Sport. Physiol, 2025, 17(66): 104-129. DOI: 10.22089/spj.2025.18276.2384

Sport Physiology

Journal hompage: https://spj.ssrc.ac.ir

Review Article

The Effect of High-Intensity Exercise Snacks on Cardiorespiratory Fitness: A Systematic Review

Khalil Ollah Moonikh*[1], Raoof Negaresh[1]

1- Department of Physical Education, Farhangian University, Tehran, Iran

Received: 24-Jul-2025 | Accepted: 16-Sep-2025 | Online Published: 17-Sep-2025

*Corresponding Author: Khalil Ollah Moonikh, E-mail: kh.moonikh@cfu.ac.ir

How to Cite: Moonikh, Kh; Negaresh, R. (2025). The Effect of High-Intensity Exercise Snacks on Cardiorespiratory Fitness: A Systematic Review. *Sport Physiology*, 17(66):104-129. (In Persian). Doi: 10.22089/spj.2025.18276.2384

Extended Abstract

Background and Purpose

Lack of time and limited access to exercise facilities are among the most significant barriers preventing adherence to recommended physical activity guidelines. This challenge is particularly prevalent among working adults and individuals with demanding schedules, resulting in increased sedentary behavior and its associated health consequences. Although time-efficient strategies like high-intensity interval training (HIIT) and sprint interval training (SIT) require less time than traditional continuous training, they often still necessitate dedicated time slots and specific equipment, which can limit their feasibility for some populations.In recent years, the concept of exercise snacks has emerged as an innovative and practical approach to overcoming these barriers. Exercise snacks refer to very brief (typically less than one minute) bouts of vigorous physical activity performed intermittently throughout the day, which can be easily integrated into daily routines by reducing overall time commitment. Given the importance of cardiorespiratory fitness (CRF) as a key predictor of health outcomes, this study aimed to systematically review the impact of high-intensity exercise snacks (particularly sprint-based exercise snacks) on CRF and provide guidance for designing effective exercise snack protocols that can be realistically implemented in the daily lives of insufficiently active individuals.

Materials and Methods

This systematic review was conducted in accordance with PRISMA 2020 guidelines, with the protocol registered in the PROSPERO database (Registration ID: CRD420251081118). A comprehensive search without time restrictions was performed up to June 2025 across multiple databases, including PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar, Magiran, and SID, using relevant MeSH terms and keywords related to sprint exercise snacks and cardiorespiratory fitness. The search strategy was developed in both Persian and English, employing Boolean operators, and conducted independently by two researchers.Included studies focused on human

Copyright: © 2025 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/).

interventions involving brief, dispersed bouts of vigorous exercise with outcomes assessing VO_2max or VO_2peak. Eligible designs encompassed randomized controlled trials (RCTs), experimental, and quasi-experimental studies; systematic reviews and conference abstracts were excluded. Titles and abstracts were independently screened by two researchers, with discrepancies resolved by consensus. Data extraction included sample characteristics, study design, intervention details, outcomes, and key findings. Corresponding authors were contacted as necessary for clarifications. Methodological quality was assessed via the PEDro scale, categorizing studies as poor, moderate, or excellent. Inter-rater reliability for quality assessment was high (ICC = 0.95).

Results

The initial search yielded 1,070 records. After removing duplicates and applying selection criteria, nine studies involving 232 participants were included. These comprised four RCTs, two quasi-experimental studies, one feasibility and proof-of-concept trial, one controlled cohort study, and one additional quasi-experimental study published between 2019 and 2025. Participants included insufficiently active adults and adolescents, inactive young men and women, and adults with overweight or obesity. Intervention durations ranged from 6 to 12 weeks.Exercise snack protocols generally involved brief bouts of stair climbing, Wingate sprints, or high-intensity whole-body exercises, performed three to four days per week throughout the day, at intensities rated above 5 on the Borg scale of perceived exertion. Eight of nine studies reported significant VO_2max or VO_2peak improvements ranging from 4% to 27%; one reported a nonsignificant 2.8% increase. Overall, sprint-based exercise snacks substantially improved CRF with minimal time commitment and high intensity across varied populations. Furthermore, improvements were comparable to or exceeded those from moderate-intensity continuous training (MICT) and traditional SIT.Methodological quality ranged from 2 to 7 points on the PEDro scale, with an average reflecting moderate to good quality (5.7 ± 1.6). Limitations were noted predominantly in blinding of participants and intervention administrators due to exercise trial constraints. Other criteria, including detailed outcome reporting and data retention rates exceeding 85%, were satisfactorily met.

Conclusion

This systematic review demonstrates that sprint-based exercise snacks—comprising three to six very brief bouts (under one minute) per day over 6 to 8 weeks—serve as an effective and practical strategy to improve CRF in various insufficiently active populations. Their time efficiency positions exercise snacks as a promising approach for promoting general health and mitigating the deleterious effects of sedentary lifestyles. However, current research is limited by small samples, protocol heterogeneity, and relatively short intervention durations. Future studies with larger cohorts, longer follow-up, and more diverse populations are required to enhance generalizability. Standardization of exercise snack protocols and investigation into underlying molecular mechanisms and psychological outcomes are critical for establishing exercise snacks as a sustainable public health strategy.

Key Words: Exercise Snacks, Intermittent Physical Activity, Short-Burst Training, VO_2max, Aerobic Capacity

Article Message

Sprint exercise snacks (high-intensity exercise snacks) offer a safe, feasible, and time-efficient means to improve cardiorespiratory fitness and support public health among insufficiently active

individuals constrained by time. These short, vigorous bouts can be readily incorporated into workplace and educational settings, enhancing accessibility and scalability. Evidence indicates exercise intensity critically determines effectiveness. Recommendations include at least a Borg Rating of Perceived Exertion of 5, with a minimum of three daily bouts spaced 1 to 4 hours apart, executed on at least three days weekly. Implementing exercise snacks in this manner may provide a practical and sustainable solution to address physical inactivity and improve population health.

Ethical Considerations

This review adhered to ethical research guidelines by accurately and unbiasedly reporting previous study results. No funding was received from public, commercial, or nonprofit organizations.

Authors' Contributions

All authors contributed to the design, implementation, and writing of this study.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors extend thanks to the Sports Sciences Research Institute of Iran and the Journal of Sport Physiology for enabling publication of this review.

فیزیولوژی ورزشی، تابستان ۱۴۰۴، دوره ۱۷، شماره ۶۶، صص ۱۰۴-۱۲۹. DOI: 10.22089/spj.2025.18276.2384

فیزیولوژی ورزشی
وبگاه نشریه: https://spj.ssrc.ac.ir

مقاله مروری

تأثیر تمرین به شیوه فعالیت‌های ورزشی میان‌وعده‌ای شدید بر آمادگی قلبی–تنفسی: یک مرور نظام‌مند

خلیل‌اله مُنیخ[۱]، رئوف نگارش[۱]

[۱]. گروه آموزش تربیت‌بدنی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۲ | تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۵ | تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۴/۰۶/۲۶

*نویسنده مسئول: خلیل اله مُنیخ، ایمیل: kh.moonikh@cfu.ac.ir

نحوه ارجاع‌دهی: منیخ، خلیل اله؛ نگارش، رئوف. (۱۴۰۴). تأثیر تمرین به شیوه فعالیت‌های ورزشی میان‌وعده‌ای شدید بر آمادگی قلبی-تنفسی: یک مرور نظام‌مند. فیزیولوژی ورزشی، ۱۷(۶۶):۱۲۹-۱۰۴.

چکیده

هدف: کمبود وقت و دسترسی محدود به امکانات ورزشی، از موانع رایج پیروی از دستورالعمل‌های توصیه‌شده درباره فعالیت بدنی منظم، به‌ویژه در بزرگسالان شاغل است. در سال‌های اخیر، «اسنک‌های فعالیت ورزشی» به‌عنوان رویکردی عملی و کوتاه‌مدت برای ارتقای سلامت عمومی مدنظر قرار گرفته‌اند. در مطالعه حاضر، این شیوه شامل انجام وهله‌های بسیار کوتاه (کمتر از یک دقیقه) و شدید فعالیت بدنی به صورت پراکنده در طول روز تعریف شد. با وجود رشد فزاینده مطالعات در این زمینه، هنوز شواهد نظام‌مند و یکپارچه‌ای درباره اثر آن‌ها بر آمادگی قلبی-تنفسی وجود ندارد؛ ازاین‌رو، این مطالعه با هدف پر کردن این خلأ و مرور نظام‌مند شواهد موجود طراحی شد.

مواد و روش ها: این مرور نظام‌مند براساس دستورالعمل **PRISMA 2020** و با ثبت پروتکل در سامانه **PROSPERO** (کد ثبت: **CRD420251081118**) انجام شد. جستجو در پایگاه‌های بین‌المللی پابمد، اسکاپوس، **Web of Science**، گوگل اسکولار و پایگاه‌های داخلی مگیران و جهاد دانشگاهی، بدون محدودیت زمانی تا ژوئن ۲۰۲۵ انجام شد. از ۱۰۷۰ مقاله شناسایی‌شده، ۹ مطالعه با مجموع ۲۳۲ شرکت‌کننده (۱۸ تا ۵۹ سال) واجد شرایط ورود بودند (ملاک‌های ورود براساس چارچوب **PICOS** تعریف شدند). غربالگری و ارزیابی کیفیت توسط دو پژوهشگر مستقل صورت پذیرفت.

یافته ها: اجرای پروتکل‌های اسنک فعالیت ورزشی (سه تا شش وهله فعالیت شدید ۲۰ تا ۳۰ ثانیه‌ای، سه بار در هفته به مدت شش تا هشت هفته) باعث بهبود معنادار VO_2max/VO_2peak (در بازه ۴ درصد تا ۲۷ درصد) در جمعیت‌های متنوع شد. همچنین این شیوه در مقایسه با تمرینات تداومی با شدت متوسط، عملکرد بهتری در ارتقای آمادگی قلبی-تنفسی داشت.

نتیجه گیری: یافته‌ها نشان می‌دهد که اجرای اسنک‌های فعالیت ورزشی با شدت بالا، در قالب چند وهله کوتاه و پراکنده در طول روز، رویکردی مؤثر، ساده و ادغام‌شدنی در زندگی روزمره برای بهبود آمادگی قلبی-تنفسی، به‌ویژه در افراد کم‌تحرک است؛ هرچند به انجام مطالعات گسترده‌تر و بلندمدت برای تأیید نتایج نیاز است.

واژگان کلیدی: فعالیت‌های وزشی میان‌وعده‌ای، اسنک‌های فعالیت ورزشی، فعالیت ورزشی کوتاه و پراکنده، حداکثر اکسیژن مصرفی، ظرفیت هوازی

Copyright: © 2025 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

سازمان بهداشت جهانی[1] فعالیت بدنی منظم را برای بزرگسالان به‌عنوان جزئی حیاتی در حفظ سلامتی توصیه می‌کند (۱). براساس دستورالعمل‌های فعلی این سازمان، بزرگسالان باید حداقل ۱۵۰ دقیقه فعالیت بدنی با شدت متوسط یا ۷۵ دقیقه فعالیت بدنی با شدت بالا در هفته داشته باشند (۴-۱). با وجود فواید گسترده و شناخته‌شده فعالیت بدنی بر سلامتی، نرخ مشارکت جهانی در فعالیت‌های بدنی همچنان بسیار کم است (۷-۵) و بیش از یک‌سوم جمعیت بزرگسال جهان (حدود ۱/۸ میلیارد نفر) از نظر جسمی غیرفعال هستند و توصیه‌های کنونی فعالیت بدنی را رعایت نمی‌کنند (۸). بسیاری از افراد به‌ویژه شاغلان با ساعات کاری طولانی، والدین، دانشجویان، افراد مبتلا به بیماری‌های مزمن و سالخوردگان به دلیل محدودیت‌های زمانی، مشغله‌های کاری و تحصیلی، محدودیت‌های ناشی از بیماری‌های مزمن، سبک زندگی مدرن، نبود دسترسی به اماکن و تجهیزات ورزشی، نمی‌توانند به انجام برنامه‌های ورزشی رایج و طولانی‌مدت پایبند باشند (۱۱-۹، ۶، ۴-۲). این موضوع نشان‌دهنده بحران جدی برای سلامت عمومی است که نیاز به به‌کارگیری راهبردهای کارآمدتر و کمتر زمان‌بر را افزایش می‌دهد.

در پاسخ به این چالش، تمرینات تناوبی شدید[2] (HIIT) و تمرینات سرعتی[3] (SIT) به‌عنوان رویکردهای تمرینی جایگزین، مؤثر و کمتر زمان‌بر معرفی شده‌اند. این روش‌ها شامل دوره‌های کوتاه و متناوب فعالیت شدید همراه با دوره‌های ریکاوری هستند که به طور کلی در یک جلسه تمرینی واحد انجام می‌شوند (۱۲). شواهد نشان می‌دهد، هر دو روش HIIT و SITتأثیر مثبت و چشمگیری بر آمادگی قلبی-تنفسی، عوامل خطرزای قلبی-عروقی و متابولیکی دارند و می‌توانند به بهبود ترکیب بدن و شاخص‌های سلامتی در جمعیت‌های مختلف کمک کنند (۱۸-۱۲).

