



Original Article

The Effect of Acute Consumption of Beetroot Juice Supplement on Anaerobic Performance Indices in Trained Subjects: A Systematic Review and Meta-Analysis.

Nafiseh Hassanpour^۱, Fatemeh Kazeminasab^۲ 

۱. PhD student in Exercise Physiology, Faculty of Sport and Health Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.

۲. Assistant Professor, Department of Physical Education and Sport Science, Faculty of Humanities, University of Kashan, Kashan, Iran.

Received: ۳۱/۰۷/۲۰۲۴, **Revised:** ۰۴/۰۱/۲۰۲۵, **Accepted:** ۳۱/۰۱/۲۰۲۵

* Corresponding Author: Fatemeh kazeminasab, Tel: ۰۳۱-۵۵۹۱۳۷۰۶, E-mail: fkazeminasab@kashanu.ac.ir

How to Cite: Hassanpour, N; Kazeminasab, F. (۲۰۲۴). The Effect of Acute Consumption of Beetroot Juice Supplement on Anaerobic Performance Indices in Trained Subjects: A Systematic Review and Meta-Analysis. Sport Physiology, ۱۶(۶۲), ۸۵-۱۱۴. In Persian.

Extended Abstract Background and Purpose

Beetroot juice (BRJ) is rich in dietary nitrates (NO_3^-) and has gained popularity for its potential ergogenic properties. Nitrates are converted to nitric oxide (NO) in the body, which enhances blood flow, oxygen delivery, and mitochondrial efficiency, potentially improving exercise performance. While BRJ has been extensively studied for its effects on aerobic performance, its impact on anaerobic performance—characterized by short-duration, high-intensity activities—remains less understood.

Anaerobic performance metrics, such as peak power, minimum power, mean anaerobic power, and fatigue index, are critical for athletes in sports requiring explosive strength and speed. Despite the growing interest in BRJ as a performance-enhancing supplement, there has been no systematic evaluation of its acute effects on anaerobic performance in trained individuals.

This study aims to systematically review and meta-analyze the existing literature to determine whether acute BRJ supplementation influences anaerobic performance indicators in trained subjects.

Materials and Methods



Copyright: © ۲۰۲۳ by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

This research adhered to the PRISMA guidelines for systematic reviews and meta-analyses. Relevant articles in English and Persian were retrieved from databases including PubMed, Web of Science, Google Scholar, SID, and Magiran, up to September ۲۰۲۴.

Eligibility criteria

۱. Studies involving trained individuals.
۲. Use of cross-over designs.
۳. Reporting of anaerobic performance metrics (e.g., peak power, minimum power, mean anaerobic power, fatigue index).

Data Extraction

- Sample demographics (age, gender, BMI).
- Type and dosage of BRJ supplementation.
- Anaerobic performance outcomes.

Meta-Analytical Approach

A random-effects model was used to calculate standardized mean differences (SMD) and ۹۵% confidence intervals (CIs).

- Heterogeneity was assessed using the I^2 statistic.
- Publication bias was evaluated through funnel plots and Egger's test.

Results

A total of ۱۱ studies involving ۱۴۰ participants (۴۲ women and ۹۸ men) met the inclusion criteria. The average age of participants ranged from ۲۰,۳ to ۳۰,۸۶ years, and BMI ranged from ۲۰,۴۱ to ۲۴,۲۱.

Supplement Characteristics

A total of ۱۱ studies were included in the present meta-analysis. Among them, Hassanpour et al. investigated both ۷۰ mL and ۱۴۰ mL doses of beetroot juice; Hashemifard et al. examined a ۱۰۰ mL dose; and Conger et al. assessed a single dose of beetroot juice powder. Seven studies evaluated a ۷۰ mL dose of beetroot juice. Tatlici and Cakmakci administered beetroot supplementation at a dose of ۲ grams per kilogram of body weight, and Baumann examined beetroot juice in volumes ranging from ۲۳۵ to ۳۵۵ mL.

Timing of the Final Supplement Dose

In the present meta-analysis, five studies administered the supplement dose three hours prior to the experimental protocol, while three studies administered it two hours before the protocol. Additionally, Hashemi Fard et al. administered the dose ۱,۵ hours before the experimental protocol; Tatlici et al., ۲,۵ hours before; and Baumann et al., between ۲,۵ to ۳ hours prior to the experimental procedure.

Key Results

۱. Peak Power: [SMD = -۰,۱۰۹ (-۰,۳۳ to ۰,۱۱), $P = ۰,۳۳$], $I^2 = ۳۲,۷۰۳$, $P = ۰,۱۲$
۲. Minimum Power: [SMD = -۰,۱۲۰ (-۰,۳۲ to -۰,۰۸), $P = ۰,۲۵$], $I^2 = ۰,۰۰$, $P = ۰,۵۳$
۳. Mean Anaerobic Power: [SMD = -۰,۱۳۴ (-۰,۳۰ to -۰,۰۳), $P = ۰,۱۳$], $I^2 = ۳,۹۲۲$, $P = ۰,۴۰$
۴. Fatigue Index: [SMD = -۰,۱۰۵ (-۰,۴۶ to -۰,۲۵), $P = ۰,۵۶$], $I^2 = ۵۳,۸۰۷$, $P = ۰,۰۴$
- ۵.

Subgroup Analyses

- Timing and Dosage: Variations in BRJ consumption timing and dosage did not influence outcomes.

Hassanpour & Kazeminassab

- **Standardized Tests:** Consistent results were observed across studies using standardized tests like the Wingate Anaerobic Test (WAnT) and Running-Based Anaerobic Sprint Test (RAST).

Heterogeneity and Publication Bias

- Heterogeneity was moderate to high ($I^2 = 40-70\%$).
- Funnel plots and Egger's test indicated no significant publication bias.

Conclusions

The findings suggest that acute BRJ supplementation does not significantly enhance anaerobic performance in trained individuals. While BRJ is rich in nitrates, which are known to improve blood flow and oxygen delivery, these effects may not translate to short-duration, high-intensity activities that rely primarily on anaerobic energy systems.

Potential Explanations

1. **Duration of Activity:** Anaerobic performance relies on immediate energy sources (e.g., ATP-PCr and glycolytic systems), which may not benefit significantly from increased NO availability.
2. **Timing of Supplementation:** Acute BRJ consumption may not provide sufficient time for nitrate conversion to NO and subsequent physiological effects.
3. **Training Status:** Trained individuals may already have optimized physiological adaptations, limiting the ergogenic potential of BRJ.

Contrast with Aerobic Performance

Unlike aerobic performance, which benefits from enhanced oxygen utilization and mitochondrial efficiency, anaerobic performance is less dependent on these mechanisms. This may explain the lack of significant effects observed in this study.

Limitations

1. **Moderate Heterogeneity:** Variability in study designs, BRJ dosages, and participant characteristics may have influenced results.
2. **Small Sample Size:** The limited number of studies and participants may reduce the generalizability of findings.
3. **Lack of Chronic Supplementation Data:** The review focused on acute effects, leaving the potential benefits of chronic BRJ supplementation unexplored.
4. **Keywords:** beetroot Juice, dietary nitrates, anaerobic performance, peak power, fatigue index, trained individuals
- 5.
- 6.

Recommendations for Future Research

1. **Chronic Supplementation:** Investigate the effects of prolonged BRJ use on anaerobic performance.
2. **Dosage Optimization:** Explore varying dosages and timing regimens to identify potential ergogenic benefits.
3. **Mechanistic Studies:** Examine the physiological mechanisms underlying BRJ's effects on anaerobic energy systems.

Practical Implications:

- Athletes and coaches should consider the specific demands of their sport when evaluating the potential benefits of BRJ supplementation.
- For sports requiring explosive strength and speed, alternative supplementation strategies may be more effective.

Article message

The findings of the present study indicate that acute beetroot supplementation cannot be considered a definitive strategy for enhancing anaerobic performance in trained individuals. Therefore, it is suggested that although trained individuals who are eager to benefit from the remarkable effects and therapeutic properties of beetroot—and athletes and coaches who, in line with the International Olympic Committee's position, seek to observe improvements in anaerobic performance and its related indices—may be interested in its use, the current evidence does not support the efficacy of acute supplementation in this population. It is likely that short-term or chronic supplementation protocols, administered over longer durations or at higher doses, may be required to achieve meaningful effects.

Funding

The present meta-analysis did not receive funding from any organization.

Authors' Contributions

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

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement

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

Keywords: beetroot Juice, dietary nitrates, anaerobic performance, peak power, fatigue index, trained individuals



فیزیولوژی ورزشی

Journal homepage: <https://spj.ssric.ac.ir>



نوع مقاله: پژوهشی

تأثیر مصرف حاد مکمل آب چغندر بر شاخص‌های عملکرد بی‌هوازی در افراد تمرین کرده: یک مرور نظام‌مند و فراتحلیل

نفیسه حسن‌پور^۱، فاطمه کاظمی‌نسب^۲ 

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲. استادیار فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۰، تاریخ اصلاح: ۱۴۰۳/۱۰/۱۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۲

* Corresponding Author: Fatemeh Kazeminasab, Tel: ۰۳۱-۵۵۹۱۳۷۰۶, E-mail: fkazeminasab@kashanu.ac.ir

How to Cite: Hassanpour, N; Kazeminasab, F. (۲۰۲۴). The Effect of Acute Consumption of Beetroot Juice Supplement on Anaerobic Performance Indices in Trained Subjects: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sport Physiology*, ۱۶(۶۲), ۸۵-۱۱۴. In Persian.

چکیده

آب چغندر (BRJ) سرشار از نیترات‌های معدنی (NO_3^-) است که دارای خواص ارگونیک است؛ با این حال، در حال حاضر هیچ تحلیل سیستماتیکی برای ارزیابی اثرات مکمل نیترات حاد، به‌طور انحصاری بر عملکرد بی‌هوازی در افراد تمرین کرده و ورزشکار وجود ندارد؛ از این‌رو هدف مطالعه حاضر، بررسی نظام‌مند متون فعلی و ارزیابی تأثیر مصرف حاد مکمل آب چغندر بر شاخص‌های عملکرد بی‌هوازی در افراد تمرین کرده به صورت فراتحلیل بود. جستجوی سیستماتیک متون برای مقالات انگلیسی و فارسی تا شهریور ماه ۱۴۰۳ انجام شد. تفاوت میانگین و فاصله اطمینان ۹۵٪ (CI) با استفاده از مدل اثر تصادفی محاسبه شد. تعداد ۱۱ مطالعه با ۱۴۰ بزرگسال جوان سالم ورزشکار یا تمرین کرده (۴۲ زن و ۹۸ مرد)، با میانگین سنی ۲۰/۳ الی ۳۰/۸۶ و میانگین BMI ۲۰/۴۱ الی ۲۴/۲۱ وارد فراتحلیل حاضر شد. نتایج نشان داد، مصرف حاد مکمل آب چغندر قرمز بر شاخص‌های عملکرد بی‌هوازی اعم از توان بیشینه $[SMD=-0.109, P=0.33]$ ، توان کمینه $[SMD=-0.120, P=0.25]$ ، میانگین توان بی‌هوازی $[SMD=-0.134, P=0.13]$ و شاخص خستگی $[SMD=-0.105, P=0.56]$ در افراد تمرین کرده و ورزشکار تأثیر معناداری ندارد. به‌طور کلی، نتایج فراتحلیل حاضر نشان داد که مکمل حاد آب چغندر هیچ بهبودی درخورتوجهی در شاخص‌های عملکرد بی‌هوازی ارائه نمی‌کند. تحقیقات آینده می‌توانند پتانسیل انرژی‌زایی را با بهینه‌سازی استراتژی مکمل چغندر از نظر دوز مصرفی، مصرف مکمل آب چغندر به شکل‌های مزمن و کوتاه‌مدت بررسی کنند.

واژگان کلیدی: آب چغندر قرمز، نیترات، مصرف حاد، عملکرد بی‌هوازی، افراد تمرین کرده.



Copyright: © ۲۰۲۳ by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

مقدمه

سال‌های متمادی است که تلاش برای بهبود عملکرد و بهینه‌سازی نتایج تمرینی با استفاده از کمک‌های ارگونومیک رژیمی، امری مهم و اجتناب‌ناپذیر برای مربیان و ورزشکاران شده است (۱، ۲). استفاده از وسایل کمکی ارگونومیک در تمرینات ورزشی گسترده و حیاتی است که به جستجوی مداوم برای مکمل‌های مؤثر برای افزایش عملکرد دامن زده است (۳، ۴). علاوه بر این، در دهه‌های اخیر آگاهی انسان‌ها د مورد اهمیت مصرف سبزیجات با این باور افزایش یافته است که سبزیجات و میوه‌ها، منبعی غنی از اجزای فعال زیستی هستند و مشارکت آن‌ها در بهبود سلامتی به جای استفاده از مکمل‌های غیرطبیعی تأیید شده است (۴-۶، ۷).

