیم با محدودیت زمانی

مطالعات اخیر نشان می‌دهند که رژیم‌های کتوژنیک و تغذیه با محدودیت زمانی (TRE) ممکن است اثرات مفیدی بر التهاب و عملکرد ورزشی داشته باشند. یک رژیم کتوژنیک ظرفیت هوازی، مقاومت در برابر خستگی و پاسخ‌های التهابی را در ورزشکاران تکواندو بهبود بخشید (۷۶). TRE نیز در کاهش التهاب امیدوارکننده ظاهر شده است، به طوری که مطالعات کاهش بیان میانجی‌های التهابی در بافت چربی و تخفیف علائم در مدل آرتریت را گزارش کرده‌اند (77) هر دو مداخله کتوژنیک و روزه داری باعث کاهش فعالسازی inflammasome NLRP3 شده و به طور بالقوه التهاب مزمن را بهبود می‌بخشند (۷۸). در حالی که روزه داری متناوب و TRE مزایای سلامتی برای ورزشکاران نشان داده‌اند، اثربخشی رژیم‌های کتوژنیک هنوز قطعی نیست (79). این استراتژیهای تغذیه‌ای ممکن است پاسخ‌دهی و توزیع لوکوسیتها را تعدیل کنند و به کاهش واکنش‌پذیری سیستم ایمنی منجر شوند (77). تحقیقات بیشتری برای درک کامل تأثیر این مداخلات بر التهاب و عملکرد ورزشی مورد نیاز است.

در حالی که مطالعات حیوانی نتایج امیدوارکننده‌ای نشان داده‌اند، برای تأیید مزایای درمانی مداخلات غذایی در بیماری‌های التهابی انسان، به آزمایش‌های بالینی بزرگ‌تری نیاز است (74). درک این مکانیسم‌ها برای توسعه راهبردهای پیشگیرانه و درمانی مؤثر برای بیماری‌های مرتبط با سبک زندگی ضروری است (72).

۵- هیدراسیون و تعادل الکترولیت‌ها

کم‌آبی و ورزش طولانی‌مدت در محیط‌های گرم می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر سطح هورمون‌های استرس و نشانگرهای التهابی داشته باشند. مصرف مکمل سیترات سدیم پس از ورزش همراه با کم‌آبی، سطح آلدوسترون و کورتیزول را در طول دوچرخه‌سواری استقامتی در گرما کاهش داد (80). ورزش حاد در شرایط گرم باعث افزایش IL-6 و کورتیزول تنها در صورت محدودیت مصرف مایعات شد، به‌طوری که کاهش توده بدن به‌شدت با تغییرات کورتیزول مرتبط بود (81). ورزش طولانی‌مدت منجر به افزایش تولید سایتوکاین ضدالتهابی (IL-10) و کاهش تولید سایتوکاین‌های پیش‌التهاب (IL-6)، IFN- γ ، IL-2) صرف‌نظر از وضعیت هیدراتاسیون در پاسخ به چالش آنتی‌ژنی شد (82). اینترلوکین-6 نقش مهمی در آزادسازی وازوپرسین غیر اسمزی دارد و در بروز هیپوناترمی در شرایط التهابی مختلف مؤثر است (83). این یافته‌ها تعامل پیچیده بین هیدراتاسیون، ورزش و پاسخ‌های التهابی را برجسته کرده و اهمیت مدیریت صحیح مایعات را در عملکرد ورزشی و سلامت تأکید می‌کنند.

۶- میکروبیوم روده

میکروبیوم روده نقش مهمی در سلامت و عملکرد ورزشکاران از طریق تولید متابولیت‌ها، به‌ویژه اسیدهای چرب زنجیره کوتاه (SCFAs) ایفا می‌کند. ورزش متوسط تأثیر مثبتی بر ترکیب میکروبیوتای روده داشته و التهاب را کاهش می‌دهد، در حالی که ورزش شدید ممکن است نفوذپذیری روده را افزایش دهد (84). SCFAs که از تخمیر میکروبی فیبرهای غذایی تولید می‌شوند، می‌توانند التهاب، متابولیسم انرژی و عملکرد ایمنی ورزشکاران را تعدیل کنند (42). ورزشکاران نخبه معمولاً تنوع میکروبی روده بالاتری دارند که با بهبود کارایی متابولیکی و کاهش پاسخ التهابی مرتبط است (84). مداخلات پروبیوتیکی پتانسیل کاهش التهاب و بهبود تنوع میکروبیوم روده در ورزشکاران، به‌ویژه در افرادی با سطح التهاب پایه بالاتر را نشان داده‌اند (85) با این حال، ترکیب بهینه رژیم غذایی و مزایای پروبیوتیک‌ها، سینبیوتیک‌ها و پستی‌بیوتیک‌ها برای میکروبیوم ورزشکاران هنوز به‌طور کامل مشخص نشده و نیازمند تحقیقات بیشتر است (86).

