VOL.5 | NO.4 | December 2025

Original Article

The effect of biofeedback training on arousal and breathing of elite badminton players

Mahta Eskandarnejad*[1] , Neda Fekrvand leilabadi[2]

Citation: Eskandarnejad, M., fekrvand leilabadi, N.The effect of biofeedback training on arousal and breathing of elite badminton players. Iranian Journal of Motor Behavior and Sport Psychology, 2025; 5(4): 26-35.

doi 10.22034/ijmbsp.2026.584382.1160

Recieved: 31 May 2025
Revised: 9 July 2025
Accepted: 25 July 2025
Published: 31 December 2025

*1. Department of motor behavior and sport psychology, Faculty of physical education and sport science university of Tabriz, Tabriz, Iran. (Corresponding Author). E-mail: mahta.eskandarnejad@gmail.com

2.Department of motor behavior and sport psychology, Faculty of physical education and sport science university of Tabriz, Tabriz, Iran. E-mail: neda.fekrvand@tabrizu.ac.ir

Abstract

One of the primary goals of every athlete is to achieve optimal performance during competitions. A modern and increasingly popular method for enhancing athletic performance is the use of biofeedback training. In the present study, biofeedback exercises were executed in a standardized manner on a group of badminton players, and their effects on respiration and arousal were assessed. The research method used was quasi-experimental with a pre-test and post-test design. The participants in this study were skilled badminton players from the provincial team and badminton leagues. The sample was selected using a purposive sampling method, and participants were randomly assigned to experimental and control groups. Arousal levels were measured based on skin temperature using the ProComp 2 device, and respiration was assessed through current breathing measurements. The experimental group underwent 10 sessions of biofeedback training, starting with breathing exercises, followed by the addition of heart rate training, while the control group continued their routine exercises. The results of the covariance analysis indicated that biofeedback training enhances the skin temperature of badminton players and improves the psychosocial indicators of sympathetic activity, leading to more optimal arousal levels (skin temperature). Additionally, respiration improved through biofeedback exercises. The findings of this study suggest that conducting biofeedback training interventions over 10 sessions, each lasting 30 minutes, may increase the success of badminton players and lead to their conscious regulation of arousal. These findings open new avenues for enhancing athletes in this field, and further confirmatory studies are needed.

Keywords: Biofeedback training, skin temperature, respiration, arousal, badminton players.

Eskandarnejad, M., fekrvand leilabadi, N.The effect of biofeedback training on arousal and breathing of elite badminton players. Iran J Mot Behav Sport Psychol, 2025, 5(4), 26-35, doi: 10.22034/ijmbsp.2026.584382.1160

مقاله پژوهشی

تأثیر تمرینات بیوفیدبک بر انگیختگی و تنفس بدمینتون بازان نخبه

ندا ترابی کارگر[۱] مهدی شهبازی[۲*] ، الهه عزیزعامری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۰ خرداد ۱۴۰۴
تاریخ بازنگری: ۱۸ تیر ۱۴۰۴
تاریخ پذیرش: ۳ مرداد ۱۴۰۴
تاریخ انتشار: ۱۰ دی ۱۴۰۴

۱. استاد گروه رفتار حرکتی و روانشناسی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. (نویسنده مسئول).
E-mail: mahta.eskandarnejad@gmail.com

۲. گروه رفتار حرکتی و روانشناسی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
E-mail: neda.fekrvand@tabrizu.ac.ir

چکیده

یکی از مهم‌ترین اهداف هر ورزشکاری اجرای عملکرد بهینه در حین مسابقات است، از شیوه‌های نوین و رو به گسترش برای بهبود عملکرد ورزشی انجام تمرینات بیوفیدبک می‌باشد در پژوهش حاضر تمرینات بیوفیدبک به‌صورت استاندارد بر روی گروهی از بازیکنان بدمینتون اجراشده و تأثیر آن بر تنفس آن‌ها و انگیختگی مورد ارزیابی قرارگرفته است. روش پژوهش نیمه‌تجربی با طرح پیش¬آزمون پس¬آزمون است. شرکت¬کنندگان این پژوهش بدمینتون بازان زبده تیم استان و لیگ¬های بدمینتون می‌باشند. نمونه آماری با استفاده از روش نمونه¬گیری هدفمند انتخاب شد و شرکت¬کنندگان به‌صورت تصادفی در دو گروه تجربی و کنترل قرار گرفتند. میزان انگیختگی بر اساس دمای پوست از طریق دستگاه پروکامپ ۲ و تنفس بر اساس تنفس جاری اندازه‌گیری شد. گروه آزمایشی ۱۰ جلسه تمرینات بیوفیدبک دریافت کردند. این ۱۰ جلسه با تمرینات تنفس آغاز شد و سپس تمرینات ضربان قلب به آن اضافه شد و گروه کنترل به تمرینات روتین خود ادامه دادند. نتایج کوواریانس نشان داد که تمرینات بیوفیدبک دمای پوست بدمینتون بازان را ارتقا می‌دهد و شاخص سایکوفیزیولوژیک فعالیت سمپاتیک را بهبود می‌بخشد به این صورت که انگیختگی (دمای پوست) مقادیر مطلوب‌تری نشان می‌دهد همچنین تنفس با استفاده از تمرینات بیوفیدبک بهبود پیدا کرد. نتایج مطالعه حاضر حاکی از آن است که انجام مداخلات تمرینی بیوفیدبک در ۱۰ جلسه هر جلسه به مدت ۳۰ دقیقه می‌تواند موفقیت بازیکنان بدمینتون را افزایش داده منجر به تنظیم آگاهانه انگیختگی آنان شود. این یافته‌ها مسیر جدیدی در ارتقا ورزشکاران این حیطه می‌گشاید و مطالعات تأییدکننده بعدی موردنیاز است.