یکی از مواد غذایی طبیعی که می‌تواند انرژی را در ورزشکاران به دلیل دارا بودن مواد قندی گیاهی و نیترات بالا افزایش دهد، چغندر است (۷، ۸). چغندر یک مکمل غذایی عالی حاوی مواد معدنی، مواد مغذی، ویتامین، ترکیبات گیاهی منحصر به فرد و خواص دارویی متعدد است که به طور گسترده به عنوان درمان برای انواع بیماری‌ها نیز مصرف می‌شود (۸، ۷، ۲). درواقع یکی از دلایل اصلی برجسته بودن و مشهور بودن چغندر، آب میوه چغندر (BRJ) است (۷). آب چغندر یک کمک‌ارگونومیک ایمن، طبیعی و مؤثر است که نشان داده شده که برای گروه وسیعی از جمعیت‌ها مفید است (۱). اساساً آب چغندر منبع غنی از نیترات معدنی رژیمی است که به عنوان مکمل تغذیه ورزشی به دلیل اثربخشی آن در افزایش چندین جنبه عملکرد ورزشی محبوبیت پیدا می‌کند (۲). با تجویز خوراکی، نیترات (NO_3^-) موجود در آب چغندر می‌تواند توسط گزانتین اکسیداز و باکتری‌های بی‌هوازی در حفره دهان به نیتريت (NO_2^-) کاهش یابد. هنگامی که NO_2^- بلعیده می‌شود، فوراً توسط اسید معده به نیتريك اکساید (NO) تجزیه می‌شود (۹). NO حاصل ترکیب قوی گشادکننده عروق است که منجر به افزایش جریان خون به عضلات اسکلتی، فراهم‌آوری اکسیژن مورد نیاز عضلات و افزایش قدرت انقباضی تارهای عضلانی نوع ۲ می‌شود (۲). در سال‌های اخیر، تحقیقات درمورد مکمل‌های نیترات غذایی برون‌زا در طول فعالیت ورزشی افزایش چشمگیری داشته است (۱۰). اکثر تحقیقات درمورد اثرات NO_3^- در طول فعالیت ورزشی بر تمرینات استقامتی با تحقیقات محدود درمورد عملکرد ورزشی کوتاه‌مدت و با حداکثر شدت متمرکز شده است (۱۲، ۱۱). علاوه بر این مطالب، اندک تحقیقات انجام‌شده بر عملکرد بی‌هوازی ورزشکاران نیز یافته‌های متناقضی را نشان می‌دهند؛ بدین ترتیب که حسن‌پور و همکاران، در تحقیق خود تأثیر دوزهای ۷۰ و ۱۴۰ میلی‌لیتر آب چغندر به طور حاد را بر عملکرد بی‌هوازی در افراد تمرین‌کرده بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که دوزهای مطلوب حداقلی بر عملکرد بی‌هوازی و شاخص‌های آن در افراد تمرین‌کرده مؤثر نیست (۲). از دیگر سو، هاشمی‌فرد و همکاران، اثر مصرف ۱۰۰ میلی‌لیتر آب چغندر قرمز به طور حاد بر توان هوازی و بی‌هوازی دختران کاراته‌کای غیرحرفه‌ای را بررسی کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که مصرف آب چغندر قرمز در مقایسه با دارونما، توان بیشینه، حداقل توان، میانگین توان، شاخص خستگی و شاخص افت سرعت در آزمون RAST را به طور معناداری بهبود می‌بخشد (۱۳). براساس مطالب مذکور می‌توان بیان کرد که این نبود صراحت و دوپهلویی در نتایج تحقیقات متعدد، تأکیدی بر برجسته بودن شکاف دانشی است. افزون بر این مطلب، بررسی ادبیات

تحقیق نشانگر به انجام رسیدن فراتحلیل‌های گسترده‌ای در این حوزه موضوعی است؛ به عنوان نمونه، وانگ^۱ و همکاران در فراتحلیل خود تأثیر مصرف چغندر بر تمرینات تناوبی با شدت بالا را بررسی کردند. آن‌ها اذعان کردند که مکمل آب چغندر هیچ بهبودی در خورتوجهی در حداکثر یا میانگین توان خروجی در طول تمرین متناوب با شدت بالا^۲ (HIIT) یا تمرین اینتروال اسپرینت^۳ (SIT) ارائه نمی‌کند (۱۴). در فراتحلیلی دیگر، افریشم^۴ و همکاران اثرات مکمل چغندر یا نیترات را بر شاخص‌های ترکیب بدن بررسی کردند. آن‌ها به این یافته رسیدند که مکمل‌های BRJ یا نیترات نمی‌توانند به طور مؤثر شاخص‌های ترکیب بدن را بدون توجه به دوز مکمل، مدت زمان آزمایش و وضعیت ورزشی بهبود بخشند (۱۵). درمقابل فراتحلیل لارا و همکاران با عنوان «اثرات مکمل نیترات معدنی و چغندر بر عملکرد اندوتلیال» منتج به بهبود عملکرد اندوتلیال^۵ (EF) با اندازه اثر اندک شد (۱۶).

در حالت کلی می‌توان گفت که در دنیای رقابت‌های ورزشی، حاشیه‌های پیروزی در حال کوچک‌تر شدن است و در برخی موارد ممکن است به معنای واقعی کلمه به کسری از ثانیه یا توانایی انقباض یک واحد حرکتی یک بار دیگر کاهش یابد؛ بنابراین ورزشکاران دائماً به دنبال هر مزیتی برای بهبود عملکرد ورزشی هستند. برخی از ورزشکاران ممکن است برای تأمین این مزیت به مکمل‌های غذایی از منابع طبیعی و ارگانیک روی آورند (۱۷، ۱۶، ۵). آب چغندر یکی از پنج مکمل معرفی شده توسط کمیته بین‌المللی المپیک شامل کافئین، بتا آلانین، بی‌کربنات سدیم، آب چغندر و کراتین است که دارای پایه شواهد قوی برای افزایش عملکرد ورزشی با شدت بالا هستند (۱۸) و در این میان، NO⁻ که اغلب به عنوان آب چغندر غلیظ تجویز می‌شود، تنها مکمل از یک منبع غذایی طبیعی و ارگانیک بوده که بررسی شده است (۱۹)؛ با وجود این، تأثیر یا نبود تأثیر آن مکمل بر عملکرد بی‌هوازی، کماکان در حاله‌ای از ابهام باقی مانده است و همچنان مبتنی بر فرضیات، اتکای علمی وجود دارد. با این تفاسیل، تحقیق حاضر بر نبود توافقی نظر، نبود توافقی کافی میان تحقیقات و اطلاعات اندک در حوزه موضوعی آب چغندر به عنوان یکی از شاخه‌های حوزه فیزیولوژی ورزشی متمرکز شده است و با هدف تأثیر مصرف حاد مکمل آب چغندر بر شاخص‌های عملکرد بی‌هوازی در افراد تمرین کرده، به صورت یک مرور نظام‌مند و فراتحلیل برای دستیابی به نتیجه‌گیری قطعی‌تر انجام شده است.

روش پژوهش

پژوهش حاضر به صورت مرور نظام‌مند و فراتحلیل بر اساس دستورالعمل کاکرین^۶ و پریزما^۷ انجام شد (۲۱، ۲۰).

روش بررسی مطالعات

۱. Wong
۱. High-intensity interval training
۲. Sprint interval training
۳. Afrisham
۵. Endothelial function
۶. Cochrane
۷. PRISMA

برای استخراج مقالات پژوهشی، جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی Google Scholar، Web of science و PubMed برای مقالات انگلیسی تا تاریخ ۲۱ سپتامبر ۲۰۲۴ به انجام رسید. همچنین، جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی گوگل اسکالر، SID و مگیران برای مقالات فارسی تا تاریخ ۳۱ شهریور ماه ۱۴۰۳ صورت گرفت.

جدول ۱- دستور جستجو

Table ۱- Search command

Databases	Search strategy	Limits	Results
PubMed	("Nitrate" or "beet juice" or "nitric oxide" or "beetroot" or "beetroot juice" or "nitrite") AND ("anaerobic performance" or "peak anaerobic power" or "mean anaerobic power" or "anaerobic physical activity" or "anaerobic exercise" or "aerobic fitness" or "anaerobic fitness" or "aerobic performance" or "aerobic physical activity" or "aerobic exercise" or "sports performance" or "anaerobic capacity" or "fatigue index" or "physical performance" or "vo ₂ max" or "exercise training" or "exercise adaptation" or "physical capacity")	Humans, English, Persian	۶۱۱ ۱۱۸۱
Web of science	(ALL= ("Nitrate" or "beet juice" or "nitric oxide" or "beetroot" or "beetroot juice" or "nitrite")) AND ALL= ("anaerobic performance" or "peak anaerobic power" or "mean anaerobic power" or "anaerobic physical activity" or "anaerobic exercise" or "anaerobic fitness" or "sports performance" or "anaerobic capacity" or "fatigue index" or "physical performance" or "exercise training" or "exercise adaptation" or "physical capacity")	Article, English	۱۶۲۳ ۲۱۲۸

جستجو به صورت دستی نیز برای مقالات انگلیسی در پایگاه گوگل اسکالر و با کلید واژه‌های "Nitrate"، "beet juice"، "beetroot juice"، "beetroot"، "nitric oxide"، "peak"، "anaerobic performance"، "nitrite"، "mean anaerobic power"، "anaerobic physical activity"، "anaerobic exercise"، "anaerobic fitness"، "sports"، "fatigue index"، "anaerobic capacity"، "physical performance"، "exercise training"، "physical capacity" و "exercise adaptation" و برای مقالات فارسی در پایگاه‌های گوگل اسکالر، سید، مگیران و با کلید واژه‌های «نیترات»، «آب چغندر»، «نیتریک اکسید»، «چغندر»، «آب چغندر»، «نیتريت»، «عملکرد بی‌هوازی»، «پیک توان بی‌هوازی»، «توان بی‌هوازی متوسط»، «فعالیت بدنی بی‌هوازی»، «ورزش بی‌هوازی»، «آمادگی بی‌هوازی»، «عملکرد ورزشی»، «ظرفیت بی‌هوازی»، «شاخص خستگی»، «عملکرد ورزشی»، «تمرین ورزشی»، «سازگاری با ورزش» و «ظرفیت بدنی» انجام شد.

استخراج داده‌ها

اطلاعات مربوط به نویسنده اول، سال انتشار، نوع مطالعه، کشور، تعداد نمونه، ویژگی آزمودنی‌ها (شامل سن، جنس و شاخص توده بدنی)، توصیف مکمل و پلاسیبو، آخرین دوز مصرف مکمل، متغیرها (اعم از توان بیشینه، توان کیمینه، توان متوسط و شاخص خستگی) و روش اندازه‌گیری توان بی‌هوازی استخراج شد. داده‌های مربوط به متغیرهای پژوهش حاضر اعم از شاخص توده بدنی و سن شرکت کنندگان، در حالت پایه گزارش شد و مقادیر توان بیشینه، توان کیمینه، توان متوسط و شاخص خستگی در طول انجام تست و بعد از تست اندازه‌گیری شد (جدول ۴).

معیارهای ورود به تحقیق و خروج از تحقیق

جدول ۲- معیارهای ورود و خروج مطالعات
Table ۲- Inclusion and exclusion criteria of studies

معیارهای ورود به تحقیق
(۱) مطالعات انجام‌شده بر افراد تمرین کرده و ورزشکار
(۲) مطالعات متقاطع
(۳) مطالعاتی که توان بی‌هوازی اوج، توان بی‌هوازی میانگین، توان بی‌هوازی کیمینه و شاخص خستگی را گزارش کردند.
(۴) مطالعاتی که واجد شرایط استخراج داده بودند.
(۵) مطالعاتی که از آزمون Rast یا Wingate برای سنجش توان بی‌هوازی استفاده کردند.
(۶) مطالعاتی که اثر مکمل آب چغندر را به صورت تک‌جلسه‌ای و حاد بررسی کردند.
معیارهای خروج از تحقیق
(۱) مطالعات انجام‌گرفته بر روی حیوانات
(۲) مطالعات ارائه‌شده در همایش
(۳) پایان‌نامه‌ها
(۴) مطالعاتی که به صورت مروری، نظام‌مند و فراتحلیل انجام شده بود.
(۵) مطالعاتی که از دوره‌های زمانی برای سنجش توان بی‌هوازی استفاده کردند.
(۶) مطالعاتی که اثر مکمل آب چغندر را به صورت مزمن و کوتاه‌مدت بررسی کردند.
(۷) مطالعاتی که اثر مکمل آب چغندر را با مکمل دیگر بررسی کردند.

