

Research Paper

The Effect of Hyperventilation-Assisted Recovery on Squat and Bench Press Performance in Resistance-Trained Men

Arian Saeednamaghi¹ , Bahman Mirzaei^{2*} 

Received: 12 January 2025

Revised: 03 May 2025

Accepted: 07 May 2025

ABSTRACT

Objective: High-intensity resistance exercise can increase metabolic acidosis and muscular fatigue. Voluntary hyperventilation induces respiratory alkalosis and may attenuate these effects, although evidence regarding resistance-exercise performance remains inconsistent. This study examined the effect of hyperventilation-assisted recovery on squat and bench-press performance in resistance-trained men.

Methodology: Twelve resistance-trained male students (mean age 22.41 years) completed three sessions separated by 72 hours. In the first session, demographic data and one-repetition maximum for the bench press and squat were measured, and the hyperventilation protocol was practiced. In the second and third sessions, participants completed three sets of the bench press and squat at 80% of one-repetition maximum to failure. During the five-minute inter-set recovery, participants either breathed normally or performed 60 breaths per minute during the final 30 seconds. Data were analyzed using paired t-tests.

Results: Hyperventilation-assisted recovery significantly increased the mean number of repetitions in the bench press by 10.92% (23.66 ± 3.65 vs. 21.33 ± 3.93) and in the squat by 11.42% (26.83 ± 4.82 vs. 24.08 ± 4.27 ; $p < 0.05$).

Conclusion: Hyperventilation-assisted recovery between sets may improve bench-press and squat performance in resistance-trained men.

Keywords: Respiratory Alkalosis; Hyperventilation; Breathwork; Resistance Training

* Corresponding author's e-mail address: bmirzaei2000@yahoo.com

1. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

Cite this article: Nameghi, S., Mirzaei, B., (2026). The Effect of Hyperventilation-Assisted Recovery on Squat and Bench Press Performance in Resistance-Trained Men. *Journal of Metabolism and Exercise*, 16 (1), 1-16.

DOI: <https://doi.org/10.22124/jme.2025.29548.388>

Extended Abstract

Introduction and State of Problem

Recovery is a critical determinant of performance in resistance training, influencing both acute exercise capacity and long-term adaptations. Traditional recovery methods between sets—such as passive rest or light activity—primarily aim to restore energy substrates and clear metabolic byproducts like lactate and hydrogen ions. However, emerging techniques targeting ventilatory efficiency and oxygen delivery have shown promise in accelerating recovery and enhancing performance.

Ventilatory-assisted recovery (VAR) is an innovative approach that utilizes controlled breathing techniques or devices to optimize pulmonary gas exchange, increase oxygen uptake (VO_2), and facilitate the removal of carbon dioxide (CO_2). By improving respiratory function during rest intervals, VAR may enhance recovery kinetics, delay fatigue, and improve performance in subsequent sets. While previous research has explored VAR in endurance sports, its application in resistance training, particularly in compound lifts like the squat and bench press, remains underexamined.

The squat and bench press are fundamental strength exercises that rely heavily on anaerobic energy systems, leading to significant metabolite accumulation and neuromuscular fatigue. Given that these lifts are staples in athletic and recreational training, optimizing recovery between sets could lead to greater training volume, improved strength outcomes, and potentially faster hypertrophy adaptations.

This study investigates the acute effects of VAR on back squat and bench press performance in resistance-trained men. We hypothesize that VAR will:

- Increase total volume load compared to passive recovery.
- Enhance repetition sustainability across multiple sets.
- Improve perceived recovery, reducing ratings of perceived exertion (RPE).

By examining these outcomes, this research aims to provide evidence-based insights into the efficacy of VAR as a practical recovery tool for strength athletes and coaches. The findings could influence future training protocols, particularly for individuals seeking to maximize performance in high-intensity resistance exercise

Methodology

This study included 12 healthy, resistance-trained male students (aged 18–25 years) from the University of Guilan, selected via random sampling and oral recruitment. Participants had ≥ 6 months of resistance training experience (≥ 3 sessions/week) and no medical conditions, confirmed through health questionnaires. They signed informed consent forms and refrained from supplements (e.g., creatine, caffeine), performance-enhancing drugs, alcohol, and intense exercise 48 hours prior to sessions. The protocol spanned three sessions (72-hour intervals): Session 1 involved anthropometric

measurements (BMI), 1RM testing for squat and bench press, and familiarization with ventilatory-assisted recovery (VAR; 60 breaths/minute via diaphragmatic/thoracic breathing). Sessions 2–3 employed a crossover design: after a 10-minute warm-up, participants performed 3 sets each of bench press and squat at 80% 1RM to failure, with 5-minute inter-set rest. Recovery conditions (normal breathing vs. VAR in the final 30 seconds of rest) were randomized (randomizer.org). Verbal encouragement ensured maximal effort. Total repetitions across sets were recorded. 1RM testing followed NSCA guidelines (progressive loading with strict form). Statistical analysis used Shapiro-Wilk for normality and paired t-tests (SPSS v23; significance: $p \leq 0.05$).

Results

The study included resistance-trained males (mean $\pm$ SD: age 22.41 $\pm$ 3.17 years, BMI 24.46 $\pm$ 2.14 kg/m²) with 2.30 $\pm$ 1.48 years of training experience. Shapiro-Wilk tests confirmed normal data distribution ($p > 0.05$). Ventilatory-assisted recovery (VAR) significantly improved performance in both exercises compared to normal recovery: squat repetitions increased by 11.42% ($p < 0.05$) and bench press by 10.92% ($p < 0.05$). These results demonstrate that VAR effectively enhances performance in recreational resistance-trained men for both compound movements.

