پژوهش‌نامهٔ فیزیولوژی ورزشی کاربردی **مقاله مروری**
سال بیست و یکم/ شماره چهل و دو/پاییز و زمستان ۱۴۰۴

دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۹ پذیرش: ۱۴۰۵/۲/۱۳ ص ص: ۱۰۸-۹۳

نقش مکمل‌های تغذیه‌ای منتخب (نیترات / آب چغندر، کافئین، کراتین و بتا-آلانین) در بهبود عملکرد فیزیولوژیکی و ورزشی بازیکنان فوتبال: *یک مطالعه سنتزپژوهی*

زهره شاه نظری[۱]، امیرحسین عزیزی عمارتی [۲]

چکیده

اهداف: تغذیه ورزشی مدرن پتانسیل قابل توجهی برای بهینه‌سازی عملکرد، کاهش خستگی و تسریع بازیابی در بازیکنان فوتبال دارد. هدف این پژوهش، سنتز و تلفیق نظام‌مند شواهد علمی در مورد اثرات عملکردی، مکانیسم‌های فیزیولوژیکی، محدودیت‌های پژوهشی و پیامدهای عملی چهار مکمل اصلی شامل نیترات (آب چغندر)، کافئین، کراتین و بتا-آلانین در فوتبال حرفه‌ای است.

روش مطالعه: یک مطالعه سنتزپژوهی بر اساس مقالات منتشرشده در بازه زمانی 2020 تا ۲۰۲۵ انجام شد. مقالات از پایگاه‌های داده Web of Science ، Scopus، PubMed و Cochrane Library انتخاب شدند. بدین منظور، ۴۱ مقاله علمی منتشر شده در بازه زمانی ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ پس از ارزیابی کیفیت روش‌شناختی، استخراج داده‌ها و تحلیل کیفی موضوعی، به‌صورت مقایسه‌ای مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که نیترات و کراتین، در صورت رعایت پروتکل‌های مصرف مناسب، بیشترین شواهد حمایتی را برای بهبود عملکردهای بی‌هوازی (مانند ظرفیت تولید توان تکراری) و فعالیت‌های بینابینی ارائه می‌دهند. کافئین اثرات ارگوژنیک قوی اما وابسته به دوز و همراه با تفاوت‌های فردی قابل توجه دارد. در مقابل، بتا-آلانین برای ایجاد پاسخ‌های فیزیولوژیکی و عملکردی مطلوب، نیازمند دوره‌های مصرف طولانی‌تری است

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، استفاده هدفمند و مبتنی بر شواهد از مکمل‌های تغذیه‌ای می‌تواند به‌عنوان بخشی مؤثر از برنامه‌های آماده‌سازی، تمرین و بازتوانی در فوتبال حرفه‌ای مورد استفاده قرار گیرد و به ارتقای عملکرد و کاهش خستگی بازیکنان کمک کند

واژه‌های کلیدی: فوتبال، نیترات، کافئین، کراتین، β آلانین

[۱] استادیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. نویسنده مسئول: z.shanazari@spr.ui.ac.ir

[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

مقدمه

فوتبال به‌عنوان یکی از پرتنش‌ترین و چندوجهی‌ترین رشته‌های ورزشی، ترکیبی از فعالیت‌های شدید تناوبی، حرکات انفجاری، سرعت، چابکی و استقامت است (۱،۲). عملکرد مطلوب در این رشته مستلزم تعامل پیچیده بین سازوکارهای انرژی هوازی و بی‌هوازی و کارایی سیستم‌های عصبی–عضلانی است (۳،۴). در دهه‌های اخیر، پژوهش‌های متعددی با هدف بهبود توان عملکردی فوتبالیست‌ها از طریق راهکارهای تغذیه‌ای و مکمل‌یاری صورت گرفته است که به‌طور خاص چهار دسته مکمل تغذیه‌ای ــ نیترات (آب چغندر)، کافئین، کراتین و بتا–آلانین بیشترین توجه علمی را به خود اختصاص داده‌اند (۸–۵) .

مکمل‌های نیترات، عمدتاً از طریق آب چغندر تأمین می‌شوند و به‌واسطه تبدیل نیترات به نیتریک‌اکسید، موجب گشادشدن عروق، افزایش جریان خون عضلانی و بهبود کارایی متابولیسم هوازی می‌گردند (۱،۲،۹،۱۰). مطالعات متعددی اثر مصرف این مکمل را بر افزایش تحمل به فعالیت‌های شدید، کاهش هزینه اکسیژنی زیر بیشینه و بهبود استقامت بازیکنان فوتبال گزارش کرده‌اند؛ بااین‌حال، شدت و پایداری این اثرات بسته به دوز، مدت بارگیری و سطح آمادگی ورزشکاران متفاوت اعلام شده است (۱،۲،۹،۱۰) و نیازمند پروتکل‌های مصرفی دقیق است.

کافئین، از پرکاربردترین محرک‌های تغذیه‌ای در میان ورزشکاران حرفه‌ای محسوب می‌شود و از طریق مهار گیرنده‌های آدنوزین در سیستم عصبی مرکزی، افزایش بیداری، تغییر در ادراک خستگی و بهبود واکنش‌های عصبی–حرکتی عمل می‌کند (۱۴–۱۱). بخش قابل توجهی از پژوهش‌های ورزشی، اثر مثبت آن را بر توان انفجاری، سرعت تصمیم‌گیری و عملکرد فنی در فوتبال تأیید کرده‌اند؛ اما تفاوت در دوز مصرف، روش دریافت و حساسیت فردی نسبت به کافئین سبب شده است که انسجام یافته‌های موجود در این زمینه مورد تردید قرار گیرد (۱۷–۱۴).

کراتین نیز یکی از مکمل‌های شناخته‌شده برای ارتقای عملکرد بی‌هوازی و بازسازی ATP در فعالیت‌های کوتاه و پرشدت است (۲۲–۱۸). سازوکار اصلی آن شامل افزایش ذخایر فسفوکراتین عضله و بهبود ظرفیت تمرین در حرکات انفجاری می‌باشد (۱۸،۱۹،۲۲). با وجود گزارش‌های فراوان از تأثیر مثبت کراتین بر قدرت، سرعت و توان تکرار حرکات، برخی مطالعات میدانی در بازیکنان فوتبال نتایج متناقضی ارائه کرده‌اند؛ از جمله اختلاف در نحوه بارگیری، ترکیب بدنی و پاسخ‌های فیزیولوژیک فردی که تفسیر کلی شواهد را دشوار ساخته است (۸،۱۹،۲۲) .

در مورد بتا–آلانین نیز، سازوکار اصلی مبتنی بر افزایش سطح کارنوزین عضلانی و در نتیجه تقویت ظرفیت بافری در برابر تجمع یون‌های هیدروژن طی فعالیت‌های شدید است (۲۶–۲۳) . این ویژگی سبب تأخیر در بروز خستگی عضلانی و بهبود عملکرد در فواصل پرتکرار ورزشی می‌گردد (۲۶–۲۳). اگرچه داده‌های آزمایشگاهی اثرات مثبت این مکمل را تأیید کرده‌اند، میزان اثربخشی واقعی آن در محیط‌های رقابتی فوتبال هنوز به‌طور یکپارچه تعیین نشده است (۲۵).

