



Article Type: Original

The Effect of Skill-Based Training versus Physical Training on Endocrine Function and Cognitive Performance in Competitive Athletes

Neda Jadidi *¹ 

1. Department of Physical Education, Faculty of Humanities and arts, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran.

Received: 06/11/2025, **Revised:** 04/01/2026, **Accepted:** 06/02/2026

* Corresponding Author: Neda Jadidi, E-mail: njadidi@tvu.ac.ir

How to Cite: Jadidi, N. (2026). The Effect of Skill-Based Training versus Physical Training on Endocrine Function and Cognitive Performance in Competitive Athletes. Sport Psychology Studies, 15(57), 147-162. In Persian

Extended Abstract

Background and Purpose

In recent years, sports science has witnessed significant advances in understanding the physiological, neurological, and cognitive mechanisms associated with athletic training. With the increasing complexity of competitions and the need to improve the multidimensional performance of professional athletes, new research has examined the interaction between endocrine systems, cognition, and neuromuscular factors as a coherent whole (Furer et al., 2023). Cognitive performance in competitive athletes is recognized as a key factor in the quality of skill execution, the ability to adapt under pressure, and strategic decision-making. Cognitive components such as selective attention, working memory, executive control, processing speed, situational anticipation, and perceptual-motor performance play an important role in athletic success (Mansi et al., 2025; Wu et al., 2025). Accordingly, the aim

of the present study is to compare the effects of skill-based training and physical training on the endocrine function and cognitive performance of competitive athletes.

Materials and Methods

Research Design

This study is a quasi-experimental study with a pretest-posttest and parallel groups design to compare the effects of two types of training — skill-based training and physical training — on endocrine indices and cognitive performance in competitive athletes. This study was initiated in accordance with the principles of the Helsinki Declaration of Ethics and after receiving approval from the university ethics committee. The subjects were randomly divided into two groups.

Participants:

Sample size using G*Power software (version 3.1) and assuming a medium effect (0.35) included 30 people in each group.

Research instruments:



Copyright: © 2023 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/>).

Endocrine indices: Blood sampling was performed in two stages (pretest and posttest), in the morning and in the fasting state. Sampling was performed by a clinical pathologist according to standard protocols. All samples were stored at -80°C until analysis.

Cognitive performance: A wide range of validated instruments known for their reliability in sports psychology research were used to assess cognitive performance. Working memory was assessed using the n-back test (2-back version), which measures accuracy and reaction time with a high reliability coefficient of 0.85. Assessment of baseline physical characteristics: To consider initial differences between groups, several baseline physical characteristics will be assessed.

Exercise intervention protocol:

The exercise intervention protocol consists of two separate groups, each designed to increase physical performance over an eight-week period with three sessions per week, each session lasting 60 minutes.

Data collection:

Data collection included pre-test and post-test assessments, 48 hours after the last training session.

Data analysis:

Data analysis was performed using SPSS version 29. Initially, the normality of the data was assessed using the Shapiro-Wilk test. After that, homogeneity of variance was assessed through the Levene test.

Results

Baseline characteristics of participants:

A total of 60 competitive athletes participated in the study, who were randomly assigned to two groups of skill-based training and physical training. Independent t-test showed that no significant differences were observed between the groups in the primary variables. The results indicate adequate homogeneity of the groups before the intervention.

Endocrine indices:

In this study, the effect of eight weeks of skill-based training and physical training on hormonal indices including cortisol, testosterone, growth hormone and IGF-1 was examined. The results showed that skill-based training resulted in a significant decrease in cortisol levels, while physical training resulted in a slight and non-significant decrease. Also, both training groups experienced an increase in testosterone, but the skill group showed a significant increase (61 units compared to 23 units). In addition, an increase in growth hormone was observed in both groups, such that the skill group showed a significant increase and there was a significant interaction between group and time. Finally, the skill group experienced an increase in IGF-1 that was twice as high as the physical group. The results show that the skill group showed a significant increase in accuracy and a decrease in reaction time during the 2-back working memory task compared to the physical training group. Also, in the Stroop test, which assesses executive control, the skill group showed significant improvements. Finally, in terms of processing speed, as measured by the digit symbol methods test, both groups showed a significant increase. However, the skill group outperformed the physical group.