Discussion and Conclusion

This study investigated the effects of ventilatory-assisted recovery (VAR) on squat and bench press performance in recreationally resistance-trained men. The findings demonstrated that VAR significantly improved performance in both exercises at 80% 1RM by increasing total repetitions across sets, aligning with some prior studies (8, 9, 16, 17) but contradicting others (13, 18–22). The ergogenic benefits of VAR may stem from respiratory alkalosis, which mitigates anaerobic metabolic challenges (e.g., lactate and H⁺ accumulation) during high-intensity, multi-joint exercises. However, the efficacy of VAR appears duration-dependent, as excessively short or prolonged interventions may impair recovery (29, 30). The observed improvements could also be attributed to central mechanisms, such as enhanced neural drive via the Sekhon effect, where voluntary respiratory muscle activation counteracts central fatigue (8). While VAR's ability to modulate acid-base balance and hemodynamics offers promise, conflicting evidence underscores the need for further research to optimize protocols and clarify underlying mechanisms.

Originality/Value

This study examined the acute effects of hyperventilation-assisted recovery during rest intervals between sets of two multi-joint exercises. The main finding was that performing 30 seconds of hyperventilation at the end of the inter-set rest interval increased the number of squat and bench press repetitions in resistance-trained men. This method may be considered as a short-term, equipment-free strategy for maintaining performance across successive sets.

Research Limitations/Implications

The sample size was small, and only young, trained men were included; therefore, caution is warranted when generalizing the findings to women, older adults, elite athletes, or individuals with limited training experience. Furthermore, the study outcomes were limited to acute performance, and physiological markers such as carbon dioxide partial pressure and lactate levels were not measured.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

Participants signed an informed consent form after receiving the necessary information, and participation in the study was voluntary.

Funding

This research received no direct financial support from any public, private, or non-profit organizations or institutions.

Authors' contribution

All authors contributed to the design, implementation, and writing of all parts of the present study.

Conflict of interest

The authors hereby declare that there is no conflict of interest whatsoever in this article.

Acknowledgments

The authors express their gratitude to the people who participated in this study and to their research staff.



تأثیر ریکاوری به کمک پرتھویه‌ای بر عملکرد اسکوات و پرس سینه در مردان تمرین کرده مقاومتی

آرین سعید نامقی^{id}، بهمن میرزایی^{id*}

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۲/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۳

چکیده

هدف: فعالیت مقاومتی با شدت بالا می‌تواند به اسیدوز متابولیک و خستگی عضلانی منجر شود. پرتھویه‌ای با ایجاد آلکالوز تنفسی ممکن است این اثرات را کاهش دهد، اما شواهد مربوط به اثر آن بر عملکرد تمرین مقاومتی یکسان نیست. هدف پژوهش حاضر بررسی اثر ریکاوری به کمک پرتھویه‌ای بر عملکرد اسکوات و پرس سینه در مردان تمرین کرده مقاومتی بود. **روش‌شناسی:** در این پژوهش، ۱۲ دانشجوی مرد تمرین کرده مقاومتی با میانگین سن ۲۲/۴۱ سال در سه جلسه با فاصله ۷۲ ساعت شرکت کردند. در جلسه نخست، اطلاعات فردی و یک تکرار بیشینه حرکات پرس سینه و اسکوات اندازه‌گیری و پروتکل پرتھویه‌ای تمرین شد. در جلسات دوم و سوم، شرکت‌کنندگان سه ست پرس سینه و اسکوات را با شدت ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه تا ناتوانی اجرا کردند. در استراحت پنج دقیقه‌ای بین ست‌ها، شرکت‌کنندگان در شرایط تنفس عادی یا با سرعت ۶۰ تنفس در دقیقه در ۳۰ ثانیه پایانی استراحت نفس کشیدند. داده‌ها با آزمون تی وابسته تحلیل شدند.

یافته‌ها: ریکاوری به کمک پرتھویه‌ای میانگین تعداد تکرارها را در پرس سینه $10/92 \pm 23/66$ درصد (۳/۶۵± در برابر $21/33 \pm 3/93$ (و در اسکوات ۱۱/۴۲ درصد) $26/83 \pm 4/82$ در برابر $24/08 \pm 4/27$ (افزایش داد و این تفاوت‌ها معنادار بود ($p < 0.05$).

نتیجه‌گیری: ریکاوری به کمک پرتھویه‌ای بین ست‌ها ممکن است عملکرد پرس سینه و اسکوات را در مردان تمرین کرده مقاومتی بهبود دهد.

واژه‌های کلیدی: آلکالوز تنفسی؛ پرتھویه‌ای؛ تنفس؛ تمرین مقاومتی.

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

* نشانی الکترونیک نویسنده مسئول:

bmirzaei2000@yahoo.com

استناد: سعید نامقی، آرین؛ میرزایی، بهمن. (۱۴۰۵). تأثیر ریکاوری به کمک پرتھویه‌ای بر عملکرد اسکوات و پرس سینه در مردان تمرین کرده مقاومتی. نشریه سوخت و ساز و فعالیت ورزشی، ۱۶ (۱)، ۱-۱۴

DOI: <https://doi.org/10.22124/jme.2025.29548.388>

نواوری پژوهش و پیام کلی

این پژوهش اثر حاد ریکاوری به کمک پرتھویه‌ای را در فاصله استراحت بین ست‌های دو حرکت چندمفصلی بررسی کرد. یافته اصلی این بود که اجرای ۳۰ ثانیه پرتھویه‌ای در پایان استراحت بین ست‌ها، تعداد تکرارهای اسکوات و پرس سینه را در مردان تمرین کرده مقاومتی افزایش داد. این روش می‌تواند به عنوان یک راهکار کوتاه‌مدت و بدون تجهیزات برای حفظ عملکرد در ست‌های متوالی بررسی شود.