در مجموع، علی‌رغم فراوانی مطالعات تجربی درباره هر یک از این مکمل‌ها، نبود جمع‌بندی منسجم و تحلیلی از نتایج موجود، تفسیر علمی و کاربردی این یافته‌ها را برای مربیان و متخصصان تغذیه ورزشی دشوار ساخته است. از سوی دیگر، وجود تفاوت‌های قابل توجه در طراحی مطالعات (از جمله نوع مکمل، دوز، مدت مصرف، سطح ورزشکار، و شاخص‌های عملکردی مورد سنجش) نیازمند نگاهی تلفیقی و مبتنی بر تحلیل مقایسه‌ای است تا بتوان تصویری روشن از نقش واقعی این مکمل‌ها در ارتقای عملکرد فوتبالیست‌ها ارائه نمود.

بر این اساس، هدف این سنتزپژوهی بررسی و تلفیق شواهد علمی موجود درباره اثرات نیترات (آب چغندر)، کافئین، کراتین و بتاآلانین بر شاخص‌های عملکردی و فیزیولوژیک فوتبالیست‌ها است و تلاش می‌شود ضمن تحلیل کیفیت مطالعات پیشین، شباهت‌ها، تفاوت‌ها و خلأهای پژوهشی موجود به‌گونه‌ای نظام‌مند تبیین گردد تا چشم‌اندازی مبتنی بر شواهد برای تجویز عملی مکمل‌ها در ورزش فوتبال فراهم آید.

روش‌شناسی تحقیق

در این سنتزپژوهی، به منظور تلفیق شواهد علمی مرتبط با اثرات مکمل‌های تغذیه‌ای منتخب (نیترات/آب چغندر، کافئین، کراتین و بتا–آلانین) بر عملکرد فوتبالیست‌ها، از یک رویکرد نظام‌مند پیروی شد. مراحل جست‌وجو، انتخاب، استخراج داده‌ها و ارزیابی کیفیت مطالعات، بر اساس چارچوب‌های مورد تأیید در مرورهای تحلیلی انجام گرفت.

جست‌وجو و انتخاب مطالعات

یک جستجوی نظام‌مند و جامع در پایگاه‌های داده معتبر علمی شامل Web of Science، Scopus، PubMed و Cochrane Library تا تاریخ ۳۰ مهر ۱۴۰۴ انجام شد. برای این منظور، از ترکیب استراتژیک واژه‌های کلیدی به زبان انگلیسی استفاده گردید. استراتژی جست‌وجو بر پایه اتصال سه مجموعه واژه با عملگر منطقی OR و اتصال کل مجموعه‌ها با عملگر AND طراحی شد:

جمعیت هدف: («soccer» OR «football»)

مداخلات مکملی: («beetroot» OR «beta-» OR «creatine», «caffeine», «nitrate», «alanine»)

شاخص‌های عملکردی: («VO_2max», «RSA», «sprint», «power», «DOMS», «biomarkers»)

مقالات شناسایی‌شده پس از حذف موارد تکراری، ابتدا بر اساس عنوان و چکیده غربال شدند. سپس، مطالعات واجد شرایط بر اساس معیارهای ورود از پیش‌تعیین‌شده به‌صورت تمام‌متن بررسی و نهایی شدند. معیارهای ورود عبارت بودند از:

- شرکت‌کنندگان باید فوتبالیست‌های تمرین‌کرده باشند.
- مطالعه باید حداقل یکی از مکمل‌های موردنظر را بررسی کرده باشد.
- گزارش حداقل یک شاخص عملکردی یا فیزیولوژیک مرتبط با فوتبال ضروری بود.
- مقالات شناسایی‌شده پس از حذف موارد تکراری، ابتدا بر اساس عنوان و چکیده غربال شدند و سپس مطالعات واجد شرایط به‌صورت تمام متن بررسی گردیدند.

جدول ۱. عنوان، نویسندگان و سال انتشار مقالات بررسی شده

سال	عنوان	نویسندگان
۲۰۲۰	مصرف مداوم آب چغندر سینتیک ریکاوری را پس از شبیه‌سازی مسابقه در بازیکنان فوتبال تسریع می‌کند	Wael Daab; Mohamed Amine Bouzid; Mehdi Lajri; Mustapha Bouchiba; Mohamed Ali Saafi; Haithem Rebai
۲۰۲۰	مکمل کافئین در بازیکنان فوتبال مستقل از سطح آمادگی قلبی‌تنفسی یا عصبی–عضلانی، ارگوژنیک است	Andreas Apostolidis; Vassilis Mougios; Ilias Smilios; Maria Frangous; Marios Hadjicharalambous

Adam Zajac; Artur Golas; Jakub Chycki; Mateusz Halz; Małgorzata	اثرات مصرف طولانی‌مدت مکمل منیزیم کراتین کلات بر توانایی تکرار سرعت (RAST) در بازیکنان نخبه فوتبال	۲۰۲۰
Rafael Ribeiro; Breno Duarte; André Guedes da Silva; Guilherme Passos Ramos; Andreia Rossi Picanço; Eduardo Macedo Penna; Victor Coswig; Matheus Barbalho; Paulo Gentil; Bruno Gualano; Bryan Saunders	مکمل بتاآلانین در کوتاه‌مدت از اثرات مضر یک دوره آماده‌سازی شدید بر ظرفیت ورزشی در فوتبالیست‌های زن سطح بالا جلوگیری نکرد	۲۰۲۰
Mohammad Hemati-Far; Zahra Mosallanejad; Mohammad Hassan Abdollahi; Hossein Yazdani; Afrooz Samsamipour; Negar Kouroshfard; Masoumeh Hanani	تاثیر مکمل آب چغندر بر خستگی، عملکرد هوازی، بی‌هوازی و غلظت نیتریت پلاسما در بازیکنان فوتبال دانشگاهی	۲۰۲۱
Dimitris Karampelas; Konstantinos Antonopoulos; Yiannis Michailidis; Michalis Mitrotasios; Athanasios Mandroukas; Thomas Metaxas	مقایسه اثرات ارگوژنیک کافئین و نیترات مکمل بر سرعت، قدرت و تکرار سرعت دویدن عملکرد بازیکنان فوتبال	۲۰۲۱
Ahmet Mor; Kürşat Acar; Ali Kerim Yılmaz; Erkal ArslanoğlU	اثرات مکمل‌های BCAA و کراتین بر ظرفیت بی‌هوازی و سرعت ضربه زدن به توپ در بازیکنان فوتبال مرد	۲۰۲۱
Jooyoung Kim	اثرات مکمل ترکیبی کراتین و بی‌کربنات سدیم بر عملکرد ویژه فوتبال در بازیکنان نخبه: کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده	۲۰۲۱
Fajar Rachman Adji; Zaenal M. Sofro; Mirza Hapsari	تأثیر مکمل آب چغندر (Beta Vulgaris L) بر حداکثر اکسیژن خون (O_2max) ورزشکاران جوان فوتبال	۲۰۲۲
Mohammadreza Pourbahram; Zahra Kouhestani-Sini; Sara Naeimi; Mohammadali Kahanpour; Mahnaz Seifi	تاثیر مصرف مکمل چغندر بر استرس اکسیداتیو و کوفتگی عضلانی تاخیری بدنبال یک وهله فعالیت اکسنتریک در فوتبالیست‌های رقابتی	۲۰۲۲
Vahid Giv; Mohsen Aminaei; Rohullah Nikoei	تأثیر هشت هفته مکمل آب چغندر بر توان هوازی، بی‌هوازی و عملکرد میدانی بازیکنان فوتبال	۲۰۲۲
Justin Impey; Khatija Bahdur; Mark Kramer	اثرات واسطه‌ای مصرف کافئین و پس از فعال‌سازی بهبود عملکرد بر زمان شیرجه واکنشی در دروازه‌بانان	۲۰۲۲
saeed Ilbeigi; Mohammad Reza Ahmadi; Mohsen Mohammadnia Ahmadi; Hadi Moazeni	بررسی تأثیر خستگی و مکمل کافئین بر تعادل و برخی ویژگی‌های آمادگی جسمانی و مهارتی بازیکنان جوان فوتبال	۲۰۲۲
Rodrigo Freire de Almeida; Israel Teoldo da Costa; Guilherme Machado; Natalia Madalena Rinaldi; Rodrigo Aquino; Jason Tallis; Neil David Clarke; Lucas Guimaraes-Ferreira	تأثیر مصرف حاد کافئین بر عملکرد تاکتیکی بازیکنان حرفه‌ای فوتبال	۲۰۲۲