HIIT و SIT به طور نسبی به زمان کمتری در مقایسه با تمرینات سنتی نیاز دارند، اما این رویکردها هنوز مستلزم صرف زمان درخورتوجه و دسترسی به اماکن و تجهیزات ورزشی خاص هستند و ممکن است برای افرادی که با محدودیت‌های زمانی یا مالی مواجه‌اند، عملی نباشند (۲۱-۱۹، ۴). همچنین ماهیت «خوشه‌ای[4]» این تمرینات اغلب نیازمند بلوک زمانی مشخص (مثلاً ۱۰ تا ۳۰ دقیقه در هر جلسه) است و ممکن است این تمرینات برای برخی جمعیت‌ها، به‌ویژه افراد بی‌تحرک یا دارای شرایط خاص و بالینی، به دلیل شدت بالا و نیاز به انگیزه زیاد، چالش‌برانگیز باشند (۲۰، ۲۴-۲۲). نکته مهم و درخورتوجه دیگر این است که یک جلسه فعالیت بدنی در روز ممکن است برای مقابله با اثرات منفی ناشی از عادات نشستن‌های طولانی‌مدت و سبک زندگی غیرفعال کافی نباشد و نتواند به طور کامل این اثرات منفی را جبران کند (۲۵، ۲۱).

در چند سال اخیر، مفهوم «فعالیت‌های ورزشی میان‌وعده‌ای» یا «اسنک‌های فعالیت ورزشی»[5] به‌عنوان رویکردی نوین برای غلبه بر محدودیت‌ها و موانع فعالیت‌های ورزشی، بدون نیاز به جلسات طولانی، در تحقیقات علوم ورزشی مدنظر

1. World Health Organization (WHO)
2. High Intensity Interval Training
3. Sprint Interval Training
4. Cluster
5. Exercise Snacks

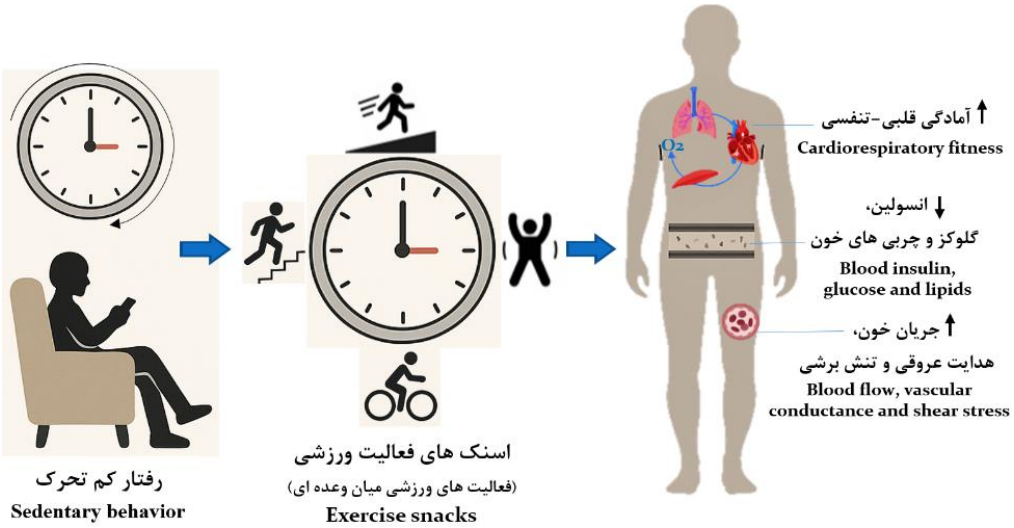
قرار گرفته است. اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی به‌عنوان دوره‌های کوتاه و مجزای فعالیت شدید (کمتر یا مساوی ۱ دقیقه) تعریف می‌شوند که به صورت دوره‌ای و پراکنده با فاصله یک تا چهار ساعت در طول روز اجرا می‌شوند (۱۱، ۴، ۳). هدف این رویکرد نوین، غلبه بر موانع زمانی و تسهیل هم‌افزایی با سبک زندگی روزمره و فراتر رفتن از مدل جلسه تمرینی «خوشه‌ای»[1] HIIT و SIT به مدلی «پراکنده[2]» است. این پراکندگی نه‌تنها تعهد زمانی ادراک‌شده در هر وهله را کاهش می‌دهد، بلکه به طور بالقوه محرک فیزیولوژیک و تجربه روان‌شناختی فرد را تغییر می‌دهد و امکان دسترسی و پایداری آن را برای جمعیت وسیع‌تری فراهم می‌آورد. ریکاوری طولانی‌تر (یک تا چهار ساعت) بین وهله‌ها، برخلاف استراحت‌های کوتاه در جلسه‌ای واحد مانند آنچه در HIIT و SIT اجرا می‌شود، به بدن اجازه می‌دهد تا کاملاً به شرایط اولیه بازگردد. این امر به افراد اجازه می‌دهد تا در هر «اسنک» حداکثر تلاش خود را به کار بگیرند؛ درنتیجه شدت کلی تمرین انباشته‌شده در طول روز افزایش می‌یابد و کیفیت تمرینی بسیار بالایی حاصل می‌شود. این ویژگی‌ها اسنک‌های فعالیت ورزشی را به راهکار جذاب‌تر و عملی‌تری برای سلامت عمومی تبدیل می‌کنند (۲۸-۲۶).

این رویکرد نوین به دلیل سادگی و انعطاف‌پذیری زیاد، امکان انجام آن در محیط‌های مختلف ازجمله اداره، خانه، دانشگاه و محل کار بدون نیاز به اماکن و تجهیزات ورزشی، برنامه زمانی دقیق و حتی بدون نیاز به تعویض لباس را فراهم می‌آورد؛ بنابراین، این شیوه با صرف کمتر از یک دقیقه زمان، قابلیت اجرا در هر مکان و زمانی و امکان ادغام در برنامه روزانه افراد، به‌عنوان یک استراتژی مؤثر و امیدبخش برای افزایش سطح فعالیت بدنی و بهبود شاخص‌های مختلف سلامتی در افراد کم‌تحرک، توجه بسیاری را به خود جلب کرده است (۳۱-۲۹، ۲۷، ۵-۲). درخورتوجه است، افرادی که حتی توصیه‌های فعلی برای فعالیت بدنی را رعایت می‌کنند نیز ممکن است به دلیل سپری کردن ساعت‌های طولانی در رفتارهای کم‌تحرک، مانند نشستن‌های طولانی‌مدت در مشاغل و محیط کار یا در اوقات فراغت، همچنان مستعد ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی و متابولیکی باشند (۳۳، ۳۲). مدت‌زمان نشستن با افزایش مرگ‌ومیر رابطه مستقیم دارد (۳۲). نکته بااهمیت آن است که اسنک‌های فعالیت ورزشی با قطع دوره‌های طولانی کم‌تحرکی، به طور مستقیم آثار زیان‌بار ناشی از رفتارهای بی‌تحرکی طولانی‌مدت را با کاهش خطرات سلامتی مرتبط با کم‌تحرکی و نشستن‌های طولانی‌مدت معکوس می‌کنند (شکل ۱) (۳۷-۳۴، ۲۵، ۴، ۳)؛ ازاین‌رو بهره‌گیری از رویکرد اسنک‌های فعالیت ورزشی به‌منظور قطع رفتارهای کم‌تحرک طولانی، حتی در افراد فعال از نظر جسمی، اهمیت ویژه‌ای دارد؛ بنابراین در عصری که سبک زندگی کم‌تحرک رایج است، فعالیت‌های ورزشی میان‌وعده‌ای و تقسیم فعالیت‌های ورزشی به دوره‌های کوتاه در طول روز، استراتژی عملی و مؤثری برای کاهش اثرات منفی نشستن طولانی‌مدت و تشویق به حرکت منظم است (۳۳، ۲۹).

در سال‌های اخیر، تحقیقات مربوط به اسنک‌های فعالیت ورزشی، در درجه اول بر تأثیرات آن‌ها بر بهبود سلامت قلبی-عروقی و آمادگی قلبی-تنفسی متمرکز بوده‌اند (۴، ۳). آمادگی قلبی-تنفسی[3] که با شاخص حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_{2max}) اندازه‌گیری و توصیف می‌شود، یکی از قوی‌ترین نشانگرهای پیش‌بینی‌کننده بیماری‌های قلبی-عروقی، سرطان

1. Clustered
2. Dispersed
3. Cardiorespiratory Fitness

و مرگ‌ومیر با هر دلیلی است (۳۸، ۵، ۴). فعالیت بدنی، مؤلفه‌ای اساسی در ارتقای سلامت و رفاه شناخته می‌شود (۶، ۵، ۳). و به طور گسترده از آن به‌عنوان مداخله‌ای کلیدی برای بهبود آمادگی قلبی-تنفسی یاد می‌شود (۱۱، ۶، ۱). همچنین یکی از معیارهای اصلی سنجش تأثیرگذاری هر نوع فعالیت بدنی، بررسی میزان تأثیر آن بر آمادگی قلبی-تنفسی است (۳۹). ازآنجاکه اسنک‌های فعالیت ورزشی راهبرد تمرینی نوین و کمتر شناخته‌شده‌ای است، ضروری است مشخص شود آیا این رویکرد نوین می‌تواند منجر به بهبود آمادگی قلبی-تنفسی شود و واجد شرایط راهبرد تمرینی اثربخش باشد یا خیر. خوشبختانه این موضوع در سال‌های اخیر مدنظر برخی محققان علوم ورزشی قرار گرفته است و چندین مطالعه با هدف بررسی مزایای تمرین به شیوه اسنک‌های فعالیت ورزشی شدید بر آمادگی قلبی-تنفسی طراحی شده‌اند (۴۱، ۴۰، ۳۰، ۲۸-۲۵، ۱۹، ۵). مرور حاضر بر اسنک‌های فعالیت ورزشی با وهله‌های کوتاه (کمتر از یک دقیقه) تمرکز دارد، اما تحقیقاتی نیز فواید استفاده از دوره‌های طولانی‌تر را بر شاخص‌های آمادگی قلبی-تنفسی بررسی کرده‌اند. (۴۳، ۴۲، ۳۳)؛ بنابراین به علت پراکندگی در مطالعات، تنوع در طراحی و ساختار تمرینی، درک اثربخشی تمرینات به شیوه اسنک‌های فعالیت‌های ورزشی و طراحی پروتکل‌های مؤثر و بهینه برای خوانندگان مطالعات انجام‌شده، بسیار دشوار به نظر می‌رسد؛ ازاین‌رو ضروری است یافته‌های این مطالعات تجمیع شده و در قالب مروری نظام‌مند ارائه شود تا نتایج در زمینه اسنک‌های فعالیت ورزشی، به طور مؤثرتر به دنیای عمل و واقعیت ترجمه و منتقل شود؛ بر این اساس، هدف اولیه مطالعه حاضر، مرور نظام‌مند مطالعات انجام‌شده با تمرکز بر تأثیر تمرینات به شیوه اسنک‌های فعالیت ورزشی بر آمادگی قلبی-تنفسی است. هدف ثانویه این مطالعه، ارائه راهنما برای محققان در مطالعات آینده و همچنین ارائه‌دهندگان خدمات ورزش و سلامت و عموم افراد جامعه برای کاربست این شیوه نوین در زندگی روزمره است.



شکل ۱- اثرات پیشنهادشده برای اسنک‌های فعالیت ورزشی برای کاهش آثار زیان‌بار ناشی از رفتارهای کم‌تحرک (۴، ۳)

Figure 1- Proposed effects of exercise snacks in mitigating the adverse consequences of sedentary behavior (3, 4)

روش پژوهش

استراتژی جستجو

هدف مطالعه حاضر، بررسی نظام‌مند اثر اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی یا فعالیت‌های ورزشی میان‌وعده‌ای بر آمادگی قلبی-تنفسی بود که در PROSPERO با کد CRD420251081118 ثبت شد. مطالعه مرور نظام‌مند حاضر براساس روش و اصول راهنمای کوکران[1] انجام شد و فرایند جستجوی مطالعات واجد شرایط و روند نگارش آن، براساس راهنما و چک‌لیست PRISMA[2] صورت گرفت. جستجوی مطالعات واجد شرایط در شش پایگاه داده داخلی و بین‌المللی شامل مگیران[3]، جهاد دانشگاهی[4]، پاب‌مد[5]، اسکاپوس[6]، گوگل اسکولار[7] و Web of Science انجام شد. استراتژی جستجو مطالعات براساس واژگان استاندارد و مرتبط و شامل ترکیبی از واژگان MeSH[8] و تخصصی مرتبط با موضوع، با هدف بررسی نقش اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی بر آمادگی قلبی-تنفسی بود. مطالعات به طور نظام‌مند و توسط دستور جستجوی ارائه‌شده در جدول (۱) به دو زبان فارسی و انگلیسی استخراج شد. واژگان و عبارت‌های جدول ۱ با عملگرهای بولی مناسب (OR میان مترادف‌ها و AND) بین گروه‌های موضوعی ترکیب شده و در هر پایگاه جستجو شدند.