Copyright © 2025 The Author(s);

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License (CC-BY-NC);

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en>, which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

Publisher: University of Guilan

مقدمه

حفظ قدرت عضلانی و هایپرتروفی برای بهبود عملکرد روزمره، ارتقای سلامت و کاهش مرگومیر اهمیت دارد. این ویژگی‌ها برای عموم مردم مفید بوده و برای ورزشکاران نیز حیاتی است، زیرا تولید حداکثر نیرو در بسیاری از ورزش‌ها مورد نیاز است (۱). تمرین مقاومتی سنگ بنای برنامه‌های قدرتی و آماده‌سازی است که برای بهبود قدرت عضلانی، هایپرتروفی و قدرت طراحی شده است. تمریناتی مانند اسکوات و پرس سینه اجزای اساسی این برنامه‌ها هستند که اغلب با شدت بالا با ست‌ها و تکرارهای متعدد انجام می‌شوند. با این حال، ماهیت تکراری چنین تمرین‌هایی با شدت بالا می‌تواند منجر به خستگی قابل توجهی شود که در نهایت عملکرد را مختل کرده و سازگاری‌های تمرینی مورد نظر را محدود می‌کند (۱). برای به حداکثر رساندن اثربخشی تمرینات مقاومتی، اجرای استراتژی‌هایی برای افزایش ریکاوری بین ست‌ها به یک نقطه مهم تمرکز هم برای ورزشکاران و هم برای افراد تمرین‌کرده تبدیل شده است (۲).

خستگی، پدیده‌ای پیچیده است که شامل عوامل محیطی و مرکزی می‌شود (۳). خستگی محیطی ناشی از تخلیه انرژی، تجمع متابولیت‌ها و اختلال در جفت شدن تحریک-انقباض است، درحالی‌که خستگی مرکزی به تغییرات سیستم عصبی و کاهش به‌کارگیری واحدهای حرکتی مرتبط است (۴). خستگی در حین تمرین مقاومتی چند عاملی است و شامل مکانیسم‌های محیطی مانند تجمع متابولیت، کاهش سطح انرژی و تجمع یون هیدروژن (H^+) و همچنین مکانیسم‌های مرکزی از جمله کاهش درایو عصبی و اختلال در تحریک واحد حرکتی است (۵). خستگی محیطی، به ویژه، می‌تواند کارایی انقباض عضلانی را با اختلال در فرآیند جفت شدن تحریک-انقباض و تغییر pH داخل عضلانی به خطر بیندازد (۶). این تغییرات منجر به کاهش تولید نیرو و توان خروجی می‌شود و اهمیت استراتژی‌های ریکاوری مؤثری را که نیازهای فیزیولوژیکی و متابولیک را برطرف می‌کنند، برجسته می‌کند. این خستگی‌ها با کاهش ATP ، افزایش لاکتات و تغییرات pH همراه بوده و عملکرد عضلانی را در حین و پس از تمرین کاهش می‌دهند (۷). درک این عوامل برای بهینه‌سازی برنامه‌های تمرینی ضروری است. تقاضای بالای ATP در تمرینات مقاومتی، گلیکولیز بی‌هوازی را افزایش داده و منجر به تولید بیش از حد یون‌های هیدروژن می‌شود که می‌تواند انقباض عضلات را مختل کند.

ریکاوری به کمک پرتهویه‌ای، اخیراً به عنوان یک استراتژی بالقوه ارگونومیک برای کاهش خستگی و افزایش عملکرد در طول تمرین مقاومتی ظاهر شده است (۸). این روش شامل افزایش عمدی در سرعت و عمق تنفس، ایجاد حالت آلکالوز تنفسی با کاهش سطح دی اکسید کربن شریانی (CO_2) و افزایش pH خون است. با کاهش تجمع یون‌های هیدروژن و به تاخیر انداختن شروع اسیدوز متابولیک، پرتهویه‌ای ممکن است ظرفیت حفظ انقباضات عضلانی و حفظ عملکرد را در مجموعه‌های متوالی بهبود بخشد (۹). علاوه بر این، افزایش در دسترس بودن اکسیژن و افزایش پاکسازی دی اکسید کربن مرتبط با تهویه بیش از حد ممکن است ریکاوری را تسهیل کرده و تلاش درک شده را کاهش دهد (۸). علیرغم علاقه روزافزون به پرتهویه‌ای به عنوان یک تکنیک ریکاوری، تحقیقات در مورد کاربرد آن در تمرینات مقاومتی، به ویژه برای تمرینات کلیدی مانند اسکات و پرس سینه، محدود باقی مانده است. برای بهبود ریکاوری، استفاده از کمک‌های ارگونومیک مانند بی‌کربنات سدیم و پرتهویه‌ای داوطلبانه پیشنهاد شده است. بی‌کربنات سدیم با ایجاد آلکالوز، محیط اسیدی ماهیچه‌ها را کاهش می‌دهد، اما ممکن است اثرات گوارشی نامطلوب داشته باشد

و نتایج آن در مطالعات متفاوت است. در مقابل، پرتهویه‌ای داوطلبانه، آکالوز تنفسی ایجاد کرده و بدون عوارض گوارشی، به عنوان جایگزینی برای ورزش‌های متناوب شدید پیشنهاد می‌شود. مطالعات قبلی مزایای بالقوه آن را در تمرینات استقامتی و تناوبی با شدت بالا نشان داده‌اند، اما اثرات آن بر فعالیت‌های مبتنی بر قدرت هنوز به طور کامل مورد بررسی قرار نگرفته است (۹، ۱۰). این مطالعه با هدف بررسی اثرات ریکاوری به کمک پرتهویه‌ای بر عملکرد اسکوات و پرس روی نیمکت در مردان تمرین کرده انجام شد. با این حال؛ درک اثربخشی ریکاوری به کمک پرتهویه‌ای می‌تواند به ورزشکاران، مربیان و علاقه‌مندان به تناسب اندام رویکردی نوآورانه برای بهینه‌سازی عملکرد و نتایج تمرین مقاومتی ارائه دهد.