۲۰۲۲	تأثیر مکمل کراتین بر تمرینات بی‌هوازی منفرد و متناوب و ترکیب بدن در طول تمرین کاهش‌یافته در بازیکنان فوتبال	Svatoslav Valenta; Rudolf Psotta; Jakub Hrabal
۲۰۲۲	تأثیر بتاآلانین بر کاهش غلظت لاکتات خون و بهبود عملکرد ورزشی	Saiwan Sirwan Mohammed; Mohammed Rahman Rahimi; Dara Latif Sayfaddin
۲۰۲۳	تأثیر تمرینات پلایومتریک و مکمل عصاره چغندر بر توان بی‌هوازی، نیتریک اکسید، لاکتات و pH خون پس از فعالیت بی‌هوازی شدید در بازیکنان فوتبال	Alamdari, A., Khouineroud, B., & Fakhrpour, F.
۲۰۲۳	تأثیر مکمل چغندر بر اشباع اکسیژن عضلات بازیکنان نیمه‌حرفه‌ای فوتبال پس از یک تست سرعت مکرر	Yiannis Michailidis
۲۰۲۳	بررسی اثر مکمل نیترات (آب چغندر) بر عملکرد ورزشی فوتبالیست‌های حرفه‌ای با در نظر گرفتن سطح مصرف عادی نیترات رژیمی	Matjaž Macuh; Nenad Kojić; Bojan Knap
۲۰۲۳	مصرف مداوم آب چغندر، خستگی عصبی–عضلانی ناشی از بازی فوتبال شبیه‌سازی‌شده را کاهش می‌دهد	Wael Daab; Firas Zghal; George P. Nassis; Haithem Rebai; Wassim Moalla; Mohamed Amine Bouzid
۲۰۲۳	اثر حاد دوزهای مختلف آدامس کافئین‌دار بر عملکرد ورزشی در بازیکنان فوتبال مرد معتاد به کافئین	Ulas Can Yildirim; Neslihan Akcay; Dan Iulian Alexe; Ozcan Esen; Mehmet Gulu; Cristina Cîrțiță-Buzoianu; Fahri Safa Cinarli; Marilena Cojocaru; Cengizhan Sari; Cristina Ioana Alexe; Raci Karayigit
۲۰۲۳	اثرات مکمل کافئین بر ریکاوری بازیکنان حرفه‌ای فوتبال	Thais Marques e Silva; Wilson Cesar Abreu; Eduardo Pimenta; Sandro F. da Silva
۲۰۲۳	اثرات مصرف حاد کافئین بر عملکرد شناختی قبل و بعد از بازی‌های مکرر در زمین‌های کوچک در بازیکنان حرفه‌ای فوتبال: کارآزمایی متقاطع تصادفی کنترل‌شده با دارونما	Rodrigo Freire de Almeida; Mateus de Oliveira; Isadora Clivatti Furigo; Rodrigo Aquino; Neil David Clarke; Jason Tallis; Lucas Guimaraes-Ferreira
۲۰۲۳	بررسی اثرات مکمل کافئین بر انگیختگی بازیکنان فوتبال دانشگاهی	Badar Mohy ud Din; Muhammad Zafar Iqbal Butt; Yasmeen Tabassum
۲۰۲۳	تأثیر مصرف ترکیبی کافئین و کربوهیدرات بر عملکرد بی‌هوازی و قدرت عضلانی بازیکنان فوتبال مرد جوان	Seyed Mohammad Hosseini Ara; Elham Farhadfar
۲۰۲۳	تغییرات قلبی–تنفسی، متابولیکی و عملکردی ناشی از اثرات مکمل‌های کراتین و کافئین در نوشیدنی‌های ورزشی مبتنی بر گلوکز–الکترولیت: مطالعه دوسوکور، کنترل‌شده با دارونما	Kunanya Masodsai; Thanachai Sahaschot; Rungchai Chaunchaiyakul
۲۰۲۳	اثرات حاد روش‌های مختلف مکمل کراتین بر عملکرد بی‌هوازی	Ayşegül Yapıcı
۲۰۲۳	تأثیر مکمل بتاآلانین بر فاکتورهای ریکاوری و عملکرد در بازیکنان فوتبال مرد	Aeen Moniri Hamzekolaee; Alireza Safarzade

Badar Mohy ud Din; Muhammad Zafar Iqbal Butt; Yasmeen Tabassum; Muhammad Amir Iqbal	تأثیر کافئین بر سطح تستوسترون و کورتیزول بازیکنان فوتبال دانشگاهی	۲۰۲۴
Ahmet Mor; Kürşat Acar; Dan Iulian Alexe; Hakkı Mor; Mekki Abdioğlu; Maria Cristina Man; Fatih Karakaş; Fatma Ben Waer; Ali Kerim Yılmaz; Cristina Ioana Alexe	کافئین با دوز متوسط عملکرد بی‌هوازی را بدون تغییر وضعیت هیدراتاسیون افزایش می‌دهد	۲۰۲۴
Melda Gür; Vedat Çınar; Taner Akbulut; Kenan Bozbay; Polat Yücedal; Mehdi Aslan; Gökçe Avcu; Johnny Padulo; Luca Russo; Joanna Rog; Gian Mario Migliaccio	تعیین سطح کورتیزول، تستوسترون، اسید لاکتیک و عملکرد بی‌هوازی در ورزشکاران با استفاده از انواع مختلف قهوه	۲۰۲۴
Álvaro Huerta Ojeda; Emilio Jofré-Saldía; Maximiliano Torres-Banduc; Sergio Galdames Maliqueo; Gonzalo Barahona-Fuentes; Cristóbal Cofré-Acevedo; et aI	اثرات دوز پایین کراتین مونوهیدرات خوراکی بر قدرت عضلانی پس از خستگی در بازیکنان جوان فوتبال	۲۰۲۴
A.M. Ben Said; L. Inoubli; Y.N. Ben Said; Yu.V. Koryagina; M.M. Ammar; O.N. Akimkina; M. Inoubli	تأثیر دوزهای مختلف مکمل کراتین بر قدرت و سرعت در طول دوره آماده‌سازی در بازیکنان فوتبال	۲۰۲۴
Alvaro Huerta Ojeda; Carlos Jorquera-Aguilera	تأثیر ترکیبی کراتین، کافئین و مقاومت متغیر بر توانایی تکرار سرعت در بازیکنان جوان فوتبال	۲۰۲۴
David Varillas-Delgado	ارتباط مشخصات ژنتیکی با افزایش توده عضلانی و پیشگیری از آسیب عضلانی در بازیکنان حرفه‌ای فوتبال پس از مصرف مکمل کراتین	۲۰۲۴
Mohammad Amin Farhani; Hamid Rajabi Reza Nourmohammad	تأثیر تمرین سرعتی فوق کوتاه (USRPT) با مکمل بتاآلانین بر آمادگی جسمانی در بازیکنان جوان فوتبال	۲۰۲۴
Ning Wang; Weili He; Zeng Zhou; Zhen Chen; Xiaotian Li	تأثیر مکمل کافئین بر عملکرد بی‌هوازی و هوازی در بازیکنان فوتبال دانشگاهی مرد با محدودیت خواب	۲۰۲۵
Hossein Miraftabi; Hossein Ghorbani; Pedram Souzandeh; Erfan Berjisian; Alireza Naderi; Shima Mojtahedi; Chad Kerksick	اثرات شستشوی دهان با کافئین در طول مجموعه آزمون‌های ویژه فوتبال در بازیکنان مرد آموزش‌دیده: ناشتا در مقابل تغذیه‌شده	۲۰۲۵
Hakkı Mor; Ahmet Mor; Mekki Abdioğlu; Dragos Ioan Tohănean; Cătălin Vasile Savu; Gizem Ceylan Acar; Cristina Elena Moraru; Dan Iulian Alexe	اثرات حاد مکمل کافئین بر عملکرد بی‌هوازی و قدرت عملکردی در بازیکنان فوتبال زن	۲۰۲۵
Aduard Bezuglov; Timur Vakhidov; Ryland Morgans; Georgiy Malyakin; Anton Emanov; Egana Koroleva; Elizaveta Kapralova; Oleg Talibov	اثرات کافئین بر عملکرد بدنی و مهارت‌های ویژه ورزشی در بازیکنان فوتبال جوان نخبه: کارآزمایی تصادفی با طرح دارونمای متعادل	۲۰۲۵
Hossein Alishavandi; Javad Nemati; Mohammad Hematinia; Rasoul Rezaei	تأثیر مصرف حاد آدامس و کپسول کافئین بر برخی پارامترهای عملکردی بازیکنان فوتبال در طول بازی‌های رده کوچک	۲۰۲۵