Relationships between hormonal and cognitive changes:

The results regarding the relationships between hormonal and cognitive changes are presented in Table 1. The results show that hormonal changes are significantly associated with cognitive performance.

Table 1. Correlation coefficients between variables

Variable	r	P
Decreased cortisol ↔ improved reaction time (2-back)	0/52	0/004
Increased testosterone ↔ Improved decision-making accuracy	0/47	0/01
Increased IGF-1 ↔ Improved SDMT	0/02	0/41

Conclusion

The results of this study suggest that skill-based training is a more effective approach to improving the overall performance of competitive athletes than physical training alone. Simultaneous cognitive and motor load stimulates the activation of neural networks and hormonal pathways, leading to multifaceted adaptations that physical training alone cannot. These findings have important practical implications for coaches and training program designers, and indicate that incorporating cognitively and skill-based training into sports programs can improve athletes' physical, cognitive, and psychological performance. Given the limitations of the study, it is recommended that future research examine the long-term effects of skill-based training and consider the role of gender, skill level, and other individual factors in hormonal and cognitive changes. Measurement of other neurotrophic variables such as BDNF and the use of brain imaging can also help to clarify the precise neurohormonal mechanisms of skill-based training.

In conclusion, it can be stated that skill-based training not only improves hormonal indices

and reduces stress responses, but also significantly improves the cognitive and decision-making abilities of athletes. These findings emphasize that high cognitive load and skill-based training are effective tools for improving the comprehensive performance of competitive athletes and can be used as a main part of professional training programs. Therefore, combining cognitive and motor load in the design of sports programs optimizes not only physical performance but also mental health and cognitive abilities of athletes and can increase the quality of performance in competitive environments.

Key Words: Skill-based training, hormone, cognitive performance, competitive athletes, working memory

Conflict of Interest

According to the authors, this article has no conflict of interest.

Acknowledgments

All participants who participated in the implementation of this study are appreciated.



نوع مقاله: پژوهشی اصیل

تأثیر تمرین مبتنی بر مهارت در مقابل تمرین بدنی بر عملکرد غدد درون ریز و عملکرد شناختی در ورزشکاران رقابتی

ندا جدیدی^{*۱} 

۱. گروه تربیت بدنی، دانشکده علوم انسانی و هنر، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۵، تاریخ اصلاح: ۱۴۰۴/۱۰/۱۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۷

* Corresponding Author: Neda Jadidi, E-mail: njadidi@tvu.ac.ir

How to Cite: Jadidi, N. (2026). The Effect of Skill-Based Training versus Physical Training on Endocrine Function and Cognitive Performance in Competitive Athletes. Sport Psychology Studies, 15(57), 147-162. In Persian

چکیده

هدف: هدف از این پژوهش بررسی تأثیر تمرین مبتنی بر مهارت در مقایسه با تمرین بدنی بر شاخص‌های هورمونی و عملکرد شناختی در ورزشکاران رقابتی بود.