روش‌شناسی

در این پژوهش، ۱۲ دانشجوی مرد سالم و تمرین‌کرده دانشگاه گیلان از طریق فراخوان شفاهی انتخاب شدند. معیارهای ورود شامل سن ۱۸ تا ۲۵ سال و دست‌کم شش ماه سابقه تمرین مقاومتی با حداقل سه جلسه در هفته بود. وضعیت سلامت با پرسش‌نامه سوابق پزشکی بررسی شد و شرکت‌کنندگان رضایت‌نامه آگاهانه را امضا کردند. از آنان خواسته شد در دوره پژوهش از مصرف مکمل‌های مؤثر بر عملکرد، داروهای نیروزا و الکل خودداری کنند، ۴۸ ساعت پیش از هر جلسه فعالیت شدید نداشته باشند و عادات‌های تمرینی و غذایی خود را حفظ کنند. پژوهش در سه جلسه با فاصله ۷۲ ساعت انجام شد. در جلسه نخست، ویژگی‌های فردی و یک تکرار بیشینه اسکوات و پرس سینه اندازه‌گیری شد و شرکت‌کنندگان با پروتکل تنفس آشنا شدند.

در جلسات دوم و سوم، شرکت‌کنندگان پس از ۱۰ دقیقه گرم‌کردن عمومی شامل دویدن آهسته و کشش پویا، ابتدا سه ست پرس سینه و سپس سه ست اسکوات را با شدت ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه تا ناتوانی اجرا کردند. بین ست‌ها پنج دقیقه و بین دو حرکت ۱۰ دقیقه استراحت در نظر گرفته شد. در یکی از جلسات، تنفس در سراسر استراحت عادی بود؛ در جلسه دیگر، شرکت‌کنندگان در ۳۰ ثانیه پایانی هر استراحت بین ست‌ها پرتهویه ارادی انجام دادند (۱۱). ترتیب دو وضعیت برای هر فرد به صورت تصادفی تعیین شد و هر شرکت‌کننده هر دو وضعیت را تجربه کرد. برای تشویق به اجرای بیشترین تعداد تکرار، در ست‌ها از تشویق کلامی استفاده شد. تعداد تکرارهای هر ست ثبت و مجموع سه ست برای هر حرکت محاسبه شد (۱۳).

اندازه‌گیری یک تکرار بیشینه (RM۱)

یک تکرار بیشینه، بیشترین وزنه‌ای است که فرد می‌تواند آن را یک بار با فرم صحیح جابه‌جا کند. اندازه‌گیری این شاخص بر پایه پروتکل NSCA و با افزایش تدریجی وزنه در ست‌های متوالی انجام شد. مقدار وزنه، تعداد تکرار و زمان استراحت در جدول ۱ آمده است (۱۴).

جدول ۱. مقدار وزنه، تعداد تکرار و استراحت در مراحل اندازه‌گیری یک تکرار بیشینه

ست اول با ۴۰٪ مقدار وزنه‌ی تخمینی و ۴ تکرار و ۱۰ ثانیه استراحت.
ست دوم با ۴۰٪ مقدار وزنه‌ی تخمینی و ۴ تکرار و ۱۰ ثانیه استراحت.
ست سوم با ۶۰٪ مقدار وزنه‌ی تخمینی و ۳ تکرار و ۳۰ ثانیه استراحت.
ست چهارم با ۷۵٪ مقدار وزنه‌ی تخمینی و ۲ تکرار و ۶۰ ثانیه استراحت.
ست پنجم با ۸۰٪ مقدار وزنه‌ی تخمینی و ۱ تکرار و ۱۲۰ ثانیه استراحت.
ست ششم با ۹۰٪ مقدار وزنه‌ی تخمینی و ۱ تکرار و ۱۸۰ ثانیه استراحت.
ست هفتم با ۹۵٪ مقدار وزنه‌ی تخمینی و ۱ تکرار و ۱۸۰ ثانیه استراحت.
ست هشتم با ۱۰۰٪ مقدار وزنه‌ی تخمینی و ۱ تکرار.

اجرای که در آن فرد به دلیل سنگینی وزنه نمی‌توانست فرم صحیح حرکت را حفظ کند، معتبر محسوب نشد (۱۴). پس از آزمون پرس سینه، ۱۰ دقیقه استراحت در نظر گرفته شد و سپس آزمون اسکوات انجام شد. روش اجرای پرتهویه‌ای برای آشنایی با پروتکل پرتهویه، شرکت‌کنندگان به پشت دراز کشیدند و زانوها را خم کردند. دم و بازدم سریع با مشارکت دیافراگم و قفسه سینه و با راهنمایی مرونوم تمرین شد. در مرحله آشنایی، هدف انجام ۶۰ چرخه تنفس در یک دقیقه بود (۱۵). در جلسات آزمون، همین آهنگ تنفس در ۳۰ ثانیه پایانی استراحت بین ست‌ها اجرا شد. روش آماری پژوهش طبیعی بودن توزیع داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد. برای مقایسه دو وضعیت از آزمون تی وابسته استفاده شد. تحلیل‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ انجام گرفت و سطح معناداری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

ویژگی‌های فردی، سابقه تمرینی و مقادیر یک تکرار بیشینه پرس سینه و اسکوات در جدول ۲ ارائه شده‌اند.