جدول ۳- ویژگی آزمودنی‌ها و پروتکل تمرین ورزشی و مصرف مکمل آب چغندر
juice supplement Table ۳- Characteristics of subjects and protocol of sports training and consumption of beet

مطالعه (سال)	شناسی (نوع مطالعه (روش)	کشور	نمونه (جنسیت)	ویژگی آزمودنی‌ها	سن (سال)	(کیلوگرم بر متر مربع) شاخص توده بدن	نوع مطالعه	توصیف مکمل و پلاسیبو	آخرین دوز مصرف مکمل	متغیر	روش اندازه‌گیری
--------------	-------------------------	------	---------------	------------------	----------	-------------------------------------	------------	----------------------	---------------------	-------	-----------------

جدول ۳- ویژگی آزمودنی‌ها و پروتکل تمرین ورزشی و مصرف مکمل آب چغندر

juice supplement Table ۳- Characteristics of subjects and protocol of sports training and consumption of beet

روش اندازه‌گیری	متغیر	آخرین دوز مصرف مکمل	توصیف مکمل و پلاسیبو	نوع مطالعه	شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	سن (سال)	ویژگی آزمودنی‌ها	نمونه (جنسیت)	کشور	نوع مطالعه (روش شناسی)	مطالعه (سال)
RAST	اوج توان خروجی میانگین	۲ ساعت	مکمل: ۷۰ و ۱۴۰ میلی لیتر آب	حاد (۴ کار	$20/55 \pm 3/27$	$20/44 \pm 1/33$	تمرین کرده و فعال	۹ (زن)	ایران	مقاطع	حسن پور و همکاران، ۲۰۲۲ (۲)
	توان خروجی حداقل	قبل از پروتکل	چغندر دارونما: ۷۰ میلی لیتر	آزمایی با هفت روز شست و شو							
	توان خروجی شاخص خستگی	آزمایشی	بین ۳ رنگ خوراکی به همراه شکر	بازدید آخر)							
RAST	اوج توان خروجی میانگین	۱/۵ ساعت	مکمل: ۱۰۰ میلی لیتر آب	حاد	$20/41 \pm 2/69$	$24/25 \pm 5/23$	ورزشکار کاراته کا در سطح باشگاهی	۸ (زن)	ایران	مقاطع	هاشمی فرد و ابراهیمی، ۲۰۲۲ (۱۳)
	توان خروجی حداقل	قبل از پروتکل	چغندر غنی از نیترات (حاوی ۶/۲ میلی مول نیترات دارونما: ۱۰۰ میلی لیتر زغال اخته (۶۰ میلی لیتر								
	توان خروجی شاخص خستگی	آزمایشی									

جدول ۳- ویژگی آزمودنی‌ها و پروتکل تمرین ورزشی و مصرف مکمل آب چغندر

juice supplement Table ۳- Characteristics of subjects and protocol of sports training and consumption of beet

روش اندازه‌گیری	متغیر	آخرین دوز مصرف مکمل	توصیف مکمل و پلاسیبو	نوع مطالعه	شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	سن (سال)	ویژگی آزمودنی‌ها	نمونه (جنسیت)	کشور	نوع مطالعه (روش شناسی)	مطالعه (سال)
وینگیت	اوج توان خروجی میانگین توان خروجی حداقل توان خروجی شاخص خستگی	۳ ساعت قبل از پروتکل آزمایشی	آب و ۴۰ میلی لیتر زغال اخته مکمل: ۷۰ میلی لیتر آب چغندر (حاوی ۶/۴ حاد (۲) جلسه بازدید از آزمایشگاه نوشیدنی فاقد نیترات (حاوی ۰/۰۴ نیترات)		نامشخص	۲۲/۴±۱/۶	تمرین‌کننده مقاومتی	۱۵ (مرد)	اسپانیا	متقاطع	کوئینکا ^۱ و همکاران، ۲۰۱۸ (۲۲)
وینگیت	اوج توان خروجی میانگین توان خروجی حداقل توان خروجی	۳ ساعت قبل از پروتکل آزمایشی	مکمل: ۷۰ میلی لیتر آب چغندر کنسانتره دارونما: حل کردن		۲۴/۲۱±۱/۷۲	۲۱/۴۶±۱/۷۲	آموزش‌دیده	۱۵ (مرد)	اسپانیا	متقاطع	دومینگز ^۲ و همکاران، ۲۰۱۷ (۲۳)

۱. Cuenca

۲. Domínguez

جدول ۳- ویژگی آزمودنی‌ها و پروتکل تمرین ورزشی و مصرف مکمل آب چغندر

juice supplement Table ۳- Characteristics of subjects and protocol of sports training and consumption of beet

روش اندازه‌گیری	متغیر	آخرین دوز مصرف مکمل	توصیف مکمل و پلاسیبو	نوع مطالعه	شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	سن (سال)	ویژگی آزمودنی‌ها	نمونه (جنسیت)	کشور	نوع مطالعه (روش شناسی)	مطالعه (سال)
شاخص خستگی	۱ گرم پودر BJ در یک لیتر آب معدنی و اضافه کردن آب لیمو برای تقلید از طعم تجاری مکمل:	۷۰ میلی لیتر آب چغندر به صورت یک دوز واحد (حاوی ۴۰۰ میلی گرم نیترات) دارونما: ۷۰ میلی لیتر آب توت سیاه	۲ ساعت قبل از پروتکل آزمایشی	حاد (۳) کارآزمایی در ۳ شرایط مختلف	نامشخص	$20/3 \pm 1/9$	دوندگان دوی سرعت ملی	۱۰ (مرد)	ایالات متحده آمریکا	مقاطع	دومار ^۱ و همکاران، ۲۰۲۱ (۲۴)
ویسکیت	میانگین توان خروجی										

۱. Dumar

جدول ۳- ویژگی آزمودنی‌ها و پروتکل تمرین ورزشی و مصرف مکمل آب چغندر

juice supplement Table ۳- Characteristics of subjects and protocol of sports training and consumption of beet

مطالعه (سال)	نوع مطالعه (روش شناسی)	کشور	نمونه (جنسیت)	ویژگی آزمودنی‌ها	سن (سال)	شاخص نوده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	نوع مطالعه	توصیف مکمل و پلاسیبو	آخرین دوز مصرف مکمل	متغیر	روش اندازه‌گیری
جودرا ^۱ و همکاران، ۲۰۲۰ (۲۵)	مقاطع	اسپانیا	۱۵ (مرد)	تمرین کننده مقاومتی	۲۳±۲	۲۳/۹±۲/۱	حاد (۲) جلسه بازدید از آزمایشگاه	مکمل: ۷۰ میلی لیتر آب چغندر غنی از نیترات (حاوی ۶/۴ میلی مول نیترات)	۳ ساعت قبل از پروتکل آزمایشی	اوج توان خروجی میانگین توان خروجی حداقل توان خروجی	وینگیت
مارتین ^۲ و همکاران، ۲۰۱۴ (۲۶)	مقاطع	استرالیا	۹ (مرد و ۷ زن)	ورزشکاران ورزش تیمی	۲۲/۳±۲/۱ (مرد): ۲۰/۷±۱/۳ (زن)	نامشخص	حاد (۲) ساعت قبل از ورزش	مکمل: ۷۰ میلی لیتر آب چغندر غلیظ	۲ ساعت قبل از پروتکل آزمایشی	اوج توان خروجی میانگین توان خروجی	تست سرعت متناوب با شدت بالا شامل سرعت‌های تکراری ۸ ثانیه

۱. Jodra

۲. Martin

جدول ۳- ویژگی آزمودنی‌ها و پروتکل تمرین ورزشی و مصرف مکمل آب چغندر

juice supplement Table ۳- Characteristics of subjects and protocol of sports training and consumption of beet

مطالعه (سال)	نوع مطالعه (روشناسی)	کشور	نمونه (جنسیت)	ویژگی آزمودنی‌ها	سن (سال)	شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	نوع مطالعه	توصیف مکمل و پلاسیبو	آخرین دوز مصرف مکمل	متغیر	روش اندازه‌گیری
کانگر ^۱ و همکاران، ۲۰۲۱ (۲۷)	مقاطع	ایالات متحده آمریکا	۱۴ (مرد)	بازیکن هاکی آموزش دیده بی‌هوازی	۳۰/۸۶±۷/۵۵	۲۴/۷۸±۲/۴۱	حاد (۶) بازدید و شست‌وشوی حداقل ۴۸ ساعت بین بازدیدهای ۳ تا ۶)	(حاوی ۰/۳ گرم نیترات) دارونما: ۷۰ میلی‌لیتر آب چغندر فاقد نیترات با عبور از رزین تبادل یونی مکمل: یک دوز پودر آب چغندر قرمز حاوی ۸ میلی‌مول (۴۹۶) میلی گرم) NO _۳ مخلوط با ۲۳۷ میلی لیتر آب	اوج توان خروجی ۳ ساعت قبل از پروتکل آزمایشی حداقل توان خروجی	با ریکاوری ۳۰ ثانیه بر روی چرخ کارسنج	تکمیل شش تست دوچرخه‌سواری وینگیت: آزمایش‌های پلاسیبو/آب چغندر وینگیت ۳۰ ثانیه، و آزمایش‌های پلاسیبو/آب چغندر ۶۰ ثانیه وینگیت.

۱. Conger

جدول ۳- ویژگی آزمودنی‌ها و پروتکل تمرین ورزشی و مصرف مکمل آب چغندر

juice supplement Table ۳- Characteristics of subjects and protocol of sports training and consumption of beet

مطالعه (سال)	نوع مطالعه (روش شناسی)	کشور	نمونه (جنسیت)	ویژگی آزمودنی‌ها	سن (سال)	شاخص نوده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	نوع مطالعه	توصیف مکمل و پلاسیبو	آخرین دوز مصرف مکمل	متغیر	روش اندازه‌گیری
اسمیت ^۱ و همکاران، ۲۰۱۹ (۲۸)	مقاطع	بریتانیا	۱۲ (مرد)	آموزش‌دیده تفریحی	۲۲±۴	نامشخص	حاد (۵) بازدید از آزمایشگاه شست‌وشوی ۴ الی ۷ روز	دارونما: ترکیبی از آب گیلان، سیب و زغال اخته. (حاوی ۰/۹۸ میلی‌گرم نیترات در هر دوز).	۳ ساعت قبل از پروتکل آزمایشی	اوج توان خروجی میانگین توان خروجی شاخص خستگی	چرخ ارگومتر IST (تست سرعت متناوب) شامل ۲۰ سرعت ۶ ثانیه‌ای حداکثر با ۱۱۴ ثانیه ریکاوری فعال
							دارونما: آب چغندر فاقد نیترات (حاوی				

۱. Smith

جدول ۳- ویژگی آزمودنی‌ها و پروتکل تمرین ورزشی و مصرف مکمل آب چغندر

juice supplement Table ۳- Characteristics of subjects and protocol of sports training and consumption of beet

روش اندازه‌گیری	متغیر	آخرین دوز مصرف مکمل	توصیف مکمل و پلاسیبو	نوع مطالعه	شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	سن (سال)	ویژگی آزمودنی‌ها	نمونه (جنسیت)	کشور	نوع مطالعه (روش شناسی)	مطالعه (سال)
			۰/۰۰۴ میلی‌مول نیترات در ۷۰ میلی لیتر)								
			مکمل: ۲ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن دارونما: آب گیلان به همراه آب لیمو	حاد (دو جلسه بازدید از آزمایشگاه با ۵ روز دوره شست‌وشو)	نامشخص	۲۳±۲/۲۸	بوکسور نخبه	۸ (مرد)	ترکیه	مقاطع	تاتلیچی و چاکماکچی ^۱ ، ۲۰۱۹ (۲۹)
			مکمل: آب چغندر به میزان ۳۵۵-۲۳۵ میلی لیتر دارونما: آب توت سیاه	حاد (دو جلسه تست با ۳ روز فاصله)	۲۴/۱±۳/۲۷	۲۲/۸±۱/۵۸	آموزش‌دیده تفریحی	۱۸ (زن)	ایالات متحده آمریکا	مقاطع	باومن ^۲ ، ۲۰۲۱ (۳۰)
وینگیت	اوج توان خروجی میانگین توان خروجی حداقل توان خروجی شاخص خستگی	۲/۵ الی ۳ ساعت قبل از پروتکل آزمایشی									
وینگیت	اوج توان خروجی میانگین توان خروجی حداقل توان خروجی شاخص خستگی	۲/۵ الی ۳ ساعت قبل از پروتکل آزمایشی									

بررسی کیفیت مقالات

۱. Tatlici & Cakmakci

۲. Baumann

ارزیابی کیفیت مطالعات با استفاده از چک‌لیست یازده‌موردی ابزار پدرو^۱ انجام شد (۳۱-۳۵). معیارهای ارزیابی پدرو عبارت بود از: ۱) ضوابط واجد شرایط بودن شرکت‌کنندگان مشخص باشد؛ ۲) اختصاص شرکت‌کنندگان گروه‌های مختلف به صورت تصادفی انجام شده باشد؛ ۳) شرکت‌کنندگان نسبت به گروه بندی‌هایشان آشنایی نداشته باشند؛ ۴) گروه‌ها در ابتدا از نظر وزن بدن یکسان باشند؛ ۵) ارزیابی یکسو کور برای متغیر اصلی وجود داشته باشد (blinding of all assessors)؛ ۶) تعداد افراد خارج‌شده از پژوهش کمتر از ۱۵ درصد شرکت‌کنندگان باشد؛ ۷) تجزیه و تحلیل به صورت (ITT) intention to treat انجام شده باشد؛ ۸) تفاوت آماری بین گروهی برای متغیر اصلی گزارش شده باشد؛ ۹) میانگین، انحراف معیار و میزان معناداری (p-value) گزارش شده باشد. به تمام سؤالات چک‌لیست پدرو با دو گزینه بله ✓ یا خیر ✗ پاسخ داده شد. امتیاز حداقل صفر و حداکثر ۹ بود که در آن ارزش عددی بیشتر، نمایانگر کیفیت بالاتر پژوهش بود (جدول پیوست ۲).