روش پژوهش: ۶۰ ورزشکار مرد حرفه‌ای به‌طور تصادفی و مساوی به دو گروه تمرین مبتنی بر مهارت و تمرین بدنی تقسیم شدند. هر گروه به مدت هشت هفته، سه جلسه ۶۰ دقیقه‌ای در هفته تمرین کردند. شاخص‌های هورمونی شامل کورتیزول، تستوسترون، هورمون رشد و $IGF-1$ و عملکرد شناختی شامل حافظه کاری، آزمون استروپ و سرعت پردازش قبل و بعد از دوره تمرینی اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که گروه تمرین مبتنی بر مهارت کاهش معناداری در کورتیزول ($p=0/01$) و افزایش معنادار در تستوسترون ($p=0/008$)، هورمون رشد ($p=0/03$) و $IGF-1$ ($p=0/02$) نسبت به پیش‌آزمون داشت، در حالی که گروه تمرین بدنی تغییرات کمتری نشان داد. همچنین بهبود معنی‌داری در عملکرد شناختی گروه تمرین مبتنی بر مهارت مشاهده شد: دقت حافظه کاری ($p<0/001$) و سرعت پردازش ($p=0/02$) نسبت به پیش‌آزمون افزایش یافت.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد که تمرین مبتنی بر مهارت می‌تواند سازگاری‌های هورمونی و شناختی ورزشکاران رقابتی را بهبود بخشد و گزینه‌ای مؤثرتر نسبت به تمرین بدنی صرف باشد. پیشنهاد می‌گردد مربیان و طراحان تمرین، تمرینات مهارت‌محور با بار شناختی مناسب را برای بهبود عملکرد ذهنی و فیزیولوژیک ورزشکاران در برنامه‌های تمرینی خود گنجانند. **کلید واژه‌ها:** تمرین مبتنی بر مهارت، هورمون، عملکرد شناختی، ورزشکاران رقابتی، حافظه کاری.



مقدمه

در سال‌های اخیر، علم ورزش شاهد پیشرفت‌های چشمگیری در درک سازوکارهای فیزیولوژیک، عصبی و شناختی مرتبط با تمرینات ورزشی بوده است. با افزایش پیچیدگی رقابت‌ها و نیاز به بهبود عملکرد چندبعدی ورزشکاران حرفه‌ای، تحقیقات جدید به بررسی تعامل میان سیستم‌های غدد درون‌ریز، شناخت و عوامل عصبی-عضلانی به‌عنوان یک کل منسجم پرداخته‌اند (فورر و همکاران، ۲۰۲۳). در این راستا، مقایسه بین تمرینات مبتنی بر مهارت و تمرینات بدنی به‌عنوان دو رویکرد اصلی در آماده‌سازی ورزشکاران، به‌ویژه در رشته‌هایی که نیاز به سرعت پردازش اطلاعات، تصمیم‌گیری و هماهنگی عصبی-عضلانی دارند، توجه بیشتری را به خود جلب کرده است. تمرین بدنی به‌عنوان هسته اصلی برنامه‌های ورزشی، به ایجاد سازگاری‌های فیزیولوژیک مانند افزایش ظرفیت هوازی و تقویت قدرت عضلانی متکی است (آشکرافت و همکاران، ۲۰۲۴؛ ما و همکاران، ۲۰۲۵). با این حال، شواهد فزاینده‌ای نشان می‌دهد که عملکرد ورزشی تنها به ویژگی‌های بدنی وابسته نیست، بلکه نتیجه تعامل پیچیده‌ای میان عوامل شناختی، ادراکی، عصبی و هورمونی است (مارتین-رودریگز و همکاران، ۲۰۲۴؛ هومینسکا-لیسوسکا، ۲۰۲۴). این امر موجب شده تا تمرینات مبتنی بر مهارت به اهمیت بیشتری دست یابند. این نوع تمرینات ورزشکاران را با وظایف پیچیده و غیرقابل پیش‌بینی مواجه می‌سازد که نیازمند تصمیم‌گیری سریع و هماهنگی دقیق سیستم‌های عصبی و عضلانی است. در نتیجه، این نوع تمرین بار شناختی قابل توجهی ایجاد کرده و ممکن است مسیرهای فیزیولوژیک متفاوتی را نسبت به تمرینات بدنی فعال کند (آکبار و همکاران، ۲۰۲۲؛ چن و همکاران، ۲۰۲۵؛ ویلیامز و همکاران، ۲۰۲۱).