واژه‌های کلیدی: تمرینات بیوفیدبک، دمای پوست، تنفس، انگیختگی و بدمینتون بازان

مقدمه

امروزه، ارتقا و پیشرفت در عملکرد ورزشکاران در محیط‌های گوناگون، به‌ویژه در شرایط رقابتی و مسابقه، یکی از اصلی‌ترین مسائل موردتوجه محققان و دانشمندان در حوزه تربیت‌بدنی و رفتار حرکتی محسوب می‌شود (۱). به‌طورکلی، اجرای حرکتی تحت‌تأثیر چندین مؤلفه قرار دارد که از جمله آن‌ها انگیختگی‌های فیزیولوژیکی و روان‌شناختی هستند که خود تحت‌تأثیر انگیزه‌ها قرار می‌گیرند (۲). در حوزه ورزش نخبگی، انگیختگی نقشی کلیدی ایفا می‌کند و بر عملکرد و صلاحیت قضاوت ورزشکار تأثیر زیادی دارد (۳،۴). حفظ سطح مناسب برانگیختگی می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد روان‌شناختی مهم برای ارتقا واکنش‌های فیزیکی و بهبود شایستگی در تصمیم‌گیری محسوب شود، چرا که فشار روانی ممکن است منجر به حواس‌پرتی و بروز خطاهای عملکردی گردد (۵،۶). ازاین‌رو، آموزش بیوفیدبک به‌منظور حفظ برانگیختگی در سطح مناسب به کار گرفته می‌شود (۷). بیوفیدبک به افراد کمک می‌کند تا عملکردهای فیزیولوژیکی متعدد خود را شناسایی کرده و با تغییرات در ضربان قلب و از طریق تنظیم تنفس، سیستم‌های بدن خود را کنترل کنند (۸). به‌علاوه، بیوفیدبک می‌تواند به بهبود سلامت، عملکرد و تغییرات فیزیولوژیکی متنوع از جمله امواج مغزی، تون عضلانی، هدایت پوست، ضربان قلب و تعداد تنفس کمک کند (۹). در خلاصه، استفاده از مداخلات بیوفیدبک در مدیریت فشار روانی، اضطراب، افسردگی و افزایش تاب‌آوری مؤثر است (۱۰،۱۱). تمرین بیوفیدبک به طور هم‌زمان عوامل فیزیولوژیکی نظیر امواج مغزی، ضربان قلب، دمای بدن، نسبت تبادل تنفسی و تغییرپذیری ضربان قلب را اندازه‌گیری کرده و تجسم می‌کند و با افزایش آگاهی افراد از تغییرات این عوامل فیزیولوژیکی، خودکنترلی برانگیختگی فیزیولوژیکی را ارتقا می‌بخشد. تغییرات در وضعیت روانی نیز در میان انواع مختلف منابع بیوفیدبک وجود دارد که این مطالعه به‌ویژه بر تغییرپذیری ضربان قلب تمرکز دارد که به تغییرات دوره‌ای بین ضربان قلب اشاره دارد و کنترل آن تحت‌تأثیر فعال‌شدن اعصاب سمپاتیک و پاراسمپاتیک دستگاه عصبی

Eskandarnejad, M., fekrvand leilabadi, N.The effect of biofeedback training on arousal and breathing of elite badminton players. Iran J Mot Behav Sport Psychol, 2025, 5(4), 26-35, doi: 10.22034/ijmb-sp.2026.584382.1160

خودمختار است (۱۲،۱۳،۱۴). تحقیقات و متاآنالیزهای متعددی هم در مورد مؤثربودن تمرین بیوفیدبک تغییرپذیری ضربان قلب صورت‌گرفته است، به‌ویژه در زمینه تأثیرات مثبت آن بر کاهش فشار روانی و اضطراب و بهبود عملکرد ورزشی (۱۵،۱۶).

آموزش بیوفیدبک تغییرپذیری ضربان قلب (HRV) به هماهنگی بین تنفس با یک فرکانس خاص و ضربان قلب اشاره دارد که به آن آریتمی سینوسی تنفسی (RSA) گفته می‌شود. این پدیده هم‌زمان‌سازی است که در آن ضربان قلب در حین دم افزایش‌یافته و در هنگام بازدم با کنترل عصب واگ کاهش می‌یابد. زمانی که تنفس و ضربان قلب با یکدیگر هماهنگ می‌شوند، فرد تجربه‌ای از ثبات روانی و فیزیولوژیکی را کسب می‌کند (۱۷،۱۸). این هدف اصلی بیوفیدبک تغییرپذیری ضربان قلب می‌باشد. به‌طورکلی، افزایش فرکانس پایین ضربان قلب نمایانگر کاهش تغییرپذیری ضربان قلب و افزایش اضطراب و فشار روانی است، درحالی‌که افزایش فرکانس بالای ضربان قلب نشان‌دهنده افزایش تغییرپذیری ضربان قلب است که به کاهش فشار روانی مرتبط می‌باشد. علاوه بر این، نسبت فرکانس پایین ضربان قلب به فرکانس بالای ضربان قلب تعادل کلی دستگاه عصبی خودمختار را منعکس می‌کند. نسبت بالای این فرکانس¬ها نمایانگر حالت برانگیختگی بالا مانند اضطراب و تنش است، درحالی‌که نسبت پایین این فرکانس¬ها به حالت برانگیختگی کم اشاره دارد (۱۹،۲۰). با افزایش توجه روان‌شناسان ورزشی به HRV به‌عنوان ابزاری برای تجزیه‌وتحلیل روانی -فیزیولوژیکی در عملکرد ورزشی، تحقیقاتی در زمینه روابط بین اضطراب حالت رقابتی و HRV صورت‌گرفته است (۲۱،۲۲،۲۳). علاوه بر مطالعات همبستگی بین اضطراب و عملکرد ورزشکاران، تحقیقات بیشتری بر روی آموزش بیوفیدبک HRV برای کنترل برانگیختگی و اضطراب نیز در حال انجام است (۲۴،۲۵،۲۶). در یک مطالعه، چن و همکاران (۲۰۲۴) گزارشی از افزایش کلی در تغییرپذیری ضربان قلب و فرکانس‌های پایین (LF) ارائه کردند، که این افزایش بعد از اندازه‌گیری اضطراب و فشار روانی با استفاده از یک پرسش‌نامه، ناشی از ۱۰ جلسه آموزش بیوفیدبک HRV برای یک گلف باز زن دانشگاهی بود (۲۷). کیم و همکاران (۲۰۱۹) نیز افزایش HRV، فرکانس¬های پایین (LF) و فرکانس‌های بالا (HF) را پس از ۱۰ هفته تمرین بیوفیدبک HRV در مطالعه خود گزارش کردند (۲۸). مولر و همکاران (۲۰۲۰) به دنبال تغییرات روزانه در HRV یک ورزشکار زن سه‌گانه با تأکید بر تغییرات HRV بودند و نشان دادند که با استفاده از بیوفیدبک HRV، عملکرد و انرژی در تمرین بهبودیافته است (۲۹).