جدول ۱- استراتژی جستجوی به‌کاررفته برای استخراج مطالعات مرتبط

Table 1- Search strategy used for the identification of relevant studies

جستجو به زبان فارسی | Persian Search	جستجو به زبان انگلیسی | English Search
اسنک‌های فعالیت ورزشی فعالیت‌های ورزشی میان‌وعده‌ای اسنک‌های سرعتی	“Exercise snacks” OR “Exercise snack” OR “movement snacks” OR “activity snacks” OR “sprint snacks” OR “sprint bouts dispersed” OR “Dispersed Training” OR “physical activity break” OR “active break” OR “micro bouts of exercise” OR “short bouts of exercise” OR “Dispersed Wingate CycleTraining” OR “snacktivity” “Multiple Short Bouts” OR “accumulated exercise”
و	AND
آمادگی قلبی-تنفسی، آمادگی هوازی، آمادگی جسمانی، VO_2max، VO_2peak	“cardiorespiratory fitness” OR “aerobic power” OR “VO_2max” OR “VO_2peak” OR “physical fitness”

باید توجه شود که جستجوی مطالعات براساس عنوان، چکیده و واژگان کلیدی انجام شد، اما در صورتی که پایگاه داده قابلیت جستجو براساس سه بخش ذکرشده را نداشت، جستجو فقط در عنوان مطالعات انجام می‌شد. جستجو بدون در

1. Cochrane Handbook
2. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
3. MagIran
4. SID
5. PubMed
6. Scopus
7. Google Scholar
8. Cochrane Handbook

نظر گرفتن هرگونه محدودیت زمانی و سال انتشار مطالعات و توسط دو محقق به صورت مجزا، در بازه زمانی ۱۵ اردیبهشت (۵ ژوئن) تا ۱۵ خرداد ۱۴۰۴ (۵ می تا ۵ ژوئن ۲۰۲۵) انجام شد. چنانچه هنگام جستجو بین دو محقق اختلاف در استخراج مطالعات واجد شرایط وجود می‌داشت، از طریق بحث و گفتگو، اختلاف حل می‌شد. عنوان و چکیده مطالعات استخراج‌شده در هنگام جستجو وارد نرم‌افزار مدیریت منابع شد و جستجوی دستی مطالعات تکراری انجام شد. براساس بررسی عنوان و چکیده، متن کامل مطالعاتی که به طور بالقوه کاندید ورود به مرور نظام‌مند حاضر بودند، استخراج شد. در ادامه، متن کامل مطالعات بررسی شد. همچنین مطالعات مروری، مروری نظام‌مند، بررسی وب‌سایت‌ها و مطالعات مرتبط برای استخراج مطالعات احتمالی استخراج‌نشده، بررسی شد.

استخراج مطالعات واجد شرایط

شکل ۱ فلوچارت روند انتخاب مطالعات را براساس دستورالعمل PRISMA نشان می‌دهد. در صورتی مطالعات دارای شرایط ورود به مرور نظام‌مند بودند که شاخص‌های PICOS به صورت زیر را در بر داشتند:

شرکت‌کنندگان: مطالعات روی انسان که از شرکت‌کنندگان جوان، بزرگسال یا سالمند زن و/یا مرد استفاده کرده بودند، واجد شرایط بودند. در صورتی که شرکت‌کنندگان وضعیت پاتولوژیک و سلامتی خاصی می‌داشتند، مانند بیماری دیابت نیز شرایط ورود به مطالعه محقق می‌شد؛

مداخله: مطالعاتی که از مداخله تمرینی شامل دوره‌های کوتاه تمرین شدید پراکنده در طول روز (هر دوره کمتر/یا یک دقیقه) با شدت بالا (تعریف‌شده به‌عنوان «تمام توان» یا «با حداکثر سرعت ممکن» یا حداقل برابر با نمره ۵ در مقیاس بورگ (۰-۱۰)[1] (احساس سخت/خیلی سخت) (۴۴) استفاده کرده بودند، واجد شرایط تلقی می‌شدند. چنانچه مطالعه‌ای شاخص‌های دیگر مانند حداکثر ضربان قلب را برای ارزیابی شدت به کار برده بود، در صورتی واجد شرایط ورود به آنالیز نهایی تلقی می‌شد که شدت تمرینی در اغلب جلسات از ۵۰ درصد بالاتر باشد. مطالعات بایستی یک دوره تمرینی با شرایط ذکرشده را اجرا می‌کردند؛

مقایسه: مطالعاتی که به بررسی اثر اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی یا فعالیت ورزشی میان‌وعده‌ای سرعتی پرداخته بودند، صرف‌نظر از اینکه فقط یک گروه مداخله داشته باشند یا به مقایسه گروه مداخله و کنترل پرداخته باشند، واجد شرایط ورود به مرور نظام‌مند بودند. همچنین چنانچه مطالعه‌ای به مقایسه اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی با روش تمرینی دیگری پرداخته بود، واجد شرایط تلقی می‌شد؛

پیامدها: مطالعاتی که پیامدهای اثر مداخلات مرتبط ذکرشده را بر آمادگی قلبی-تنفسی مانند VO_{2max} یا VO_{2peak} بررسی می‌کردند، واجد شرایط بودند. همچنین اگر مطالعه‌ای شاخص دیگری را ارزیابی کرده بود که نشانگر آمادگی قلبی-تنفسی بود، به‌عنوان مطالعه واجد شرایط شناخته می‌شد؛

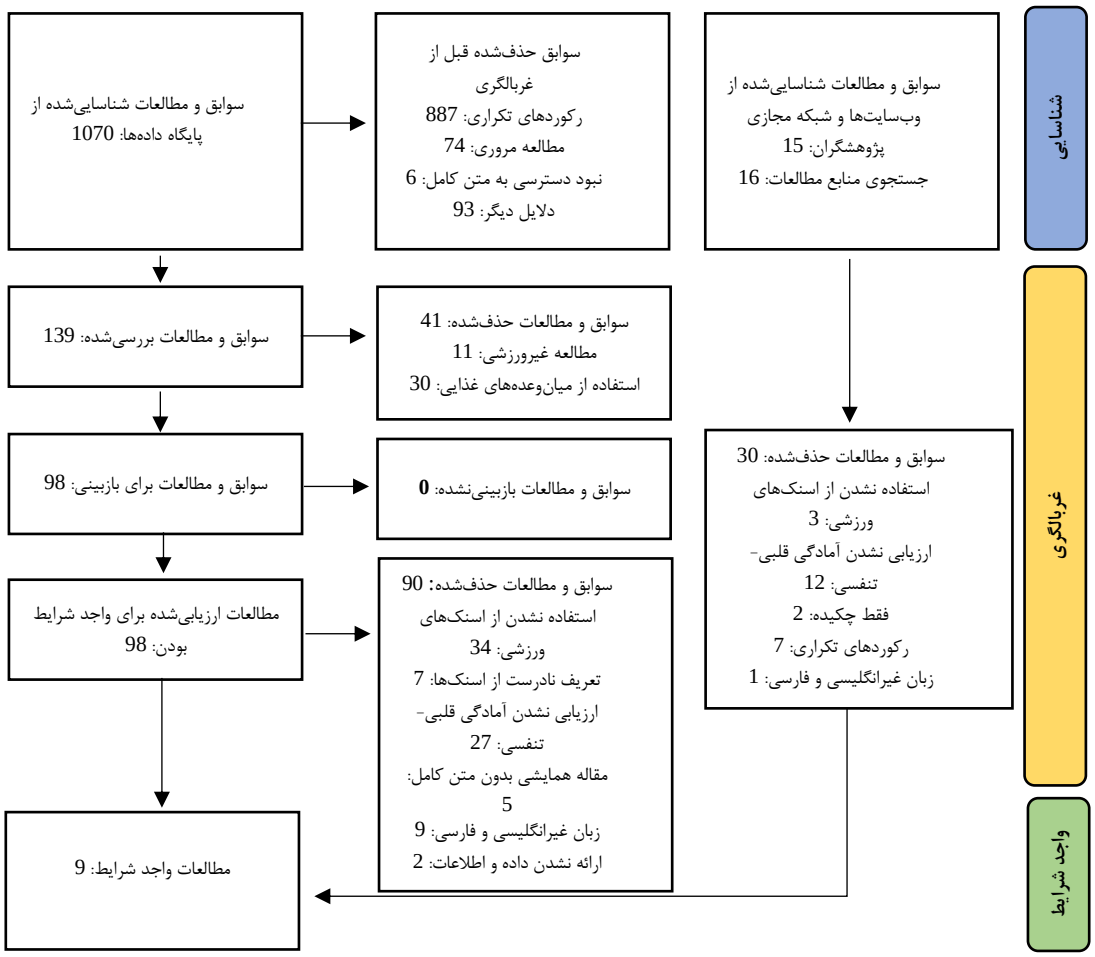
طرح مطالعه: کارآزمایی‌های بالینی، مطالعات امکان‌سنجی یا تجربی و نیمه‌تجربی دارای پیش‌آزمون و پس‌آزمون بدون محدودیت در تخصیص تصادفی به گروه‌ها، کورسازی و دارا بودن گروه کنترل، واجد شرایط در نظر گرفته شدند. مطالعات

1. Borg CR10

مروری، متاآنالیز، نامه به سردبیر و مطالعات موردی از فرایند استخراج داده‌ها حذف شدند. همچنین مطالعاتی که به زبان انگلیسی و فارسی نبودند یا متن کامل مطالعه در دسترس نبود، مطالعاتی که داوری همتا نشده بودند یا خلاصه مطالعات ارائه‌شده در همایش‌ها و کنفرانس‌ها، مطالعات واجد شرایط در نظر گرفته نشدند.

استخراج داده‌ها

برای همه مطالعات واجد شرایط براساس معیارهای ورود، اطلاعات و داده‌ها شامل عنوان، نویسندگان، سال انتشار، طرح مطالعه، ویژگی و مشخصات شرکت‌کنندگان (مانند وضعیت سلامتی، سن و جنسیت)، تعداد نمونه، کیفیت مطالعه، ویژگی و مشخصات برنامه تمرینی و مداخله (مانند مدت‌زمان مداخله، پروتکل و نوع تمرین، مدت، شدت، تکرار و فواصل ریکاوری)، پیامدهای ارزیابی‌شده و نتیجه مداخله بر پیامدهای ارزیابی‌شده، استخراج شد (جدول ۲). داده‌ها و اطلاعات به طور مجزا توسط دو محقق استخراج شد و در صورت اختلاف بین داده‌ها و اطلاعات ثبت‌شده، از طریق بحث و گفتگو، اختلاف حل می‌شد. درنهایت، در صورتی که مطالعات واجد شرایط هریک از داده‌ها و اطلاعات کلیدی ذکرشده را نداشتند، محققان از طریق ایمیل با نویسنده مسئول ارتباط می‌گرفتند تا اطلاعات مدنظر تکمیل شود.



شکل ۲- نمودار فلوچارت PRISMA برای نمایش روند انتخاب مطالعات واجد شرایط

Figure 2- PRISMA flowchart illustrating the study selection process for eligible articles

کیفیت روش کار مطالعات

کیفیت روش کار مطالعات واجد شرایط توسط مقیاس استاندارد ۱۱ آیتمی PEDro[1] ارزیابی شد که پیش از این با جزئیات توضیح داده شده (۴۵) و در مطالعات مروری متعددی به کار رفته است (۴۷، ۴۶). به طور خلاصه، این مقیاس کیفیت روش کار مطالعات را براساس یازده شاخص شامل معیارهای ورود، تخصیص تصادفی، تخصیص مخفی، مشابه بودن شاخص‌های مهم در حالت پایه، کورسازی شرکت‌کنندگان، کورسازی ارائه‌دهندگان مداخله، کورسازی ارزیاب‌ها، استخراج نتایج از بیش از ۸۵ درصد شرکت‌کنندگان، آنالیز با قصد درمان، مقایسه شاخص‌های مهم بین گروه‌ها و گزارش دقیق همراه با پراکندگی، بررسی می‌کند که به هر شاخص می‌توان نمره صفر (این شاخص در مطالعه محقق نشده است) یا ۱ (این شاخص در مطالعه محقق شده است) داد. نمره صفر تا ۴ به‌عنوان روش کار با کیفیت ضعیف، نمره ۵ یا ۶ به‌عنوان روش کار با کیفیت متوسط و نمره بیشتر از ۷ به‌عنوان روش کار با کیفیت عالی طبقه‌بندی می‌شود (شاخص اول در جمع نمرات کیفیت روش کار در نظر گرفته نمی‌شود) (۴۵). دو محقق به طور مجزا کیفیت روش کار مطالعات واجد شرایط را بررسی کردند و ضریب همبستگی بین ارزیاب‌ها[2] (ICC) ۰/۹۵ بود. در صورت اختلاف در تخصیص نمره کیفیت روش کار بین محققان، از طریق بحث و گفتگو حل می‌شد.