۴- نتیجه‌گیری

رژیم غذایی نقش مهم و چندوجهی در تعدیل فرآیند التهابی در ورزشکاران ایفا می‌کند. ورزشکاران با اتخاذ یک استراتژی غذایی برنامه‌ریزی‌شده که غذاهای کامل، مصرف کافی مواد مغذی ضدالتهابی و زمان‌بندی استراتژیک درشت‌مغذی‌ها را در اولویت قرار می‌دهد، می‌توانند به‌طور بالقوه التهاب بیش از حد را کاهش دهند، ریکاوری را بهینه کرده و سلامت و عملکرد کلی خود را بهبود بخشند. یک رویکرد مشارکتی بین ورزشکاران، مربیان و متخصصان تغذیه ورزشی برای تدوین برنامه‌های غذایی شخصی‌شده که از نیازهای فردی و خواسته‌های تمرینی آن‌ها پشتیبانی می‌کند، ضروری است.

۵- مراجع

۱. Dinetz E, Bocharova N. Inflammation in Elite Athletes: A Review of Novel Factors, the Role of Microbiome, and Treatments for Performance Longevity. *Cureus*. ۲۰۲۴;۱۶(۱۰):e.۷۲۷۲۰.
۲. Hamamah S, Amin A, Al-Kassir AL, Chuang J, Covasa M. Dietary Fat Modulation of Gut Microbiota and Impact on Regulatory Pathways Controlling Food Intake. *Nutrients*. ۲۰۲۳;۱۵(۱۵).
۳. Yahfoufi N, Alsadi N, Jambi M, Matar C. The Immunomodulatory and Anti-Inflammatory Role of Polyphenols. *Nutrients*. ۲۰۱۸;۱۰(۱۱).
۴. Nanavati K, Rutherford-Markwick K, Lee SJ, Bishop NC, Ali A. Effect of curcumin supplementation on exercise-induced muscle damage: a narrative review. *European journal of nutrition*. ۲۰۲۲;۶۱(۸):۵۵-۳۸۳۵.
۵. Buonocore D, Negro M, Arcelli E, Marzatico F. Anti-inflammatory Dietary Interventions and Supplements to Improve Performance during Athletic Training. *Journal of the American College of Nutrition*. ۲۰۱۵; ۳۴Suppl ۷-۱۶۲.
۶. Martín-Sánchez FJ, Villalón JM, Zamorano-León JJ, Rosas LF, Proietti R, Mateos-Caceres PJ, et al. Functional status and inflammation after preseason training program in professional and recreational soccer players: a proteomic approach. *Journal of sports science & medicine*. ۲۰۱۱;۱۰(۱):۵۱-۴۵.
۷. Mendham AE, Duffield R, Marino F, Coutts AJ. Differences in the acute inflammatory and glucose regulatory responses between small-sided games and cycling in sedentary, middle-aged men. *Journal of science and medicine in sport*. ۲۰۱۵;۱۸(۶):۹-۷۱۴.
۸. Kostrzewa-Nowak D, Nowak R, Chamera T, Buryta R, Moska W, Ciężczyk P. Post-effort changes in C-reactive protein level among soccer players at the end of the training season. *Journal of strength and conditioning research*. ۲۰۱۵;۲۹(۵):۴۰۵-۱۳۹۹.
۹. Griffiths A, Matu J, Whyte E, Akin-Nibosun P, Clifford T, Stevenson E, et al. The Mediterranean dietary pattern for optimising health and performance in competitive athletes: a narrative review. *Br J Nutr*. ۲۰۲۲;۱۲۸(۷):۹۸-۱۲۸۵.
۱۰. Geraldo JM, Alfenas Rde C. [Role of diet on chronic inflammation prevention and control - current evidences]. *Arquivos brasileiros de endocrinologia e metabologia*. ۲۰۰۸;۵۲(۶):۶۷-۹۵۱.
۱۱. Matsumoto M, Suganuma H, Ozato N, Shimizu S, Katashima M, Katsuragi Y, et al. Association between Serum Concentration of Carotenoid and Visceral Fat. *Nutrients*. ۲۰۲۱;۱۳(۳):۱۳.
۱۲. Nieman DC, Henson DA, Gross SJ, Jenkins DP, Davis JM, Murphy EA, et al. Quercetin reduces illness but not immune perturbations after intensive exercise. *Med Sci Sports Exerc*. ۲۰۰۷;۳۹(۹):۹-۱۵۶۱.