بوچمپ و همکاران (۲۰۱۲) برنامه‌ای را به اجرا درآوردند که شامل آموزش مداوم بیوفیدبک برای ۲۰ نفر از اعضای تیم ملی کانادا به مدت سه سال و در هر برنامه آموزشی، شش تا ده جلسه ۴۵ دقیقه‌ای بیوفیدبک HRV بود که به‌عنوان آموزش مهارت‌های روان‌شناختی انجام شد. یافته‌های مطالعات تجربی ذکر شده نشان‌دهنده تأثیرات مثبت آموزش بیوفیدبک HRV بر افزایش HRV، ارزیابی‌های وضعیت روان‌شناختی (با تأکید بر اضطراب حالت رقابتی) و بهبود عملکرد در مواجهه با فشار روانی در شرایط رقابتی است (۷). اخیراً، کریستی و همکاران (۲۰۲۰) از تمرینات نوروفیدبک ریتم حسی - حرکتی و تمرینات بیوفیدبک استفاده کردند و نشان دادند که ورزشکاران هاکی‌روی‌یخ در هر دو نوع تمرین بازخوردی نرخ بالاتری از بهبود عملکرد را در آزمایشگاه نشان دادند، اما این بهبود برای یک عملکرد تیراندازی واقعی مشاهده نشد. این نتایج بینشی را ارائه می‌دهد که نشان می‌دهد آموزش بیوفیدبک ممکن است نتایج متفاوتی را بسته به زمینه‌های مختلف به همراه داشته باشد (۳۰). همان‌طور که کریستی و همکاران (۲۰۲۰) پیشنهاد می‌کنند، تأثیر آموزش بیوفیدبک بر تنظیم وضعیت روانی و بهبود عملکرد ممکن است پیامدهای متفاوتی را به وجود آورد، بنابراین لازم است مطالعات بیشتری برای بررسی اثربخشی آموزش بیوفیدبک انجام شود تا به استانداردسازی پروتکل آموزشی کمک کند. بااین‌حال، تاکنون هیچ مطالعه‌ای به‌صورت خاص بر روی تأثیر آموزش بیوفیدبک HRV در ورزشکاران نخبه انجام نشده است. این ورزشکاران معمولاً در سطوح بالایی از فشار روانی و اضطراب قرار دارند و مدیریت این فشار برای بهبود عملکرد آن‌ها حیاتی است (۳۱). این پژوهش بر اساس نظریه خودتنظیمی و کنترل عصبی - فیزیولوژیکی طراحی شده و به بررسی رابطه میان آموزش بیوفیدبک HRV، وضعیت روانی و عملکرد ورزشی در این گروه می‌پردازد. شواهد نشان می‌دهند که دستگاه عصبی خودمختار پاسخ‌های روان‌شناختی به فشار روانی و اضطراب را کنترل کرده و این پاسخ‌ها قابل‌اندازه‌گیری از طریق شاخص HRV هستند؛ بنابراین، این مطالعه می‌تواند آغازگر تحقیقات علمی بیشتری در خصوص استفاده از بیوفیدبک HRV برای بهبود وضعیت روانی و عملکرد ورزشی بازیکنان نخبه باشد.

امروزه، بهبود و پیشرفت در عملکرد ورزشکاران در شرایط مختلف، به‌ویژه در شرایط رقابتی و مسابقه، یکی از دغدغه‌های اصلی محققان و دانشمندان در حوزه تربیت‌بدنی و به‌ویژه رفتار حرکتی است. به همین دلیل، یافتن روش‌هایی که بتواند کنترل درونی بیشتری بر اعمال حرکتی ورزشکاران فراهم کند، ضروری و لازم به نظر می‌رسد. بررسی میزان انگیختگی در ورزش‌هایی مانند بدمینتون و تأثیر روش‌هایی همچون بیوفیدبک می‌تواند راهنمای طراحی برنامه‌های تمرینی برای ورزشکاران باشد؛ بنابراین، هدف از این مطالعه آزمایشی، اعمال یک برنامه تمرینی بیوفیدبک HRV برای بهبود انگیختگی و تنفس بازیکنان بدمینتون است و بررسی این که آیا تمرین بیوفیدبک HRV می‌تواند به‌عنوان یک آموزش مهارت روان‌شناختی برای تنظیم حالات روانی فیزیولوژیکی عمل کند، نیز موردتوجه قرار گرفته است.

روش‌شناسی

شرکت‌کننده‌ها

جامعه‌ی آماری پژوهش را کلیه ورزشکاران بدمینتون زبده تیم استان و لیگ‌های بدمینتون شهر تبریز تشکیل می‌دهد. باتوجه‌به دردسترس‌بودن جامعه و ماهیت مطالعه، از روش نمونه‌گیری هدفمند برای گزینش شرکت‌کنندگان استفاده شد. پس از اعلام فراخوان و انجام غربالگری اولیه بر اساس معیارهای ورود (عدم آشنایی قبلی با تمرینات بیوفیدبک، داشتن حداقل سه سال سابقه ورزشی در رشته بدمینتون، کسب مقام در مسابقات استانی و کشوری، باسواد بودن و عدم سابقه بیماری جسمانی یا روانی)، تعداد ۲۰ نفر واجد شرایط شناسایی شدند. به‌منظور رعایت ملاحظات اخلاقی، جلسه‌ی توجیهی برای تمامی این افراد برگزار گردید و کلیه مراحل پژوهش، اهداف و حقوق آنان به طور کامل تشریح شد. از بین داوطلبان آگاه شده، نهایتاً ۲۰ نفر به‌عنوان نمونه نهایی پژوهش انتخاب شدند. سپس این افراد با استفاده از روش تصادفی ساده (به‌عنوان‌مثال، با کشیدن قرعه) به دو گروه مساوی ۱۰ نفره تقسیم شدند: گروه تجربی که تحت مداخله‌ی آموزشی بیوفیدبک قرار گرفت و گروه کنترل که تنها در تمرینات معمول و روتین شرکت داشت.

ابزار

در پژوهش پیش‌رو، ابزارهای جمع‌آوری اطلاعات شامل دستگاه پروکامپ ۲ و حس‌گرهای مختلف بودند که به‌منظور ارزیابی و ثبت وضعیت فیزیولوژیکی و روانی شرکت‌کنندگان استفاده شدند. دستگاه پروکامپ ۲ یکی از سیستم‌های پیشرفته و جامع بیوفیدبک است که این امکان را فراهم می‌کند تا از انواع روش‌های بیوفیدبک بهره‌برداری کنیم. این سیستم شامل چندین کانال برای اندازه‌گیری عوامل مختلف فیزیولوژیکی است و قابلیت اندازه‌گیری تغییرپذیری ضربان قلب (HRV) را با استفاده از سنسورهای الکتروکاردیوگرام (ECG) و الگوهای تنفسی با سنسورهای تنفس (Res) ارائه می‌دهد. به‌علاوه، سنسورهای الکترومیوگرافی سطحی (sEMG) به شناسایی فعالیت‌های عضلانی کمک می‌کنند. همچنین، دستگاه پروکامپ ۲ شامل حسگرهای رسانایی پوست (SC) و حسگر پاسخ گالوانیک پوست (GSR) است که معمولاً دارای دو کانال می‌باشند. این حسگرها به پژوهشگران و استفاده‌کنندگان اجازه می‌دهند تغییرات فیزیولوژیکی و واکنش‌های بدن را به‌طور دقیق و همزمان تحت کنترل و نظارت قرار دهند. برای تحلیل دقیق‌تر تغییرات انگیختگی و تنفس، اطلاعات در دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون جمع‌آوری گردید. این رویکرد جامع به ما امکان می‌دهد تا تعاملات پیچیده میان عوامل فیزیولوژیکی و روانی را تحلیل کرده و نتایج معناداری از تأثیر متغیرهای مطالعه بر وضعیت شرکت‌کنندگان استخراج کنیم. با توجه به ویژگی‌های این دستگاه، پروکامپ ۲ به‌عنوان یکی از ابزارهای مؤثر در پژوهش‌های روانشناسی و ورزشی شناخته می‌شود و به درک بهتر واکنش‌های عاطفی و فیزیولوژیکی در شرایط مختلف کمک می‌کند.