جدول ۲. ویژگی‌های آزمودنی‌ها به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار

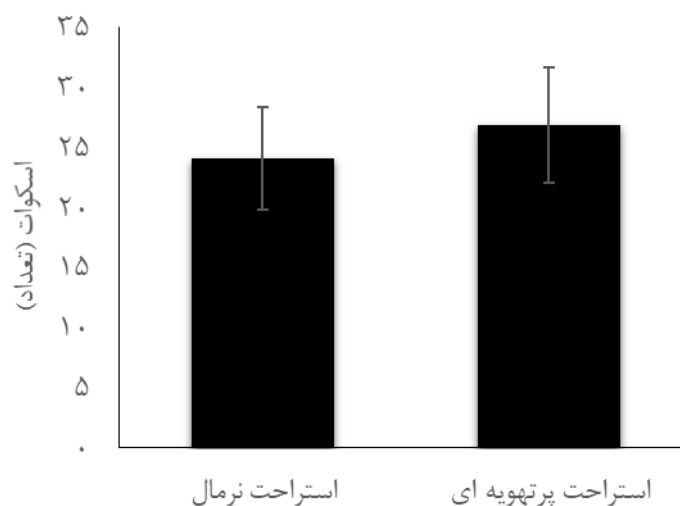
متغیر	انحراف استاندارد $\pm$ میانگین
سن (سال)	۲۲/۴۱ $\pm$ ۳/۱۷
وزن (کیلوگرم)	۷۴/۴۸ $\pm$ ۸/۳۳
قد (متر)	۱/۷۴ $\pm$ ۰/۰۷
کیلوگرم بر مترمربع BMI	۲۴/۴۶ $\pm$ ۲/۱۴
سابقه تمرینی (سال)	۲/۳۰ $\pm$ ۱/۴۸
پرس سینه 1RM (کیلوگرم)	۹۳/۷۵ $\pm$ ۱۷/۰۷
اسکوات 1RM (کیلوگرم)	۱۰۹/۱۶ $\pm$ ۲۲/۷۴

براساس نتایج آزمون شاپیرو-ویلک، شواهدی به سود انحراف از توزیع طبیعی برای متغیرهای بررسی شده مشاهده نشد (جدول ۳). از این رو، برای مقایسه وضعیت‌ها از آزمون تی وابسته استفاده شد.

جدول ۳. نتایج آزمون شاپیرو-ویلک برای بررسی توزیع داده‌ها

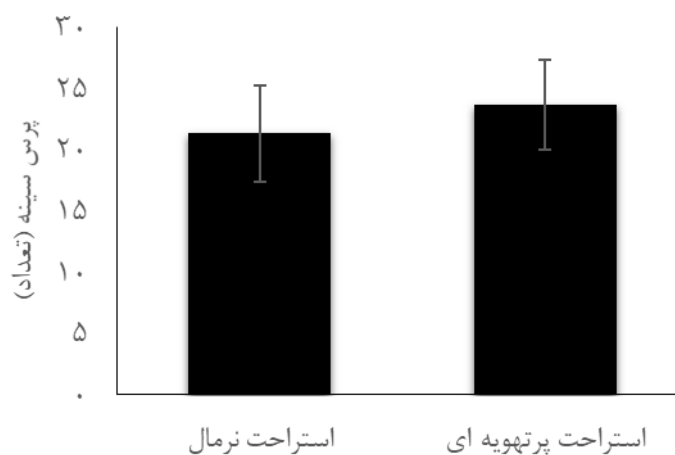
متغیر	شرایط استراحت نرمال	شرایط استراحت پرتهویه‌ای
	آماره	آماره
اسکوات (تعداد)	۰/۹۷۰	۰/۹۵۴
پرس سینه (تعداد)	۰/۹۵۲	۰/۷۷۶
	سطح معناداری	سطح معناداری
	۰/۹۱۵	۰/۷۰۳
	۰/۶۶۸	۰/۹۵۹

میانگین مجموع تکرارهای اسکوات در وضعیت ریکاوری همراه با پرتهویه 26.83 ± 4.82 و در وضعیت تنفس عادی 24.08 ± 4.27 بود. این اختلاف معنادار بود ($p < 0.05$) و معادل افزایش ۱۱.۴۲ درصدی تعداد تکرارها در وضعیت پرتهویه بود (نمودار ۱).



نمودار ۱. مجموع تکرارهای اسکوات در دو وضعیت تنفس عادی و پرتهویه

میانگین مجموع تکرارهای پرس سینه در وضعیت ریکاوری همراه با پرتهویه 23.66 ± 3.65 و در وضعیت تنفس عادی 21.33 ± 3.93 بود. این اختلاف معنادار بود ($p < 0.05$) و معادل افزایش ۱۰.۹۲ درصدی تعداد تکرارها در وضعیت پرتهویه بود (نمودار ۲).



نمودار ۲. مجموع تکرارهای پرس سینه در دو وضعیت تنفس عادی و پرتهویه

بحث

هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر ریکاوری به کمک پرتهویه‌ای بر عملکرد اسکوات و پرس سینه مردان تمرین کرده تفریحی بود. یافته‌های این پژوهش نشان داد که در شدت تمرینی $80\% RM1$ در هر دو حرکت اسکوات و پرس سینه، ریکاوری بین ست‌ها به کمک پرتهویه‌ای توانست عملکرد را از طریق افزایش معنی‌دار مجموع تکرارهای انجام شده طی ۳