جدول ۴- بررسی کیفیت مطالعات
Table ۴- Checking the quality of studies

مطالعه - سال	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	امتیاز
حسن پور و همکاران، ۲۰۲۲ (۲)	✓	✓	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	۷
هاشمی‌فرد و ابراهیمی، ۲۰۲۲ (۱۳)	✓	✓	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	۷
کونکا و همکاران، ۲۰۱۸ (۲۲)	✓	✓	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	۷
دومینگز و همکاران، ۲۰۱۷ (۲۳)	✓	✓	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	۷
دومار و همکاران، ۲۰۲۱ (۲۴)	✓	x	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	۶
جودرا و همکاران، ۲۰۲۰ (۲۵)	✓	✓	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	۷
مارتین و همکاران، ۲۰۱۴ (۲۶)	x	✓	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	۶
کانگر و همکاران، ۲۰۲۱ (۲۷)	x	✓	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	۶
اسمیت و همکاران، ۲۰۱۹ (۲۸)	x	✓	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	۶
تاتلیچی و چاکماچی، ۲۰۱۹ (۲۹)	✓	✓	x	✓	x	✓	x	✓	✓	۶
باومن، ۲۰۲۱ (۳۰)	x	✓	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	۶

فرا تحلیل

فرا تحلیل حاضر برای تعیین تأثیر مصرف حاد مکمل آب چغندر بر شاخص‌های عملکرد بی‌هوازی در افراد تمرین‌کرده انجام شد. برای این منظور، SMD^۲ برای متغیرهای توان بیشینه، توان کمینه، میانگین توان و شاخص خستگی و فاصله اطمینان ۹۵ درصد (CI^۳) با استفاده از مدل اثر تصادفی Random محاسبه شد. برای تعیین ناهمگونی (نبود تجانس) مطالعات، از آزمون I^۲ استفاده شد که مقدار ناهمگونی طبق دستورالعمل کاکرین به شرح زیر کمتر از ۲۵٪=ناهمگونی خفیف، ۲۵-۵۰٪=ناهمگونی کم، ۵۰-۷۵٪=ناهمگونی متوسط و بیشتر از ۷۵٪=ناهمگونی زیاد، تفسیر شد (۳۶-۳۸). در صورت وجود

۱. Pedro

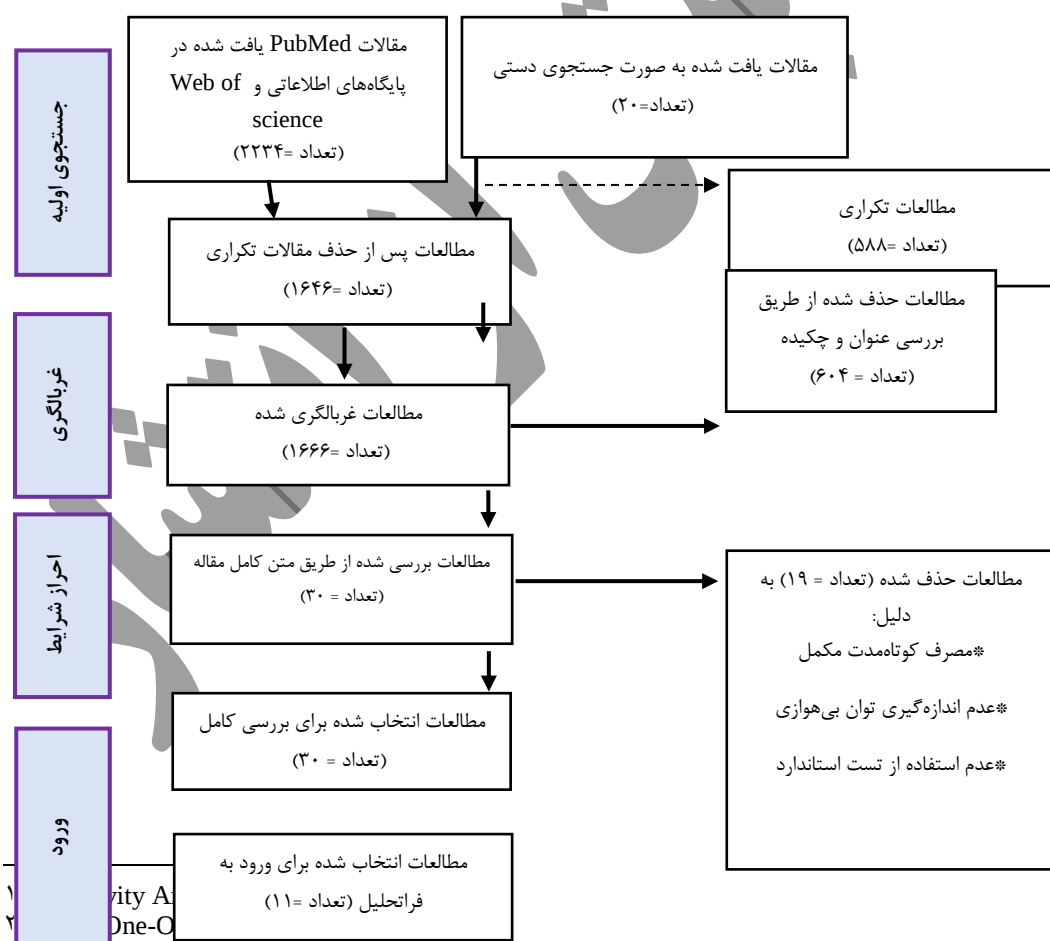
۲. Standardized Mean Differences

۳. Confidence Interval

ناهمگونی، تحلیل حساسیت^۱ از طریق روش خارج کردن یک به یک مطالعات^۲ با لحاظ کردن I^2 کمتر از ۵۰ به عنوان ملاک انجام شد (۳۷، ۳۹، ۴۰). همچنین با استفاده از تفسیر بصری فونل پلات، سوگیری انتشار بررسی شد و در صورت مشاهده سوگیری، تست Egger به عنوان یک تست تعیین کننده ثانویه استفاده شد که در آن $p=0/1$ به عنوان وجود سوگیری انتشار معنادار در نظر گرفته شد (۴۱). تحلیل زیرگروه براساس آخرین دوز مصرفی قبل از شروع تمرین ورزشی (۳ ساعت یا کمتر از آن) و آزمون وینگیت (استفاده یا استفاده نکردن از آن) انجام شد. آزمون های آماری با استفاده از نرم افزار CMA نسخه دو به کار رفت.

نتایج

براساس جستجو در پایگاه های اطلاعات علمی تا سپتامبر ۲۰۲۴، ۲۲۶۲ مقاله یافت شد. پس از حذف مقالات تکراری (۵۸۸ مقاله) و جستجو به صورت دستی (۲۰ مقاله) ۱۶۶۶ مقاله برای غربالگری اولیه باقی ماند. پس از بررسی عناوین و چکیده مقالات و حذف مقالات (۶۰۴ مقاله)، در نهایت ۳۰ مقاله برای ارزیابی متن کامل انتخاب شد که پس از بررسی متن کامل مقالات، ۱۹ مقاله از مطالعه حاضر به دلایل مصرف کوتاه مدت مکمل، اندازه گیری نشدن توان بی هوازی و استفاده نشدن از تست استاندارد خارج شد. در نهایت، ۱۱ مطالعه وارد فراتحلیل حاضر شد (شکل ۱).



شکل ۱- نمودار جریان PRISMA

Figure 1- PRISMA flowchart

ویژگی آزمودنی‌ها

تعداد ۱۴۰ شرکت‌کننده (۴۲ زن و ۹۸ مرد) وارد مطالعه فراتحلیل حاضر شد که همه شرکت‌کنندگان بزرگسالان جوان سالم ورزشکار یا تمرین‌کرده بودند. میانگین سنی شرکت‌کنندگان ۲۰/۳ الی ۳۰/۸۶ و میانگین BMI آن‌ها ۲۰/۴۱ الی ۲۴/۲۱ بود. تعداد شرکت‌کننده‌های هر مطالعه حداقل ۸ و حداکثر ۱۶ نفر بود (جدول ۱).

ویژگی مصرف مکمل و دارونما

ویژگی مکمل: تعداد ۱۱ مطالعه وارد فراتحلیل حاضر شد. در این میان، حسن‌پور و همکاران علاوه بر دوز ۷۰ میلی‌لیتر دوز ۱۴۰ میلی‌لیتر از آب چغندر (۲)، هاشمی‌فرد و همکاران، دوز ۱۰۰ میلی‌لیتر آب چغندر (۱۳) و کانگر و همکاران یک دوز پودر آب چغندر را (۲۷) بررسی کردند. هفت تحقیق، دوز ۷۰ میلی‌لیتر آب چغندر را بررسی کردند (۲۸، ۲۶-۲۲، ۲). تاتلیچی و چاکماچی، مکمل آب چغندر را به صورت ۲ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن (۲۹) و باومن، آب چغندر به میزان ۳۵۵-۲۳۵ میلی‌لیتر را (۳۰) بررسی کردند.

ویژگی دارونما: در فراتحلیل حاضر، حسن‌پور و همکاران از ۷۰ میلی‌لیتر رنگ خوراکی به همراه شکر (۲)، هاشمی‌فرد و همکاران از ۱۰۰ میلی‌لیتر زغال اخته (۶۰ میلی‌لیتر آب و ۴۰ میلی‌لیتر زغال اخته) (۱۳)، کوئکا و همکاران و جودرا و همکاران از ۷۰ میلی‌لیتر نوشیدنی فاقد نیترات (حاوی ۰/۰۴ نیترات) (۲۵، ۲۲)، دومینگز و همکاران از حل کردن ۱ گرم پودر BJ در یک لیتر آب معدنی و اضافه کردن آب لیمو برای تقلید از طعم تجاری مکمل (۲۳)، دومار و همکاران از ۷۰ میلی‌لیتر آب توت سیاه (۲۴)، مارتین و همکاران از ۷۰ میلی‌لیتر آب چغندر فاقد نیترات با عبور از رزین تبادل یونی (۲۶)، کانگر و همکاران از ترکیبی از آب گیلان، سیب و زغال اخته (حاوی ۰/۹۸ میلی‌گرم نیترات در هر دوز) (۲۷)، اسمیت و همکاران از آب چغندر فاقد نیترات (حاوی ۰/۰۴ میلی‌مول نیترات در ۷۰ میلی‌لیتر) (۲۸)، تاتلیچی و چاکماچی از آب گیلان به همراه آب لیمو (۲۹) و باومن از آب توت سیاه (۳۰) به عنوان دارونما استفاده کردند.

ویژگی آخرین دوز مصرفی مکمل: در فراتحلیل حاضر، ۵ مطالعه در زمان سه ساعت قبل از پروتکل آزمایشی (۲۸، ۲۷، ۲۵، ۲۳، ۲۲) و ۳ مطالعه دو ساعت قبل از پروتکل آزمایشی (۲۶، ۲۴، ۲) دوز مصرفی مکمل را بررسی کردند. همچنین هاشمی‌فرد و همکاران، ۱/۵ ساعت قبل از پروتکل آزمایشی (۱۳)، تاتلیچی و چاکماچی، ۲/۵ ساعت قبل از پروتکل آزمایشی (۲۹) و باومن، ۲/۵ الی ۳ ساعت قبل از پروتکل آزمایشی (۳۰)، دوز مصرفی مکمل را بررسی کردند.

ویژگی پروتکل تمرین: در فراتحلیل حاضر، ۷ مطالعه از آزمون وینگیت (۳۰، ۲۹، ۲۷، ۲۵-۲۲) و ۲ مطالعه از آزمون RAST (۱۳، ۲) برای سنجش توان بی‌هوازی استفاده کردند. علاوه بر این، مارتین و همکاران از تست سرعت متناوب با شدت بالا شامل سرعت‌های تکراری ۸ ثانیه با ریکاوری ۳۰ ثانیه بر روی چرخ کارسنج (۲۶) و اسمیت و همکاران از چرخ ارگومتر IST (تست سرعت متناوب) شامل ۲۰ سرعت ۶ ثانیه‌ای حداکثر با ۱۱۴ ثانیه ریکاوری فعال (۲۸) برای سنجش توان بی‌هوازی استفاده کردند.