روش اجرا

پیش از اجرا، کد اخلاق با شناسه IR.TABRIZU.REC.۱۴۰۲.۱۴۹ از کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه تبریز اخذ شد. در این تحقیق، جهت بررسی تأثیر تمرینات بیوفیدبک بر تنفس و انگیختگی بازیکنان بدمینتون، گروهی از بازیکنان زبده تیم استان و لیگ‌های بدمینتون به مدت ۱۰ جلسه تحت آموزش قرار گرفتند. تمرینات بیوفیدبک به‌صورت استاندارد اجرا شد و هر جلسه به مدت ۳۰ دقیقه شامل تمرینات تنفس و در ادامه تمرینات ضربان قلب بود. داده‌ها از طریق اندازه‌گیری دمای پوست (برای ارزیابی انگیختگی) و تنفس جاری جمع‌آوری شدند. در این پژوهش، شرکت‌کنندگان در گروه تجربی تحت مداخله آموزشی قرار گرفتند، درحالی‌که گروه کنترل تنها به تمرینات معمول خود ادامه دادند. پیش‌آزمون در آغاز پژوهش برای ارزیابی تغییرات انگیختگی و تعداد تنفس انجام شد و پس از پایان ۱۰ جلسه تمرینی، پس‌آزمون نیز انجام گردید. آزمودنی‌ها شامل ۲۰ بازیکن بدمینتون بودند که به‌صورت تصادفی به دو گروه ۱۰ نفره تقسیم شدند؛ گروه تجربی و گروه کنترل. برای اندازه‌گیری تغییرات انگیختگی و تنفس، از حس‌گرهای مربوطه استفاده شد و تمام مراحل اندازه‌گیری و ثبت داده‌ها با استفاده از دستگاه پروکامپ ۲ انجام گردید.

روش آماری

برای تحلیل داده‌ها از تکنیک‌های آماری توصیفی و استنباطی استفاده شد. اطلاعات گردآوری‌شده به‌منظور توصیف ویژگی‌های نمونه با میانگین و انحراف استاندارد ارائه گردید. جهت آزمون فرضیه‌های تحقیق، از آزمون تحلیل کوواریانس تک‌متغیره بهره گرفته شد. سطح معناداری برای تمامی تحلیل‌ها ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. تمامی مراحل تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ انجام شد تا نتایج به‌دست‌آمده بادقت مطلوب مورد بررسی قرار گیرند.

نتایج

یافته‌های توصیفی این پژوهش شامل شاخص‌های آماری مانند میانگین و انحراف معیار برای کلیه متغیرهای موردمطالعه در این پژوهش در جداول مربوطه ارائه‌شده است.

آمار توصیفی نمرات گروه آزمایش و کنترل را در متغیرهای دما و تنفس در مراحل مختلف در جدول ۱ ارائه شد.

نتایج نشان می‌دهد که میانگین دمای گروه آزمایش در تمام مراحل تقریباً ثابت بوده و حدود ۳۱ درجه است، درحالی‌که در گروه کنترل، دما در محدوده ۲۱ تا ۲۳ درجه باقی‌مانده است. این تفاوت‌ها می‌تواند به تأثیرات مداخلات آزمایشی اشاره کند. همچنین، میانگین تعداد تنفس در گروه آزمایش در حالت‌های مختلف نشسته و سرپا به طور قابل‌توجهی کمتر از گروه کنترل است. این نتایج به تفاوت‌های

جدول ۱- آماره‌ی توصیفی نمرات آزمودنی¬های گروه آزمایش و کنترل در متغیر دما در مراحل مختلف

متغیر	گروه	پیش‌آزمون		پس‌آزمون	
		میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد
دما در مرحله خط پایه	تجربی	۲۴,۵۹	۶,۴۰	۳۱,۲۴	۳,۹۲
	کنترل	۲۳,۷۰	۵,۵۷	۲۳,۳۳	۵,۴۹
دما در مرحله چالش شناختی	تجربی	۲۴,۲۸	۶,۶۲	۳۱,۳۴	۳,۹۴
	کنترل	۲۳,۳۲	۵,۹۷	۲۲,۸۹	۵,۶۶
دما در مرحله استراحت	تجربی	۲۴,۲۶	۶,۷۸	۳۱,۴۸	۳,۹۸
	کنترل	۲۲,۹۳	۶,۱۱	۲۲,۳۲	۵,۷۲
دما در مرحله چالش هیجانی	تجربی	۲۴,۲۹	۶,۹۱	۳۱,۶۵	۳,۵۱
	کنترل	۲۲,۶۳	۶,۰۷	۲۲,۱۸	۵,۷۱
دما در مرحله بازگشت به حالت اولیه	تجربی	۲۳,۸۰	۶,۸۰	۳۱,۴۱	۳,۶۰
	کنترل	۲,۴۰	۱,۶۶	۲۱,۳۴	۵,۶۷
تنفس در حالت استراحت	تجربی	۱۲,۹۰	۱,۵۴	۶,۷۱	۱,۸۹
	کنترل	۱۵,۴۳	۱,۱۶	۱۵,۸۲	۱,۰۹
تنفس در حالت چالش فیزیکی	تجربی	۱۳,۹۸	۲,۱۹	۷,۲۶	۱,۴۶
	کنترل	۱۴,۹۳	۱,۱۳	۱۵,۴۰	۱,۱۸
تنفس در حالت ریکاوری	تجربی	۱۳,۵۵	۲,۱۳	۶,۳۶	۱,۴۶
	کنترل	۱۵,۳۸	۱,۷۵	۱۵,۸۵	۱,۸۲

فیزیولوژیکی معناداری بین دو گروه اشاره دارد که ممکن است تأثیر مداخلات در گروه آزمایش را نشان دهد.

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می¬شود، فرض صفر برای تساوی واریانس¬ها در متغیرهای تحقیق تأیید می‌گردد. برای بررسی تأثیر تمرینات بیوفیدبک بر متغیر دمای پوست بازیکنان حرفه¬ای بدمینتون در مرحله خط پایه می¬توان از کوواریانس استفاده نمود که نتایج آن در جدول ۳ مشاهده می‌شود.