- ۱۳ Clarke SF, Murphy EF, O'Sullivan O, Lucey AJ, Humphreys M, Hogan A, et al. Exercise and associated dietary extremes impact on gut microbial diversity. Gut. ۲۰۱۴;۶۳(۱۲):۲۰-۱۹۱۳
- ۱۴ Vella L, Markworth JF, Peake JM, Snow RJ, Cameron-Smith D, Russell AP. Ibuprofen supplementation and its effects on NF-kappaB activation in skeletal muscle following resistance exercise. Physiol Rep. ۲۰۱۴;۲(۱۰):۱-۱۰
- ۱۵ Kawamura T, Suzuki K, Takahashi M, Tomari M, Hara R, Gando Y, et al. Involvement of Neutrophil Dynamics and Function in Exercise-Induced Muscle Damage and Delayed-Onset Muscle Soreness: Effect of Hydrogen Bath. Antioxidants (Basel). ۲۰۱۸;۷(۱۰):۱-۱۰
- ۱۶ Nash D, Hughes MG, Butcher L, Aicheler R, Smith P, Cullen T, et al. IL-6 signaling in acute exercise and chronic training: Potential consequences for health and athletic performance. Scand J Med Sci Sports. ۲۰۲۳;۳۳(۱):۱۹-۴
- ۱۷ Tantiwong P, Shanmugasundaram K, Monroy A, Ghosh S, Li M, DeFronzo RA, et al. NF-kappaB activity in muscle from obese and type 2 diabetic subjects under basal and exercise-stimulated conditions. Am J Physiol Endocrinol Metab. ۲۰۱۰;۲۹۹(۵):E۸۰۱-۷۹۴
- ۱۸ Smith LL. Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to excessive stress? Med Sci Sports Exerc. ۲۰۰۰;۳۲(۲):۳۱-۳۱۷
- ۱۹ da Rocha AL, Pinto AP, Kohama EB, Pauli JR, de Moura LP, Cintra DE, et al. The proinflammatory effects of chronic excessive exercise. Cytokine. ۲۰۱۹;۶۱-۱۱۹:۵۷
- ۲۰ Main LC, Dawson B, Heel K, Grove JR, Landers GJ, Goodman C. Relationship between inflammatory cytokines and self-report measures of training overload. Research in sports medicine (Print). ۲۰۱۰;۱۸(۲):۳۹-۱۲۷
- ۲۱ Dhiman C, Chand Kapri B. Optimizing Athletic Performance and Post- Exercise Recovery: The Significance of Carbohydrates and Nutrition. Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine. ۵۶-۴۹:(۲)۱۲;۲۰۲۳
- ۲۲ Nieman DC, Mitmesser SH. Potential Impact of Nutrition on Immune System Recovery from Heavy Exertion: A Metabolomics Perspective. Nutrients. ۲۰۱۷;۹(۵):۱-۱۰
- ۲۳ Miles MP. Carbohydrates for Physical Activity. American Journal of Lifestyle Medicine. ۲۰۱۲;۶(۲):۳۲-۱۲۱
- ۲۴ Cermak NM, Res PT, de Groot LC, Saris WH, van Loon LJ. Protein supplementation augments the adaptive response of skeletal muscle to resistance-type exercise training: a meta-analysis. The American journal of clinical nutrition. ۶۴-۱۴۵۴:(۶)۹۶;۲۰۱۲
- ۲۵ Alhebshi A, Alsharif N, Thorley J, James LJ, Clifford T. The Effects of Dietary Protein Supplementation on Exercise-Induced Inflammation and Oxidative Stress: A Systematic Review of Human Trials. Antioxidants (Basel). ۲۰۲۱;۱۱(۱):۱-۱۰