نتایج

نتایج جستجو

براساس بررسی انجام‌شده با استفاده از استراتژی جستجو (جدول ۱)، از مجموع ۱۰۷۰ رکورد شناسایی‌شده (قبل از حذف تکراری)، تعداد ۸۸۷ مورد تکراری و ۱۷۳ مطالعه به دلایل دیگر حذف شد (شکل ۲) و ۱۳۹ رکورد برای غربال عناوین/خلاصه باقی ماندند. از این میان، ۴۱ رکورد به دلیل غیرورزشی بودن یا استفاده از اسنک‌های غذایی حذف شدند و ۹۸ مطالعه برای بررسی متن کامل انتخاب شدند. پس از مطالعه متون کامل، ۹۰ مطالعه به دلایل روش‌شناسی، انطباق نداشتن با معیارهای ورود (مانند تطابق نداشتن با تعریف اسنک‌های فعالیت ورزشی، گزارش نشدن نتایج VO_{2max} یا شدت ناکافی تمرین و سایر موارد) و ارائه نشدن نتایج موردنیاز (نظیر گزارش نشدن VO_{2max}، شدت ناکافی تمرین یا طراحی نامناسب) حذف شدند. درنهایت، هشت مطالعه واجد شرایط از طریق پایگاه داده‌ها و یک مطالعه از منابع دیگر (درمجموع، ۹ مطالعه)، واجد شرایط به مرور نظام‌مند شناخته شده و برای بررسی نهایی انتخاب شدند (شکل ۲).

ویژگی‌های مطالعات واردشده

تعداد ۹ مطالعه (هفت مقاله انگلیسی و دو مقاله فارسی) با مجموع ۲۳۲ شرکت‌کننده، معیارهای ورود به این مرور نظام‌مند را داشتند. این مقالات شامل چهار کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده (RCT) (۲۶، ۲۵، ۱۹، ۵)، دو مطالعه نیمه‌تجربی (۴۰، ۳۰)، یک مطالعه امکان‌سنجی و اثبات مفهوم (۴۱)، یک کارآزمایی کوهورت کنترل‌شده (۲۷) و یک مطالعه شبه‌تجربی (۲۸) بود که بین سال‌های ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۵ منتشر شدند. این مطالعات تأثیر اسنک‌های فعالیت ورزشی

1. Physiotherapy Evidence Database
2. Inter-Rater Correlation Coefficient

سرعتی را بر آمادگی قلبی-تنفسی در جمعیت‌های مختلف، ازجمله بزرگسالان جوان غیرفعال (زن و مرد) (۴۱، ۲۷، ۲۶، ۱۹، ۵)، دانشجویان پسر غیرفعال (۳۰)، زنان کم‌تحرک (۲۸)، افراد بزرگسال چاق (زن و مرد) (۲۵)، و دانش‌آموزان پسر دارای اضافه‌وزن (۴۰)، بررسی کرده‌اند. میانگین سنی شرکت‌کنندگان از ۱۸ تا ۵۹ سال و زمان مداخلات از شش هفته (۴۱) تا دوازده هفته (۲۵) متغیر بود؛ اگرچه اکثر مطالعات شش هفته مداخله را در نظر گرفته بودند. پروتکل‌های تمرینی شامل پله نوردی (چهار مطالعه) (۴۱، ۲۶، ۲۵، ۱۹)، وینگیت (سه مطالعه) (۲۶-۲۸) و تمرینات کل بدن (با وزن بدن) (دو مطالعه) (۴۰، ۳۰) بود. تعداد وهله‌های تمرینی (اسنک‌ها) در روز از سه تا شش اسنک با فواصل ریکاوری بین وهله‌ها (اسنک‌ها) از یک تا چهار ساعت و یا بیشتر و تعداد روزهای تمرین در هفته از سه تا چهار روز متغیر بود. جزئیات ویژگی‌های مطالعات در جدول (۲) خلاصه شده است.

تأثیر اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی بر آمادگی قلبی-تنفسی

از ۹ مطالعه، هشت مطالعه بهبود معناداری را در VO2max یا VO2peak پس از مداخله با اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی، گزارش کردند (۴۰، ۳۰، ۲۸-۲۵، ۱۹، ۵). میزان افزایش VO2max/VO2peak از ۴ درصد تا حدود ۲۷ درصد متغیر بود. تنها یک مطالعه بهبود غیرمعناداری را (۲/۸ درصد) گزارش کرد (۴۱). نتایج کلی بیانگر اثر مثبت اسنک‌های فعالیت ورزشی با شدت بالا بر ارتقای آمادگی قلبی-تنفسی بزرگسالان و نوجوانان کم‌تحرک بود.

یکی از مهم‌ترین یافته‌ها، مقایسه اثربخشی اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی با دیگر پروتکل‌های تمرینی بود؛ ازجمله مطالعه لیتل و همکاران نشان داد، شش هفته تمرین به شیوه اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی به اندازه SIT در افزایش آمادگی قلبی-تنفسی مؤثر بود (۲۶). علاوه بر این، مطالعه یین و همکاران نشان داد، شش هفته تمرین به شیوه اسنک‌های فعالیت ورزشی آمادگی قلبی-تنفسی را به طور معناداری بیشتر از تمرین به شیوه MICT افزایش داد (۵). جزئیات نتایج هر ۹ مطالعه واردشده به مرور نظام‌مند حاضر، در جدول ۲ ارائه شده است.

کیفیت روش کار مطالعات

برای ارزیابی کیفیت روش کار مطالعات از شاخص PEDro استفاده شد که نتایج در جدول (۳) ارائه شده است. به طور خلاصه، کیفیت روش کار مطالعات بین دو تا هفت متغیر بود؛ در حالی که میانگین کیفیت روش کار مطالعات ۱/۶±۵/۷ بود که نشان‌دهنده روش کار با کیفیت متوسط است. اغلب مطالعات کیفیت روش کار با نمره ۶ (سه مطالعه) و ۷ (سه مطالعه) را نشان دادند که به‌ترتیب نشان‌دهنده روش کار متوسط و عالی است. به علت ماهیت مطالعاتی که مداخلات ورزشی دارند، اغلب کورسازی شرکت‌کنندگان نسبت به تخصیص به گروه و کورسازی پژوهشگران یا درمانگران امکان‌پذیر نبود (جدول ۳).

جدول-۲ ویژگی‌های برنامه تمرینی، شرکت‌کنندگان و نتایج مطالعات واردشده به مرور نظام‌مند

Table 2- Characteristics of the training protocols, participants, and outcomes of the studies included in the systematic review

مطالعه	طرح مطالعه	تعداد و جنسیت شرکت‌کنندگان	ویژگی شرکت‌کنندگان	مدت‌زمان مداخله	پروتکل مداخله (مدت، شدت، تکرار، نوع)	نتایج
ژو و همکاران (۲۰۲۵)	کارآزمایی بالینی	۲۷ نفر زن و مرد	بزرگسال چاق و غیرفعال ۲۰ تا ۲۳ سال	۱۲ هفته	۴ روز در هفته،۶ وهله پله‌نوردی سرعتی (۶۰ پله) در روز با ۱< ساعت ریکاوری بین وهله‌ها RPE= 5.1 ± 2.1	افزایش~ ۱۳.۵% VO_{2max} در گروه اسنک پس از مداخله به طور معناداری افزایش یافت (۴.۹۷± ۳۳.۱۴به ۱/۳.۸۷±۳۷.۶)؛ با وجود این، در گروه کنترل افزایش معناداری نداشت (۵.۰۹± ۳۱.۶۷ به۴.۹۵ ± ۳۲.۰۶).
ریتر و همکاران (۲۰۲۵)	مطالعه امکان‌سنجی و اثبات مفهوم	۸ نفر زن و مرد	بزرگسال سالم و غیرفعال ۲۳ تا ۵۹ سال	۶ هفته	از ۳ اسنک پله‌نوردی ۲۰ ثانیه‌ای در روز و ۳ روز در هفته (هفته‌های اول و دوم) شروع شد و به ۴ اسنک پله‌نوردی ۴۰ ثانیه‌ای در روز و ۴ روز در هفته (هفته‌های سوم و چهارم) و ۵ اسنک پله‌نوردی ۶۰ ثانیه‌ای در روز و ۵ روز در هفته (هفته‌های پنجم و ششم) با بیشتر از ۱ ساعت فاصله رسید. شدت تمرین به طور میانگین در۱۱(۱۴±) درصد مدت‌زمان اسنک‌های پله‌نوردی، بیشتر از HRmax 80% بود. تمرین در مکانی ثابت نبود و شرکت‌کنندگان در انتخاب محل تمرین خود انعطاف‌پذیر بودند و در محل کار، زندگی و محیط‌های دیگر تمرینات خود را به صورت خودمدیریتی با استفاده از ساعت هوشمند مدیریت می‌کردند.	تأیید قابلیت اجرایی و پذیرش برنامه در ادغام با زندگی روزمره، بهبودهای معنادار در عملکرد بی‌هوازی، W_{peak}(۸.۵۷%)، افزایش غیرمعنادار VO_{2max} (2.8%). قبل: ۴.۵ ± ۲۶.۲ بعد: ۵.۲ ± ۲۶.۸
مُنیخ و همکاران (۲۰۲۵)	نیمه تجربی	۲۸ نفر مرد	دانشجویان پسر سالم و غیرفعال ۱۸ تا ۲۲ سال	۸ هفته	۳ روز در هفته، ۴ وهله ۳۰ ثانیه‌ای (جامپینگ جک، بورپی، اسکوات پرشی، کوهنورد) با حداکثر توان و سرعت، با ۱-۴ ساعت ریکاوری بین اسنک‌ها	قبل: ۵.۰۷±۳۶.۹۵، بعد: ۴.۳۴±۴۴.۶۸ میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه. افزایش معنادار در مقایسه با پیش‌آزمون و افزایش معنادار در مقایسه با گروه کنترل مشاهده شد.
یین و همکاران (۲۰۲۴)	کارآزمایی بالینی	۴۲ نفر زن و مرد	جوان غیرفعال ۱۹ تا ۲۳ سال	۶ هفته	۳ روز در هفته، ۳ وهله ۳۰ ثانیه‌ای پله‌نوردی "تمام توان" با ۱< ساعت ریکاوری بین وهله‌ها RPE= 5.9 ± 1.1 درمقابل، ۳ جلسه در هفته و هر جلسه ۴۰ دقیقه تمرین تداومی روی چرخ کارسنج با شدت ۶۰ تا ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب	اکسیژن مصرفی اوج ۷%، حداکثر توان خروجی۱۸ %، اکسیژن مصرفی در آستانه لاکتات ۱۵% و اکسیژن مصرفی در آستانه جبران تنفسی در گروه اسنک ۱۰% افزایش یافتند. میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه MD=2.5 (MICT تأثیر معناداری نداشت.) (گروه کنترل کاهش معنادار داشت.)

ادامه جدول-۲ ویژگی‌های برنامه تمرینی، شرکت‌کنندگان و نتایج مطالعات واردشده به مرور نظام‌مند

***Continue* Table 2- Characteristics of the training protocols, participants, and outcomes of the studies included in the systematic review**