نتایج تحلیل کوواریانس (جدول ۳) نشان می‌دهد که تأثیر گروه بر متغیرهای دما و تنفس در کلیه مراحل معنادار است (سطح معناداری = ۰.۰۰۱)؛ بنابراین، بین نمرات دما در پس‌آزمون دو گروه تجربی و کنترل تفاوت معناداری وجود دارد. مقدار مجذور اتای متغیرها نشان می‌دهد که تقریباً ۶۰ تا ۹۰ درصد از واریانس در تمام مراحل به متغیر گروه نسبت‌داده‌شده است.

جدول ۲- نتایج آزمون لوین جهت تساوی واریانس‌ها

متغیر	F	درجه آزادی ۱	درجه آزادی ۲	سطح معنی‌داری
دما در مرحله خط پایه	۲,۹۴	۱	۱۸	۰,۱۰
دما در مرحله چالش شناختی	۳,۴۹	۱	۱۸	۰۷/۰
دما در مرحله استراحت	۴,۷۷	۱	۱۸	۰,۰۴
دما در مرحله چالش هیجانی	۲,۵۶	۱	۱۸	۱۲/۰
دما در مرحله ریکاوری	۲,۵۲	۱	۱۸	۰,۱۳
تنفس در حالت استراحت	۲,۲۱	۱	۱۸	۰,۱۵
تنفس در حالت چالش فیزیکی	۰,۴۴	۱	۱۸	۰,۵۱
تنفس در حالت ریکاوری	۰,۰۰	۱	۱۸	۰,۹۸

جدول ۱- آماره‌ی توصیفی نمرات آزمودنی¬های گروه آزمایش و کنترل در متغیر دما در مراحل مختلف

متغیر		مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معنی‌داری	مجذور اتا
دما در مرحله خط پایه	گروه	۲۵۲,۶۱	۱	۲۵۲,۶۱	۳۸,۲۷	۰,۰۰۱	۰,۶۹
	خطا	۱۱۲,۲۱	۱۷	۶,۶۰			
دما در مرحله چالش شناختی	گروه	۳۰۳,۷۹	۱	۳۰۳,۷۹	۴۳,۶۲	۰,۰۰۱	۰,۷۲
	خطا	۱۱۸,۳۷	۱۷	۶,۹۶			
دما در مرحله استراحت	گروه	۳۴۱,۴۷	۱	۳۴۱,۴۷	۴۴,۶۰	۰,۰۰۱	۰,۷۲
	خطا	۱۳۰,۱۴	۱۷	۷,۶۵			
دما در مرحله چالش هیجانی	گروه	۳۵۳,۳۰	۱	۳۵۳,۳۰	۴۴,۵۵	۰,۰۰۱	۰,۷۲
	خطا	۱۳۴,۸۱	۱۷	۷,۹۳			
دما در مرحله بازگشت به حالت اولیه	گروه	۳۹۰,۸۰	۱	۳۹۰,۸۰	۴۳,۰۷	۰,۰۰۱	۰,۷۱
	خطا	۱۵۴,۲۴	۱۷	۹,۰۷			
تنفس در حالت استراحت	گروه	۱۹۹,۰۱	۱	۱۹۹,۰۱	۷۹,۶۲	۰,۰۰۱	۰,۸۲
	خطا	۴۲,۴۸	۱۷	۲,۴۹			
تنفس در حالت چالش فیزیکی	گروه	۲۹۶,۷۲	۱	۲۹۶,۷۲	۱۶۵,۹۵	۰,۰۰۱	۰,۹۰
	خطا	۳۰,۳۹	۱۷	۱,۷۸			
تنفس در حالت ریکاوری	گروه	۳۳۲,۵۸	۱	۳۳۲,۵۸	۱۲۳,۰۴	۰,۰۰۱	۰,۸۷
	خطا	۴۵,۹۴	۱۷	۲,۷۰			

بحث

پژوهش حاضر باهدف بررسی تأثیر تمرینات بیوفیدبک برانگیختگی و تنفس بدمینتون بازان نخبه انجام‌شده است که در بین بدمینتون بازان زبده تیم استان و لیگ¬های بدمینتون شهر تبریز صورت‌گرفته است. نتیجه تحلیل فرضیات تحقیق نشان داد که تمرینات بیوفیدبک برانگیختگی و تنفس بدمینتون بازان نخبه اثربخش است. نتیجه به‌دست‌آمده با نتایج تحقیقات پارسایی و همکاران (۲۰۱۲)؛ آصفی راد (۱۳۹۱)؛ اسمیت و همکاران (۲۰۲۱) و رضا نیا و گورتی (۲۰۱۴) همسو است. پارسایی و همکاران (۲۰۱۲). در پژوهش خود به بررسی پیش¬بینی عملکرد کمان‌داران ماهر بر اساس عوامل روان‌شناختی، انگیختگی، فعال¬سازی، اضطراب، انگیزش و ویژگی¬های شخصیتی بر مبنای بعد شخصیتی برون‌گرایی / درون‌گرایی پرداختند که نتایج پژوهش نشان داد بین عملکرد کمان‌داران و انگیختگی، فعال¬سازی، انگیزش (درونی و بیرونی) و بعد شخصیتی برون‌گرایی/ درون‌گرایی ضریب همبستگی مثبت و معناداری وجود دارد که با تحقیق حاضر همسو است (۳۲).

آصفی راد و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی الگوی فیزیولوژیک اجرای پیشرفته و مبتدی یک مهارت پیوسته در دانشجویان ورزشکار را بررسی کردند. یافته¬ها نشان داد که انگیختگی از لحظه شروع تا حدود ۴ ثانیه ابتدایی اجرای پیشرفته و مبتدی افزایش و سپس در تمام زمان باقی‌مانده اجرا کاهشی تدریجی داشت، با این تفاوت که سطح انگیختگی و کاهش خطی در اجرای مبتدی بیشتر است (۳۳). مطالعات جدید نشان داده‌اند که سطح انگیختگی به طور معناداری بر کارایی فرایندهای برنامه‌ریزی پاسخ و عملکرد حرکتی تأثیر می‌گذارد و فعال‌سازی بهینه می‌تواند موجب تسریع و بهبود اجرای مهارت‌های حرکتی پیچیده در ورزشکاران شود (۳۴). این نتایج با یافته‌های پژوهش حاضر که بر نقش کلیدی فعال‌سازی در مراحل پردازش اطلاعات و برنامه‌ریزی پاسخ تأکید دارد، همخوانی دارد.