سیستم غدد درون‌ریز به عنوان یکی از عوامل کلیدی در تنظیم پاسخ‌های سازگاری بدن، نقش مهمی در مدیریت استرس، حفظ تعادل انرژی، بازسازی بافت‌ها، رفتارهای انگیزشی و فرآیندهای شناختی ایفا می‌کند. هورمون‌هایی مانند کورتیزول، تستوسترون، هورمون رشد، $IGF-1$ و کاتکول‌آمین‌ها نه تنها به عنوان نشانگرهای فشار فیزیولوژیک و روان‌شناختی عمل می‌کنند، بلکه در ایجاد سازگاری‌های تمرینی نیز تأثیر مستقیم دارند (دلایزی و هندشین، ۲۰۱۸؛ آتاناسیو و همکاران، ۲۰۲۳؛ تئودوراکیس و همکاران، ۲۰۲۴). تحقیقات نشان می‌دهد که نوع و ماهیت تمرین می‌تواند بر دامنه و الگوی پاسخ‌های هورمونی تأثیر بگذارد؛ به عنوان مثال، تمرینات شدید معمولاً با افزایش قابل توجه کورتیزول و تغییر در نسبت تستوسترون به کورتیزول همراه است، در حالی که تمرینات مهارتی به دلیل نیازهای شناختی و بار ادراکی ممکن است الگوهای هورمونی متفاوتی را ایجاد کنند که با کارکردهای شناختی و پلاستیسیته عصبی مرتبط است (بوده و همکاران، ۲۰۲۵؛ مانجین و همکاران، ۲۰۱۸؛ گربر و همکاران، ۲۰۲۰).

عملکرد شناختی در ورزشکاران رقابتی به عنوان یک عامل کلیدی در کیفیت اجرای مهارت‌ها، توانایی سازگاری در شرایط فشار و تصمیم‌گیری استراتژیک شناخته می‌شود. مؤلفه‌های شناختی مانند توجه انتخابی، حافظه کاری، کنترل اجرایی، سرعت پردازش، پیش‌بینی موقعیت و عملکرد ادراکی-حرکتی، نقش مهمی در موفقیت ورزشی ایفا می‌کنند (مانسی و همکاران، ۲۰۲۵؛ وو و همکاران، ۲۰۲۵). تحقیقات نشان می‌دهند که تمرینات مهارتی می‌توانند تأثیر بیشتری بر فرایندهای عصبی و شناختی نسبت به تمرینات بدنی داشته باشند، به ویژه در زمینه‌هایی مانند ظرفیت توجه، کیفیت تصمیم‌گیری و سرعت تطبیق ادراکی (شی و فنگ، ۲۰۲۲؛ سرینیواس و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین، شواهدی وجود دارد که نشان

ایجاد کنند، آگاهی از این تغییرات می‌تواند به مربیان و متخصصان کمک کند تا شدت و حجم تمرینات را بر اساس وضعیت فیزیولوژیکی ورزشکاران تنظیم نمایند. به علاوه، با توجه به اینکه عملکرد ورزشی نتیجه تعامل پیچیده‌ای میان سیستم‌های عصبی، هورمونی و شناختی است، شناسایی نوع تمریناتی که در ایجاد سازگاری‌های پایدار و مؤثرتر نقش دارند، می‌تواند به کشف مسیرهای جدیدی در تحقیقات علوم اعصاب ورزشی، فیزیولوژی تمرین و روان‌شناسی عملکرد منجر شود. بر این اساس، هدف مطالعه حاضر مقایسه تأثیرات تمرینات مبتنی بر مهارت و تمرینات بدنی بر عملکرد غدد درون‌ریز و شناختی ورزشکاران رقابتی است. این تحقیق به دنبال پر کردن شکاف‌های موجود در ادبیات علمی با رویکردی یکپارچه و مبتنی بر شواهد است و سعی دارد چارچوبی منظم برای درک بهتر سازوکارهای عصبی-هورمونی و شناختی ناشی از الگوهای مختلف تمرین ارائه دهد. نتایج این پژوهش می‌تواند به طراحی مداخلات تمرینی مؤثرتر برای ورزشکاران حرفه‌ای کمک کرده و مسیر تحقیقات آینده در حوزه علوم ورزشی را روشن‌تر سازد. در این تحقیق فرض شد که تمرین مبتنی بر مهارت در مقایسه با تمرین بدنی تأثیر مطلوب‌تری بر عملکرد غدد درون‌ریز و عملکرد شناختی ورزشکاران داشته باشد.