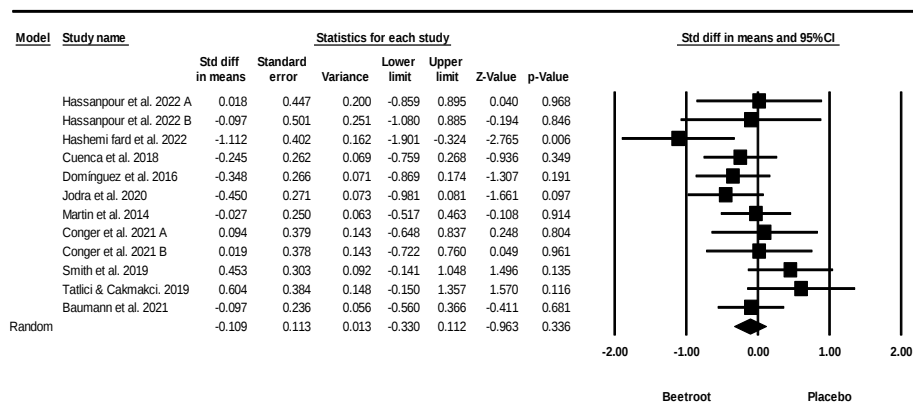
نتایج فراتحلیل

توان بیشینه

تجزیه و تحلیل داده‌های ۱۲ مطالعه نشان داد که مصرف مکمل آب چغندر قرمز سبب افزایش معنادار توان بیشینه [SMD=-۰/۱۰۹ (۰/۱۱ الی -۰/۳۳)، P=۰/۳۳] در افراد ورزشکار نمی‌شود (شکل ۲). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادار نیست ($I^2=۳۲/۷۰۳$ ، P=۰/۱۲). نتیجه آزمون سوگیری انتشار ایگر (Egger) نشان-دهنده نبود سوگیری انتشار معنادار برای تأثیر مصرف مکمل آب چغندر قرمز بر توان بیشینه بود (P=۰/۷۵).

نتایج تحلیل زیرگروه ۶ مطالعه براساس آخرین دوز مصرفی نشان داد که مصرف مکمل آب چغندر قرمز سه ساعت قبل از ورزش سبب افزایش معنادار توان بیشینه [SMD=-۰/۱۲۱ (۰/۱۵ الی -۰/۳۹)، P=۰/۳۸] در افراد ورزشکار نمی‌شود (شکل ۲). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادار نیست ($I^2=۲۲/۶۸۴$ ، P=۰/۲۶). به علاوه، نتایج تحلیل زیرگروه ۶ مطالعه براساس آخرین دوز مصرفی نشان داد که مصرف مکمل آب چغندر قرمز ۱/۵، ۲ یا ۲/۵ ساعت قبل از ورزش سبب افزایش معنادار توان بیشینه [SMD=-۰/۱۰۷ (۰/۲۸ الی -۰/۴۹)، P=۰/۵۹] در افراد تمرین کرده و ورزشکار نمی‌شود (شکل ۲). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادار نیست ($I^2=۴۹/۱۵۵$ ، P=۰/۰۸).

نتایج تحلیل زیرگروه ۷ مطالعه براساس آزمون وینگیت نشان داد که استفاده از آزمون وینگیت سبب افزایش معنادار توان بیشینه [SMD=-۰/۱۳۸ (۰/۰۸ الی -۰/۳۶)، P=۰/۲۳] در افراد ورزشکار نمی‌شود (شکل ۲). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادار نیست ($I^2=۶/۴۳۳$ ، P=۰/۳۷). به علاوه نتایج تحلیل زیرگروه ۵ مطالعه براساس استفاده نشدن از آزمون وینگیت نشان داد که استفاده نشدن از آزمون وینگیت سبب افزایش معنادار توان بیشینه [SMD=-۰/۱۲۰ (۰/۳۷ الی -۰/۶۱)، P=۰/۶۳] در افراد تمرین کرده و ورزشکار نمی‌شود (شکل ۲). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادار است ($I^2=۵۹/۰۲۹$ ، P=۰/۰۴).



شکل

۲- نمودار فارست پلات (Forrest plot). تأثیر مصرف مکمل آب چغندر قرمز بر توان بیشینه در افراد تمرین کرده و ورزشکار

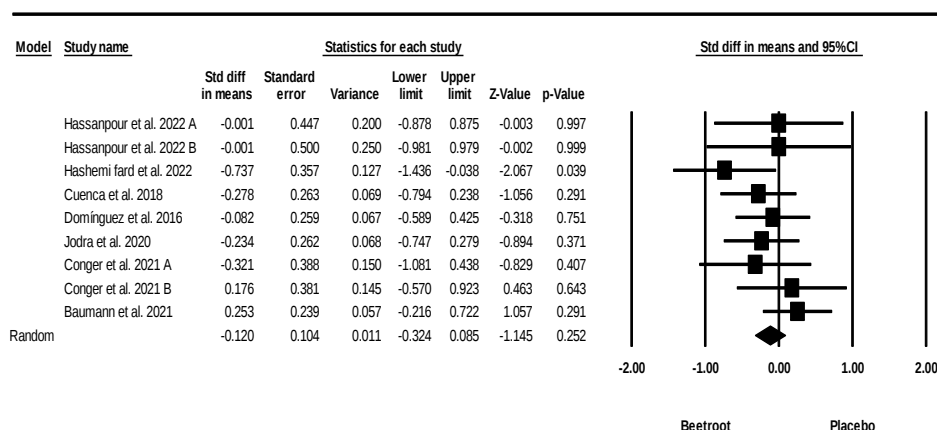
Figure ۲- Forrest plot diagram. The effect of red beet juice supplement consumption on maximal strength in trained people and athletes

توان کمینه

تجزیه و تحلیل داده‌های ۹ مطالعه نشان داد که مصرف مکمل آب چغندر قرمز سبب افزایش معنادار توان کمینه [$P=0/۲۵$ ، $SMD=-0/۳۲$ (الی $0/۰۸$) تا $0/۱۲۰$] در افراد تمرین کرده و ورزشکار نمی‌شود (شکل ۲). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادار نیست ($P=0/۵۳$ ، $I^2=0/۰۱$). نتیجه آزمون سوگیری انتشار ایگر (Egger) نشان‌دهنده نبود سوگیری انتشار معنادار برای تأثیر مصرف مکمل آب چغندر قرمز بر توان کمینه بود ($P=0/۶۷$).

نتایج تحلیل زیرگروه ۵ مطالعه براساس آخرین دوز مصرفی نشان داد که مصرف مکمل آب چغندر قرمز سه ساعت قبل از ورزش سبب افزایش معنادار توان کمینه [$P=0/۲۰$ ، $SMD=-0/۱۶۷$ (الی $0/۰۹$) تا $0/۴۲$] در افراد تمرین کرده و ورزشکار نمی‌شود (شکل ۳). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادار نیست ($P=0/۸۵$ ، $I^2=0/۰۰$). به‌علاوه نتایج تحلیل زیرگروه ۴ مطالعه براساس آخرین دوز مصرفی نشان داد که مصرف مکمل آب چغندر قرمز ۱/۵، ۲ یا ۲/۵ ساعت قبل از ورزش سبب افزایش معنادار توان کمینه [$P=0/۶۹$ ، $SMD=-0/۳۸۳$ (الی $0/۲۹$) تا $0/۵۷$] در افراد تمرین کرده و ورزشکار نمی‌شود (شکل ۲). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادار نیست ($P=0/۱۴$ ، $I^2=۴۳/۷۶۰$).

نتایج تحلیل زیرگروه ۶ مطالعه براساس آزمون وینگیت نشان داد که استفاده از آزمون وینگیت سبب افزایش معنادار توان کمینه [$P=0/۵۵$ ، $SMD=-0/۰۶۹$ (الی $0/۱۵$) تا $0/۲۹$] در افراد تمرین کرده و ورزشکار نمی‌شود. با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادار نیست ($P=0/۵۹$ ، $I^2=0/۰۰$). به‌علاوه نتایج تحلیل زیرگروه ۳ مطالعه براساس استفاده نشدن از آزمون وینگیت نشان داد که استفاده نشدن از آزمون وینگیت سبب افزایش معنادار توان کمینه [$P=0/۲۰$ ، $SMD=-0/۳۳۱$ (الی $0/۱۸$) تا $0/۸۴$] در افراد تمرین کرده و ورزشکار نمی‌شود. با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادار نیست ($P=0/۳۲$ ، $I^2=۱۲/۰۳۱$).



Meta Analysis

شکل ۳- نمودار فارست پلات (Forrest plot). تأثیر مصرف مکمل آب چغندر قرمز بر توان کمینه در افراد تمرین کرده و ورزشکار

Figure ۳- Forrest plot diagram. The effect of red beet juice supplement consumption on minimum power in trained people and athletes

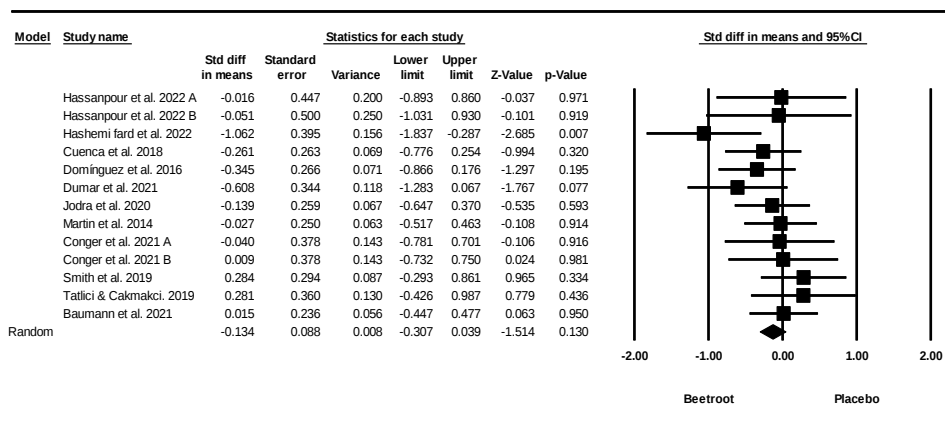
میانگین توان بی‌هوازی

تجزیه و تحلیل داده‌های ۱۳ مطالعه نشان داد که مصرف مکمل آب چغندر قرمز سبب افزایش معنادار میانگین توان بی‌هوازی [$SMD = -0.134$ (الی -0.30 الی 0.03), $P = 0.13$] در افراد تمرین کرده و ورزشکار نمی‌شود (شکل ۲). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادار نیست ($I^2 = 3.922$, $P = 0.40$). نتیجه آزمون سوگیری انتشار ایگر (Egger) نشان‌دهنده نبود سوگیری انتشار معنادار برای تأثیر مصرف مکمل آب چغندر قرمز بر میانگین توان بی‌هوازی بود ($P = 0.66$).

نتایج تحلیل زیرگروه ۶ مطالعه براساس آخرین دوز مصرفی نشان داد که مصرف مکمل آب چغندر قرمز سه ساعت قبل از ورزش سبب افزایش معنادار میانگین توان بی‌هوازی [$SMD = -0.111$ (الی -0.34 الی 0.12), $P = 0.35$] در افراد تمرین کرده و ورزشکار نمی‌شود (شکل ۳). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادار نیست ($I^2 = 0.0$, $P = 0.69$). به‌علاوه نتایج تحلیل زیرگروه ۷ مطالعه براساس آخرین دوز مصرفی نشان داد که مصرف مکمل آب چغندر قرمز ۱/۵ یا ۲/۵ ساعت قبل از ورزش سبب افزایش معنادار میانگین توان بی‌هوازی [$SMD = -0.182$ (الی -0.49 الی 0.13), $P = 0.25$] در افراد تمرین کرده و ورزشکار نمی‌شود (شکل ۲). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادار نیست ($I^2 = 35.995$, $P = 0.15$).

نتایج تحلیل زیرگروه ۸ مطالعه براساس آزمون وینگیت نشان داد که استفاده از آزمون وینگیت سبب افزایش معنادار میانگین توان بی‌هوازی [$SMD = -0.149$ (الی -0.35 الی 0.05), $P = 0.15$] در افراد تمرین کرده و ورزشکار نمی‌شود. با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادار نیست ($I^2 = 0.001$, $P = 0.70$). به‌علاوه نتایج تحلیل زیرگروه ۵ مطالعه براساس استفاده نشدن از آزمون وینگیت نشان داد که استفاده نشدن از آزمون وینگیت سبب افزایش

معدنار میانگین توان بی‌هوازی [$P=0/52$, $SMD=-0/141$ (الی $0/29$)] در افراد تمرین کرده و ورزشکار نمی‌شود. با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معدنار نیست ($P=0/10$, $I^2=48/371$).