مطالعه	طرح مطالعه	تعداد و جنسیت شرکت‌کنندگان	ویژگی شرکت‌کنندگان	مدت‌زمان مداخله	پروتکل مداخله (مدت، شدت، تکرار، نوع)	نتایج
مُنیخ و همکاران (۲۰۲۲)	نیمه تجربی	۲۸ نفر مرد	دانش‌آموزان پسر غیرفعال و دارای اضافه‌وزن ۱۵ تا ۱۸ سال	۶ هفته	۳ روز در هفته، ۳ وهله ۲۰ ثانیه‌ای (بورپی، اسکوات پرشی، زانو بلند) با حداکثر توان با ۱ دقیقه ریکاوری آرام بین حرکات، با ۱-۴ ساعت ریکاوری بین وهله‌ها	قبل: ۲.۵۸±۳۱.۰۸، بعد: ۴۵ ۳۹.۴۷± میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه. افزایش معنادار در مقایسه با پیش‌آزمون و گروه کنترل مشاهده شد.
وان و همکاران (۲۰۲۰)	کارآزمایی هم‌گروهی با تطبیق ویژگی‌ها	۳۳ نفر زن و مرد	بزرگسالان کارمند و سالم ۲۱ تا ۴۵ سال	۶ هفته	۳ روز در هفته، ۳ وهله وینگیت با تمام توان با ~۴ ساعت ریکاوری بین وهله‌ها (۱۵ ثانیه در هفته اول، ۲۰ ثانیه در هفته دوم، ۳۰ ثانیه در هفته‌های سوم تا ششم) RPE= 7.5 ± 1	VO_{2peak} مطلق پس از ۶ هفته مداخله به میزان۷± ۸.۳% و در مقایسه با گروه کنترل، ۰.۹ ± ۶.۱ %افزایش یافت.
جنکینز و همکاران (۲۰۱۹)	کارآزمایی بالینی	۲۴ نفر زن و مرد	بزرگسال جوان سالم و غیرفعال ۱۸ تا ۲۲ سال	۶ هفته	۳ روز در هفته، ۳ وهله پله‌نوردی با تمام توان (۶۰ پله) با ۱-۴ ساعت ریکاوری RPE= 5.1 ± 1	افزایش VO_{2max} در مقایسه با پیش‌آزمون: ۵% حداکثر توان خروجی: ۱۲% قبل: ۳۶۳±۱۸۳۴، بعد: ۱۹۱۸±۳۲۶ میلی‌لیتر بر دقیقه افزایش معنادار در مقایسه با گروه کنترل: ۱۰%
لیتل و همکاران (۲۰۱۹)	کارآزمایی بالینی	۲۸ نفر زن و مرد	جوانان سالم و غیرفعال ۲۲ سال	۶ هفته	۳ روز در هفته، ۳ وهله ۲۰ ثانیه‌ای وینگیت (دوچرخه‌سواری) «تمام توان» با ۱-۴ ساعت ریکاوری بین وهله‌ها RPE= 6.8 ± 2.4 درمقابل، ۳ وهله ۲۰ ثانیه‌ای وینگیت (دوچرخه‌سواری) «تمام توان» با ۳ دقیقه ریکاوری بین وهله‌ها	VO_{2max} مطلق: افزایش ~۴% VO_{2max} نسبی: افزایش ~۴% (مشابه و بدون تفاوت معنادار با SIT سنتی)
هو و همکاران (۲۰۱۸)	نیمه تجربی با یک گروه پیش آزمون – پس آزمون	۱۴ نفر زن	کارمند بی‌تحرک ۲۱ تا ۳۴ سال	۸ هفته	۳ روز در هفته، ۳ وهله ۳۰ ثانیه‌ای وینگیت (دوچرخه‌سواری) با حداکثر تلاش با ۴ ساعت استراحت بین وهله‌ها (۲۰ ثانیه در هفته‌های اول و دوم، سپس ۳۰ ثانیه) RPE*= 18 ± 1.8	قبل: ۵.۷±۲۱.۷، بعد: ۵.۷±۲۴.۴۷ میلی‌لیتر بر کیلوگرم در دقیقه، بهبود ۱۴%

*این مطالعه از شاخص بورگ ۲۰ نمره‌ای استفاده کرده بود.

RPE= Rating of Perceived Exertion
MD= Mean Difference
MICT= Moderate-Intensity Continuous Training
SIT= Sprint Interval Training

جدول ۳- ارزیابی کیفیت مطالعات واجد شرایط

Table 3- Quality assessment of the eligible studies

هو و همکاران Ho et al (2018)	لیتل و همکاران Little et al (2019)	جنکینز و همکاران Jenkins et al (2019)	وان و همکاران Wun et al (2020)	مُنیخ Moonikh (2022)	یین و همکاران Yin et al (2024)	مُنیخ Moonikh (2025)	ریتر و همکاران Ritter et al (2025)	ژو و همکاران Zhou et al (2025)	
1	1	1	0	1	1	1	1	1	معیارهای ورود Eligibility criteria
0	1	1	0	1	1	1	1	1	تخصیص تصادفی Random allocation
0	1	0	0	0	1	0	0	1	تخصیص مخفی Concealed allocation
0	1	1	1	1	1	1	1	1	مشابه بودن شاخص‌های مهم در حالت پایه Baseline comparability
0	0	0	0	0	0	0	0	0	کورسازی شرکت‌کنندگان Blinding of participants
0	0	0	0	0	0	0	0	0	کورسازی ارائه‌دهندگان مداخله Blinding of therapists
0	1	1	1	1	1	1	0	1	کورسازی ارزیاب‌ها Blinding of assessors
1	1	1	1	1	1	1	1	1	استخراج نتایج از بیش از ۸۵ درصد شرکت‌کنندگان Adequate follow-up (≥85% data obtained)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	آنالیز با قصد درمان Intention-to-treat analysis
0	1	1	1	1	1	1	1	1	مقایسه شاخص‌های مهم بین گروه‌ها Between-group statistical comparison
1	1	1	1	1	1	1	1	1	گزارش دقیق همراه با پراکندگی Point estimates and variability
2	7	6	5	6	7	6	5	7	مجموع | Total

بحث و نتیجه‌گیری

با وجود شکل‌گیری علاقه‌مندی روزافزون در چند سال اخیر به شیوه تمرینی اسنک‌های فعالیت ورزشی و مزایای احتمالی ذکرشده برای آن در برخی مطالعات، شواهد تجمیعی کمی وجود دارد که بتوانند دانش ما را درمورد سودمندی این نوع تمرین ارتقا دهند؛ بنابراین مطالعه حاضر به شکل نظام‌مند به دنبال پاسخ به این سؤال بود که آیا تمرین به شیوه

اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی با بهبود آمادگی قلبی-تنفسی همراه است یا خیر. درمجموع، ۹ مطالعه واجد شرایط بررسی در مطالعه حاضر بودند. تجمیع یافته‌های این مطالعات به‌وضوح نشان می‌دهد که اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی به‌رغم مدت‌زمان کوتاه فعالیت (هر وهله کمتر از یک دقیقه)، رویکردی مؤثر برای بهبود آمادگی قلبی-تنفسی (VO2max/VO2peak)در جمعیت‌های مختلف، به‌ویژه افراد کم‌تحرک است (۴۰، ۳۰، ۲۸-۲۵، ۱۹، ۵). این یافته‌ها با نتایج مطالعاتی که از وهله‌های طولانی‌تر استفاده کرده‌اند نیز همسوست (۴۳، ۴۲، ۳۳). این همخوانی نشان می‌دهد که مدت‌زمان هر دوره تمرینی قابلیت انطباق دارد؛ یعنی می‌توان آن را براساس نیازها و شرایط هر فرد تغییر داد؛ با این حال، استفاده از دوره‌های کوتاه‌تر می‌تواند قابلیت اجرا را برای افرادی که با محدودیت زمانی مواجه‌اند، به طرز چشمگیری افزایش دهد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت، دامنه زمانی متغیر دوره‌ها، در صورتی که شدت تمرین کافی باشد، به ارتقای ظرفیت هوازی منجر می‌شود.

افزایش سه میلی‌لیتر بر کیلوگرم بر دقیقه در حداکثر اکسیژن مصرفی، با کاهش درخورتوجهی در میزان مرگ‌ومیر ناشی از بیماری‌های قلبی-عروقی (۱۹ درصد) و سایر علل (۱۵ درصد) همراه است (۵)؛ ازاین‌رو افزایش نسبی ۴ تا ۲۷ درصدی در VO_{2max} متعاقب انجام اسنک‌های فعالیت ورزشی در نتایج مطالعات واردشده به مرور حاضر، که با حداقل سرمایه‌گذاری زمانی به دست می‌آید، رویکردی بهینه و مقرون‌به‌صرفه در راستای ارتقای سلامت را نشان می‌دهد؛ البته سودمندی مذکور در مطالعات بررسی‌شده به علت استفاده از پروتکل‌های متنوع (پله‌نوردی، دوچرخه‌سواری، تمرینات با وزن بدن) و مدت‌زمان‌های مختلف (شش تا دوازده هفته) نشان‌دهنده پایداری اثربخشی این رویکرد نوین تمرینی است، اما باید بااحتیاط تفسیر شده و به جنبه‌های مختلف این نوع تمرین توجه شود.

همگرایی نتایج مطالعات بررسی‌شده، با وجود ناهمگونی در پروتکل‌ها (نوع تمرین، شدت دقیق، فواصل ریکاوری، تعداد وهله‌ها) حاکی از این است که عامل محرک اصلی برای بهبود VO_{2max} متعاقب اسنک‌های فعالیت ورزشی، احتمالاً شدت بالای هر وهله تمرینی است تا حجم کلی یا ساختار دقیق تمرین (۲۶، ۴). این فرض با شواهد موجود که نشان می‌دهد شدت تمرین ارتباط مستقیم با بهبود آمادگی قلبی-تنفسی دارد، هم‌راستا است (۴۹، ۴۸).

از میان ۹ مطالعه انجام‌شده، تنها یک مطالعه افزایش اندک و غیرمعنادار (VO_{2max}(٪۲/۲ را پس از شش هفته اسنک‌های فعالیت ورزشی گزارش کرد (۴۱). این یافته می‌تواند به عواملی مانند حجم نمونه کم (هشت شرکت‌کننده) و به طور ویژه شدت کمتر تمرین نسبت داده شود. در این مطالعه، میانگین ضربان قلب ثبت‌شده در طول اسنک‌ها، ۱۶±۱۳۷ ضربه در دقیقه بود (نشان‌دهنده شدت تمرین سبک تا متوسط) که به طور چشمگیری کمتر از ۱۴±۱۷۴ ضربه در دقیقه گزارش‌شده در سایر مطالعات بود. همچنین تنها در ۳۳ درصد از جلسات، شدت تمرین از ۸۰ درصد ضربان قلب بیشینه فراتر رفت. ازآنجاکه شدت تمرین کافی برای بهبود ظرفیت هوازی بسیار مهم است، شدت کمتر در مطالعه ریتر و همکاران، ممکن است به دلیل استفاده از ساعت هوشمند به جای تمرین زیرنظر مربی/درمانگر باشد (۴۱) که احتمالاً توانایی شرکت‌کنندگان در دستیابی به شدت مطلوب را محدود کرده است. نکته مهم این است که به‌کارگیری ضربان قلب به‌عنوان شاخص ارزیابی شدت تمرین در اسنک‌های فعالیت ورزشی، با چالش مهم زمان روبه‌روست. به این علت که اسنک‌های فعالیت ورزشی اغلب در مدت‌زمان بسیار اندک اجرا و خاتمه می‌یابند (کمتر از یک دقیقه)، ضربان قلب

نمی‌تواند ابزار مناسبی برای ارزیابی شدت تمرین در نظر گرفته شود (۴). از طرفی در مطالعه مذکور، تبعیت از تمرین شرکت‌کنندگان از ۱۸ تا ۳۵ جلسه متغیر بود و تواتر جلسات تمرین نیز در هر هفته (سه تا شش جلسه) بین شرکت‌کنندگان تفاوت آشکاری داشت که می‌تواند در نتایج سوگیری ایجاد کند. در اسنک‌های فعالیت ورزشی مدت‌زمان هر وهله و جلسه فعالیت ورزشی محدود و کم است (به طور معمول کمتر از یک دقیقه) و فاصله بین جلسات تمرینی نیز منجر به ریکاوری کامل می‌شود (به طور معمول یک تا چهار ساعت فاصله)؛ بنابراین می‌توان استنباط کرد که شدت تمرین مهم‌ترین متغیر این نوع تمرینات است؛ ازاین‌رو نیاز است مربیان و محققان هنگام طراحی برنامه تمرینی براساس اسنک‌های فعالیت ورزشی، توجه ویژه‌ای به شدت فعالیت ورزشی داشته باشند. به علت مطالعات اندک انجام‌شده تاکنون، نمی‌توان به طور قطع شدت ورزشی بهینه‌ای را برای تمرینات اسنک‌های فعالیت ورزشی در نظر گرفت، اما به نظر می‌رسد شدت فعالیت ورزشی باید حداقل سختی برابر با نمره ۵ در مقیاس بورگ (احساس سخت/خیلی سخت) طراحی شده باشد؛ اگرچه به نظر می‌رسد، برای کسب مزایای حداکثری از تمرین به شیوه اسنک‌های ورزشی نیاز است شدت تمرین حداکثر یا نزدیک به حداکثر باشد؛ بنابراین می‌توان پیشنهاد کرد، شدت‌های بالاتر مانند سختی برابر با نمره ۷ در مقیاس بورگ (حدود ۷۵ درصد ضربان قلب بیشینه) احتمالاً با مزایای بیشتری همراه خواهد بود؛ با این حال، نیاز به انجام مطالعات گسترده‌تر و دقیق‌تر با تمرکز بر شدت فعالیت اسنک‌های ورزشی، ضروری به نظر می‌رسد.

براساس بررسی‌ها در مطالعه حاضر، مطالعات مرور نظام‌مند یا متاآنالیز منتشر نشده است؛ با این حال، با بررسی اندک مطالعات مروری روایی همسویی نتایج مشهود بود که اعتبار یافته‌های مطالعه مرور نظام‌مند حاضر را تقویت می‌کند. وستون و همکاران گزارش کردند که «اسنک‌های فعالیت ورزشی» به‌عنوان مفهومی نوظهور در حال گسترش است و پروتکل‌های رایج این شیوه تمرین شامل تمرینات با وزن بدن یا پله‌نوردی هستند. وستون و همکاران بر لزوم توصیف دقیق مداخلات تأکید داشتند (۱۱). به طور مشابه، مطالعه مروری وانگ و همکاران نیز اثربخشی اسنک‌های فعالیت‌های ورزشی را بر بهبود آمادگی جسمانی و ظرفیت ورزشی در جمعیت‌های کم‌تحرک محتمل دانست (۳). همچنین اسلام و همکاران، این روش تمرینی را رویکردی عملی و کارآمد از نظر زمانی برای کاهش اثرات منفی کم‌تحرکی بر سلامت قلبی-متابولیکی معرفی کردند (۴). به نظر می‌رسد، مداخلات پراکنده، با وجود اینکه اغلب نتایج سلامتی مشابه با تمرینات طولانی‌تر دارند، پذیرش بیشتری نیز دارند (۷). درحقیقت، صرف مدت‌زمان کم برای انجام تمرین معمولاً کمتر از پنج دقیقه (آماده‌سازی و بدنه اصلی تمرین) در مقایسه با تمرینات سنتی که به یک تا دو ساعت زمان نیاز دارند، به‌عنوان مزیتی بالقوه مطرح است. امروزه، بخش چشمگیری از جامعه به علت درگیری‌های شغلی، تحصیلی یا سبک زندگی، مدت‌زمان کمی را برای انجام فعالیت‌های ورزشی به صورت منظم اختصاص می‌دهند و این رویکرد تمرینی به دلیل صرف مدت‌زمان کم، اما مزایای سلامتی بالقوه، در حال محبوب شدن بین اقشار جامعه است.