روش پژوهش

طرح پژوهش

این تحقیق یک مطالعه نیمه‌تجربی با طراحی پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه‌های موازی است که به منظور مقایسه تأثیر دو نوع تمرین-تمرین مبتنی بر مهارت و تمرین بدنی-بر شاخص‌های غدد درون‌ریز و عملکرد شناختی در ورزشکاران رقابتی انجام شده است. این مطالعه با رعایت اصول بیانیه اخلاقی هلسینکی و پس از دریافت تأییدیه از

می‌دهد هورمون‌های مهمی مانند کورتیزول و تستوسترون می‌توانند به طور مستقیم بر حافظه کاری، عملکرد اجرایی و واکنش‌پذیری شناختی تأثیر بگذارند. این موضوع اهمیت بررسی هم‌زمان عملکرد غدد درون‌ریز و عملکرد شناختی را روشن می‌سازد (لانگر و همکاران، ۲۰۲۵؛ لیو و همکاران، ۲۰۲۲).

با وجود پیشرفت‌های قابل توجه در تحقیقات، هنوز شکاف معناداری در ادبیات علمی وجود دارد. بیشتر مطالعات موجود یا بر تأثیر تمرینات بدنی بر پاسخ‌های هورمونی تمرکز کرده‌اند یا به بررسی تأثیر تمرینات شناختی-مهارتی بر عملکرد شناختی پرداخته‌اند. اما تعداد تحقیقاتی که به طور هم‌زمان این دو حوزه را در تعامل با یکدیگر بررسی کرده باشند، بسیار محدود است. این شکاف به‌ویژه در میان ورزشکاران نخبه اهمیت بیشتری دارد، زیرا پاسخ‌های فیزیولوژیک و شناختی این افراد به دلیل سابقه تمرینی طولانی و فشارهای رقابتی مداوم، با جمعیت عمومی متفاوت است. بنابراین، مطالعه تأثیرات مقایسه‌ای تمرینات مبتنی بر مهارت و تمرینات بدنی بر هر دو حوزه شناخت و غدد درون‌ریز نه تنها از نظر علمی ضروری است، بلکه می‌تواند به عنوان راهنمایی ارزشمند برای طراحی برنامه‌های تمرینی هدفمند و مبتنی بر شواهد عمل کند.

از جنبه عملی، نتایج این نوع تحقیق می‌تواند در زمینه‌های مختلفی مانند برنامه‌ریزی تمرینات، پیشگیری از خستگی مزمن، بهینه‌سازی بار تمرینی، افزایش آمادگی برای مسابقات و طراحی پروتکل‌های بازیابی مؤثر مورد استفاده قرار گیرد. به عنوان مثال، اگر تمرینات مبتنی بر مهارت بتوانند بدون افزایش نامناسب بار هورمونی مرتبط با استرس، عملکرد شناختی را بهبود بخشند، این نوع تمرینات می‌توانند به عنوان جزء اساسی در برنامه‌های روزانه ورزشکاران گنجانده شوند. از سوی دیگر، در صورتی که تمرینات بدنی تغییرات معناداری در پروفایل هورمونی

تأثیر تمرین مبتنی بر مهارت در مقابل تمرین بدنی بر عملکرد...

کمیت اخلاق دانشگاه آغاز گردید. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به دو گروه تقسیم شدند.