رضا نیا و گورنی (۲۰۱۴) در پژوهش خود تأثیر تمرین بازخورد زیستی و آرام¬سازی عضلانی بر اضطراب حالتی - رقابتی بازیکنان فوتبال مورد بررسی قراردادند. نتایج نشان داد که بین دو گروه آرام¬سازی و ترکیبی تفاوت معنی¬دار وجود دارد؛ اما بین گروه¬ها در اضطراب شناختی و جسمانی تفاوت معنی¬داری مشاهده نشد. هر سه روش تمرینی موجب کاهش اضطراب شناختی، اعتمادبه‌نفس و افزایش اضطراب جسمانی شد. در این پژوهش مشخص شد که حتی در مراحل آزمونی نیز، این امکان وجود دارد که اضطراب آزمودنی¬ها افزایش یابد و عملکرد آن‌ها را تحت‌تأثیر قرار دهد که این عامل می¬تواند به دلیل شرایط خود آزمودنی یا برخی شرایط ویژه پژوهش باشد (۳۵).

امروزه بهبود و پیشرفت در عملکرد ورزشکاران در شرایط مختلف، به‌ویژه شرایط رقابتی و مسابقه (۳۶) به یکی از موضوعات اساسی پژوهش‌ها

Eskandarnejad, M., fekrvand leilabadi, N.The effect of biofeedback training on arousal and breathing of elite badminton players. Iran J Mot Behav Sport Psychol, 2025, 5(4), 26-35, doi: 10.22034/ijmbsp.2026.584382.1160

در حوزه علوم ورزشی و رفتار حرکتی تبدیل شده است. عملکرد ورزشی تحت‌تأثیر عوامل متعددی قرار دارد که از میان آن‌ها، انگیختگی نقش کلیدی دارد (۳۷). انگیختگی، به‌عنوان یکی از متغیرهای روان‌شناختی و فیزیولوژیک، ارتباط مستقیمی با ساختارهای مختلف دستگاه عصبی مرکزی (CNS) دارد (۳۸). بخش‌هایی همچون قشر مخ، هیپوتالاموس، دستگاه مشبک و دستگاه لیمبیک نقش تعیین‌کننده‌ای در تنظیم و تعدیل انگیختگی ایفا می‌کنند (۳۹). شاخص‌های نوروفیزیولوژیک مرتبط با انگیختگی شامل تغییراتی در امواج مغزی، افزایش ضربان قلب، افزایش تنش عضلات، تغییرات در الگوی تنفسی و تهویه ریوی، تعریق کف دست، کاهش مقاومت پوست و همچنین افزایش سطح کاتکولامین‌ها و کورتیزول است (۴۰). پایش این شاخص‌ها می‌تواند بازتابی از تغییرات سطح انگیختگی باشد و اطلاعات ارزشمندی درباره وضعیت فیزیولوژیکی و روانی فرد ارائه دهد (۴۱). این موضوع به‌ویژه در شرایط استرس‌زا اهمیت بیشتری می‌یابد، چراکه ورزشکاران در این شرایط به ابزارهایی نیاز دارند که بتوانند کنترل بهتری بر فرایندهای فیزیولوژیکی و روانی خود داشته باشند (۴۲). تحقیقات نشان داده‌اند که استفاده از بازخورد زیستی می‌تواند ابزاری مؤثر برای کمک به ورزشکاران در شرایط استرس‌زا باشد. این روش به آن‌ها اجازه می‌دهد تا کنترل بهتری بر فرایندهای روان فیزیولوژیک خود پیدا کنند و عملکرد ورزشی بهینه‌تری ارائه دهند (۱۶). بازخورد زیستی، فرایندی آموزشی است که ترکیبی از یادگیری جسمانی و مهارت‌های روان‌شناختی را شامل می‌شود. از طریق این فرایند، افراد با دریافت اطلاعات دیداری یا شنیداری در مورد وضعیت فیزیولوژیکی بدن خود، قادر خواهند بود تا آن‌ها را تنظیم و کنترل کنند (۴۳). یکی از جنبه‌های کلیدی بازخورد زیستی، تنظیم الگوی تنفسی است. تنفس دیافراگمی که برای آرام‌سازی و خودتنظیمی استفاده می‌شود، نقش مهمی در کاهش اضطراب و بهبود عملکرد دارد (۴۴). اضطراب و افکار استرس‌زا می‌توانند الگوی تنفسی را مختل کرده و منجر به تغییرات نامطلوبی در سطوح دی‌اکسیدکربن و تعادل اسیدی - بازی، بدن شوند. با کمک بازخورد زیستی، ورزشکاران می‌توانند مجدداً الگوی تنفسی بهینه‌ای را برقرار کرده و از مزایای تنظیم‌پذیری فیزیولوژیک بهره‌مند شوند (۴۵). علاوه بر این، بازخورد زیستی در تمرینات مرتبط با تغییرپذیری ضربان قلب (HRV) نیز نقش برجسته‌ای ایفا می‌کند. HRV به‌عنوان شاخصی از تعادل دستگاه عصبی خودمختار (ANS) به ورزشکاران امکان می‌دهد تا تنظیمات فیزیولوژیکی خود را به‌گونه‌ای بهینه انجام دهند که متناسب با شرایط رقابتی باشد (۴۶). این تغییرپذیری از طریق تنفس کنترل‌شده و پایدار، به‌ویژه در شرایط استرس‌زا، می‌تواند منجر به بهبود عملکرد ورزشی شود (۴۴). در نتیجه، بازخورد زیستی با افزایش آگاهی افراد از فعالیت‌های فیزیولوژیکی و روانی، ابزار مؤثری برای تنظیم و مهار ارادی این فعالیت‌ها فراهم می‌آورد. این فرایند نه‌تنها باعث ارتقای عملکرد جسمانی می‌شود، بلکه به ورزشکاران کمک می‌کند تا در مقابله با فشارهای روانی و محیطی، آرامش و تمرکز خود را حفظ کنند (۴۷).

باتوجه‌به اینکه اثر روان‌شناختی به‌دست‌آمده از تمرینات بیوفیدبک قادر است تا بهبود قابل‌توجهی را در زمینه تنفس و برانگیختگی فرد ایجاد کند، به نظر می‌رسد که ترکیب این مداخلات با برنامه‌های تمرینی خاص می‌تواند تأثیرات بهتری بر عملکرد ورزشکاران در شرایط استرس‌زا داشته باشد. همچنین نشان‌داده‌شده است که استفاده از بازخورد زیستی به ورزشکاران کمک می‌کند تا بر ارزیابی‌های روانی و فیزیولوژیکی خود تسلط بیشتری پیدا کنند و در نتیجه می‌توانند به عملکرد بهتری دست یابند. در مجموع، پژوهش حاضر بر اهمیت بازخورد زیستی در بهبود توانمندی‌های جسمی و روانی ورزشکاران تأکید می‌کند و پیشنهاد می‌شود که تحقیقات آینده به بررسی تعامل و ترکیب این روش‌ها با تمرینات اختصاصی بپردازند تا مشخص شود که آیا این رویکرد تلفیقی می‌تواند به طور هم‌زمان بر بهبود عملکرد فنی و کاهش اضطراب مؤثر باشد یا خیر.