شکل ۴- نمودار فارست پلات (Forrest plot). تأثیر مصرف مکمل آب چغندر قرمز بر میانگین توان بی‌هوازی در افراد تمرین کرده و ورزشکار

Figure ۴- Forrest plot diagram. The effect of red beet juice supplement consumption on average anaerobic power in trained and athletic people

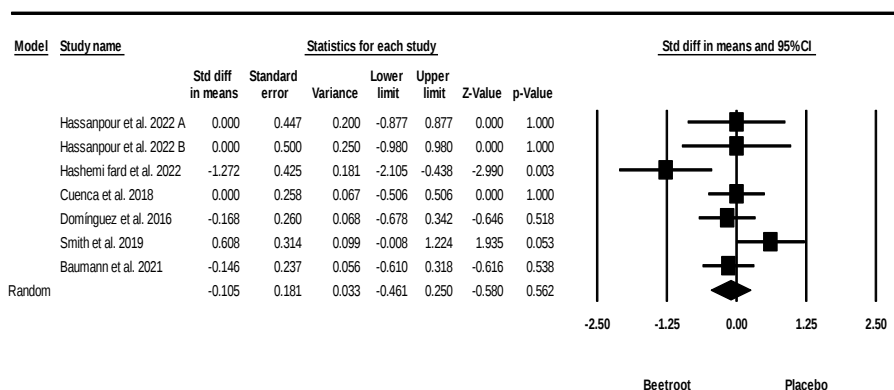
شاخص خستگی (FI)

تجزیه و تحلیل داده‌های ۷ مطالعه نشان داد که مصرف مکمل آب چغندر قرمز سبب تغییر معدنار شاخص خستگی [$P=0/56$, $SMD=-0/105$ (الی $0/25$)] در افراد تمرین کرده و ورزشکار نمی‌شود (شکل ۲). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معدنار است ($P=0/04$, $I^2=53/807$). نتیجه آزمون سوگیری انتشار ایگر (Egger) نشان‌دهنده نبود سوگیری انتشار معدنار برای تأثیر مصرف مکمل آب چغندر قرمز بر شاخص خستگی بود ($P=0/64$).

نتایج تحلیل زیرگروه ۳ مطالعه براساس آخرین دوز مصرفی نشان داد که مصرف مکمل آب چغندر قرمز سه ساعت قبل از ورزش سبب تغییر معدنار شاخص خستگی [$P=0/59$, $SMD=-0/116$ (الی $0/54$)] در افراد تمرین کرده و ورزشکار نمی‌شود (شکل ۳). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معدنار نیست ($P=0/14$). به‌علاوه نتایج تحلیل زیرگروه ۴ مطالعه براساس آخرین دوز مصرفی نشان داد که مصرف مکمل آب چغندر قرمز ۱/۵ یا ۲/۵ ساعت قبل از ورزش سبب تغییر معدنار شاخص خستگی [$P=0/22$, $SMD=-0/346$ (الی $0/90$)] در افراد تمرین کرده و ورزشکار نمی‌شود (شکل ۲). با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معدنار نیست ($P=0/09$, $I^2=53/501$).

نتایج تحلیل زیرگروه ۳ مطالعه براساس آزمون وینگیت نشان داد که استفاده از آزمون وینگیت سبب تغییر معدنار شاخص خستگی [$P=0/46$, $SMD=-0/107$ (الی $0/17$)] در افراد تمرین کرده و ورزشکار نمی‌شود. با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معدنار نیست ($P=0/88$, $I^2=0/001$). به‌علاوه نتایج تحلیل زیرگروه ۴ مطالعه

براساس استفاده نشدن از آزمون وینگیت نشان داد که استفاده نشدن از آزمون وینگیت سبب تغییر معنادار شاخص خستگی [$P=0.73$, $(-0.98$ الی $0.146)$ SMD= -0.146] در افراد تمرین کرده و ورزشکار نمی‌شود. با استفاده از آزمون I^2 ناهمگونی بررسی شد و نتایج نشان داد که ناهمگونی معنادار است ($P=0.05$, $I^2=76.289$).



شکل ۵- نمودار فارست پلات (Forrest plot). تأثیر مصرف مکمل آب چغندر قرمز بر شاخص خستگی در افراد تمرین کرده و ورزشکار

Figure ۵- Forrest plot diagram. The effect of red beet juice supplement consumption on fatigue index in trained people and athletes

بحث و نتیجه گیری

هدف مرور نظام‌مند و فراتحلیل حاضر، تعیین تأثیر مصرف حاد مکمل آب چغندر بر شاخص‌های عملکرد بی‌هوازی در افراد تمرین کرده بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تغییرات درخوردتوجهی در شاخص‌های عملکرد بی‌هوازی تحت تأثیر مداخله مکمل آب چغندر قرمز به صورت حاد و تک جلسه‌ای رخ نمی‌دهد؛ به تعبیری یافته‌های حاضر نشانگر نبود تغییر معنادار توان بیشینه، توان کمینه، میانگین توان بی‌هوازی و شاخص خستگی در افراد تمرین کرده و ورزشکار است و تفاوت در شاخص‌های ذکرشده با مصرف آب چغندر به صورت حاد به معناداری آماری نرسید. افزون بر این، تجزیه و تحلیل براساس دو زیرگروه آخرین دوز مصرفی و آزمون وینگیت نیز، نشان داد که مکمل آب چغندر قرمز به شکل حاد، به هیچ پیشرفتی در شاخص‌های توان بی‌هوازی منجر نمی‌شود.

اثبات شده است، ورزشکارانی که به صورت بی‌هوازی تمرین کرده‌اند، در معیارهای عملکردی نسبت به ورزشکارانی که به روش هوازی تمرین کرده‌اند، متفاوت هستند و با توجه به اهمیت بهبود عملکرد حتی به صورت جزئی برای ورزشکارانی که در ورزش‌های با قدرت بالا رقابت می‌کنند، یک محصول نیترات (NO^3) ایمن و با دسترسی راحت مانند چغندر/آب چغندر می‌تواند عنصر مطلوبی برای گنجاندن در رژیم قبل از مسابقه باشد (۲۷). آب ریشه چغندر (BRJ) به عنوان یک ماده طبیعی مشتق شده از گیاه بتا و لگاریس، به دلیل قابلیت فراهمی^۱ زیستی و غلظت زیاد نیترات معدنی خود شناخته شده و نقطه

۱. Bioavailability

کانونی مقالات و مطالعات اخیر در مورد مکمل‌ها با توجه به اثرات بالقوه ارگوژنیک آن بوده است (۳۰). در راستای این خط سیر تحقیقاتی، حسن‌پور و همکاران، تأثیر دوزهای مختلف مصرف حاد مکمل آب چغندر بر عملکرد بی‌هوازی در افراد تمرین‌کرده را بررسی کردند و پژوهش آن‌ها منتج به این شد که دوزهای ۷۰ و ۱۴۰ میلی‌لیتر از آب چغندر به شکل حاد، بر توان بیشینه، توان کمینه، میانگین توان و شاخص خستگی در افراد تمرین‌کرده مؤثر نیست (۲)؛ بنابراین یافته تحقیق آن‌ها با نتایج پژوهش حاضر همسوست. در همین راستا، فراتحلیل وانگ^۱ و همکاران با هدف تأثیر مصرف چغندر بر تمرینات تناوبی با شدت بالا، منتج به این شد که مکمل چغندر هیچ بهبود درخورتوجهی در حداکثر یا میانگین توان خروجی در طول تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) یا تمرین تناوبی سرعتی (SIT) ارائه نمی‌کند. در فراتحلیلی دیگر، هون^۲ و همکاران تأثیر مکمل نیترات بر عملکرد ورزشی در افراد سالم را بررسی کردند و نشان دادند که با مصرف مکمل‌های مبتنی بر نیترات، ممکن است مزایای کمی برای عملکرد حاصل شود (۴۲). در مقابل، ون دی واله و ووکویچ^۳ در فراتحلیل خود نشان دادند که مکمل نیترات، تحمل و کارایی را نسبت به تمرینات افزایشی ثابت و حداکثر با شدت بالا، افزایش می‌دهد که ممکن است عملکرد ورزشی را افزایش دهد [اندازه اثر ۰/۲۸ (۹۵٪ فاصله اطمینان (CI): ۰/۰۸-۰/۴۷؛ $P=0/006$] (۱۱). با وجود اینکه فراتحلیل حاضر در امتداد تحقیقاتی است که در این حوزه موضوعی انجام شده است و در تأیید یافته‌های پیشین است و از آن‌ها پشتیبانی می‌کند، تأثیر مصرف مکمل آب چغندر به‌طور انحصاری به شکل حاد در افراد تمرین‌کرده و ورزشکار در فراتحلیل‌های پیشین بررسی نشده است و از این منظر نوآورانه است. همچنین از آنجاکه شواهد متناقض درخصوص مصرف حاد مکمل آب چغندر به شکل حاد در ادبیات تحقیق مجادله‌آمیز است، تفسیر داده‌های این قلمرو در پژوهش حاضر با عمق بیشتری بررسی شده است. از دیدگاه تئوریک، نشان داده شده است که BRJ منبع فراوانی از NO^{3-} در رژیم غذایی غیرآلی است (۲۴). پس از مصرف، NO^{3-} توسط میکروبیوتای دهان به نیتريت NO^{2-} کاهش می‌یابد و بعد از آن در گردش خون سیستمیک افزایش می‌یابد. سپس NO^{2-} در گردش باعث تولید اکسید نیتريك بیواکتیو (NO) می‌شود که نشان داده شده است باعث افزایش اتساع عروق، بهبود جریان خون، افزایش سنتز ATP و افزایش کلیرانس لاکتات می‌شود (۲۴). همچنین انواع آنزیم‌ها و پروتئین‌ها از جمله دئوکسی هموگلوبین، کاهش نیتريت را در خون و سایر بافت‌ها کاتالیز می‌کنند (۱۴). همان‌طور که گفته شد، تولید NO در محیط‌های با pH پایین و اکسیژن کم، مشابه شرایط هیپوکسی که در ماهیچه‌های اسکلتی در طول تمرینات با شدت بالا رخ می‌دهد، تسهیل می‌شود (۱۴). به‌طور کلی، مطالعات موجود در فراتحلیل نشانگر تناقض در یافته‌ها هستند؛ به ترتیبی که از ۱۱ مطالعه موجود، ۶ مطالعه با مصرف حاد آب چغندر بر افزایش عملکرد بی‌هوازی به تأثیر معنادار نرسیدند (۳۰-۲۶، ۲) و ۵ مطالعه به تأثیر معنادار دست یافتند (۲۵-۲۲)؛ بنابراین، در حال حاضر در رابطه با تأثیر یا نبود تأثیر مکمل آب چغندر بر عملکرد بی‌هوازی، شناخت نسبی وجود دارد. تفاوت در موارد وضعیت تمرینی شرکت‌کنندگان، جنسیت شرکت‌کنندگان، مقدار مصرفی مکمل آب چغندر قرمز، نوع آزمون برای سنجش توان بی‌هوازی، به نظر می‌رسد توجیهی برای ناهمسویی میان مطالعات است. به طور ریزبینانه‌تر، حسن‌پور و همکاران (۲) و هاشمی‌فرد و همکاران (۱۳) از آزمون RAST برای سنجش توان بی‌هوازی زنان جوان استفاده کردند. در پژوهش آنان به ترتیب دوزهای ۱۴۰/۷۰ و ۱۰۰ میلی‌لیتر از آب چغندر بررسی شد و با اینکه پژوهش اول از

۱. Wong

۲. Hoon

۳. Van De Walle & Vukovich

مقادیر بیشتر استفاده کرد، یافته‌ها نتوانست اندازه اثر را به معناداری آماری برساند؛ با وجود این، نبود همسویی در نتایج تحقیق آن‌ها را شاید بتوان به وضعیت تمرینی شرکت‌کنندگان نسبت داد؛ چراکه حسن‌پور و همکاران، افراد تمرین کرده و فعال را به‌عنوان شرکت‌کننده و هاشمی‌فرد و همکاران، ورزشکاران کاراته‌کا در سطح باشگاهی را برای پژوهش خود انتخاب کردند (۱۳، ۲) و به نظر می‌رسد، ۱۴۰ میلی‌لیتر از مصرف حاد آب چغندر قرمز برای افراد تمرین کرده و فعال مقداری ناکافی است. علاوه بر این، نتایج تحقیق حسن‌پور و همکاران با نتایج تحقیقات اسمیت و همکاران (۲۸) و مارتین و همکاران (۲۶) همخوان است. ازجمله دلایل همسویی می‌توان به مصرف حاد دوز ۷۰ میلی‌لیتر از آب چغندر اشاره کرد؛ به‌طوری‌که هر سه محقق از دوز مطلوب حداقلی استفاده کردند؛ بنابراین براساس این شواهد می‌توان بیان کرد که ۷۰ میلی‌لیتر آب چغندر به شکل حاد برای افراد تمرین کرده و فعال، آموزش‌دیده تفریحی و ورزشکاران ورزش‌های تیمی، مکفی نیست و نمی‌تواند تفاوت معناداری به لحاظ آماری ایجاد کند. در این راستا، تحقیقات قبلی نیز نشان داده‌اند، ورزشکارانی که به خوبی تمرین کرده‌اند، افزایش کمتری در NO_2^- پلاسما و مزایای عملکردی کمتری را تجربه می‌کنند (۴۳)؛ بنابراین مطالعه حاضر با گزارش‌های قبلی مطابقت دارد که نشان می‌دهند آب چغندر ممکن است در ورزشکارانی که به خوبی تمرین کرده‌اند، کمتر مؤثر باشد (۴۳، ۳۰، ۲۷، ۲). از آنجاکه ورزشکاران آموزش‌دیده سطوح پایه نیتريت و نترات پلاسما بالاتری دارند، پیشنهاد شده است که دوز بیشتری برای ایجاد اثرات ارگوژنیک نیاز است (۴۲).