- ۲۶ Draganidis D, Karagounis LG, Athanailidis I, Chatzinikolaou A, Jamurtas AZ, Fatouros IG. Inflammaging and Skeletal Muscle: Can Protein Intake Make a Difference? The Journal of nutrition. ۲۰۱۶;۱۴۶(۱۰):۵۲-۱۹۴۰.
- ۲۷ Athira S, Mann B, Sharma R, Kumar R. Ameliorative potential of whey protein hydrolysate against paracetamol-induced oxidative stress. Journal of dairy science. ۲۰۱۳;۹۶(۳):۷-۱۴۳۱
- ۲۸ Kerasioti E, Stagos D, Priftis A, Aivazidis S, Tsatsakis AM, Hayes AW, et al. Antioxidant effects of whey protein on muscle Cx2C ۱۲ cells. Food chemistry. ۲۰۱۴;-۱۵۵:۲۷۱-۸
- ۲۹ Sreeja S, Geetha R, Priyadarshini E, Bhavani K, Anuradha CV. Substitution of soy protein for casein prevents oxidative modification and inflammatory response induced in rats fed high fructose diet. ISRN inflammation. ۲۰۱۴;۲۰۱۴:۶۴۱۰۹۶
- ۳۰ Wischmeyer PE, Riehm J, Singleton KD, Ren H, Musch MW, Kahana M, et al. Glutamine attenuates tumor necrosis factor- α release and enhances heat shock protein ۷۲ in human peripheral blood mononuclear cells. Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif). ۲۰۰۳;۱۹(۱):۶-۱
- ۳۱ Nicastro H, da Luz CR, Chaves DF, Bechara LR, Voltarelli VA, Rogero MM, et al. Does Branched-Chain Amino Acids Supplementation Modulate Skeletal Muscle Remodeling through Inflammation Modulation? Possible Mechanisms of Action. Journal of nutrition and metabolism. ۲۰۱۲;۲۰۱۲:۱۳۶۹۳۷
- ۳۲ Wheeler M, Stachlewitz RF, Yamashina S, Ikejima K, Morrow AL, Thurman RG. Glycine-gated chloride channels in neutrophils attenuate calcium influx and superoxide production. FASEB journal : official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology. ۲۰۰۰;۱۴(۳):۸۴-۴۷۶
- ۳۳ Rafrat M, Karimi M, Jafari A. Effect of L-carnitine supplementation in comparison with moderate aerobic training on serum inflammatory parameters in healthy obese women. The Journal of sports medicine and physical fitness. ۲۰۱۵;۵۵(۱۱):۷۰-۱۳۶۳
- ۳۴ Cannataro R, Abrego-Guandique DM, Straface N, Cione E. Omega- ۳ and Sports: Focus on Inflammation. Life (Basel). ۲۰۲۴;(۱۰)۱۴
- ۳۵ Flynn MG, McFarlin BK, Markofski MM. The Anti-Inflammatory Actions of Exercise Training. Am J Lifestyle Med. ۲۰۰۷;۱(۳):۳۵-۲۲۰
- ۳۶ Fritsche KL. The science of fatty acids and inflammation. Adv Nutr. ۲۰۱۵;۶(۳):۲۹۳S-۳۰۱S.
- ۳۷ Mesta K, Medithi S. Effect of Omega- ۳ Fatty Acid Supplementation on the Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS) and Inflammatory Response among Athletes and Non-Athletes. Current Nutrition & Food Science. ۲۰۲۳;۱۹(۸):۸۰۵-۷۹۶

- ۳۸ Atashak S, Sharafi H, Azarbayjani MA, Stannard SR, Goli MA, Haghighi MM. Effect of omega-۳ supplementation on the blood levels of oxidative stress, muscle damage and inflammation markers after acute resistance exercise in young athletes. *Kinesiology*. ۲۰۱۳;۴۵(۱):۹-۲۲
- ۳۹ Mickleborough TD. Omega-۳ polyunsaturated fatty acids in physical performance optimization. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. ۲۰۱۳;۲۳(۱):۹۶-۸۳
- ۴۰ Rawson ES, Miles MP, Larson-Meyer DE. Dietary Supplements for Health, Adaptation, and Recovery in Athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. ۲۰۱۸;۲۸(۲):۹۹-۱۸۸
- ۴۱ Ritz PP, Rockwell MS, editors. PROMOTING OPTIMAL OMEGA-۳ FATTY ACID STATUS IN ATHLETES. ۲۰۲۱
- ۴۲ Bongiovanni T, Yin MOL, Heaney LM. The Athlete and Gut Microbiome: Short-chain Fatty Acids as Potential Ergogenic Aids for Exercise and Training. *International journal of sports medicine*. ۲۰۲۱;۴۲(۱۳):۵۸-۱۱۴۳
- ۴۳ Vinolo MA, Rodrigues HG, Nachbar RT, Curi R. Regulation of inflammation by short chain fatty acids. *Nutrients*. ۲۰۱۱;۳(۱۰):۷۶-۸۵۸
- ۴۴ Parada Venegas D, De la Fuente MK, Landskron G, Gonzalez MJ, Quera R, Dijkstra G, et al. Short Chain Fatty Acids (SCFAs)-Mediated Gut Epithelial and Immune Regulation and Its Relevance for Inflammatory Bowel Diseases. *Front Immunol*. ۲۰۱۹;۱۰:۲۷۷
- ۴۵ Ohira H, Tsutsui W, Fujioka Y. Are Short Chain Fatty Acids in Gut Microbiota Defensive Players for Inflammation and Atherosclerosis? *J Atheroscler Thromb*. ۲۰۱۷;۲۴(۷):۷۲-۶۶۰
- ۴۶ O'Connor E, Mündel T, Barnes MJ. Nutritional Compounds to Improve Post-Exercise Recovery. *Nutrients*. ۲۰۲۲;۱۴(۲۳)
- ۴۷ Heaton LE, Davis JK, Rawson ES, Nuccio RP, Witard OC, Stein KW, et al. Selected In-Season Nutritional Strategies to Enhance Recovery for Team Sport Athletes: A Practical Overview. *Sports Med*. ۲۰۱۷;۴۷(۱۱):۱۸-۲۲۰۱
- ۴۸ Calella P, Gallè F, Di Onofrio V, Cerullo G, Liguori G, Valerio G. Adherence to Mediterranean diet in athletes: a narrative review. *Sport Sciences for Health*. ۲۰۲۲;۱۸(۴):۸-۱۱۴۱
- ۴۹ Sorrenti V, Fortinguerra S, Caudullo G, Buriani A. Deciphering the Role of Polyphenols in Sports Performance: From Nutritional Genomics to the Gut Microbiota toward Phytonutritional Epigenomics. *Nutrients*. ۲۰۲۰;۱۲(۵)
- ۵۰ Clemente-Suarez VJ, Bustamante-Sanchez A, Mielgo-Ayuso J, Martinez-Guardado I, Martin-Rodriguez A, Tornero-Aguilera JF. Antioxidants and Sports Performance. *Nutrients*. ۲۰۲۳;۱۵(۱۰)