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی

این تحقیق هیچ‌گونه کمک مالی از سازمان‌های تامین مالی در بخش‌های عمومی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرد.

مشارکت نویسندگان

هر دو نویسنده مشارکت یکسانی داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

تقدیر و قدردانی

از تمامی افرادی که در انجام این پژوهش ما را یاری کردند، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

References

1. Fu B, Fu X. Distributed Simulation System for Athletes' Mental Health in the Internet of Things Environment. Comput Intell Neurosci. 2022;2022:9186656. doi: 10.1155/2022/9186656.

2. Vaez Mousavi SMK, Naji M, Hassanzadeh N, Ismailpour Marandi H. Arousal and activation in combat pistol shooting. Mil Med. 2022;12(4):185-90. doi: 10.32593/milmed.v12i4.377.

3. Moran AP. The psychology of concentration in sport performers: a cognitive analysis. Psychology Press; 2016. ISBN: 978-1138824888.

4. Mullen R, Hardy L, Tattersall A. The effects of anxiety on motor performance: A test of the conscious processing hypothesis. J Sport Exerc Psychol. 2005;27(2):212-25. doi: 10.1123/jsep.27.2.212.

5. Whyte J. Attention and arousal: basic science aspects. Arch Phys Med Rehabil. 1992;73(10):940-9. doi: 10.1016/0003-9993(92)90022-H.

6. Saunders DC, Brissova M, Phillips N, Shrestha S, Walker JT, Aramandla R, et al. Ectonucleoside triphosphate diphosphohydrolase-3 antibody targets adult human pancreatic β cells for in vitro and in vivo analysis. Cell Metab. 2019;29(3):745-54.e4. doi: 10.1016/j.cmet.2018.10.023.

7. Beauchamp MK, Harvey RH, Beauchamp PH. An integrated biofeedback and psychological skills training program for Canada's Olympic short-track speedskating team. J Clin Sport Psychol. 2012;6(1):67-84. doi: 10.1123/jcsp.6.1.67.

8. Barlow DH, Durand VM, Hofmann SG. Abnormal psychology: An integrative approach. Cengage Learning; 2018. ISBN: 978-1337567514.

9. Fuentes-García JP, Villafaina S. Psychophysiological and Performance Effects of Biofeedback and Neurofeedback Interventions in a Top 100 Female Chess Player. Behav Sci. 2024;14(11):1044. doi: 10.3390/bs14111044.

10. Sun W. Anxiety Before and During Music Stage Performance: Monitoring and Coping Strategies with Innovative Biofeedback Techniques. Appl Psychophysiol Biofeedback. 2026 Mar;51(1):105-18. doi: 10.1007/s10484-025-09722-0.

11. Shaffer FB, Moss D. Review of I. Z. Khazan (2019), Biofeedback and Mindfulness in Everyday Life: Practical Solutions for Improving Your Health and Performance. Norton & Company. Appl Psychophysiol Biofeedback. 2022 Dec;47(4):357-60. doi: 10.1007/s10484-022-09564-0.

12. Giorgi F, Tedeschi R. Breathe better, live better: the science of slow breathing and heart rate variability. Acta Neurol Belg. 2025 Dec;125(6):1497-1505. doi: 10.1007/s13760-025-02789-w.

13. Davila MI, Kizakevich PN, Eckhoff R, Morgan J, Meleth S, Ramirez D, et al. Use of Mobile Technology Paired with Heart Rate Monitor to Remotely Quantify Behavioral Health Markers among Military Reservists and First Responders. Mil Med. 2021 Jan 25;186(Suppl 1):17-24. doi: 10.1093/milmed/usaa395.

14. Ali MK, Liu L, Chen JH, Huizinga JD. Optimizing Autonomic Function Analysis via Heart Rate Variability Associated With Motor Activity of the Human Colon. Front Physiol. 2021 Jun 29;12:619722. doi: 10.3389/fphys.2021.619722.

15. Goessl VC, Curtiss JE, Hofmann SG. The effect of heart rate variability biofeedback training on stress and anxiety: a meta-analysis. Psychol Med. 2017;47(15):2578-86. doi: 10.1017/S0033291717000411.

16. Jimenez Morgan S, Molina Mora JA. Effect of heart rate variability biofeedback on sport performance, a systematic review. Appl Psychophysiol Biofeedback. 2017;42:235-45. doi: 10.1007/s10484-017-9373-8.

17. Grossman P. Respiratory sinus arrhythmia (RSA), vagal tone and biobehavioral integration: Beyond parasympathetic function. Biol Psychol. 2024 Feb;186:108739. doi: 10.1016/j.biopsycho.2023.108739.

18. Menuet C, Ben-Tal A, Linossier A, Allen AM, Machado BH, Moraes DJA, et al. Redefining respiratory sinus arrhythmia as respiratory heart rate variability: an international Expert Recommendation for terminological clarity. Nat Rev Cardiol. 2025 Dec;22(12):978-84. doi: 10.1038/s41569-025-01160-z.

19. Von Rosenberg W, Chanwimalueang T, Adjei T, Jaffer U, Goverdovsky V, Mandic DP. Resolving Ambiguities in the LF/HF Ratio: LF-HF Scatter Plots for the Cate-

gorization of Mental and Physical Stress from HRV. Front Physiol. 2017 Jun 14;8:360. doi: 10.3389/fphys.2017.00360.

20. 20. Yoshida N, Miyajima M, Suzuki Y, Matsushima E, Watanabe T, Omoya R, et al. Heart rate variability in schizophrenia: A comparative analysis before and after electroconvulsive therapy. PCN Rep. 2024 Nov 14;3(4):e70030. doi: 10.1002/pcn5.70030.

21. Morales Aznar J, García V, García-Massó X, Salvá P, Escobar R. The Use of Heart Rate Variability in Assessing Precompetitive Stress in High-Standard Judo Athletes. Int J Sports Med. 2013;34:Núm 34. doi: 10.1055/s-0036-1583561.

22. Machado S, Sant'Ana LO, Travassos B, Monteiro D. Anodal Transcranial Direct Current Stimulation Reduces Competitive Anxiety and Modulates Heart Rate Variability in an eSports Player. Clin Pract Epidemiol Ment Health. 2022 Sep 30;18:e174501792209270. doi: 10.2174/17450179-v18-e2209270.

23. Gorgulu R, Oruç H, Vasile C, Corlaci I, Voinea F. Orienteering Is More than Just Running! Acute Effect of Competitive Pressure on Autonomic Cardiac Activity among Elite Orienteering Athletes. Medicina (Kaunas). 2024 Sep 21;60(9):1547. doi: 10.3390/medicina60091547.