ست تا ناتوانی در هر حرکت، بهبود ببخشد. نتایج پژوهش حاضر با برخی پژوهش‌های انجام گرفته در این زمینه همسو (۸، ۹، ۱۶، ۱۷) و با برخی دیگر ناهمسو (۱۳، ۱۸-۲۲) بود. در پژوهش مشابهی که توسط ساکاموتو و همکاران (۲۰۲۰) انجام شد، استفاده از پرتهویه‌ای در فواصل استراحتی بین ست‌ها منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد در ست بعدی در حرکات پرس سینه و پرس پا با شدت ۸۰٪ RM شد. البته این پژوهش بر روی مردان ورزشکار توانی با سابقه‌ی تمرینی بالا (۸/۳±۳/۶ سال) صورت گرفت درحالی‌که پژوهش ما بر روی مردان تمرین کرده تفریحی با سابقه‌ی تمرینی ۱/۴۸±۲/۳۰ سال انجام گرفت. از دیگر تفاوت‌های این پژوهش با پژوهش ما می‌توان به حرکت انتخاب شده‌ی پایین تنه (پرس پا در پژوهش ساکاموتو در مقابل اسکوات در پژوهش ما) برای انجام پروتکل اشاره کرد که البته همه‌ی این حرکات (هم بالا تنه و هم پایین تنه) چند مفصلی هستند و عضلات زیادی را درگیر می‌کنند. باور ها بر این اساس است که اثرات ارگوژنیک الکلوز (چه تنفسی و چه متابولیکی) در شرایط چالش‌های قابل توجه متابولیک بی‌هوازی یا اسیدوز شدید به بهترین وجه تظاهر می‌یابد (۸، ۲۳، ۲۴). به همین سبب از حرکات چند مفصلی که عضلات زیادی را درگیر می‌کند استفاده شده است. در یک پژوهش از ساکاموتو و همکاران (۲۰۱۵) که از حرکت اکستنشن حد اکثری ایزوکینتیک زانو به هدف بررسی اثرات هایپرونتیلیاسیون با استفاده از تمرینات قدرتی بر گشتاور خروجی عضلانی و دامنه EMG استفاده شده بود، دریافتند که هایپرونتیلیاسیون در افت کاهش گشتاور خروجی و افت کاهش دامنه EMG در طول ست‌های مکرر حداکثر اکستنشن ایزوکینتیک زانو مؤثر نبود. این پژوهشگران احتمال دادند که عمل عضلانی فقط درون‌گرا در این حرکت تک مفصلی، برای ایجاد اختلالات متابولیک سیستمیک کافی نبود. از این رو، خستگی ممکن است فقط به صورت موضعی در اکستنسورهای زانو اتفاق افتاده باشد.

افزایش لاکتات خون و یون‌های هیدروژن در طی فعالیت شدید بدنی به‌عنوان عوامل اصلی خستگی عضلانی شناخته شده‌اند، اگرچه این موضوع همچنان بحث‌برانگیز است. تولید بیش از حد H⁺ می‌تواند مکانیسم‌های تحریک-انقباض را مختل کرده و ذخایر انرژی را کاهش دهد، که منجر به خستگی می‌شود. تسریع در بازگشت تعادل اسید-باز ممکن است به بهبود ظرفیت انقباضی عضلات کمک کند (۲۵). برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که استفاده از تکنیک‌های مانند پرتهویه‌ای می‌تواند سطح لاکتات و pH خون را تغییر داده و عملکرد را بهبود بخشد (۲۵، ۲۶). همچنین، پیشنهاد شده که افزایش کار عضلات تنفسی در طی پرتهویه‌ای ممکن است جذب یا استفاده از لاکتات را تسهیل کند، اما این ادعا توسط برخی محققان به چالش کشیده شده است (۱۹). به دلیل نتایج متناقض، تحقیقات بیشتری در این زمینه مورد نیاز است.

در طول دوره ریکاوری پس از تمرینات شدید، تغییرات قابل توجهی در سطح گازهای خون (مانند کاهش اکسیژن و افزایش دی‌اکسید کربن) و pH رخ می‌دهد. این تغییرات توسط گیرنده‌های شیمیایی (شامل گیرنده‌های مرکزی در بصل‌النخاع و گیرنده‌های محیطی در بدن‌های آئورتی و کاروتید) شناسایی می‌شوند. گیرنده‌های مرکزی به افزایش سطح CO₂ و کاهش pH حساس هستند، در حالی که گیرنده‌های محیطی به کاهش O₂ و افزایش CO₂ واکنش نشان می‌دهند. فعال شدن این گیرنده‌ها منجر به افزایش نرخ تنفس می‌شود تا CO₂ اضافی دفع شده و تعادل اسید-باز بازیابی شود. در مطالعه حاضر، اجرای پرتهویه‌ای در دوره ریکاوری ممکن است به طور موقت سطح CO₂ خون را کاهش داده و pH را افزایش دهد، که این امر می‌تواند فعالیت گیرنده‌های شیمیایی را تعدیل کند و بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی بدن تأثیر بگذارد. این سازوکارها نقش کلیدی در بازیابی هموستاز و آماده‌سازی بدن برای ست‌های بعدی تمرین ایفا می‌کنند (۲۷، ۲۸).

به نظر می‌رسد یکی از عوامل تأثیرگذار در بروز اثرات ارگوژنیک پرتهویه‌ای، مدت زمان انجام آن است. در مطالعه‌ای از ساکاموتو و همکاران (۲۰۱۸) که به هدف بررسی اثرات ارگوژنیک پرتهویه‌ای در صورت کوتاه شدن یا افزایش مدت زمان انجام آن بر روی ۱۷ ورزشکار قدرتی انجام گرفت، مشخص شد که پرتهویه‌ای کوتاه مدت (۱۵ ثانیه) و بلند مدت (۴۵