- ۵۱ Gomez-Cabrera MC, Vina J, Ji LL. Role of Redox Signaling and Inflammation in Skeletal Muscle Adaptations to Training. *Antioxidants* (Basel). ۲۰۱۶;۵(۴).
- ۵۲ Higgins MR, Izadi A, Kaviani M. Antioxidants and Exercise Performance: With a Focus on Vitamin E and C Supplementation. *Int J Environ Res Public Health*. ۲۰۲۰;۱۷(۲۲).
- ۵۳ Li S, Fasipe B, Laher I. Potential harms of supplementation with high doses of antioxidants in athletes. *Journal of exercise science and fitness*. ۲۰۲۲;۲۰(۴):۷۵-۲۶۹.
- ۵۴ Mason SA, Trewin AJ, Parker L, Wadley GD. Antioxidant supplements and endurance exercise: Current evidence and mechanistic insights. *Redox biology*. ۲۰۲۰;۳۵:۱۰۱۴۷۱.
- ۵۵ Jäger R, Caldwell AR, Sanders E, Mitchell JB, Rogers J, Purpura M, et al. Curcumin reduces muscle damage and soreness following muscle-damaging exercise. *The FASEB Journal*. ۲۰۱۷;۳۱:lb۷۶۶-lb.
- ۵۶ Ayubi N, Kusnanik NW, Herawati L, Callixte C, Ming JW, Aljunaid M, et al. Potential of Curcumin to Reduce Serum Nuclear Factor-Kappa B (NF-KB) Levels After High-Intensity Exercise. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*. ۲۰۲۴(۵۷):۲۲-۶۱۶.
- ۵۷ Wilson PB. A randomized double-blind trial of ginger root for reducing muscle soreness and improving physical performance recovery among experienced recreational distance runners. *Journal of Dietary Supplements*. ۲۰۲۰;۱۷(۲):۳۲-۱۲۱.
- ۵۸ Olas B. The Cardioprotective Role of Nitrate-Rich Vegetables. *Foods* (Basel, Switzerland). ۲۰۲۴;۱۳(۵).
- ۵۹ Dos Santos Baiao D, Vieira Teixeira da Silva D, Margaret Flosi Paschoalin V. A Narrative Review on Dietary Strategies to Provide Nitric Oxide as a Non-Drug Cardiovascular Disease Therapy: Beetroot Formulations-A Smart Nutritional Intervention. *Foods* (Basel, Switzerland). ۲۰۲۱;۱۰(۴).
- ۶۰ Kiani AK, Bonetti G, Medori MC, Caruso P, Manganotti P, Fioretti F, et al. Dietary supplements for improving nitric-oxide synthesis. *J Prev Med Hyg*. ۲۰۲۲;۶۳(۲ Suppl ۳):E۲۳۹-E.۴۵.
- ۶۱ de la Puente Yagüe M, Collado Yurrita L, Ciudad Cabañas MJ, Cuadrado Cenxual MA. Role of Vitamin D in Athletes and Their Performance: Current Concepts and New Trends. *Nutrients*. ۲۰۲۰;۱۲(۴).
- ۶۲ Willis KS, Smith DT, Broughton KS, Larson-Meyer DE. Vitamin D status and biomarkers of inflammation in runners. *Open access journal of sports medicine*. ۲۰۱۲;-۳:۳۵.
- ۶۳ Saedmocheschi S, Amiri E, Mehdipour A, Stefani GP. The Effect of Vitamin D Consumption on Pro-Inflammatory Cytokines in Athletes: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Sports* (Basel, Switzerland). ۲۰۲۴;۱۲(۱).