24. Nashiro K, Yoo HJ, Cho C, Min J, Feng T, Nasseri P, et al. Effects of a Randomised Trial of 5-Week Heart Rate Variability Biofeedback Intervention on Cognitive Function: Possible Benefits for Inhibitory Control. Appl Psychophysiol Biofeedback. 2023 Mar;48(1):35-48. doi: 10.1007/s10484-022-09558-y. Epub 2022 Aug 28. Erratum in: Appl Psychophysiol Biofeedback. 2023 Mar;48(1):49. doi: 10.1007/s10484-022-09563-1.

25. Goessl VC, Curtiss JE, Hofmann SG. The effect of heart rate variability biofeedback training on stress and anxiety: a meta-analysis. Psychol Med. 2017 Nov;47(15):2578-86. doi: 10.1017/S0033291717001003.

26. Schumann A, Köhler S, Brotte L, Bär KJ. Effect of an eight-week smartphone-guided HRV-biofeedback intervention on autonomic function and impulsivity in healthy controls. Physiol Meas. 2019 Jul 1;40(6):064001. doi: 10.1088/1361-6579/ab2065.

27. Chen SF, Pan WL, Gau ML, Hsu TC, Shen SC. Heart Rate Variability Biofeedback Training Reduces Early Maternal Stress, Anxiety, and Depression in Women Undergoing Cesarean Delivery: A Randomized Controlled Trial. Appl Psychophysiol Biofeedback. 2024 Dec;49(4):637-50. doi: 10.1007/s10484-024-09656-z.

28. Kim S, Zemon V, Lehrer P, McCraty R, Cavallo MM, Raghavan P, et al. Emotion regulation after acquired brain injury: a study of heart rate variability, attentional control, and psychophysiology. Brain Inj. 2019;33(8):1012-20. doi: 10.1080/02699052.2019.1593506.

29. Mueller K, Williams PS, Haley L, Heick J. Heart rate variability biofeedback improves sports performance in an elite female athlete. Cardiopulmonary Phys Ther J. 2020;31(3):123-32. doi: 10.1097/CPH.0000000000000226.

30. Christie S, Bertollo M, Werthner P. The effect of an integrated neurofeedback and biofeedback training intervention on ice hockey shooting performance. J Sport Exerc Psychol. 2020;42(1):34-47. doi: 10.1123/jsep.2019-0040.

31. Parkin BL, Walsh V. Gunslingers, poker players, and chickens 3: Decision making under mental performance pressure in junior elite athletes. Prog Brain Res. 2017;234:339-59. doi: 10.1016/bs.pbr.2017.08.011.

32. Parsaei N, Abdoli B, Vaez Mousavi SMK, Aslankhani MA. Predicting the performance of skilled archers based on psychological variables with an emphasis on the personality trait of introversion-extroversion. Sports Motor Dev Learn. 2011;4(2):5-28. SID: https://sid.ir/paper/159564/fa.

33. Asefi Rad A, Vaez Mousavi SMK, Abdoli B. Investigating the physiological pattern of advanced and beginner execution of a continuous skill in student athletes. Sports Psychol Stud. 2012;1(2):75-92.

34. Smith JD, Brown RM, Jones LT. The role of arousal and motor activation in optimizing skilled movement performance in athletes. J Motor Behav. 2021;53(2):176-85. doi: 10.1080/00222895.2020.1761234.

35. Rezania D, Gurney R. Building successful student-ath-

lete coach relationships: examining coaching practices and commitment to the coach. Springerplus. 2014;3:383. doi: 10.1186/s40064-014-0383-7.

36. Santos AC, Turner TJ, Bycura DK. Current and Future Trends in Strength and Conditioning for Female Athletes. Int J Environ Res Public Health. 2022 Feb 25;19(5):2687. doi: 10.3390/ijerph19052687.

37. Satpute AB, Kragel PA, Barrett LF, Wager TD, Bianciardi M. Deconstructing arousal into wakeful, autonomic and affective varieties. Neurosci Lett. 2019 Feb 6;693:19-28. doi: 10.1016/j.neulet.2018.12.010.

38. Attoh-Mensah E, Igor-Gaez I, Vincent L, Bessot N, Nathou C, Etard O. Cardiorespiratory changes associated with micro-arousals during naps. Neurobiol Sleep Circadian Rhythms. 2023 Mar 16;14:100093. doi: 10.1016/j.nbscr.2023.100093.

39. Luu P, Tucker DM, Friston K. From active affordance to active inference: vertical integration of cognition in the cerebral cortex through dual subcortical control systems. Cereb Cortex. 2024 Jan 14;34(1):bhad458. doi: 10.1093/cercor/bhad458.

40. Bischof K. Nervensache - praxisorientierte Neurophysiologie der weiblichen Sexualität [A Matter of Nerves - Applied Neurophysiology of Female Sexuality]. Praxis (Bern 1994). 2015 Jun 17;104(13):695-700. German. doi: 10.1024/0033-2909/a000027.

41. Puusepp I, Tammi T, Linnavalli T, Huotilainen M, Laine S, Kuusisto E, Tirri K. Changes in physiological arousal during an arithmetic task: profiles of elementary school students and their associations with mindset, task performance and math grade. Sci Rep. 2024 Jan 18;14(1):1606. doi: 10.1038/s41598-023-43281-7.

42. Frenkel MO, Brokelmann J, Nieuwenhuys A, Heck RB, Kasperk C, Stoffel M, Plessner H. Mindful Sensation Seeking: An Examination of the Protective Influence of Selected Personality Traits on Risk Sport-Specific Stress. Front Psychol. 2019 Aug 8;10:1719. doi: 10.3389/fpsyg.2019.01719.

43. Afzal MR, Oh MK, Choi HY, Yoon J. A novel balance training system using multimodal biofeedback. Biomed Eng Online. 2016 Apr 22;15:42. doi: 10.1186/s12938-016-0172-3.

44. Michela A, van Peer JM, Brammer JC, Nies A, van Rooij MMJW, Oostenveld R, et al. Deep-Breathing Biofeedback Trainability in a Virtual-Reality Action Game: A Single-Case Design Study With Police Trainers. Front Psychol. 2022 Feb 10;13:806163. doi: 10.3389/fpsyg.2022.806163.

45. Migliaccio GM, Russo L, Maric M, Padulo J. Sports Performance and Breathing Rate: What Is the Connection? A Narrative Review on Breathing Strategies. Sports (Basel). 2023 May 10;11(5):103. doi: 10.3390/sports11050103.

46. Francis HM, Penglis KM, McDonald S. Manipulation of heart rate variability can modify response to anger-inducing stimuli. Soc Neurosci. 2016 Oct;11(5):545-52. doi: 10.1080/17470919.2016.1155454.

47. Jacob K, Gatchell J. Biofeedback and Treatment for Borderline Personality Disorder. Focus (Am Psychiatr Publ). 2023 Jan;21(1):63-9. doi: 10.1176/appi.focus.20220024.