شرکت‌کنندگان

توان آماری پژوهش با استفاده از نرم‌افزار G^*Power محاسبه شد. با در نظر گرفتن سطح معنی‌داری ۰/۰۵، توان آزمون ۰/۸۰ و اندازه اثر متوسط، حجم نمونه ۳۰ نفر به عنوان حجم نمونه قابل قبول برای شناسایی تفاوت‌های معنادار بین دو گروه در نظر گرفته شد. معیارهای ورود به تحقیق شامل موارد زیر بودند: شرکت‌کنندگان باید ورزشکاران رقابتی با حداقل سه سال تجربه در مسابقات رسمی، سن بین ۱۸ تا ۳۰ سال، و سطح فعالیت بدنی متوسط تا بالا بر اساس مقیاس $IPAQ$ باشند. همچنین، شرکت‌کنندگان نباید سابقه اختلالات عصبی، هورمونی یا اسکلتی-عضلانی داشته باشند و از داروهایی که بر سیستم غدد درون‌ریز تأثیر می‌گذارند، مانند استروئیدها و کورتیکواستروئیدها، استفاده نکرده باشند. عدم وجود آسیب‌دیدگی در شش ماه گذشته و ثبات در برنامه تمرینی

۱۵۳

در سه ماه اخیر نیز از دیگر شرایط لازم است. معیارهای خروج از مطالعه شامل عدم حضور در بیش از ۲۰ درصد جلسات تمرین، تغییر در برنامه تمرینی خارج از مطالعه، بروز بیماری حاد یا مزمن در طول دوره مداخله و عدم همکاری در ارائه نمونه خونی یا انجام آزمون‌های شناختی بودند. پس از ارزیابی معیارهای ورود و خروج، شرکت‌کنندگان واجد شرایط به صورت تصادفی و با استفاده از روش تخصیص تصادفی بلوکی در دو گروه تمرین مبتنی بر مهارت و تمرین بدنی قرار گرفتند. به منظور کاهش سوگیری انتخاب، فرآیند تصادفی‌سازی توسط پژوهشگری مستقل که در اجرای مداخله و تحلیل داده‌ها نقشی نداشت، انجام شد.

ابزارهای تحقیق

شاخص‌های غدد درون‌ریز: نمونه‌گیری خون در دو مرحله (پیش‌آزمون و پس‌آزمون)، صبح و در حالت ناشتا، انجام شد. شاخص‌های زیر با کیت‌های معتبر و دارای روایی و پایایی بالا سنجیده شدند:

جدول ۱. شاخص‌های غدد درون‌ریز

هورمون	روش سنجش	استانداردها
کورتیزول	ELISA	کیت Monolab یا Biotech (CV < 8%)
تستوسترون	ELISA	کیت DRG Instruments (CV < 7%)
هورمون رشد (GH)	Chemiluminescent Assay	Siemens Immulite
IGF-1	Immunoassay	Abbott Architect System

عملکرد شناختی: برای ارزیابی عملکرد شناختی، از طیف وسیعی از ابزارهای معتبر که به دلیل پایایی‌شان در تحقیقات روانشناسی ورزشی شناخته شده‌اند، استفاده شد. حافظه کاری با استفاده از آزمون $n-back$ (نسخه ۲- $back$) ارزیابی شد که دقت و زمان واکنش را با ضریب

نمونه‌گیری توسط متخصص آسیب‌شناسی بالینی و طبق پروتکل‌های استاندارد انجام شد. تمامی نمونه‌ها تا زمان تحلیل در دمای $۸۰^{\circ}C$ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

فشار با هدف رسیدن به محدوده هدف ۱۳ تا ۱۵، همه تحت هدایت یک مربی مهارت‌های ورزشی، کنترل می‌شود. در مقابل، گروه تمرین بدنی از همان مدت و فرکانس پیروی می‌کند اما بر اجزای مختلف تمرکز دارد، از جمله تمرینات هوازی که با ۶۰ تا ۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب انجام می‌شوند، تمرینات مقاومتی با استفاده از وزنه‌ها با ۶۰ تا ۷۰ درصد حداکثر یک تکرار، و تمرینات سرعت و چابکی. هر دو پروتکل مطابق با دستورالعمل‌های تعیین‌شده توسط کالج پزشکی ورزشی آمریکا استانداردسازی و تدوین شده‌اند.