- ۶۴ Bianchi E, Erbasan H, Riso P, Perna S. Impact of the Mediterranean Diet on Athletic Performance, Muscle Strength, Body Composition, and Antioxidant Markers in Both Athletes and Non-Professional Athletes: A Systematic Review of Intervention Trials. *Nutrients*. ۲۰۲۴;۱۶(.۲۰
- ۶۵ Oliviero F, Spinella P, Fiocco U, Ramonda R, Sfriso P, Punzi L. How the Mediterranean diet and some of its components modulate inflammatory pathways in arthritis. *Swiss Med Wkly*. ۲۰۱۵;۱۴۵:w.۱۴۱۹۰
- ۶۶ Martinovic D, Tokic D, Martinovic L, Vilovic M, Vrdoljak J, Kumric M, et al. Adherence to Mediterranean Diet and Tendency to Orthorexia Nervosa in Professional Athletes. *Nutrients*. ۲۰۲۲;۱۴(.۲
- ۶۷ Ahmad SR. Plant-based diet for obesity treatment. *Front Nutr*. ۲۰۲۲;۹:۹۵۲۵۵۳
- ۶۸ Herpich C, Müller-Werdan U, Norman K. Role of plant-based diets in promoting health and longevity. *Maturitas*. ۲۰۲۲;۵۱-۱۶۵:۴۷
- ۶۹ Jangid G, Popoola-Samuel HAO, Goda K, Anamika FNU, Gupta V, Kanagala SG, et al. Influence of Plant-Based Diet on the Cardiovascular System: A Narrative Review. *Cardiology in review*. ۲۰۲۵;۳۳(۳):۸-۲۶۵
- ۷۰ Eichelmann F, Schwingshackl L, Fedirko V, Aleksandrova K. Effect of plant-based diets on obesity-related inflammatory profiles: a systematic review and meta-analysis of intervention trials. *Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity*. ۲۰۱۶;۱۷(۱۱):۷۹-۱۰۶۷
- ۷۱ Escalante-Araiza F, Rivera-Monroy G, Loza-López CE, Gutiérrez-Salmeán G. The effect of plant-based diets on meta-inflammation and associated cardiometabolic disorders: a review. *Nutrition reviews*. ۲۰۲۲;۸۰(۹):۲۸-۲۰۱۷
- ۷۲ Christ A, Lauterbach M, Latz E. Western Diet and the Immune System: An Inflammatory Connection. *Immunity*. ۲۰۱۹;۵۱(۵):۸۱۱-۷۹۴
- ۷۳ Malesza IJ, Malesza M, Walkowiak J, Mussin N, Walkowiak D, Aringazina R, et al. High-Fat, Western-Style Diet, Systemic Inflammation, and Gut Microbiota: A Narrative Review. *Cells*. ۲۰۲۱;۱۰(.۱۱
- ۷۴ Gill PA, Inniss S, Kumagai T, Rahman FZ, Smith AM. The Role of Diet and Gut Microbiota in Regulating Gastrointestinal and Inflammatory Disease. *Front Immunol*. ۲۰۲۲;۱۳:۸۶۶۰۵۹
- ۷۵ Zinocker MK, Lindseth IA. The Western Diet-Microbiome-Host Interaction and Its Role in Metabolic Disease. *Nutrients*. ۲۰۱۸;۱۰(.۳)۱۰
- ۷۶ Rhyu HS, Cho SY. The effect of weight loss by ketogenic diet on the body composition, performance-related physical fitness factors and cytokines of Taekwondo athletes. *J Exerc Rehabil*. ۲۰۱۴;۱۰(۵):۳۱-۳۲۶

- ۷۷ Ella K, Sudy AR, Bur Z, Koos B, Kisiczki AS, Mocsai A, et al. Time restricted feeding modifies leukocyte responsiveness and improves inflammation outcome. *Front Immunol.* ۲۰۲۲;۱۳:۹۲۴۵۴۱
- ۷۸ Neudorf H, Little JP. Impact of fasting & ketogenic interventions on the NLRP ۳ inflammasome: A narrative review. *Biomed J.* ۲۰۲۴;۴۷(۱):۱۰۰۶۷۷
- ۷۹ Perez-Montilla JJ, Cuevas-Cervera M, Gonzalez-Munoz A, Garcia-Rios MC, Navarro-Ledesma S. Efficacy of Nutritional Strategies on the Improvement of the Performance and Health of the Athlete: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* ۲۰۲۲;۱۹(.۷
- ۸۰ Suvi S, Mooses M, Timpmann S, Medijainen L, Unt E, Oopik V. Influence of Sodium Citrate Supplementation after Dehydrating Exercise on Responses of Stress Hormones to Subsequent Endurance Cycling Time-Trial in the Heat. *Medicina (Kaunas).* ۲۰۱۹;۵۵(.۴
- ۸۱ Costello JT, Rendell RA, Furber M, Massey HC, Tipton MJ, Young JS, et al. Effects of acute or chronic heat exposure, exercise and dehydration on plasma cortisol, IL- ۶ and CRP levels in trained males. *Cytokine.* ۸۳-۱۱۰:۲۷۷;۲۰۱۸
- ۸۲ Svendsen IS, Killer SC, Gleeson M. Influence of Hydration Status on Changes in Plasma Cortisol, Leukocytes, and Antigen-Stimulated Cytokine Production by Whole Blood Culture following Prolonged Exercise. *ISRN nutrition.* ۲۰۱۴;۲۰۱۴:۵۶۱۴۰۱
- ۸۳ Swart RM, Hoorn EJ, Betjes MG, Zietse R. Hyponatremia and inflammation: the emerging role of interleukin- ۶ in osmoregulation. *Nephron Physiology.* ۲۰۱۱;۱۱۸(۲):۵۱-۴۵
- ۸۴ Clauss M, Gerard P, Mosca A, Leclerc M. Interplay Between Exercise and Gut Microbiome in the Context of Human Health and Performance. *Front Nutr.* ۲۰۲۱;۸:۶۳۷۰۱۰
- ۸۵ Valido E, Capossela S, Glisic M, Hertig-Godeschalk A, Bertolo A, Stucki G, et al. Gut microbiome and inflammation among athletes in wheelchair in a crossover randomized pilot trial of probiotic and prebiotic interventions. *Sci Rep.* ۲۰۲۴;۱۴(۱):۱۲۸۳۸
- ۸۶ Quaresma M, Mancin L, Paoli A, Mota JF. The interplay between gut microbiome and physical exercise in athletes. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care .* ۳۳-۴۲۸:(۵)۲۷;۲۰۲۴