جدول ۲ به‌صورت خلاصه، مهم‌ترین محدودیت‌های روش‌شناختی و اجرایی مطالعات بررسی‌شده را نشان می‌دهد که می‌توانند بر تفسیر و تعمیم نتایج تأثیرگذار باشند.

جدول ۲. محدودیتهای علمی مطالعات صورت گرفته

محدودیت	توضیح علمی
حجم نمونه پایین	اغلب مطالعات با تعداد شرکت‌کننده محدود انجام شده‌اند، که باعث کاهش توان آماری و افزایش احتمال خطای نوع II شده است.
مدت کوتاه مداخله	بیشتر کارآزمایی‌ها کمتر از دو هفته به طول انجامیده‌اند، در حالی‌که بروز اثرات برخی مکمل‌ها (مثل بتا-آلانین) نیازمند ≤۶ هفته است.
ناهمگونی پروتکل‌ها	تفاوت در دوز، نوع مکمل، زمان‌بندی مصرف و شاخص‌های عملکردی، مقایسه مستقیم و انجام متاآنالیز را دشوار کرده است.
کنترل ناکافی رژیم غذایی	متغیرهایی مانند نیترات، کافئین یا وضعیت گلیکوژن به‌درستی کنترل یا گزارش نشده‌اند که خطر عوامل مخدوش‌کننده را افزایش می‌دهد.
ترکیب جمعیت نمونه	تمرکز بیشتر مطالعات بر مردان و ورزشکاران غیرفوتبالیست نخبه، تعمیم‌پذیری نتایج را به زنان یا گروه‌های سنی دیگر محدود کرده است.
کیفیت گزارش روش‌شناختی	بلایندینگ، تصادفی‌سازی و مدیریت داده‌های گمشده به‌طور کامل گزارش نشده یا فاقد ارزیابی بیومارکرهای زیستی معتبر بوده‌اند.
تعامل مکمل‌ها	اثرات ترکیبی مکمل‌ها (مانند کراتین–کافئین) به‌خوبی بررسی نشده و نتایج گاه متناقض است.
گزارش ایمنی و عوارض جانبی	بسیاری از مطالعات گزارش دقیقی از عوارض جانبی یا پایش ایمنی ارائه نکرده‌اند، که اطمینان از ایمنی بلندمدت را کاهش می‌دهد.

بر اساس مطالعات مرورشده در این مقاله، اکثر پژوهش‌ها با حجم نمونه‌های کوچک (در برخی موارد ۱۶–۲۴ نفر)، جمعیت‌های خاص (فوتبالیست‌های جوان، دانشجویی یا نخبه در اردوهای کوتاه‌مدت) و ناهمگونی در سطح تمرین انجام شده‌اند که تعمیم‌پذیری نتایج را محدود می‌کند. همچنین، در بسیاری از مطالعات رابطه دوز–پاسخ به‌صورت نظام‌مند بررسی نشده و اغلب تنها یک دوز ثابت آزمون شده است (به‌ویژه در بتاآلانین و نیترات)، که امکان تعیین دوز بهینه یا آستانه اثربخشی را محدود می‌سازد. افزون بر این، غالب مطالعات بر روی مردان انجام شده‌اند و داده‌های مربوط به زنان به‌ویژه در سطح نخبه محدود است، بنابراین تعمیم نتایج به هر دو جنس باید با احتیاط صورت گیرد. بر این اساس، محدودیت‌های مرتبط با ویژگی‌های جمعیت مورد مطالعه، فقدان تحلیل دقیق دوز–پاسخ، و عدم توازن جنسیتی در نمونه‌ها، به‌درستی به‌عنوان قیود مهم در تفسیر و تعمیم نتایج این مرور شناخته می‌شوند و نیازمند کارآزمایی‌های بزرگ‌تر، طولانی‌تر و شامل هر دو جنس برای تقویت سطح شواهد هستند.

نتایج

جدول ۳ خلاصه‌ای از مکانیسم‌های فیزیولوژیک، اثرات عملکردی، شاخص‌های کمی، تعدیل‌کننده‌های پاسخ و پروتکل‌های مصرف مکمل نیترات (مشتق از چغندر) در فوتبالیست‌ها را ارائه می‌دهد. یافته‌ها نشان می‌دهند که مصرف نیترات می‌تواند با افزایش تولید اکسید نیتریک، کارایی اکسیژن و آستانه لاکتات را بهبود دهد و در فعالیت‌های متناوب و شدید عملکرد مطلوب‌تری ایجاد کند. این اثرات عمدتاً در ورزشکاران غیرنخبه یا افرادی با مصرف کم نیترات مشاهده شده است.