ثانیه) باعث مختل شدن اثرات ارگوژنیکی پرتهویه‌ای می‌شود. مدت زمان ناکافی پرتهویه‌ای ممکن است به طور کامل بر روند بازسازی اسید-باز برای عملکرد عضلانی در طول فعالیت بدنی شدید تأثیر نداشته باشد. این نشان می‌دهد که استفاده از پرتهویه‌ای ممکن است برای برنامه‌های ورزشی که شامل دوره‌های کوتاه ریکاوری بین ست‌ها است، مناسب نباشد. برعکس، زمانی که مدت پرتهویه‌ای بیش از حد طولانی شود، پیامدهای نامطلوب آن، مانند کاهش گردش خون و کند شدن اکسیژن رسانی در نواحی محیطی و مغز، ممکن است بیشتر شود (۲۹، ۳۰) و در چنین شرایطی، تحویل اکسیژن و سوپسترا برای سنتز مجدد کراتین فسفات و وقوع چرخه کوری در طول دوره ریکاوری بین ست‌ها ممکن است مختل شود که در نتیجه منجر به کاهش عملکرد در ست‌های بعدی می‌شود. همچنین اختلال در عملکرد می‌تواند در نتیجه کاهش جریان خون مغزی رخ دهد که به نوبه خود منجر به کاهش دستورات موتور مرکزی می‌شود. علاوه بر این، اگر فردی در حین پرتهویه‌ای احساس ناراحتی کند، مانند ناراحتی قفسه سینه به دلیل شدت بالای تهویه و احساس سرگیجه و بی حسی ناشی از کاهش همودینامیک و جذب اکسیژن، مداخله طولانی مدت می‌تواند این علائم نامطلوب را بدتر کند. این به نوبه خود می‌تواند منجر به ایجاد خستگی مرکزی شود (۸). به منظور کاهش این اثرات منفی، بر اساس تحقیقات قبلی انجام شده توسط ساکاموتو و همکاران (۹، ۱۷، ۲۱)، مدت زمان انجام پرتهویه‌ای در این پژوهش ۳۰ ثانیه تعیین شد.

به نظر می‌رسد که اثرات ارگوژنیکی پرتهویه‌ای ممکن است به خاطر افزایش پیام‌های وایران از سیستم عصبی مرکزی از طریق مکانیسم پدیده‌ی سچنوف باشد. این مکانیسم به این صورت است که فعال شدن ارادی عضلات خسته نشده، به‌عنوان مثال، عضلات تنفسی در طول پرتهویه‌ای، ممکن است با تکانه‌های عصبی فیدبکی از عضلات خسته که باعث مهار تلاش ارادی (خستگی مرکزی) می‌شوند، مقابله کنند. در مقایسه با انجام یک ست تمرینی از حالت استراحت، فعال سازی داوطلبانه عضلات تنفسی ممکن است حالت آماده سازی بهینه تری را ایجاد کند که با سطوح برانگیختگی ریکاوری شده، مشخص می‌شود (۸). ساکاموتو و همکاران پیشنهاد می‌کنند که این اثر نیروبخش ممکن است بهبودهای مشاهده شده در عملکرد با پرتهویه‌ای را بیشتر روشن کند. علاوه بر این، این مکانیسم ممکن است دلیلی برای بهبود عملکرد به کمک پرتهویه‌ای باشد که در تمرینات مقاومتی مشاهده شده است. همچنین به نظر می‌رسد که مزایای مرتبط با پرتهویه‌ای از مزایای آلکالوز متابولیک (۲۳) که قبل تر مشاهده شده است بارزتر باشد.

نتیجه‌گیری کلی و پیام مقاله

در این نمونه از مردان تمرین‌کرده مقاومتی، اجرای ۳۰ ثانیه پرتهویه در پایان استراحت بین ست‌ها با افزایش مجموع تکرارهای اسکوات و پرس سینه در شدت ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه همراه بود. با توجه به حجم نمونه و نبود اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیولوژیک، درباره سازوکار این اثر یا تعمیم آن به گروه‌های دیگر نمی‌توان نتیجه قطعی گرفت.

پیشنهاد برای مطالعات آتی

پیشنهاد می‌شود این پروتکل در نمونه‌های بزرگ‌تر و متنوع‌تر، با دوره‌های استراحت متفاوت و همراه با اندازه‌گیری شاخص‌های اسید باز، لاکتات اکسیژن‌رسانی و ادراک فشار تمرین بررسی شود.

محدودیت‌ها

حجم نمونه محدود بود و فقط مردان جوان تمرین‌کرده بررسی شدند؛ بنابراین تعمیم نتایج به زنان، سالمندان، ورزشکاران نخبه یا افراد کم‌تجربه به احتیاط نیاز دارد. همچنین پیامدهای پژوهش به عملکرد حاد محدود بود و شاخص‌های فیزیولوژیک مانند فشار دی‌اکسیدکربن و لاکتات اندازه‌گیری نشد.

ملاحظات اخلاقی

رعایت دستورالعمل‌های اخلاقی

آزمودنی‌ها پس از دریافت توضیحات لازم، رضایت‌نامه آگاهانه را امضا کردند و شرکت در پژوهش داوطلبانه بود.

منابع مالی

این پژوهش هیچ‌گونه حمایت مالی مستقیم از سازمان‌ها یا مؤسسات دولتی، خصوصی یا غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

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

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تعارض منافع در این مقاله وجود ندارد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از شرکت‌کنندگان در این پژوهش و کارکنان تیم پژوهشی خود سپاسگزاری می‌کنند.