برخی از مطالعات مرورشده به مقایسه اثرات اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی با روش‌های تمرینی دیگر پرداخته‌اند (۳۰، ۲۶، ۵). از یافته‌های این مطالعات می‌توان استنباط کرد که اسنک‌های فعالیت‌های ورزشی سرعتی نه‌تنها سودمندند، بلکه از نظر کارآمدی زمانی و تحمل‌پذیری مزایای درخورتوجهی نیز دارند. نتایج این مقایسه‌ها، اسنک‌های فعالیت ورزشی را به‌عنوان یک گزینه بالقوه سودمند برای افراد با محدودیت‌های زمانی (مانند افراد پرمشغله، شاغلان و دانشجویان) و

افراد با تحمل‌پذیری کم (مانند افراد کم‌تحرک، با آمادگی جسمانی سطح پایین، بیماران و سالمندان) معرفی می‌کند؛ به عنوان مثال، مطالعه یین و همکاران (۲۰۲۴) گزارش کردند که شش هفته اسنک‌های فعالیت‌های ورزشی سرعتی (سه وهله ۳۰ ثانیه‌ای پله‌نوردی با حداکثر توان، به همراه ۹۰ ثانیه گرم کردن قبل از هر وهله با یک تا شش ساعت فاصله از هم در طول روز و سه روز در هفته) بر بهبود VO2peak از تمرین تداومی با شدت متوسط (۳۰ تا ۵۰ دقیقه دوچرخه ثابت مداوم با شدت ۶۰ تا ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب) مؤثرتر است (۵). این یافته به دلیل کم‌زمان‌بر بودن اسنک‌های فعالیت‌های ورزشی سرعتی بسیار درخورتوجه است (کل زمان تمرین اسنک‌های فعالیت ورزشی به مدت ۱۸ دقیقه در هفته، بسیار کمتر از MICT به مدت ۱۲۰ دقیقه در هفته است). این برتری اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی در مقایسه با تمرین تداومی با شدت متوسط برای افزایش VO2peak، از نقش شدت تمرین به‌عنوان محرکی قدرتمند برای سازگاری‌های قلبی-تنفسی، حتی زمانی که حجم کلی تمرین بسیار کم باشد، حمایت می‌کند. این یافته برای سلامت عمومی بسیار مهم است؛ زیرا نشان می‌دهد که حداقل سرمایه‌گذاری زمانی با شدت بالا می‌تواند نتایج بهتری نسبت به تلاش‌های طولانی‌تر با شدت متوسط داشته باشد. این موضوع، اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی را به راهبرد عملی و مؤثری برای افرادی که با محدودیت زمانی مواجه‌اند، تبدیل می‌کند.

مطالعه مُنیخ نشان داد، اسنک‌های فعالیت ورزشی کل بدن (طراحی‌شده با وزن بدن) که به همراه کلاس عملی تربیت‌بدنی عمومی برای دانشجویان طراحی و اجرا شده بودند، VO_{2max} را به طور معناداری بیشتر از شرکت صرف در کلاس تربیت‌بدنی عمومی در دانشجویان غیرفعال، بهبود می‌بخشند (۳۰)؛ این در حالی بود که کل زمان تمرینی اضافه ناشی از به‌کارگیری اسنک‌های فعالیت ورزشی با احتساب زمان گرم کردن قبل از هر اسنک، فقط ۳۰ دقیقه طی هر هفته کلاس تربیت‌بدنی عمومی برای دانشجویان بود. در این مطالعه، شرکت‌کنندگان چهار حرکت ۳۰ ثانیه‌ای با حداکثر تلاش شامل بورپی، اسکوات پرشی، جامپینگ جک و کوهنورد را با فاصله بیشتر از سه ساعت از هم در طول روز به مدت هشت هفته انجام دادند. تمرینات کل بدن به حداقل تجهیزات نیاز دارند و در هر مکانی قابل اجرا هستند و برای هرکسی با زمان، تجهیزات یا فضای محدود، ایده‌آل‌اند (۳۰، ۲۹). درواقع، این مطالعه نشان می‌دهد که اگر یکی از اهداف واحد تربیت‌بدنی عمومی ارتقای آمادگی جسمانی و سلامت دانشجویان است، فعالیت فوق‌برنامه‌ای که به شکل اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی طراحی شده باشد، به رغم صرف نشدن زمان زیاد، قابلیت اجرا در هر زمان و مکان، بدون نیاز به تجهیزات خاص و تناسب با زندگی دانشجویی، می‌تواند گزینه‌ای مناسب باشد.

در مطالعه دیگری، لیتل و همکاران به مقایسه شیوه تمرین SIT با اسنک‌های فعالیت‌های ورزشی سرعتی پرداختند. آن‌ها شش هفته تمرین به شیوه اسنک‌های فعالیت‌های ورزشی سرعتی (سه وهله ۲۰ ثانیه‌ای وینگیت با یک تا چهار ساعت ریکاوری بین وهله‌ها در طول روز) و شش هفته تمرین تناوبی سرعتی (سه وهله ۲۰ ثانیه‌ای وینگیت با سه دقیقه ریکاوری بین وهله‌ها در یک جلسه واحد) را به‌عنوان مداخله در ۲۸ مرد و زن جوان غیرفعال اجرا کردند (۲۶). آن‌ها دریافتند که هر دو روش به یک میزان VO2max را افزایش می‌دهند، اما اسنک‌های فعالیت‌های ورزشی سرعتی با خستگی ادراکی کمتری همراه‌اند و تخلیه بیشتر گلیکوژن عضلانی و استرس متابولیکی قوی‌تری را ایجاد می‌کنند (۲۶). این نتایج نشان می‌دهد که پراکندگی وهله‌ها در طول روز می‌تواند با بار فیزیولوژیک و ادراکی کمتر، مزایای مشابهی با

SIT متمرکز و خسته‌کننده داشته باشد. این امر اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی را به جایگزینی جذاب و بالقوه تحمل‌پذیرتری برای افرادی تبدیل می‌کند که SIT خوشه‌ای را بیش از حد پرفشار می‌دانند. فواصل ریکاوری طولانی بین وهله‌های شدید پراکنده در طول روز، با جلوگیری از تجمع خستگی مفرط، امکان حفظ شدت بالا و حداکثر توان خروجی در هر دوره یا اسنک را فراهم می‌آورد (۲۷). این تلاش حداکثری مداوم، برخلاف خستگی انباشته‌شده در پروتکل‌های متمرکز، محرک فیزیولوژیک قوی‌تری را برای سازگاری‌ها ایجاد می‌کند (۲۸، ۲۶)؛ یعنی احتمالاً سازگاری‌های فیزیولوژیک عمدتاً توسط شدت هر وهله منفرد ایجاد می‌شوند، نه لزوماً توسط خستگی تجمعی در یک جلسه تمرینی واحد (۱۹، ۴، ۳)؛ به عنوان مثال، یک وهله اسپرینت[1] ۱۰ ثانیه‌ای برای تغییر غلظت متابولیت‌های درون‌عضلانی کافی است (۴۸) و یک وهله اسپرینت ۳۰ ثانیه‌ای، آبشارهای سیگنالینگ درون‌سلولی کلیدی دخیل در سازگاری با تمرین را (برای مثال، پروتئین کیناز فعال‌شده با آدنوزین مونوفسفات (AMP) فعال می‌کند (۴۹).

مکانیسم‌های فیزیولوژیک زمینه‌ای بهبود VO_{2max} ناشی از اسنک‌های فعالیت‌های ورزشی با شدت بالا، کاملاً روشن نیست و تاکنون نیز مطالعه‌ای به طور خاص تأثیر این فعالیت‌ها بر سازگاری‌های مرکزی (مانند حجم پلاسما یا عملکرد قلب) یا محیطی را (مانند تغییرات آنزیمی خاص) بررسی نکرده است. این شکاف تحقیقاتی نیاز به انجام مطالعات عمیق‌تر را برجسته می‌کند؛ با این حال، ماهیت کوتاه و با شدت بالای اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی، محرک‌های قدرتمندی را ایجاد می‌کند که ممکن است همانند تمرینات تناوبی شدید یا تمرینات تناوبی سرعتی، از طریق ترکیبی از مکانیسم‌های مرکزی و محیطی، بهبود آمادگی قلبی-تنفسی را به دنبال داشته باشد. یکی از مکانیسم‌های کلیدی برای افزایش VO_{2max}، بهبود ظرفیت اکسیداتیو در عضلات اسکلتی است. تمرینات سرعتی، حتی در زمان‌های کوتاه، فعال‌سازی مسیرهای سیگنالینگ درون‌سلولی نظیر پروتئین کیناز فعال‌شده با AMP[2] (AMPK) و فعال‌کننده تکثیر پروکسی زوم گاما هم‌فعال‌ساز آلفا[3] (PGC-1α) را تحریک می‌کنند که نقش محوری در بیوژنز میتوکندریایی و افزایش تراکم میتوکندری دارند (۵۳، ۵۲، ۲۷). این افزایش در تعداد و عملکرد میتوکندری‌ها، ظرفیت سلول‌ها برای تولید ATP به شیوه هوازی را افزایش می‌دهد و توانایی عضلات فعال برای استفاده از اکسیژن را بهبود می‌بخشد که به طور مستقیم به افزایش VO_{2max} منجر می‌شود (۲۷، ۴، ۳). همچنین این نوع تمرینات بر تغییرات در آنزیم‌های مسیرهای متابولیکی هوازی مانند سیترات سینتاز تأثیر می‌گذارند که نشان‌دهنده افزایش ظرفیت اکسیداتیو عضلات است (۲۶). در مطالعه یین و همکاران، پس از شش هفته تمرین به شیوه اسنک‌های فعالیت ورزشی پله‌نوردی با تمام توان (سه وهله ۳۰ ثانیه‌ای و سه روز در هفته)، مصرف اکسیژن در آستانه لاکتات، ۱۵ درصد افزایش یافت. این محققان عنوان کردند که اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی ممکن است تجمع لاکتات را از طریق افزایش ظرفیت اکسیداتیو عضلات کاهش دهد (۵). لیتل و همکارن نیز بهبود عملکرد هوازی ناشی از اسنک‌های فعالیت ورزشی (سه وهله ۲۰ ثانیه‌ای وینگیت، سه روز در هفته، به مدت شش هفته) در مطالعه خود را به تبعیت از مطالعات انجام‌شده درمورد تمرینات تناوبی سرعتی (۵۵، ۵۴) به

1. Sprint
2. AMP-Activated Protein Kinase
3. Peroxisome Proliferator-Activated Receptor Gamma Coactivator 1-Alpha

افزایش اکسیداسیون چربی و کاهش تجمع لاکتات در نتیجهٔ افزایش ظرفیت اکسیداتیو عضلات نسبت دادند (۲۶)؛ بنابراین فعال‌سازی مکرر و حداکثری فیبرهای عضلانی و استرس متابولیکی حاد مرتبط در طول تلاش‌های «تمام‌توان» در هر اسنک کوتاه، می‌تواند سیگنال‌های قدرتمندی را برای سازگاری‌های محیطی فراهم می‌آورد (۲۸، ۲۶، ۵، ۳).

شواهد نشان می‌دهند، افزایش حداکثراکسیژن مصرفی توسط تمرینات SIT به ظرفیت جذب اکسیژن عضلات مربوط است که بخشی از آن با افزایش جریان خون تسهیل می‌شود (۵۶). دوره‌های طولانی‌مدت رفتار بی‌تحرک که با نشستن‌های طولانی مشخص می‌شود، اغلب منجر به اختلال عملکرد عروقی و کاهش جریان خون محیطی می‌شود (۵۷، ۴). نشان داده شده است که اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی پله‌نوردی ممکن است تغییرات حاد در اتساع عروق ناشی از جریان ایجاد نکنند، اما منجر به بهبود الگوهای برشی شریان فمورال و افزایش جریان خون و هدایت عروقی می‌شوند (۳۲ درصد بیشتر در مقایسه با گروه کنترل) (۳۷). افزایش جریان خون با شدت تمرین همسوست که نشان می‌دهد بهبودها در ظرفیت هوازی با تمرین در شدت بالا روی می‌دهد (۳). این تغییرات در همودینامیک عروقی، به‌ویژه در عضلات درگیر، به اکسیژن‌رسانی کارآمدتر به بافت‌های فعال کمک می‌کند (۳). همچنین توانایی حفظ حداکثر توان در طول روز در رویکرد اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی، به این معنی است که سیستم قلبی-عروقی به طور مداوم در اوج ظرفیت خود به چالش کشیده می‌شود، که این خود محرکی قوی برای افزایش ظرفیت پمپاژ قلب است. افزایش VO_{2max} پس از تمرین با شدت بالا عمدتاً به دلیل افزایش حجم گلبول‌های قرمز خون، حجم ضربه‌ای و حداکثر برون‌ده قلبی است که نشان‌دهنده سازگاری‌های مرکزی سیستم قلبی-عروقی است (۵۹، ۵۸، ۳).