جدول ۳. مکانیسم‌های فیزیولوژیک، اثرات عملکردی، شاخص‌های کمی مصرف مکمل نیترات

حوزه	توضیح
مکانیسم‌های اصلی اثر	تبدیل نیترات به نیتریت به اکسید نیتریک (NO) افزایش اتساع عروقی و جریان خون عضلانی بهبود کارایی میتوکندریایی و کاهش هزینه اکسیژن
اثرات عملکردی گزارش شده	بهبود استقامت و فعالیت‌های ترکیبی هوازی– بی‌هوازی (RSA ،HIIT) افزایش اشباع اکسیژن عضلانی و ارتقای آستانه لاکتات کاهش خستگی، DOMS و استرس اکسیداتیو
شاخص‌های کمی	تأثیر نسبی بر VO_2max بسته به مطالعه متغیر بیشترین اثر در افرادی با مصرف کمِ نیترات رژیمی
جمعیت‌ها و تعدیل‌کننده‌ها	پاسخ‌دهی بالاتر در ورزشکاران غیرنخبه یا کم‌مصرف از نظر نیترات غذایی پاسخ ضعیف‌تر در فوتبالیست‌های نخبه با سطح NO پایه بالاتر
پروتکل‌های مصرفی رایج	۵۰۰–۱۵۰ mg نیترات ۲–۳ ساعت قبل فعالیت پروتکل مزمن ۳–۸ هفته برای اثرات تطبیقی فرم‌های رایج: آب چغندر، ژل، شات غلیظ

جدول ۴ مروری جامع بر مکانیسم‌های اثر، مزایای عملکردی، دوزهای مؤثر و پروتکل‌های مصرف کافئین ارائه می‌دهد. نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهند که کافئین یکی از مؤثرترین مکمل‌ها برای بهبود عملکردهای بی‌هوازی، زمان واکنش و فعالیت‌های متناوب در فوتبال است. با این‌حال پاسخ به مصرف کافئین تحت تأثیر سابقه مصرف، سطح آمادگی و عوامل ژنتیکی قرار دارد و دوزهای بالاتر ممکن است عوارض جانبی ایجاد کنند.

جدول ۴. مکانیسم اثر، مزایای عملکردی، دوزهای مؤثر و پروتکل مصرف کافئین در فوتبالیست‌ها

حوزه	توضیح
مکانیسم‌های اصلی اثر	آنتاگونیسم گیرنده‌های آدنوزین و کاهش خستگی افزایش کاتکول‌آمین‌ها و انگیزش افزایش آزادسازی Ca^{2+} عضلانی و تحریک گلیکولیز اثرات انتظاری/پلاسیبو
اثرات عملکردی گزارش شده	بهبود توان بی‌هوازی: RSA، پرش عمودی، اسپرینت تکراری بهبود زمان واکنش و تصمیم‌گیری (ویژه دروازه‌بان‌ها) بهبود استقامت میانابینی (YYIR1) و عملکرد در خستگی یا کم‌خوابی شواهد متناقض درباره DOMS و بازیابی
شاخص‌های کمی	دوز مؤثر: ۳ – ۶ mg/kg دوزهای بالا (۷–۹ mg/kg) اثر بیشتر + عوارض (کورتیزول) دوزهای ثابت: (۱۰۰–۲۰۰ mg آدامس)، (۲۱۰–۴۰۰ mg کپسول/نوشیدنی)
جمعیت‌ها و تعدیل‌کننده‌ها	پاسخ بهتر: غیرنخبه‌ها و افراد کم‌مصرف کافئین پاسخ متناقض: نخبه‌ها و افراد عادت‌کرده نقش ژنتیک: CYP1A2
پروتکل‌های مصرفی رایج	۳–۶mg/kg ، ۴۵–۶۰ دقیقه قبل فعالیت آدامس کافئین: 100–200 mg، ۱۰–۱۵ دقیقه قبل دهان‌شویه کافئین (اثر عصبی سریع) ترکیب با کراتین یا کربوهیدرات: گاهی هم‌افزا

جدول ۵ اطلاعات کلیدی درباره نقش کراتین در بهبود توان بی‌هوازی، قدرت عضلانی، ظرفیت اسپرینت‌های تکراری و سازگاری عضلانی در فوتبالیست‌ها را ارائه می‌کند. مصرف کراتین به‌ویژه پس از دوره‌های بارگیری، باعث افزایش ذخایر فسفوکراتین و توان تولید نیرو می‌شود. بهترین پاسخ‌ها در بازیکنان جوان مشاهده شده‌اند و پروتکل‌های بارگیری و نگهداری تأثیر قابل‌توجهی بر سرعت اشباع عضله دارند.

جدول ۵. نقش کراتین در توان بی‌هوازی، قدرت عضلانی و سازگاری عضلانی در فوتبالیست‌ها

حوزه	توضیح
مکانیسم‌های اصلی اثر	افزایش PCr و بازسازی سریع ATP (سیستم ATP–PCr) افزایش اسمولاریته منجر به تورم سلولی و افزایش سنتز پروتئین تحریک سلول‌های ماهواره‌ای کاهش التهاب و استرس اکسیداتیو
اثرات عملکردی گزارش شده	افزایش توان و اسپرینت‌های تکراری (سازگارترین یافته) افزایش قدرت مقاومتی و پاسخ بهتر به تمرینات حجیم افزایش توده بدون چربی + وزن (آب داخل‌سلولی) بهبود نسبی بازیابی عضلانی (شواهد متوسط)
شاخص‌های کمی	بارگیری ۲۰ گرم در روز × ۵ روز – نگهداری ۳–۵ گرم در روز بر اساس وزن ۰/۳ g/kg/day ×۱۴ روز پروتکل‌های تدریجی و Mg–Cr نیز مؤثر
جمعیت‌ها و تعدیل‌کننده‌ها	پاسخ بهتر: نوجوانان و جوانان اثر وابسته به ژنتیک عضلانی شواهد محدود در زنان
پروتکل‌های مصرفی رایج	بارگیری ۴×۵g/day ، ۵ روز نگهداری: ۳–۵ گرم روزانه زمان: همراه غذای کربوهیدراتی یا بعد تمرین برخی مطالعات: مصرف عصرگاهی

جدول ۶ مروری بر اثرات مکمل بتاآلانین بر توانایی بافری عضله، بهبود عملکرد در فعالیت‌های شدید و متناوب، و کاهش خستگی در فوتبالیست‌ها است. اثر اصلی بتاآلانین از طریق افزایش کارنوزین عضلانی حاصل می‌شود و برای دستیابی به نتایج قابل‌توجه، مکمل‌دهی باید حداقل ۶ تا ۱۰ هفته ادامه یابد. پاسخ‌دهی بهتر معمولاً در بازیکنان جوان دیده می‌شود.

بحث و بررسی

تحلیل جامع شواهد موجود نشان می‌دهد که اثربخشی مکمل‌های تغذیه‌ای در ورزش فوتبال تابعی چندبُعدی از هدف عملکردی، مقدار و شکل مصرف، زمان‌بندی و مدت‌زمان مداخله و ویژگی‌های فردی ورزشکار است. بر اساس مرور حاضر که بر چهار مکمل اصلی شامل کراتین، کافئین، نیترات/آب‌چغندر و بتا–آلانین تمرکز دارد، می‌توان نتیجه گرفت که هر یک از این ترکیبات دارای مزایا و محدودیت‌های ویژه‌ای هستند؛ از این‌رو، انتخاب بهینه‌ی مکمل باید با در نظر گرفتن اهداف عملکردی و خصوصیات فیزیولوژیکی بازیکن انجام شود.