منابع

- [۱]Szot, Monika, Karpcka-Gaka, Ewa, Drd, R., and Frczek, B.. 2022. "Can Nutrients and Dietary Supplements Potentially Improve Cognitive Performance Also in Esports?". None. <https://doi.org/10.3390/healthcare10020186>
- [۲]Gligor, . and Gligor, R.. 2016. "The potential role of omega-3 fatty acids supplements in increasing athletic performance". None. <https://doi.org/10.1515/tperj-2016-0004>
- [۳]Jake, Botjan and Jake, Barbara. 2017. "POTENTIAL BENEFITS OF CONSUMING OMEGA-3 FATTY ACIDS FOR ARTISTIC GYMNASTS". Science of gymnastics journal. <https://doi.org/10.52165/sgj.9.2.127-152>
- [۴]Wang, Lifeng, Meng, Qing, and Su, Chun-Hsien. 2024. "From Food Supplements to Functional Foods: Emerging Perspectives on Post-Exercise Recovery Nutrition". Nutrients. <https://doi.org/10.3390/nu16234081>
- [۵]Tomczyk, Maja. 2024. "Omega-3 Fatty Acids and Muscle StrengthCurrent State of Knowledge and Future Perspectives". Nutrients. <https://doi.org/10.3390/nu16234075>
- [۶]Horrocks, L. and Yeo, Y.. 1999. "Health benefits of docosahexaenoic acid (DHA)". Pharmacological Research. <https://doi.org/10.1006/PHRS.1999.0495>
- [۷]Molfino, A., Gioia, G., Fanelli, F., and Muscaritoli, M.. 2014. "The Role for Dietary Omega-3 Fatty Acids Supplementation in Older Adults". Nutrients. <https://doi.org/10.3390/nu6104058>
- [۸]Bernardi, J.R., Escobar, R. S., Ferreira, C., and Silveira, P.. 2012. "Fetal and Neonatal Levels of Omega-3: Effects on Neurodevelopment, Nutrition, and Growth". None. <https://doi.org/10.1100/2012/202473>
- [۹]Swanson, Danielle, Block, R., and Mousa, S.. NaN. "Omega-3 fatty acids EPA and DHA: health benefits throughout life.". Advances in Nutrition. <https://doi.org/10.3945/an.111.000893>
- [۱۰]Cannataro, Roberto, Abrego-Guandique, Diana Marisol, Straface, Natascia, and Cione, E.. 2024. "Omega-3 and Sports: Focus on Inflammation". None. <https://doi.org/10.3390/life14101315>