در امتداد مطلب، مطالعات حیوانی نشان داده‌اند که NO فعالیت استیل کولین به‌ویژه در واحدهای حرکتی نوع II را افزایش می‌دهد که دیپلاریزاسیون فیبرهای عضلانی را تقویت می‌کند؛ درحالی‌که مکمل BJ باعث افزایش غلظت‌های Ca^{2+} داخل سلولی همراه با کالکسترین ۱ و افزایش گیرنده دی‌هیدروپیریدین در عضلات تند انقباض می‌شود (۲۲). اگرچه این مکانیسم‌ها هنوز در انسان اثبات نشده است، مکمل NO_3^- احتمالاً با القای دیپلاریزاسیون فیبر عضلانی نوع II و افزایش غلظت‌های Ca^{2+} میوپلاسما، تولید نیرو را افزایش می‌دهد و انقباض عضلانی را با افزایش تعداد پل‌های متقابل اکتین-میوزین تسهیل می‌کند (۲۲). این بهبود در تولید نیروی عضلانی در پاسخ به مصرف BRJ به‌عنوان نرخ بالاتر توسعه نیرو^۱ (RFD) از طریق افزایش حداکثر توان خروجی، زمان صرف‌شده برای رسیدن به آن توان خروجی و زمان واکنش سریع‌تر شناسایی شده است (۲۲). همچنین دیگر مطالعات حیوانی نشان داده‌اند که اثر بهبود جریان خون NO برای واحدهای حرکتی نوع II بیشتر از واحدهای حرکتی نوع I است (۲۳). علاوه بر این، همچنین در حیوانات اشاره شده است که بهبود توان تولیدشده در پاسخ به BRJ مختص واحدهای حرکتی نوع II است. این نوع واحد عضلانی ظرفیت تولید توان بیشتری دارد و برای دریافت انرژی از طریق مسیرهای غیراکسیداتیو طراحی شده است. علت آن، ظرفیت بیشتر این واحدها برای ذخیره گلیکوژن و کراتین عضلانی و همچنین پروتئین‌هایی مانند کارنوزین است که اثر بافری در سطح درون سلولی دارند؛ بنابراین مصرف BRJ می‌تواند اثر ارگوژنیک در طول تلاش‌های انفجاری و تلاش‌های با شدت بالا داشته باشد (۲۳). نشان داده شده است که مکمل NO_3^- از طریق BRJ باعث افزایش جریان خون موضعی در عضله فعال، ترجیحاً به فیبرهای سریع انقباض می‌شود. علاوه بر این، مکمل کوتاه‌مدت BRJ هزینه انقباض اکسیژن را کاهش می‌دهد؛ بنابراین کاهش ضربان قلب با BRJ ممکن است به دلیل افزایش جریان خون عضله اسکلتی همراه با کاهش هزینه اکسیژن باشد که به طور مؤثری نیاز

۱. Rate of Force Development

قلبی عروقی را در طول ورزش کاهش می‌دهد. افزایش اتساع عروق در تنظیم برون‌ده قلبی مهم است که تا حد زیادی به اکسیژن رسانی بستگی دارد (۲۴).

اساساً در ورزش‌های با شدت بالا، حتی یک افزایش کوچک در عملکرد می‌تواند تأثیر زیادی بر نتیجه مسابقه داشته باشد. با در نظر گرفتن این موضوع، بسیاری از ورزشکاران تلاش می‌کنند تا عملکرد خود را از طریق مصرف کمک‌های ارگوژنیک تغذیه‌ای افزایش دهند؛ با این حال، اگرچه بسیاری از مکمل‌های تجاری موجود ادعا می‌کنند که عملکرد ورزشی را بهبود می‌بخشند، چنین ادعاهایی همیشه توسط یک پایه محکم از شواهد علمی قوی پشتیبانی نمی‌شوند. برای غلبه بر این ابهام و ارائه توصیه‌های مبتنی بر شواهد برای مکمل‌های غذایی به منظور افزایش عملکرد ورزشی، کمیته بین‌المللی المپیک اخیراً طبقه‌بندی مکمل‌های تغذیه‌ای را براساس شواهد علمی منتشر کرده است تا از اثربخشی ارگوژنیک آن‌ها حمایت کند. یکی از مکمل‌های غذایی که دارای شواهد علمی زیادی برای حمایت از اثر ارگوژنیک طبقه‌بندی شده بود، آب چغندر است (۲۵). علاوه بر این، به خوبی مستند شده است که عضله اسکلتی نوع II و تند انقباض در مقایسه با عضله آهسته انقباض نوع I در هنگام انقباضات، هیپوکسیک و اسیدی‌تر است و عضله نوع II به شدت در طول تمرینات سرعتی متناوب و همه‌جانبه با شدت بالا به کار گرفته می‌شود (۲۵)؛ بنابراین پتانسیل اثر ارگوژنیک به دنبال مکمل‌های NO_3^- در رژیم غذایی ممکن است در طول تمرینات با شدت بالا در کوتاه‌مدت بیشترین باشد؛ همان‌طور که با بهبود سرعت تک سرعتی و/یا عملکرد ورزشی متناوب دوی سرعت مکرر/شدت بالا به دنبال مصرف مکمل NO_3^- پشتیبانی می‌شود (۲۵).

درمجموع، یافته‌های فراتحلیل حاضر بیانگر نبود تأثیر معنادار مصرف حاد مکمل آب چغندر بر عملکرد بی‌هوازی در افراد تمرین‌کرده و ورزشکار است. همچنین از آنجاکه در فراتحلیل دیگر نیز هیچ اثر کلی به نفع مکمل چغندر برای بهبود توان خروجی در طول عملکرد تمرین HIIT/SIT وجود نداشت (۱۴)، لزوم انجام گرفتن تحقیقات بیشتر برای ارائه نتیجه‌گیری قابل‌استنادتر برجسته می‌شود. نظر به اینکه ناهمگونی میان مطالعات فراتحلیل حاضر توسط آزمون I^2 تحلیل شد و این یافته به دست آمد که میان مطالعات درخصوص شاخص‌های توان بیشینه، توان کمینه، میانگین توان بی‌هوازی ناهمگونی وجود ندارد یا به بیانی دیگر، همگونی وجود دارد، اعتماد به تخمین اندازه اثر در فراتحلیل حاضر اثر قوت می‌گیرد و با این تفاسیل می‌توان اذعان کرد که تأثیر مکمل آب چغندر به صورت حاد بر توان بی‌هوازی در افراد تمرین‌کرده نفی می‌شود.

نقاط قوت

چندین نقطه قوت در فراتحلیل حاضر وجود دارد که لازم است به آن پرداخته شود. نخست، مطالعه حاضر برای تعیین تأثیر مصرف مکمل آب چغندر، به‌طور انحصاری به شکل حاد و تک‌جلسه‌ای مکمل را سه ساعت یا کمتر از سه ساعت به‌عنوان آخرین دوز مصرفی بر شاخص‌های عملکرد بی‌هوازی در افراد تمرین‌کرده بررسی کرد. همچنین اکثر قریب به اتفاق مطالعات از آزمون RAST و Wingate به‌عنوان استانداردهای طلایی روا و پایا و به‌عنوان ابزاری مؤثر برای سنجش عملکرد بی‌هوازی انجام شدند (۴۴-۴۶). این موارد همگنی و همسانی مطالعات را بسیار افزایش می‌بخشد. افزون بر این، استراتژی جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی پاب مد، وب آف ساینس، مگیران، سید و گوگل اسکالر، برای مقالات پژوهشی اصیل فارسی و انگلیسی به کار رفت.

محدودیت‌ها

نخست، در فراتحلیل حاضر از ۱۱ مطالعه برای تعیین اندازه اثر استفاده شد. از لحاظ نظری، تنها دو مطالعه برای انجام متاآنالیز نیاز است (۴۲)؛ با این حال، این تعداد کم مشاهدات ممکن است به برآوردهای نادرستی منجر شود که در آن تفسیر

دقیق نتایج ضروری است. دوم اینکه اگرچه هیچ ناهمگونی در خور توجیهی در مطالعات انجام شده برای متاآنالیز مشاهده نشد، برخی از مطالعات از آزمودنی‌ها خواسته بودند که در طول مدت مطالعه از مصرف غذاهای غنی از نیترات خودداری کنند؛ در حالی که بعضی از مطالعات مصرف غذاهای غنی از نیترات را در افراد محدود نکردند (۳۰، ۲۸، ۲۶). با توجه به این نکته، ممکن است محدود کردن مصرف غذاهای غنی از نیترات در رژیم غذایی، نیتريت اولیه پلازما را کاهش دهد و در نتیجه اثرات مشاهده شده در هنگام مصرف مکمل نیترات را افزایش دهد. سوم اینکه تفاوت در حالت، مدت و شدت تمرین، علاوه بر وضعیت تمرین فردی، تفسیر نتایج و ابداع توصیه‌های عملی را به چالش می‌کشد. علاوه بر این، تغییرات در سایر مواد تشکیل دهنده که ممکن است دارای خواص ارگوژنیک متفاوت باشند، یکی از ملاحظات مهم در میان مطالعات است؛ به عنوان مثال، استفاده از یک دوز پودر آب چغندر قرمز مخلوط با آب در قیاس با مصرف چغندر آب‌گیری شده (۲۷). همچنین مطالعات فراتحلیل حاضر دارای حجم نمونه کوچک بودند که تجمیع داده‌ها را برای افزایش قدرت آماری به چالش می‌کشد. در آخر، ناهمگونی آماری بی‌اهمیتی در تجزیه و تحلیل ما مربوط به توان خروجی وجود داشت، اما تنوع در خور توجیهی در سطح رقابتی شرکت کنندگان، پروتکل‌های تمرینی به کار گرفته شده، دوز چغندر، نوع محصولات چغندر، و استراتژی مکمل وجود داشت. این تغییرات مهم در طراحی و روش‌شناسی مطالعه، علاوه بر مجموعه محدود مطالعات، آشکارسازی اثرات را در گروه خاصی از شرکت کنندگان سخت‌تر می‌کند و به طور بالقوه نتیجه‌گیری قطعی از تأثیر چغندر بر عملکرد بی‌هوازی را محدود می‌کند.

در مجموع تحقیق حاضر نشان داد، بهبودی در خور توجیه در توان بیشینه، توان کمینه، میانگین توان بی‌هوازی و شاخص خستگی پس از مصرف مکمل حاد چغندر، در افراد تمرین کرده و ورزشکار وجود ندارد. داده‌های ما نشان می‌دهد که مصرف حاد آب چغندر برای مربیان و ورزشکارانی که قصد استفاده از آن را از منظر توان بی‌هوازی در جلسات ورزشی/تمرینی با آزمون وینگیت و رست دارند، یک کمک‌نیروافزای مؤثر نیست؛ با این حال، این بدان معنی نیست که آب چغندر مزیتی در سایر جنبه‌های استفاده شده ندارد و استراتژی اشتغال باید در ارتباط با نیازهای کلی تمرین و ورزش در نظر گرفته شود. افزون بر این، با توجه به اینکه تا به امروز چغندر منبع اصلی مکمل نیترات برای مطالعات ورزشی باقی مانده است، ما معتقدیم که یافته‌های گزارش شده در مطالعه حاضر ارزشمند هستند. تغییر در پروتکل‌های تمرین، دوز نیترات، نوع محصولات چغندر، استراتژی مکمل‌سازی و مدت زمان آخرین دوز مصرفی ممکن است نتیجه‌گیری قطعی از شواهد را مبنی بر اثر حاد مکمل آب چغندر بر شاخص‌های عملکرد بی‌هوازی در افراد تمرین کرده و ورزشکار محدود کند. انجام تحقیقات بیشتری برای بهینه‌سازی استراتژی مکمل‌سازی، شامل دوز مصرف، زمان مصرف و نوع محصولات چغندر مورد نیاز است.