جدول ۶ . اثرات مکمل بتاآلانین بر توانایی بافری عضله، بهبود عملکرد در فعالیت‌های شدید و متناوب، در فوتبالیست‌ها

حوزه	توضیح
مکانیسم‌های اصلی اثر	افزایش ذخیره کارنوزین عضلانی افزایش ظرفیت بافری و کاهش اسیدوز خواص آنتی‌اکسیدانی و محافظتی عضله
اثرات عملکردی گزارش شده	بهبود فعالیت‌های شدید و متناوبHIIT ، RSA، اسپرینت تکراری کاهش خستگی در تمرینات مشابه مسابقه (USRPT) اثر خفیف بر پارامترهای هوازی VO_2max اغلب بدون تغییر تغییرات اندک در CK وLDH
شاخص‌های کمی	۶.۴–۴ گرم روزانه در ۳–۴ نوبت اثرگذاری واضح پس از ۶–۱۰ هفته دوره‌های کمتر از ۴ هفته ناکافی
جمعیت‌ها و تعدیل‌کننده‌ها	پاسخ بهتر در بازیکنان جوان / نیمه‌حرفه‌ای اثرگذاری متغیر در نخبه‌ها (خصوصاً دوره کوتاه)
پروتکل‌های مصرفی رایج	۴×۸۰۰–۱۰۰۰ میلی‌گرم: جمعاً ۴–۶/۴ گرم روزانه طول دوره :۴–۱۲ هفته مصرف همراه غذا یا پیش/پس تمرین برای کاهش پارستزی (احساس موقت سوزن‌سوزن شدن یا گزگز پوست)

کراتین بیشترین پشتوانه‌ی نظری و تجربی را در زمینه‌ی بهبود توان بی‌هوازی و تکرارپذیری تلاش‌های انفجاری دارد. افزایش ذخایر فسفوکراتین عضلانی، ارتقای تولید توان در فعالیت‌های کوتاه‌مدت و شدید، و کاهش خستگی عضلانی از مهم‌ترین مزایای فیزیولوژیکی آن به‌شمار می‌روند. اگرچه برخی مطالعات موجود محدود به حجم نمونه‌های کوچک و دوره‌های مداخله‌ی کوتاه هستند، مجموعه‌ی شواهد فعلی از سطح اطمینان متوسط برخوردار بوده و نشان می‌دهند که مصرف کراتین، به‌ویژه در دوره‌های پیش‌فصل و مرحله‌ی بازتوانی، یک رویکرد مؤثر و کاربردی محسوب می‌شود (۲۰،۲۷،۲۸).

در جمع‌بندی، کراتین مکملی با اثرات قابل پیش‌بینی و مستقیم بر شاخص‌های عملکرد انفجاری است و به‌عنوان گزینه‌ی پایه در ورزش‌هایی که با فعالیت‌های شدید و کوتاه‌مدت همراه‌اند توصیه می‌شود. با این حال، ضرورت انجام مطالعات طولانی‌تر با حجم نمونه‌های بزرگ‌تر برای افزایش سطح قطعیت و تعمیم‌پذیری نتایج همچنان پابرجاست.

کافئین یکی از مکمل‌های پراستفاده با اثربخشی سریع بر شاخص‌های عملکردی شناخته می‌شود. شواهد متعدد حاکی از آن‌اند که دوزهای حدود ۳ تا ۶ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن، پیش از تمرین یا رقابت، می‌توانند عملکردهایی همچون پرش، سرعت و چابکی را به‌طور معنی‌داری بهبود بخشند. افزون بر این، کافئین با افزایش بیداری و کاهش زمان واکنش می‌تواند پاسخ‌های عصبی–عضلانی را تسریع کند. با این حال، تغییرپذیری فردی در پاسخ به کافئین – ناشی از تفاوت‌های ژنتیکی و میزان مصرف روزمره آن – ممکن است موجب شود اثرات مکمل در برخی ورزشکاران خنثی یا حتی منفی باشند (۱۱،۱۲،۱۶،۲۹،۳۰). به طور کلی، کافئین اثرات ارگوژنیک

قابل توجهی در افزایش زمان تا خستگی (TTE) و کاهش ادراک سختی تمرین (RPE) نشان داده است؛ هرچند این اثرات به شدت وابسته به دوز مصرفی و شرایط فردی هستند. از این رو، توصیه می‌شود استفاده از کافئین به‌صورت فردی‌سازی‌شده و آزمون‌شده پیش از کاربرد عملی صورت گیرد، زیرا تجویز عمومی بدون در نظر گرفتن تفاوت‌های شخصی ممکن است نتایج متناقضی ایجاد کند.

نیترات / آب‌چغندر به‌عنوان مکملی با اثرات بالقوه مفید در فعالیت‌های بینابینی و تناوبی با شدت بالا شناخته می‌شود. شواهد نشان می‌دهند که مصرف نیترات می‌تواند عملکرد در آزمون‌هایی نظیر اسپرینت‌های تکراری (RSA)، تغییر جهت‌های پی‌درپی و آزمون‌های شبیه‌سازی مسابقه مانند Yo-Yo را بهبود بخشد. این مزایا عمدتاً از طریق افزایش کارایی میتوکندری، حفظ اشباع اکسیژن عضلانی و کاهش احساس خستگی حاصل می‌شوند، به‌ویژه زمانی که دوز و زمان‌بندی مصرف به شکل دقیق تنظیم شده باشد. با وجود این، ناهمگونی قابل توجه در نتایج مطالعات و محدودیت‌هایی نظیر کنترل ناکامل رژیم غذایی و حجم نمونه‌های اندک موجب شده سطح اطمینان شواهد در مورد اثربخشی این مکمل در حد پایین تا متوسط ارزیابی شود (۳،۳۱،۳۲،۳۳،۳۴). در مجموع، نیترات به‌ویژه برای ورزشکارانی که دریافت پایه‌ی نیترات در رژیم غذایی‌شان پایین است می‌تواند سودمند باشد، اما در افرادی با تغذیه غنی از منابع طبیعی نیترات، پاسخ عملکردی به مکمل کمتر قابل پیش‌بینی است. بنابراین، تعیین هدفمند دوز مصرف بر پایه‌ی وضعیت تغذیه‌ای فرد و نیاز عملکردی از اهمیت بالایی برخوردار است.

بتا–آلانین از طریق افزایش ذخایر کارنوزین عضلانی، به‌عنوان یک عامل افزایش‌دهنده‌ی ظرفیت بافرینگ درون‌سلولی عمل می‌کند که می‌تواند تأخیر در خستگی عضلانی در فعالیت‌های اسیدی‌شونده را به دنبال داشته باشد. با این وجود، یکی از محدودیت‌های اصلی این مکمل، زمان‌بر بودن دوره لازم برای دستیابی به اثرات عملکردی ملموس است؛ معمولاً دوره مکمل‌دهی بیش از ۶ هفته برای القای اشباع کارنوزین ضروری است (۲۳،۲۵،۳۵). بیشتر مطالعات موجود در این زمینه دارای محدودیت‌هایی از جمله دوره مداخله کوتاه‌مدت و حجم نمونه‌های کوچک هستند که این امر درجه اطمینان شواهد را در سطح پایینی نگه می‌دارد. این مکمل نمونه‌ی برجسته‌ای از تفکیک میان اثرات بیومارکری و اثرات عملکردی است: در حالی که تغییرات فیزیولوژیکی (افزایش کارنوزین) ممکن است سریع رخ دهد، نمودهای عملکردی آشکار نیازمند دوره زمانی طولانی‌تر و تمرینات هدفمند برای تظاهر کامل هستند.

مرور حاضر نشان می‌دهد که چهار مکمل مورد بررسی (کراتین، کافئین، نیترات و بتا–آلانین) هرکدام نقش‌های متمایزی در بهبود عملکرد فیزیولوژیکی و ورزشی بازیکنان فوتبال ایفا می‌کنند. کراتین بر عملکرد انفجاری و تکرارپذیری تکیه دارد، کافئین اثرات ارگوژنیک فوری ولی متغیر بر زمان واکنش و تحمل خستگی دارد، نیترات کارایی هوازی–بی‌هوازی در فعالیت‌های متناوب را هدف قرار می‌دهد، و بتا–آلانین پتانسیل افزایش آستانه اسیدیته را در بلندمدت دارد.