جمع‌آوری داده‌ها

جمع‌آوری داده‌ها شامل انجام ارزیابی‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون، ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی بود. ارزیابی‌های شناختی در یک محیط کنترل‌شده و آرام در فواصل زمانی ثابت انجام شد، در حالی که نمونه‌های خون توسط متخصصان آموزش‌دیده بین ساعت ۷ تا ۹ صبح جمع‌آوری شد تا ریتم‌های شبانه‌روزی در نظر گرفته شوند. برای به حداقل رساندن سوگیری، تمام ارزیابی‌ها توسط یک ارزیاب کور انجام شد. علاوه بر این، متغیرهای مداخله‌گر مختلفی کنترل شدند، از جمله میزان مصرف غذا که از طریق پرسشنامه یادآوری غذای ۳ روزه بررسی شد، کیفیت خواب که از طریق شاخص کیفیت خواب پیتسبورگ ارزیابی شد و محدودیت‌هایی در فعالیت‌های شدید خارج از پروتکل مطالعه. برای ورزشکاران زن، چرخه‌های قاعدگی پیگیری شد، استرس روانی با استفاده از مقیاس استرس ادراک‌شده اندازه‌گیری شد و بار تمرین روزانه با روش *Session-RPE* ثبت شد.

تحلیل آماری

تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۹ انجام شد. در ابتدا، نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک ارزیابی شد. پس از آن، همگنی واریانس از

اعتبار بالای ۰/۸۵ اندازه‌گیری می‌کند. توجه و کنترل اجرایی از طریق آزمون استروپ، همچنین با استفاده از نسخه استاندارد *PEBL*، با تمرکز بر زمان واکنش و درصد پاسخ‌های صحیح، که اعتبار آن در مطالعات ورزشی ادراکی-شناختی تأیید شده است، ارزیابی شد. سرعت پردازش با استفاده از آزمون روش‌های نماد رقمی اندازه‌گیری شد که دارای اعتبار و پایایی بسیار بالایی است (بالای ۰/۹۰).

ارزیابی ویژگی‌های جسمانی اولیه: برای در نظر گرفتن تفاوت‌های اولیه بین گروه‌ها، چندین ویژگی بدنی پایه ارزیابی خواهد شد. این ویژگی‌ها شامل اندازه‌گیری *VO₂max* از طریق آزمون‌های تردمیل بروس یا بالدترین، ارزیابی ترکیب بدن با استفاده از آنالیز امپدانس بیوالکتریکی (*BIA*) با دستگاه *InBody 770* و تعیین قدرت عضلانی از طریق تست‌های حداکثر یک تکرار (*RM*۱) برای هر دو حرکت پرس سینه و اسکات است. علاوه بر این، سطح فعالیت بدنی شرکت‌کنندگان با استفاده از پرسشنامه بین‌المللی فعالیت بدنی-فرم بلند (*IPAQ-L*) سنجیده شد.

پروتکل مداخله تمرینی

پروتکل مداخله ورزشی شامل دو گروه مجزا است که هر کدام برای افزایش عملکرد بدنی در یک دوره هشت هفته‌ای با سه جلسه در هفته و هر جلسه ۶۰ دقیقه طراحی شده‌اند. گروه تمرین مبتنی بر مهارت با گرم کردن پویای ۱۰ دقیقه‌ای شروع می‌شود و پس از آن ۴۰ دقیقه توسعه مهارت هدفمند انجام می‌شود که شامل تمرینات تصمیم‌گیری سریع، وظایف ادراکی-حرکتی، تمرینات هماهنگی پیچیده و تکنیک‌های خاص رشته است و در نهایت با چالش‌های مبتنی بر بازی به اوج خود می‌رسد. یک سرد کردن ۱۰ دقیقه‌ای جلسه را به پایان می‌رساند و شدت تمرین با استفاده از مقیاس رتبه‌بندی درک شده از

یافته ها

ویژگی های اولیه شرکت کنندگان

تعداد ۶۰ ورزشکار رقابتی در مطالعه شرکت کردند که به طور تصادفی در دو گروه تمرین مبتنی بر مهارت و تمرین بدنی قرار گرفتند (جدول ۲). آزمون t مستقل نشان داد که هیچ تفاوت معناداری بین گروه ها در متغیرهای اولیه مشاهده نشد. نتایج نشان دهنده همگنی مناسب گروه ها پیش از مداخله است.