مطالعات مرورشده محدودیت‌های مهمی دارند. بسیاری از آن‌ها حجم نمونه اندک دارند (میانگین سیزده نفر در گروه مداخله) که این موضوع احتمال خطای آماری و توان آزمون را به‌ترتیب افزایش و کاهش می‌دهد؛ ازاین‌رو نیاز است تعمیم‌پذیری نتایج با احتیاط انجام شود. از طرفی، مدت‌زمان مداخلات در اکثر مطالعات نسبتاً کوتاه (اغلب شش هفته) است و مشخص نیست این اثرات سودمند گزارش‌شده از تمرینات، به شیوه اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی در بلندمدت پایدار می‌ماند یا حتی افزایش بیشتری دارد. در برخی مطالعات (۴۱، ۴۰، ۳۰، ۲۸)، کنترل نشدن دقیق عوامل مداخله‌گر نظیر رژیم غذایی و فعالیت بدنی خارج از مداخله وجود دارد که می‌تواند بر پیامدهای اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی اثر تداخلی داشته باشد؛ بنابراین نیاز است طرح اجرایی مطالعات آینده، دقیق‌تر و جامع‌تر در نظر گرفته شود. ناهمگونی در تعریف و گزارش شدت تمرینات اسنک‌های فعالیت‌های ورزشی سرعتی، مقایسه دقیق تأثیر بر VO_{2max} را دشوار می‌کند. علاوه بر این، گزارش عوارض جانبی و پایبندی به مداخله در بسیاری از مطالعات مرورشده، ناقص بود یا حتی گزارش نشده بود که این موضوع ارزیابی ایمنی تمرین و قابلیت اطمینان به نتایج را با چالش مواجه می‌کند. یافته‌های کنونی عمدتاً بر بزرگسالان جوان و سالم متمرکز بودند؛ بنابراین تعمیم نتایج به سایر گروه‌ها ازجمله افراد دارای اضافه‌وزن و چاق، افراد مسن یا افراد مبتلا به بیماری‌های مزمن (مانند دیابت نوع دو و بیماری‌های قلبی-عروقی) نیازمند انجام تحقیقات بیشتر است. مطالعاتی نظیر ژو و همکاران روی افراد چاق (۲۵)، وون و همکاران (۲۷) و هو و همکاران (۲۸) روی زنان کم‌تحرک و مُنیخ روی دانش‌آموزان دارای اضافه‌وزن (۴۴)، گام‌هایی در جهت گسترش جمعیت‌های موردمطالعه بودند، اما برای تعمیم گسترده نتایج کافی نیستند. همچنین مکانیسم‌های فیزیولوژیک پیشنهادشده سودمندی اسنک‌های

فعالیت ورزشی سرعتی را میانجیگری می‌کنند، اما انجام تحقیقات عمیق‌تر با هدف شناسایی مکانیسم های بالقوه، ضروری به نظر می‌رسد. درنهایت، برخی از مطالعات مرورشده کیفیت روش کار ضعیفی داشتند؛ برای مثال، دو مطالعه دارای کیفیت روش کار ضعیف (نمره ۲) بودند؛ بنابراین نیاز است مطالعات آینده توجه ویژه‌ای به ارتقای کیفیت روش کار داشته باشند تا نتایج مستدل‌تر و تعمیم پذیری حاصل شود.

نتایج مرور نظام‌مند حاضر، پیامدهای مهمی برای عمل، سیاست‌گذاری‌های بهداشتی و تحقیقات آینده دارد. از منظر پیامدهای عملی و بالینی، اسنک‌های فعالیت‌های ورزشی سرعتی، راهکار عملی و کارآمدی برای افرادی محسوب می‌شوند که به دلیل محدودیت‌های زمانی یا دسترسی محدود به امکانات ورزشی، قادر به رعایت دستورالعمل‌های فعالیت بدنی سنتی نیستند. این روش می‌تواند سطح فعالیت بدنی روزانه و آمادگی قلبی-تنفسی را به‌ویژه در محیط‌های کاری و دانشگاهی، افزایش دهد. پذیرش زیاد این روش تمرینی، به‌ویژه با استفاده از فناوری‌هایی مانند ساعت‌های هوشمند، آن را برای مداخلات سلامت عمومی جذاب می‌کند و می‌تواند به‌راحتی در روال روزمره افراد ادغام شود و موانع سنتی مشارکت در ورزش را کاهش دهد (۴۱، ۳۰، ۲۹، ۶) و همچنین به گزینه‌ای جذاب برای افزایش فعالیت بدنی بدون نیاز به تغییرات عمده در سبک زندگی، تبدیل شود؛ اگرچه همچنان نیاز به انجام مطالعات بیشتر در این حیطه احساس می‌شود. در بعد پیامدهای سیاستی، سیاست‌گذاران بهداشتی می‌توانند اسنک‌های فعالیت ورزشی را در برنامه‌های ارتقای سلامت عمومی و کمپین‌های ترویج فعالیت بدنی بگنجانند. این رویکرد می‌تواند به افزایش مشارکت در فعالیت بدنی در سطح جامعه کمک کند و به کاهش شیوع بیماری‌های مرتبط با کم‌تحرکی منجر شود. تشویق به اجرای اسنک‌های فعالیت‌های ورزشی سرعتی در محیط‌های کاری و آموزشی (مانند دانشگاه‌ها، ادارات و مدارس) می‌تواند به‌عنوان سیاست حمایتی برای سلامت کارکنان و دانشجویان در نظر گرفته شود و به مقابله با رفتارهای نشستن طولانی‌مدت در این محیط‌ها کمک کند؛ با این حال، محدودیت‌های فعلی نشان می‌دهند که تحقیقات هنوز در مراحل اولیه‌اند؛ بنابراین برای تحقیقات آینده، تأکید بر انجام کارآزمایی‌های تصادفی کنترل‌شده با حجم نمونه بزرگ‌تر و مدت‌زمان طولانی‌تر (بیش از دوازده هفته) به‌منظور تأیید قاطع اثربخشی و پایداری اثرات بر VO_{2max} و همچنین بررسی در جمعیت‌های متنوع‌تر مانند کودکان، نوجوانان، افراد مسن، افراد دارای اضافه‌وزن و چاقی و نیز بیماران مزمن برای ارزیابی قابلیت تعمیم‌پذیری تأثیر بر VO_{2max}، ضروری است.

پیام مقاله

مرور نظام‌مند اثربخشی اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی حاکی از این بود که در صورت وجود چالش‌هایی مانند کمبود وقت و دسترسی به امکانات ورزشی، می‌توان از فعالیت ورزشی میان‌وعده‌ای سرعتی به‌عنوان یک راهبرد ورزشی ایمن، مؤثر، کارآمد از نظر زمانی، عملی و قابل‌اجرا برای بهبود آمادگی قلبی-تنفسی استفاده کرد. این راهبرد تمرینی به طور ویژه برای افراد کم‌تحرک و دارای محدودیت زمانی جذابیت دارد و به‌عنوان الگوی تمرینی نوین و دسترس‌پذیر، ظرفیت زیادی برای ارتقای سلامت عمومی و کاهش بار بیماری‌های مزمن مرتبط با فقر حرکتی دارد. مرور مطالعات نشان می‌دهد، شدت اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی، عاملی کلیدی در اثربخشی این راهبرد تمرینی است. پیشنهاد می‌شود؛ شدت

تمرین در محدود سختی ۵ و بیشتر در مقیاس شاخص درک فشار بورگ باشد؛ در حالی که روزانه مساوی یا بیشتر از سه وهله (اسنک) و فاصله بین وهله‌های تمرینی بین یک تا چهار ساعت و حداقل سه روز در هفته در نظر گرفته شود؛ با این حال، نیاز مبرمی به انجام مطالعات جامع‌تر با حجم نمونه بزرگ‌تر در جمعیت‌های متفاوت وجود دارد تا قابلیت تعمیم‌پذیری و پایداری این رویکرد به طور کامل مشخص شود. پیشنهاد می‌شود، تحقیقات آینده بر استانداردسازی پروتکل‌ها، بررسی عمیق‌تر مکانیسم‌های مولکولی و ارزیابی پیامدهای بلندمدت و روان‌شناختی تمرکز کنند تا اثربخشی اسنک‌های فعالیت ورزشی سرعتی به‌عنوان یک راهبرد سلامت عمومی پایدار و فراگیر، بیشتر بررسی شود.

ملاحظات اخلاقی

در این پژوهش، تمام مراحل انجام مرور نظام‌مند با رعایت اصول اخلاق پژوهش ازجمله صداقت علمی، امانت‌داری در تحلیل اطلاعات و بی‌طرفی در گزارش نتایج صورت گرفت. یافته‌های مطالعات منتخب بدون تحریف یا سوگیری و به شکلی شفاف و منطبق بر داده‌های واقعی گزارش شده‌اند. همچنین در تمامی موارد، استناددهی علمی به منابع اصلی با دقت و به طور کامل انجام شد تا حقوق معنوی نویسندگان پیشین حفظ شود. پژوهش حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده و رعایت انصاف و بی‌طرفی در تحلیل و تفسیر نتایج لحاظ شده است.

مشارکت نویسندگان

ایده‌پردازی: خلیل‌اله مُنیخ

جمع‌آوری داده‌ها: خلیل‌اله مُنیخ و رئوف نگارش

تحلیل داده‌ها: خلیل‌اله مُنیخ و رئوف نگارش

نوشتن مقاله: خلیل‌اله مُنیخ و رئوف نگارش

بازبینی و ویرایش: خلیل‌اله مُنیخ و رئوف نگارش

مرور ادبیات: خلیل‌اله مُنیخ و رئوف نگارش

مدیر پروژه: خلیل‌اله مُنیخ

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از همه کسانی که در انجام این مطالعه به ما یاری رساندند، تشکر و قدردانی می‌کنیم.

منابع

1. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. Br J Sports Med. 2020;54(24):1451–62. https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955
2. Yin M, Zheng H, Bai M, Huang G, Chen Z, Deng S, et al. Effects of integrating stair climbing-based exercise snacks into the campus on feasibility, perceived efficacy, and participation perspectives in

inactive young adults: a randomized mixed-methods pilot study. Scand J Med Sci Sports. 2024;34(12):e14771. https://doi.org/10.1111/sms.14771

3. Wang T, Laher I, Li S. Exercise snacks and physical fitness in sedentary populations. Sports Med Health Sci. 2025;7(1):1–7. https://doi.org/10.1016/j.smhs.2024.02.006

4. Islam H, Gibala MJ, Little JP. Exercise snacks: a novel strategy to improve cardiometabolic health. Exerc Sport Sci Rev. 2022;50(1):31–7. https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000275

5. Yin M, Deng S, Chen Z, Zhang B, Zheng H, Bai M, et al. Exercise snacks are a time-efficient alternative to moderate-intensity continuous training for improving cardiorespiratory fitness but not maximal fat oxidation in inactive adults: a randomized controlled trial. Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appl Nutr Metab. 2024;49(7):920–32. https://doi.org/10.1139/apnm-2023-0593

6. Du Y, Peng R, Wan X, Zhang C, Guo Y, Chang J, et al. Perceptions and experiences of exercise snacks among middle-aged and older adults: a systematic review and meta-synthesis. Public Health Nurs Boston Mass. 2025;42(2):1031–46. https://doi.org/10.1111/phn.13495

7. Jones MD, Clifford BK, Stamatakis E, Gibbs MT. Exercise snacks and other forms of intermittent physical activity for improving health in adults and older adults: a scoping review of epidemiological, experimental and qualitative studies. Sports Med Auckl NZ. 2024;54(4):813–35. https://doi.org/10.1007/s40279-023-01983-1

8. Strain T, Flaxman S, Guthold R, Semenova E, Cowan M, Riley LM, et al. National, regional, and global trends in insufficient physical activity among adults from 2000 to 2022: a pooled analysis of 507 population-based surveys with 5·7 million participants. Lancet Glob Health. 2024;12(8):e1232–43. https://doi.org/10.1016/S2214-109X(24)00150-5

9. Hoare E, Stavreski B, Jennings GL, Kingwell BA. Exploring motivation and barriers to physical activity among active and inactive australian adults. Sports Basel Switz. 2017;5(3):47. https://doi.org/10.3390/sports5030047