بنابراین، رویکرد توصیه‌شده باید مبتنی بر "رویکرد شخصی‌سازی‌شده" (Personalized Approach) باشد. یک پروتکل مکمل‌دهی مطلوب در فوتبال حرفه‌ای باید به‌گونه‌ای طراحی شود که با مرحله تمرینی (پیش‌فصل، درون‌فصل، بازتوانی)، پست تخصصی بازیکن (هافبک، مهاجم، مدافع) و پاسخ فردی به دوزهای آزمایشی همسو باشد. در حالی که کراتین و کافئین پتانسیل استفاده در کوتاه‌مدت را دارند، اثربخشی بتا–آلانین و نیترات به برنامه‌ریزی بلندمدت‌تر و کنترل دقیق وضعیت تغذیه‌ای بازیکن وابسته است. برای حرکت به سمت توصیه‌های

قطعی‌تر، نیاز به مطالعات آینده‌نگر (Prospective Trials) با پروتکل‌های استاندارد دوز، و همچنین بررسی اثرات هم‌افزایی این مکمل‌ها در شرایط مسابقه واقعی ضروری است.

علیرغم شواهد مثبت، درجه اطمینان کلی برای اکثر توصیه‌های مبتنی بر مکمل‌ها توسط محدودیت‌های متعددی تضعیف می‌شود. مهم‌ترین این محدودیت‌ها شامل حجم نمونه اندک در مطالعات، کوتاهی دوره مداخله که فرصت کافی برای دستیابی به اشباع کامل بیومارکری‌ها را فراهم نمی‌کند، تنوع شدید پروتکل‌های عملکردی مورد استفاده، و کنترل ناکافی بر مصرف پایه مواد (به‌ویژه کافئین و نیترات) توسط شرکت‌کنندگان است (۱۸،۲۴،۲۷،۲۸،۳۱،۳۲،۳۳،۳۶). این کاستی‌های متدولوژیک نشان می‌دهند که هرگونه تعمیم یافته‌ها به جمعیت‌های ورزشی بزرگ‌تر باید با احتیاط فراوان صورت پذیرد و توصیه‌ها باید کاملاً هدفمند و مبتنی بر فرد ارائه گردند.

نتیجه‌گیری

در نهایت، مکمل‌های کراتین، کافئین، نیترات و بتا-آلانین، هرکدام با مکانیسم‌های مختلف، پتانسیل ارگوژنیک قابل توجهی را برای ورزشکاران فوتبال نشان می‌دهند. کراتین به عنوان گزینه اولیه برای توان بی‌هوازی و بازتوانی باقی می‌ماند. کافئین یک مداخله سریع‌الاثر است که موفقیت آن به فردی‌سازی دقیق دوز وابسته است. نیترات برای بهبود عملکرد در فعالیت‌های بینابینی در ورزشکاران با رژیم غذایی پایه کم‌نیترات مؤثر است. در حالی که بتا-آلانین پتانسیل بافری بالایی دارد، اجرای عملی آن مستلزم برنامه‌ریزی بلندمدت و هماهنگی با دوره‌های تمرینی سنگین است. توصیه عملی این است که انتخاب مکمل باید مبتنی بر اهداف عملکردی کوتاه‌مدت و بلندمدت، ویژگی‌های فیزیولوژیک و محدودیت‌های علمی هر ماده صورت پذیرد. پژوهش‌های آتی باید بر طراحی مطالعات کوتاه‌نشده (Longitudinal)، با کورسازی مناسب، کنترل دقیق مصرف رژیمی و اندازه‌گیری همزمان بیومارکرهای عملکردی و زیستی تمرکز کنند تا شواهد موجود تقویت و توصیه‌های بالینی به سطح اطمینان بالاتری ارتقاء یابند (۱،۲۴،۲۸،۳۷).

تضاد منافع

این پژوهش هیچ‌گونه تضاد و تعارض منافعی ندارد.

منابع

1. Alamdari, A., Khouineroud, B., & Fakhrpour, F. (2024). Effects of plyometric training and beetroot extract supplementation on anaerobic power and blood nitric oxide, lactate, and pH following intense anaerobic activity in soccer players. *Research in Exercise Nutrition*, 2(1), 53–66. https://doi.org/10.22034/ren.2024.140560.1052
2. Hemmatinafar, M., Mosallanezhad, Z., Abdollahei, M. H., Yazdani, H., Samsami Pour, A., Kooroshfard, N., et al. (2021). Beetroot juice supplementation improves fatigue, aerobic and anaerobic performance, and nitrite concentration in college soccer players. *Razi Journal of Medical Sciences*, 28(2), 81–92.
3. Birinci, Y. Z., Pancar, S., & Soylu, Y. (2025). Comparison of the acute effects of carbohydrate mouth rinse and coach encouragement on kinematic profiles during small-sided games in young male soccer players. *Nutrients*, 17(3), 546. https://doi.org/10.3390/nu15173721

4. Sebastiá-Rico, J., et al. (2023). Dietary habits of elite soccer players: Variations according to competitive level, playing position, and sex. *Nutrients*, 15(20), 4323. https://doi.org/10.3390/nu15204323
5. Vitošević, B., et al. (2025). Juice-based supplementation strategies for athletic performance and recovery: A systematic review. *Sports*, 13(8), 269. https://doi.org/10.3390/sports13080269
6. Forelli, F., et al. (2024). Stay in the game: Comprehensive approaches to decrease the risk of sports injuries. *Cureus*, 16(12). https://doi.org/10.7759/cureus.76461
7. Hopper, C., Mooney, E., & McCloat, A. (2025). Nutritional intake and dietary knowledge of athletes: A scoping review. *Nutrients*, 17(2), 207. https://doi.org/10.3390/nu17020207
8. Aguinaga-Ontoso, I., et al. (2023). Effects of nutrition interventions on athletic performance in soccer players: A systematic review. *Life*, 13(6), 1271. https://doi.org/10.3390/life13061271
9. Pourbahram, M. R., et al. (2023). The effect of beetroot supplementation on oxidative stress and delayed onset muscle soreness after exhaustive eccentric exercise in competitive soccer players. https://doi.org/10.30495/varzesh.2023.1979591.1051
10. Ferrada-Contreras, E., et al. (2023). Does co-supplementation with beetroot juice and other nutritional supplements positively impact sports performance? A systematic review. *Nutrients*, 15(22), 4838. https://doi.org/10.3390/nu15224838
11. Ud Din, B. M., et al. (2024). Effect of caffeine on testosterone and cortisol levels in university football players. https://doi.org/10.17582/journal.pjz/20230530150540
12. Impey, J., Bahdur, K., & Kramer, M. (2022). The mediating effects of caffeine ingestion and post-activation performance enhancement on reactive dive times in goalkeepers. *Annals of Applied Sport Science*, 10(1), 1–10.
13. Apostolidis, A., et al. (2020). Caffeine supplementation is ergogenic in soccer players independent of cardiorespiratory or neuromuscular fitness levels. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 17(1), 31. https://doi.org/10.1186/s12970-020-00360-x
14. Motamedi, E., Ebrahimi, M., & Jorbonian, A. (2020). Effects of caffeine and carbohydrate co-ingestion on anaerobic performance and muscular strength in female wushu athletes. *Journal of Metabolism and Exercise*, 10(2), 121–130. https://doi.org/10.22124/jme.2022.22486.233
15. Yildirim, U. C., et al. (2023). Acute effects of different doses of caffeinated chewing gum on exercise performance in caffeine-habituated male soccer players. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1251740. https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1251740
16. e Silva, T. M., et al. (2022). Effects of caffeine supplementation on recovery in professional soccer players. *Muscles*, 2(1), 1–11. https://doi.org/10.3390/muscles2010001