- [۱۱] Rawson, Eric S., Miles, Mary P., and Larson-Meyer, D. E.. 2018. "Dietary Supplements for Health, Adaptation, and Recovery in Athletes.". International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0340>
- [۱۲] Thielecke, F. and Blannin, A.. 2020. "Omega-3 Fatty Acids for Sport Performance Are They Equally Beneficial for Athletes and Amateurs? A Narrative Review". Nutrients. <https://doi.org/10.3390/nu12123712>
- [۱۳] Jger, R., et al.. 2025. "International Society of Sports Nutrition Position Stand: Long-Chain Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids". Journal of the International Society of Sports Nutrition. <https://doi.org/10.1080/15502783.2024.2441775>
- [۱۴] Ritz, P., Rogers, M., Zabinsky, J., Hedrick, Valisa E., Rockwell, J., Rimer, Ernest, Kostelnik, S., Hulver, M., and Rockwell, M.. 2020. "Dietary and Biological Assessment of Omega-3 Status of Collegiate Athletes: A Cross-Sectional Analysis". bioRxiv. <https://doi.org/10.1101/2020.01.27.920991>
- [۱۵] Hooks, Matthew P., Madigan, S., Woodside, J., and Nugent, A.. 2023. "Dietary Intake, Biological Status, and Barriers towards Omega-3 Intake in Elite Level (Tier 4), Female Athletes: Pilot Study". Nutrients. <https://doi.org/10.3390/nu15132821>
- [۱۶] Giles, Grace E. 2014. "Omega3 fatty acids and cognitive performance throughout the lifespan (629.3)". None. https://doi.org/10.1096/fasebj.28.1_supplement.629.3
- [۱۷] Mazereeuw, Graham, Herrmann, N., Oh, P., Ma, D., Wang, Cheng Tao, Kiss, A., and Lancett, K.. 2016. "Omega-3 Fatty Acids, Depressive Symptoms, and Cognitive Performance in Patients With Coronary Artery Disease". Journal of Clinical Psychopharmacology. <https://doi.org/10.1097/JCP.0000000000000565>
- [۱۸] Ryan, Tansy, Nagle, Sarah, Daly, Ed, Pearce, Alan J., and Ryan, Lisa. 2023. "A Potential Role Exists for Nutritional Interventions in the Chronic Phase of Mild Traumatic Brain Injury, Concussion and Sports-Related Concussion: A Systematic Review". Multidisciplinary Digital Publishing Institute. <https://doi.org/10.3390/nu15173726>
- [۱۹] Tosti, Beatrice, et al.. 2024. "Neurofeedback Training Protocols in Sports: A Systematic Review of Recent Advances in Performance, Anxiety, and Emotional Regulation". Brain Science. <https://doi.org/10.3390/brainsci14101036>

- [۲۰]Businaro, R.. 2022. "Food supplements to complement brain functioning: the benefits of a combination of magnesium, folic acid, omega-3 fatty acids and vitamin E". F1000Research. <https://doi.org/10.12688/f1000research.75856.1>
- [۲۱]Yilmaz, Umut, Buzdal, Y., Polat, Muhammed Ltf, Bakir, Yusuf, Ozhanci, Burak, Alkazan, Sena, and Uar, Halil. 2023. "Effect of single or combined caffeine and L-Theanine supplementation on shooting and cognitive performance in elite curling athletes: a double-blind, placebo-controlled study". Journal of the International Society of Sports Nutrition. <https://doi.org/10.1080/15502783.2023.2267536>
- [۲۲]Loong, Spencer, Chowdhury, Shilpy, Togashi, Tori, Gatto, Nicole M, Barnes, Samuel, and Lee, Grace J. 2023. "66 Omega-3 Fatty Acids, Cognition, and Brain Volume in Healthy Elderly Adults". Journal of the International Neuropsychological Society. <https://doi.org/10.1017/s1355617723005027>
- [۲۳]Howe, Peter R C, Evans, H., Kuszewski, Julia C, and Wong, Rachel H X. 2018. "Effects of Long Chain Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids on Brain Function in Mildly Hypertensive Older Adults". Nutrients. <https://doi.org/10.3390/nu1010141>
- [۲۴]Sherzai, Dean, Moness, R., Sherzai, Sophia, and Sherzai, A.. 2022. "A Systematic Review of Omega-3 Fatty Acid Consumption and Cognitive Outcomes in Neurodevelopment". American Journal of Lifestyle Medicine. <https://doi.org/10.1177/15598276221116052>
- [۲۵]Boucher, O., Burden, M. J., Muckle, G., Saint-Amour, D., Ayotte, P., Dewailly, ., Nelson, C., Jacobson, S., and Jacobson, J.. 2011. "Neurophysiologic and neurobehavioral evidence of beneficial effects of prenatal omega-3 fatty acid intake on memory function at school age.". American Journal of Clinical Nutrition. <https://doi.org/10.3945/ajcn.110.000323>
- [۲۶]Georges, John I, Sharp, Matthew, Lowery, Ryan P., Wilson, Jacob M., Purpura, Martin, Hornberger, Troy A., Harding, Flint, Johnson, James H., Peele, David M., and Jger, Ralf. 2018. "The Effects of Krill Oil on mTOR Signaling and Resistance<!--[tnq_nbsp] --> Exercise: A Pilot Study". Hindawi Publishing Corporation. <https://doi.org/10.1155/2018/7625981>
- [۲۷]Fernndez-Lzaro, Diego, Arribalzaga, Soledad, Gutierrez-Abejn, Eduardo, Azarbayjani, M., Mielgo-Ayuso, J., and Roche, Enrique. 2024. "Omega-3 Fatty Acid Supplementation on Post-Exercise Inflammation, Muscle Damage, Oxidative Response, and

Sports Performance in Physically Healthy Adults A Systematic Review of Randomized Controlled Trials". *Nutrients*. <https://doi.org/10.3390/nu16132044>

- [۲۸] Castellanos-Perilla, Nicols, Borda, M., Aarsland, Dag, and Barreto, George E.. 2024. "An analysis of omega-3 clinical trials and a call for personalized supplementation for dementia prevention". *Expert Review of Neurotherapeutics*. <https://doi.org/10.1080/14737175.2024.2313547>