10. Zamora AN, Zeitlin AB, Moore JB, Oppezzo M. Exploring perceptions, barriers, and facilitators of participation in an exercise snack intervention among U.S. office workers: findings from a pilot study. Am J Health Promot AJHP. 2025;8901171251338217. https://doi.org10.1177/08901171251338217

11. Weston KL, Little JP, Weston M, McCreary S, Kitchin V, Gill A, et al. Application of exercise snacks across youth, adult and clinical populations: a scoping review. Sports Med Open. 2025;11(1):27. https://doi.org/10.1186/s40798-025-00829-6

12. Gibala MJ, Little JP. Physiological basis of brief vigorous exercise to improve health. J Physiol. 2020;598(1):61–9. https://doi.org/10.1113/JP276849

13. Duncombe SL, Barker AR, Bond B, Earle R, Varley-Campbell J, Vlachopoulos D, et al. School-based high-intensity interval training programs in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. PloS One. 2022;17(5):e0266427. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266427

14. Bonafiglia JT, Islam H, Preobrazenski N, Gurd BJ. Risk of bias and reporting practices in studies comparing VO2max responses to sprint interval vs. continuous training: a systematic review and meta-analysis. J Sport Health Sci. 2022;11(5):552–66. https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.03.005

15. Poon ETC, Li HY, Little JP, Wong SHS, Ho RST. Efficacy of interval training in improving body composition and adiposity in apparently healthy adults: an umbrella review with meta-analysis. Sports Med Auckl NZ. 2024;54(11):2817–40. https://doi.org/10.1007/s40279-024-02070-9

16. da Silva DE, Grande AJ, Roever L, Tse G, Liu T, Biondi-Zoccai G, et al. High-intensity interval training in patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review. Curr Atheroscler Rep. 2019;21(2):8. https://doi.org/10.1007/s11883-019-0767-9

17. Batacan RB, Duncan MJ, Dalbo VJ, Tucker PS, Fenning AS. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. Br J Sports Med. 2017;51(6):494–503. https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095841

18. Moonikh K, Golizadeh MR, Mahmoodi K, Kashef M. The effect of high-intensity interval training (hiit) with short intervals and inactive recovery on cardiorespiratory fitness and health-related quality of life in men with hypertension and CAD after percutaneous coronary intervention (PCI). J Health Res Community. 2023;9(3):48–60. https://doi.org/20.1001.1.24236772.1402.9.3.6.0

19. Jenkins EM, Nairn LN, Skelly LE, Little JP, Gibala MJ. Do stair climbing exercise "snacks" improve cardiorespiratory fitness? Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appl Nutr Metab. 2019;44(6):681–4. https://doi.org/10.1139/apnm-2018-0675

20. Gillen JB, Gibala MJ. Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appl Nutr Metab. 2014;39(3):409–12. https://doi.org/10.1139/apnm-2013-0187

21. Moonikh K. Effect of exercise snacks (a novel training approach) on body fat percentage and body mass index in overweight male adolescents. Res Sport Sci Educ RISSE. 2024;2(3):63–9. Available at: https://risse.sru.ac.ir/article_2329.html

22. Boyd JC, Simpson CA, Jung ME, Gurd BJ. Reducing the intensity and volume of interval training diminishes cardiovascular adaptation but not mitochondrial biogenesis in overweight/obese men. PloS One. 2013;8(7):e68091. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068091

23. Metcalfe RS, Babraj JA, Fawkner SG, Vollaard NBJ. Towards the minimal amount of exercise for improving metabolic health: beneficial effects of reduced-exertion high-intensity interval training. Eur J Appl Physiol. 2012;112(7):2767–75. https://doi.org/10.1007/s00421-011-2254-z

24. Vollaard NBJ, Metcalfe RS, Williams S. Effect of number of sprints in an sit session on change in v˙o2max: a meta-analysis. Med Sci Sports Exerc. 2017;49(6):1147–56. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001204

25. Zhou J, Gao X, Zhang D, Jiang C, Yu W. Effects of breaking up prolonged sitting via exercise snacks intervention on the body composition and plasma metabolomics of sedentary obese adults: a randomized controlled trial. Endocr J. 2025;72(2):183–92. https://doi.org/10.1507/endocrj.EJ24-0377

26. Little JP, Langley J, Lee M, Myette-Côté E, Jackson G, Durrer C, et al. Sprint exercise snacks: a novel approach to increase aerobic fitness. Eur J Appl Physiol. 2019;119(5):1203–12. https://doi.org/10.1007/s00421-019-04110-z

27. Wun CH, Zhang MJ, Ho BH, McGeough K, Tan F, Aziz AR. Efficacy of a six-week dispersed wingate-cycle training protocol on peak aerobic power, leg strength, insulin sensitivity, blood lipids and quality of life in healthy adults. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(13):4860. https://doi.org/10.3390/ijerph17134860

28. Ho BH, Lim I, Tian R, Tan F, Aziz AR. Effects of a novel exercise training protocol of Wingate-based sprint bouts dispersed over a day on selected cardiometabolic health markers in sedentary females: a pilot study. BMJ Open Sport Exerc Med. 2018;4(1):e000349. https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000349

29. Tk PK, Shafeek AM, L AK. Exercise snacking: a convenient and time-efficient strategy for enhancing physical fitness and health. Int J Physiol Exerc Phys Educ. 2025;7(1):44–8. https://doi.org/10.33545/26647249.2025.v7.i1a.150

30. Moonikh K. The effect of a novel whole-body exercise snacks approach on cardiorespiratory fitness, body fat percentage, and blood pressure in non-athlete male students: a quasi-experimental study. Journal of Sport Physiology Special Groups, 2025. https://doi.org/10.22098/epsp.2025.17075.1057

31. Stork MJ, Marcotte-Chénard A, Jung ME, Little JP. Exercise in the workplace: examining the receptivity of practical and time-efficient stair-climbing "exercise snacks." Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appl Nutr Metab. 2024;49(1):30–40. https://doi.org/10.1139/apnm-2023-0128

32. Lavie CJ, Ozemek C, Carbone S, Katzmarzyk PT, Blair SN. Sedentary behavior, exercise, and cardiovascular health. Circ Res. 2019;124(5):799–815. https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.118.312669

33. de Jesus Gomes G, Diniz Magalhães CO, Queiroz IP, Alves de Andrade J, Chaves Garcia BC, Ramalho de Souza Pereira R, et al. Multiple shorter high-intensity interval exercise sessions during the day result in greater energy expenditure with less exertion than a longer single session: a randomized crossover clinical trial. Eur J Sport Sci. 2025;25(5):e12302. https://doi.org10.1002/ejsc.12302

34. Cho MJ, Bunsawat K, Kim HJ, Yoon ES, Jae SY. The acute effects of interrupting prolonged sitting with stair climbing on vascular and metabolic function after a high-fat meal. Eur J Appl Physiol. 2020;120(4):829–39. https://doi.org/10.1007/s00421-020-04321-9

35. Rafiei H, Omidian K, Myette-Côté É, Little JP. Metabolic effect of breaking up prolonged sitting with stair climbing exercise snacks. Med Sci Sports Exerc. 2021;53(1):150–8. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002431

36. Wolfe AS, Burton HM, Vardarli E, Coyle EF. Hourly 4-s sprints prevent impairment of postprandial fat metabolism from inactivity. Med Sci Sports Exerc. 2020;52(10):2262–9. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002367

37. Caldwell HG, Coombs GB, Rafiei H, Ainslie PN, Little JP. Hourly staircase sprinting exercise "snacks" improve femoral artery shear patterns but not flow-mediated dilation or cerebrovascular regulation: a pilot study. Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appl Nutr Metab. 2021;46(5):521–9. https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0562

38. Ross R, Blair SN, Arena R, Church TS, Després JP, Franklin BA, et al. Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: a case for fitness as a clinical vital sign: a scientific statement from the american heart association. Circulation. 2016;134(24):e653–99. https://doi.org10.1161/CIR.0000000000000461

39. Ardavani A, Aziz H, Phillips BE, Doleman B, Ramzan I, Mozaffar B, et al. Indicators of response to exercise training: a systematic review and meta-analysis. BMJ Open. 2021;11(7):e044676. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-044676

40. Moonikh K. Effect of exercise snacks (a novel strategy) on cardiorespiratory fitness and fasting blood sugar in inactive and overweight boys. J Sports Biomotor Sci. 2021;13(26):98–106. https://doi.org/10.22034/sbs.2021.161255

41. Ritter Y, Sun X, Spindler L, Pfister D, Gruber M, Schwenk M. Stair-Climbing exercise snacks integrated into daily life: A Proof-Of-Concept study. 29 ed. Annual Congress of the European College of Sport Science; 2025. https://doi.org/10.31219/osf.io/475ru_v1

42. Atakan MM, GüzelY, BulutS, Koşar ŞN, McConell GK, Turnagöl HH. Six high-intensity interval training sessions over 5 days increases maximal oxygen uptake, endurance capacity, and sub-maximal exercise fat oxidation as much as 6 high-intensity interval training sessions over 2 weeks. Journal of Sport and Health Science. 2020;9(6):617-23. https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.06.008

43. Boreham CAG, Kennedy RA, Murphy MH, Tully M, Wallace WFM, Young I. Training effects of short bouts of stair climbing on cardiorespiratory fitness, blood lipids, and homocysteine in sedentary young women. British Journal of Sports Medicine. 2005;39(9):590-3. https://doi.org/10.1136/bjsm.2002.001131

44. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. Med Sci Sports Exerc. 1982;14(5):377–81.

45. Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. Phys Ther. 2003;83(8):713–21. Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12882612/

46. Negaresh R, Motl RW, Zimmer P, Mokhtarzade M, Baker JS. Effects of exercise training on multiple sclerosis biomarkers of central nervous system and disease status: a systematic review of intervention studies. Eur J Neurol. 2019;26(5):711–21. https://doi.org/10.1111/ene.13929

47. Negaresh R, Motl RW, Mokhtarzade M, Dalgas U, Patel D, Shamsi MM, et al. Effects of exercise training on cytokines and adipokines in multiple Sclerosis: A systematic review. Mult Scler Relat Disord. 2018;24:91–100. https://doi.org/10.1016/j.msard.2018.06.008

48. Weston KS, Wisløff U, Coombes JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. Br J Sports Med. 2014;48(16):1227–34. https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092576

49. Ramos JS, Dalleck LC, Tjonna AE, Beetham KS, Coombes JS. The impact of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on vascular function: a systematic review and meta-analysis. Sports Med Auckl NZ. 2015;45(5):679–92. https://doi.org/10.1007/s40279-015-0321-z

50. Bogdanis GC, Nevill ME, Lakomy HK, Boobis LH. Power output and muscle metabolism during and following recovery from 10 and 20 s of maximal sprint exercise in humans. Acta Physiol Scand. 1998;163(3):261–72. https://doi.org/10.1046/j.1365-201x.1998.00378.x

51. Morales-Alamo D, Guerra B, Ponce-González JG, Guadalupe-Grau A, Santana A, Martin-Rincon M, et al. Skeletal muscle signaling, metabolism, and performance during sprint exercise in severe acute hypoxia after the ingestion of antioxidants. J Appl Physiol Bethesda Md 1985. 2017;123(5):1235–45. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00384.2017

52. Gibala M. Molecular responses to high-intensity interval exercise. Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appl Nutr Metab. 2009;34(3):428–32. https://doi.org/10.1139/H09-046

53. Little JP, Safdar A, Bishop D, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. An acute bout of high-intensity interval training increases the nuclear abundance of PGC-1α and activates mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2011;300(6):R1303-1310. https://doi.org/10.1152/ajpregu.00538.2010

54. Gibala MJ, Little JP, van Essen M, Wilkin GP, Burgomaster KA, Safdar A, et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. J Physiol. 2006;575(Pt 3):901–11. https://doi.org/10.1113/jphysiol.2006.112094

55. Burgomaster KA, Heigenhauser GJF, Gibala MJ. Effect of short-term sprint interval training on human skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise and time-trial performance. J Appl Physiol Bethesda Md 1985. 2006;100(6):2041–7. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01220.2005

56. Sloth M, Sloth D, Overgaard K, Dalgas U. Effects of sprint interval training on VO2max and aerobic exercise performance: A systematic review and meta-analysis. Scand J Med Sci Sports. 2013;23(6):e341-352. https://doi.org/10.1111/sms.12092

57. Pekas EJ, Allen MF, Park SY. Prolonged sitting and peripheral vascular function: potential mechanisms and methodological considerations. J Appl Physiol Bethesda Md 1985. 2023;134(4):810–22. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00730.2022

58. Gibala MJ, MacInnis MJ. Physiological basis of brief, intense interval training to enhance maximal oxygen uptake: a mini-review. Am J Physiol Cell Physiol. 2022;323(5):C1410–6. https://doi.org/10.1152/ajpcell.00143.2022

59. Lundby C, Montero D, Joyner M. Biology of VO2 max: looking under the physiology lamp. Acta Physiol Oxf Engl. 2017;220(2):218–28. https://doi.org/10.1111/apha.12827