17. Bezuglov, E., et al. (2025). Influence of caffeine on tolerance to sport-specific high-intensity exercise in young elite soccer players. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 38(1), e70002. https://doi.org/10.1111/jhn.70002
18. Said, N. M. B., et al. (2024). Effects of different doses of creatine supplementation on power and speed during the preparation period in football players. *Human. Sport. Medicine*, 24(2), 100–110. https://doi.org/10.14529/hsm240213
19. Huerta Ojeda, Á., & Jorquera-Aguilera, C. (2024). Combined impact of creatine, caffeine, and variable resistance on repeated sprint ability in young soccer players. *Nutrients*, 16(15), 2437. https://doi.org/10.3390/nu16152437
20. Yapıcı, A. (2023). Acute effects of different creatine supplementation methods on anaerobic performance. *Mediterranean Journal of Sport Science*, 6(2), 446–455. https://doi.org/10.38021/asbid.1249053
21. Diety, S. W. S. (2022). Use of dietary supplements among football players aged 19–26 years. https://doi.org/10.5604/01.3001.0016.0367
22. Wax, B., et al. (2021). Creatine for exercise and sports performance, with recovery considerations for healthy populations. *Nutrients*, 13(6), 1915. https://doi.org/10.3390/nu13061915
23. Farhani, M. A., Rajabi, H., & Noormohammadpour, R. (2024). Effects of ultra-short race pace training combined with beta-alanine supplementation on physical fitness in young soccer players. *Journal of Exercise & Organ Crosstalk*, 4(3), 184–193. https://doi.org/10.22122/jeoct.2025.501580.1141
24. Hamzekolaee, A. M., Safarzade, A., & Esmaeeli, A. (2023). Effects of beta-alanine supplementation on recovery and performance indices in male soccer players. *Asian Journal of Sports Medicine*, 14(2). https://doi.org/10.5812/asjsm-134489
25. Ribeiro, R., et al. (2020). Short-duration beta-alanine supplementation does not prevent performance decrements during an intense preparatory period in elite female footballers. *Frontiers in Nutrition*, 7, 43. https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00043
26. Karami, Y., Jalali Dehkordi, K., Sharifi, G., & Jalali Dehkordi, A. (2024). Comparison of beta-alanine and sodium bicarbonate supplementation on pH, blood lactate, and anaerobic capacity in elite male taekwondo athletes. *Applied Research in Sports Nutrition and Exercise Science*, 1(1), 73–86. https://doi.org/10.22091/arsnes.2023.2765
27. Valenta, S., Psotta, R., & Hrabal, J. (2022). Effects of creatine supplementation on anaerobic exercise performance and body composition during reduced training in soccer players. *Acta Salus Vitae*, 10(1), 58–71. https://doi.org/10.58743/asv2022vol10no1.279
28. Huerta Ojeda, Á., et al. (2024). Effects of low-dose creatine monohydrate supplementation on post-fatigue muscle power in young soccer players. *Nutrients*, 16(9), 1324. https://doi.org/10.3390/nu16091324

29. Mor, A., et al. (2024). Moderate-dose caffeine enhances anaerobic performance without altering hydration status. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1359999. https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1359999
30. Bezuglov, E., et al. (2025). Caffeine effects on physical performance and sport-specific skills in elite youth soccer players: A randomized balanced placebo trial. *Sports*, 13(4), 106. https://doi.org/10.3390/sports13040106
31. Adji, F. R., Sofro, Z. M., & Hapsari, M. (2022). Effect of beetroot juice (Beta vulgaris L.) supplementation on VO_2max in youth soccer athletes. *Journal of Public Health in Africa*, 13(Suppl 2), 2406. https://doi.org/10.4081/jphia.2022.2406
32. Michailidis, Y. (2023). Influence of beetroot supplementation on muscle oxygen saturation following repeated sprint exercise in semi-professional soccer players. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*, 42, 55–63. https://doi.org/10.18276/cej.2023.2-05
33. Giv, V., Aminaei, M., & Nikoei, R. (2024). Effects of eight weeks of beetroot juice supplementation on aerobic capacity, anaerobic power, and field performance in soccer players. *Research in Sports Medicine*, 32(1), 132–144.
34. Daab, W., et al. (2023). Chronic beetroot juice supplementation attenuates neuromuscular fatigue during simulated soccer match play. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 49(1), 105–113. https://doi.org/10.1139/apnm-2023-0179
35. Mohammed, S. S., Rahimi, M. R., & Sayfaddin, D. L. (2022). Effects of beta-alanine supplementation on blood lactate reduction and sports performance enhancement. *Matrix Science Pharma*, 6(3), 75–80. https://doi.org/10.4103/mtsp.mtsp_12_22
36. Mor, A., et al. (2022). Effects of BCAA and creatine supplementation on anaerobic capacity and ball-kicking speed in male football players. *Journal of Men's Health*, 18(1). https://doi.org/10.31083/jomh.2021.058
37. Varillas-Delgado, D. (2024). Association between genetic profile, muscle hypertrophy, and injury prevention following creatine supplementation in professional football players. *Nutrients*, 16(15), 2511. https://doi.org/10.3390/nu16152511

The Role of Selected Nutritional Supplements (Nitrate/Beetroot Juice, Caffeine, Creatine, and Beta-Alanine) in Improving Physiological and Athletic Performance of Soccer Players: A Research Synthesis Study

Zohreh Shannazari*, Amir Hossein Azizi Ammarati

Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran

*Corresponding author: z.shanazari@spr.ui.ac.ir

Abstract

Objectives: Modern sports nutrition has considerable potential to optimize performance, reduce fatigue, and accelerate recovery in soccer players. The aim of this study was to systematically synthesize and integrate the available scientific evidence regarding the performance effects, physiological mechanisms, research limitations, and practical implications of four major supplements—nitrate (beetroot juice), caffeine, creatine, and beta-alanine—in professional soccer.

Methods: This research synthesis study was conducted based on articles published between 2020 and 2025. Relevant studies were retrieved from the Web of Science, Scopus, PubMed, and Cochrane Library databases. In total, 41 scientific articles published within the 2020–2025 period were comparatively reviewed following methodological quality assessment, data extraction, and qualitative thematic analysis.

Results: The findings indicated that nitrate and creatine, when consumed according to appropriate supplementation protocols, provide the strongest supportive evidence for improvements in anaerobic performance (such as repeated power output capacity) and intermittent activities. Caffeine demonstrated strong ergogenic effects; however, these effects were dose-dependent and accompanied by substantial inter-individual variability. In contrast, beta-alanine required longer supplementation periods to elicit favorable physiological and performance responses.

Conclusion: Overall, targeted and evidence-based use of nutritional supplements can be effectively incorporated into preparation, training, and rehabilitation programs in professional soccer, contributing to enhanced performance and reduced player fatigue.

Key words: Soccer; Nitrate; Caffeine; Creatine; β-Alanine.