References

1. M. Dehghanianfard, H. AghaAlinejad and M. Molanouri shamsi. Comparison of two resistance training methods, 3/7 and cluster set on strength, body composition and sports performance of semi-professional female basketball players Metabolism and Exercise 2024 Vol. 14 Issue 1 Pages 76-95.
2. H. Talebi, T. Bagherpoor and N. nemati. Comparison of the Effect of Two Methods of Resistance Training on the Indicators of Muscle Damage and Motor Performance of Young Wrestlers. Metabolism and Exercise 2024 Vol. 14 Issue 1 Pages 133-150.
3. Tornero-Aguilera JF, Jimenez-Morcillo J, Rubio-Zarapuz A, Clemente-Suárez VJ. Central and peripheral fatigue in physical exercise explained: A narrative review. International journal of environmental research and public health. 2022;19(7):3909.
4. Cè E, Longo S, Limonta E, Coratella G, Rampichini S, Esposito F. Peripheral fatigue: new mechanistic insights from recent technologies. European Journal of Applied Physiology. 2020;120(1):17-39.
5. Sanchez-Medina L, González-Badillo JJ. Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. Medicine and science in sports and exercise. 2011;43(9):1725-34.
6. Place N, Maffiuletti NA, Martin A, Lepers R. Assessment of the reliability of central and peripheral fatigue after sustained maximal voluntary contraction of the quadriceps muscle. Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine. 2007;35(4):486-95.
7. Roberts D, Smith D. Biochemical aspects of peripheral muscle fatigue: a review. Sports Medicine. 1989;7:125-38.
8. Sakamoto A, Naito H, Chow CM. Hyperventilation-aided recovery for extra repetitions on bench press and leg press. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2020;34(5):1274-84.
9. Sakamoto A, Naito H, Chow C-M. Hyperventilation as a strategy for improved repeated sprint performance. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2014;28(4):1119-26.

10. Kohl J, Koller E, Brandenberger M, Cardenas M, Boutellier U. Effect of exercise-induced hyperventilation on airway resistance and cycling endurance. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1997;75(4):305-11.
11. American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 2018.
12. Das SK, Silver RE, Vail TA, Chin MK, Blanchard CM, Dickinson SL, et al. Randomized controlled trial of a novel lifestyle intervention used with or without meal replacements in work sites. *Obesity*. 2023;31(2):374-89.
13. Buxton J, Prins P, Ryan E, Jones D, Thrasher I, Faulkner M, et al. Inter-Set Voluntary Hyperventilation-Aided Recovery Does Not Improve Performance of Bench Press and Squat in Recreationally Trained Individuals. *Research Directs in Strength and Performance*. 2022;2.^(۱)
14. Harman E, Garhammer J, Pandorf C. Administration, scoring, and interpretation of selected tests. *Essentials of strength training and conditioning*. 2008;13:287-317.
15. Folgering H. The pathophysiology of hyperventilation syndrome. *Monaldi archives for chest disease= Archivio Monaldi per le malattie del torace*. 1999;54(4):365-72.
16. Jacob C, Keyrouz C, Bideau N, Nicolas G, El Hage R, Bideau B, et al. Pre-exercise hyperventilation can significantly increase performance in the 50-meter front crawl. *Science & Sports*. 2015;30(3):173-6.
17. Sakamoto A, Naito H, Chow C-M. Effects of Hyperventilation on Repeated Pedaling Sprint Performance: Short vs. Long Intervention Duration. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2018;32(1):170-80.
18. Hilbert M, Shushakov V, Maassen N. The influence of respiratory acid-base changes on muscle performance and excitability of the sarcolemma during strenuous intermittent hand grip exercise. *Journal of Applied Physiology*. 2012;112(4):571-9.
19. Kaçoğlu C, Işık MM. The acute effects of the voluntary pre-activity hyperventilation on jump and sprint performance in female volleyball players. *European Journal of Human Movement*. 2017(38):93-104.
20. Morrow JA, Fell RD, Gladden LB. Respiratory alkalosis: no effect on blood lactate decline or exercise performance. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1988;58:175-81.
21. Sakamoto A, Naito H, Chow CM. Hyperventilation-induced respiratory alkalosis falls short of countering fatigue during repeated maximal isokinetic contractions. *European Journal of Applied Physiology*. 2015;115(7):1453-65.
22. Walsh ML, Takeda C, Takahashi A, Ikeda Y, Endo M, Miura A, et al. Volitional hyperventilation during ramp exercise to exhaustion. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*. 2006;31(3):211-7.
23. Carr BM, Webster MJ, Boyd JC, Hudson GM, Scheett TP. Sodium bicarbonate supplementation improves hypertrophy-type resistance exercise performance. *European journal of applied physiology*. 2013;113:743-52.
24. Portington KJ, Pascoe DD, Webster MJ, Anderson LH, Rutland RR, Gladden LB. Effect of induced alkalosis on exhaustive leg press performance. *Medicine and science in sports and exercise*. 1998;30(4):523-8.
25. Chiappa GR, Ribeiro JP, Alves CN, Vieira PJ, Dubas J, Queiroga F, et al. Inspiratory resistive loading after all-out exercise improves subsequent performance. *European journal of applied physiology*. 2009;106:297-303.

26. Tipton MJ, Harper A, Paton JF, Costello JT. The human ventilatory response to stress: rate or depth? The Journal of physiology. 2017;595(17):5729-52.
27. Riganello F, Dolce G, Sannita WG. Heart rate variability and the central autonomic network in the severe disorder of consciousness. Journal of Rehabilitation Medicine. 2012;44(6):495-501.
28. Chin LM, Leigh RJ, Heigenhauser GJ, Rossiter HB, Paterson DH, Kowalchuk JM. Hyperventilation-induced hypocapnic alkalosis slows the adaptation of pulmonary O₂ uptake during the transition to moderate-intensity exercise. The Journal of Physiology. 2007;583(1):351-64.
29. Forbes SC, Kowalchuk JM, Thompson RT, Marsh GD. Effects of hyperventilation on phosphocreatine kinetics and muscle deoxygenation during moderate-intensity plantar flexion exercise. Journal of Applied Physiology. 2007;102(4):1565-73