پیام مقاله

نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که مصرف حاد مکمل آب چغندر نمی‌تواند به عنوان یک راهکار قطعی برای بهبود عملکرد بی‌هوازی در افراد تمرین کرده در نظر گرفته شود؛ از این رو پیشنهاد می‌شود، در صورتی که افراد تمرین کرده متمایل و مشتاق هستند تا از اثرات پرشگفت آب چغندر و خواص دارویی و درمانی آن بهره جویند و همچنین مطابق با بیانیه کمیته بین المللی المپیک، ورزشکاران و مربیان می‌خواهند شاهد تأثیر آن مکمل بر افزایش عملکرد بی‌هوازی و شاخص‌های آن باشند، براساس یافته‌های حاضر به نظر نمی‌رسد که مصرف حاد مکمل برای افراد تمرین کرده مؤثر باشد و احتمالاً باید اشکال کوتاه مدت و مزمن در دوره‌های زمانی طولانی‌تر یا با مقادیر و دوزهای بیشتر را به کار برند.

مشارکت نویسندگان

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

تعارض منافع

مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

تشکر و قدردانی

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

منابع

- Williams TD, Martin MP, Mintz JA, Rogers RR, Ballmann CG. Effect of acute beetroot juice supplementation on bench press power, velocity, and repetition volume. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. ۲۰۲۰;۳۴(۴):۹۲۴-۸.
- Hassanpour N, Ghanbarpour a, Pourvaghar Mj, Khalafi M. The effect of different doses of acute consumption of beet juice supplement on anaerobic performance in trained individual. *Metabolism and Exercise*. ۲۰۲۲;۱۲(۱):۸۹-۱۰۷. (Persian)
- Kreider RB, Wilborn CD, Taylor L, Campbell B, Almada AL, Collins R, et al. ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. ۲۰۱۰;۷(۱):۷.
- Abdo E, El-Sohaimy S, Shaltout O, Abdalla A, Zeitoun A. Nutritional evaluation of beetroots (*Beta vulgaris* L.) and its potential application in a functional beverage. *Plants*. ۲۰۲۰;۹(۱۲):۱۷۵۲.
- Kazeminasab F, Sabaghian F. The combined effect of aerobic exercise and plant-based diet on body composition in adults with overweight and obesity: a meta-analysis systematic review. *Journal of Guilan University of Medical Sciences*. ۲۰۲۴;۳۳(۲):۱۶۰-۱۷۵. (Persian)
- Kazeminasab F, Mahboobi MH, Azali Alamdari K. The combined effect of aerobic exercise and vegetarian diet on blood pressure in adults with overweight and obesity: a meta-analysis systematic review. *Research in Sport Medicine and Technology*. ۲۰۲۴;۲۲(۲۷):۲۴۰-۲۷۴. (Persian)
- Kale R, Sawate A, Kshirsagar R, Patil B, Mane R. Studies on evaluation of physical and chemical composition of beetroot (*Beta vulgaris* L.). *International Journal of Chemical Studies*. ۲۰۱۸;۶(۲):۲۹۷۷-۹.
- Tan ML, Hamid SBS. Beetroot as a potential functional food for cancer chemoprevention, a narrative review. *Journal of Cancer Prevention*. ۲۰۲۱;۲۶(۱):۱.
- Ashworth A, Cutler C, Farnham G, Liddle L, Burleigh M, Rodiles A, et al. Dietary intake of inorganic nitrate in vegetarians and omnivores and its impact on blood pressure, resting metabolic rate and the oral microbiome. *Free Radical Biology and Medicine*. ۲۰۱۹;۱۳۸:۶۳-۷۲.
- Jones AM, Thompson C, Wylie LJ, Vanhatalo A. Dietary nitrate and physical performance. *Annual Review of Nutrition*. ۲۰۱۸;۳۸:۳۰۳-۲۸.
- Van De Walle GP, Vukovich MD. The effect of nitrate supplementation on exercise tolerance and performance: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. ۲۰۱۸;۳۲(۶):۱۷۹۶-۸۰۸.
- Domínguez R, Cuenca E, Maté-Muñoz JL, García-Fernández P, Serra-Paya N, Estevan MCL, et al. Effects of beetroot juice supplementation on cardiorespiratory endurance in athletes. A systematic review. *Nutrients*. ۲۰۱۷;۹(۱):۴۳.

۱۳. Hashemi Fard ES, Ebrahimi M. The effect of acute consumption of red beet juice on aerobic and anaerobic power of amateur karate girls. *Journal of Sport and Exercise Physiology*. ۲۰۲۲;۱۵(۳):۱۰۲-۱۱. (Persian)
۱۴. Wong TH, Sim A, Burns SF. The effect of beetroot ingestion on high-intensity interval training: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*. ۲۰۲۱;۱۳(۱۱):۳۶۷۴.
۱۵. Afrisham R, Farrokhi V, Ghanavati M, Asbaghi O, Mohammadi S, Mohammadian M, et al. The effects of beetroot and nitrate supplementation on body composition: a GRADE-assessed systematic review and meta-analysis. *British Journal of Nutrition*. ۲۰۲۳;۱۳۰(۸):۱۳۴۳-۵۶.
۱۶. Lara J, Ashor AW, Oggioni C, Ahluwalia A, Mathers JC, Siervo M. Effects of inorganic nitrate and beetroot supplementation on endothelial function: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Nutrition*. ۲۰۱۶;۵۵:۴۵۱-۹.
۱۷. Ormsbee MJ, Lox J, Arciero PJ. Beetroot juice and exercise performance. *Nutrition and Dietary Supplements*. ۲۰۱۳;۱:۲۷-۳۵.
۱۸. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. ۲۰۱۸;۲۸(۲):۱۰۴-۲۵.
۱۹. Hord NG, Tang Y, Bryan NS. Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits. *The American Journal of Clinical Nutrition*. ۲۰۰۹;۹۰(۱):۱-۱۰.
۲۰. Tarsilla M. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions. *Journal of Multidisciplinary Evaluation*. ۲۰۱۰;۶(۱۴):۱۴۲-۸.
۲۱. Moher D, Shamseer L, Clarke M, Ghersi D, Liberati A, Petticrew M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) ۲۰۱۵ statement. *Systematic reviews*. ۲۰۱۵;۴:۱-۹.
۲۲. Cuenca E, Jodra P, Perez-Lopez A, Gonzalez-Rodriguez LG, da Silva SF, Veiga-Herreros P, et al. Effects of beetroot juice supplementation on performance and fatigue in a ۳۰-s all-out sprint exercise: A randomized, double-blind cross-over study. *Nutrients*. ۲۰۱۸;۱۰(۹):۱۲.
۲۳. Domínguez R, Garnacho-Castaño MV, Cuenca E, García-Fernández P, Muñoz-González A, De Jesús F, et al. Effects of beetroot juice supplementation on a ۳۰-s high-intensity inertial cycle ergometer test. *Nutrients*. ۲۰۱۷;۹(۱۲):۱۳۶۰.
۲۴. Dumar AM, Huntington AF, Rogers RR, Kopec TJ, Williams TD, Ballmann CG. Acute Beetroot juice supplementation attenuates morning-associated decrements in supramaximal exercise performance in trained sprinters. *Int J Environ Res Public Health*. ۲۰۲۱;۱۱(۲):۱۸.
۲۵. Jodra P, Dominguez R, Sanchez-Oliver AJ, Veiga-Herreros P, Bailey SJ. Effect of Beetroot juice supplementation on mood, perceived exertion, and performance during a ۳۰-Second Wingate Test. *Int J Sport Physiol Perform*. ۲۰۲۰;۱۵(۲):۲۴۳-۸.
۲۶. Martin K, Smee D, Thompson KG, Rattray B. No improvement of repeated-sprint performance with dietary nitrate. *Int J Sport Physiol Perform*. ۲۰۱۴;۹(۵):۸۴۵-۵۰.
۲۷. Conger SA, Zamzow CM, Darnell ME. Acute beet juice supplementation does not improve ۳۰-or ۶۰-second maximal intensity performance in anaerobically trained athletes. *International Journal of Exercise Science*. ۲۰۲۱;۱۴(۲):۶۰.
۲۸. Smith K, Muggeridge DJ, Easton C, Ross MD. An acute dose of inorganic dietary nitrate does not improve high-intensity, intermittent exercise performance in temperate or hot and humid conditions. *European Journal of Applied Physiology*. ۲۰۱۹;۱۱۹:۷۲۳-۳۳.
۲۹. Tatlici A, Cakmakci O. The effects of acute dietary nitrate supplementation on anaerobic power of elite boxers. *Med Dello Sport*. ۲۰۱۹;۷۲:۲۲۵-۳۳.
۳۰. Baumann K. The effect of acute beetroot juice supplementation on anaerobic power in females. University of Wisconsin-La Crosse; ۲۰۲۱.

۳۱. Kazeminasab F, Baharlooie M, Khalafi M. The impact of exercise on serum levels of leptin and adiponectin in obese children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*. ۲۰۲۲;۲۳(۶):۴۰۹-۲۵. (Persian)
۳۲. Khalafi M, Sakhaei MH, Kazeminasab F, Symonds ME, Rosenkranz SK. The impact of high-intensity interval training on vascular function in adults: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. ۲۰۲۲;۹:۱۰۴۶۵۶۰.
۳۳. De Morton NA. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *Australian Journal of Physiotherapy*. ۲۰۰۹;۵۵(۲):۱۲۹-۳۳.
۳۴. Kazeminasab F, Hasanpour N. Comparison of the effect of low-calorie diet and exercise on leptin and adiponectin in middle-aged and elderly adults with overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis. *Iranian Journal of Diabetes and Metabolism*. ۲۰۲۴;۲۴(۱):۱۵-۳۳.
۳۵. Kazeminasab F, Hasanpour N. The effect of concurrent training on the levels of leptin, adiponectin, and body composition in adults with overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. ۲۰۲۴;۱۱(۱):۲۷۸-۳۰۳.
۳۶. Higgins JP, Thompson SG, Deeks JJ, Altman DG. Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ*. ۲۰۰۳;۳۲۷(۷۴۱۴):۵۵۷-۶۰.
۳۷. Kazeminasab F, Miraghajani M, Khalafi M, Sakhaei MH, Rosenkranz SK, Santos HO. Effects of low-carbohydrate diets, with and without caloric restriction, on inflammatory markers in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *European Journal of Clinical Nutrition*. ۲۰۲۴;۱۰-۱۶.
۳۸. Mogharnasi M, Kazeminasab F, Zafarmand O, Hassanpour N. The effect of aerobic and resistance training on Omentin-۱ and Nesfatin-۱ levels in adults: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Birjand University of Medical Sciences*. ۲۰۲۴;۳۰(۴):۲۹۵-۳۱۵. (Persian)
۳۹. Wen H, Wang L. Reducing effect of aerobic exercise on blood pressure of essential hypertensive patients: a meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. ۲۰۱۷;۹۶(۱۱):e۱۱۵۰.
۴۰. Kazeminasab F, Sharafifard F, Miraghajani M, Behzadnejad N, Rosenkranz SK. The effects of exercise training on insulin resistance in children and adolescents with overweight or obesity: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Endocrinology*. ۲۰۲۳;۱۴:۱۱۷۸۳۷۶.
۴۱. Kazeminasab F, Baharlooie M, Karimi B, Mokhtari K, Rosenkranz SK, Santos HO. Effects of intermittent fasting combined with physical exercise on cardiometabolic outcomes: systematic review and meta-analysis of clinical studies. *Nutrition Reviews*. ۲۰۲۳:nrad۱۵۵.
۴۲. Hoon MW, Johnson NA, Chapman PG, Burke LM. The effect of nitrate supplementation on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. ۲۰۱۳;۲۳(۵):۵۲۲-۳۲.
۴۳. Wilkerson DP, Hayward GM, Bailey SJ, Vanhatalo A, Blackwell JR, Jones AM. Influence of acute dietary nitrate supplementation on ۵۰ mile time trial performance in well-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*. ۲۰۱۲;۱۱۲(۱۲):۴۱۲۷-۳۴.
۴۴. Dotan R, Bar-Or O. Load optimization for the Wingate anaerobic test. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. ۱۹۸۳;۵۱(۳):۴۰۹-۱۷.
۴۵. Singh H. A comparative study of the validity of between Wingate test and running-based anaerobic sprint test (RAST) in young elite football players. *International Journal of Yogic, Human Movement and Sports Sciences*. ۲۰۱۹;۴(۱):۱۰۱۹-۲۳.
۴۶. Carey DG, Richardson MT. Can aerobic and anaerobic power be measured in a ۶۰-second maximal test? *Journal of Sports Science & Medicine*. ۲۰۰۳;۲(۴):۱۵۱.

فایل پس از انتشار