طریق آزمون لون ارزیابی شد. تحلیل اولیه با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری های مکرر انجام شد که به طور خاص تعامل بین گروه و زمان را برای ارزیابی تغییرات در دوره های مشخص بررسی می کرد. به منظور انجام مقایسه های جفتی، از تصحیح بونفرونی برای کنترل خطای نوع اول استفاده شد. اندازه اثر با استفاده از مجذور اتای جزئی تعیین شد. سطح معنی داری برای تعیین آستانه معنی داری آماری تعیین شد. علاوه بر این، یک تحلیل تکمیلی برای بررسی روابط بین سطح هورمون ها و عملکرد شناختی انجام شد و از همبستگی پیرسون برای ارزیابی قدرت و جهت این ارتباطات استفاده شد.

جدول ۲. ویژگی های دموگرافیک شرکت کنندگان

متغیر	گروه مهارت	گروه بدنی	t	p
سن (سال)	$23/4 \pm 2/8$	$24/1 \pm 3/1$	$0/72$	$0/47$
وزن (کیلوگرم)	$72/6 \pm 6/8$	$73/2 \pm 7/2$	$0/27$	$0/78$
VO_{2max} (ml/kg/min)	$51/8 \pm 4/3$	$52/4 \pm 4/1$	$0/42$	$0/68$
درصد چربی بدن	$14/2 \pm 2/5$	$14/7 \pm 2/8$	$0/52$	$0/60$
سطح فعالیت (IPAQ)	3990 ± 410	3870 ± 430	$0/79$	$0/44$

شاخص های غدد درون ریز

در این مطالعه اثر هشت هفته تمرین مبتنی بر مهارت و تمرین بدنی بر شاخص های هورمونی شامل کورتیزول، تستوسترون، هورمون رشد و $IGF-1$ مورد بررسی قرار گرفت. مقادیر میانگین هورمون ها در پیش آزمون و پس آزمون در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که تمرین مبتنی بر مهارت منجر به کاهش معنی دار سطح کورتیزول شد، در حالی که تمرین بدنی منجر به کاهش

جزئی و غیرمعنی دار شد. همچنین، هر دو گروه تمرینی افزایش تستوسترون را تجربه کردند، اما گروه مهارت افزایش معنی داری (61 واحد در مقایسه با 23 واحد) نشان داد. بعلاوه، افزایش هورمون رشد در هر دو گروه مشاهده شد، به طوری که گروه مهارتی افزایش معنی داری را نشان داد و تعامل معناداری بین گروه و زمان وجود داشت. در نهایت، گروه مهارتی افزایش $IGF-1$ را تجربه کرد که دو برابر گروه بدنی بود.

جدول ۳. تغییرات شاخص‌های هورمونی در دو گروه تمرینی

شاخص هورمونی	مرحله	گروه مهارت	گروه بدنی	p	η^2
کورتیزول (ng/mL)	پیش آزمون	$19/4 \pm 3/1$	$19/1 \pm 2/8$		
	پس آزمون	$16/2 \pm 2/4$	$18/5 \pm 2/7$	$0/001$	$0/31$
تستوسترون (ng/dL)	پیش آزمون	512 ± 78	505 ± 82		
	پس آزمون	573 ± 86	528 ± 80	$0/008$	$0/19$
هورمون رشد (ng/mL)	پیش آزمون	$2/48 \pm 0/46$	$2/51 \pm 0/51$		
	پس آزمون	$3/12 \pm 0/52$	$2/87 \pm 0/48$	$0/03$	$0/14$
$IGF-1$ (ng/mL)	پیش آزمون	153 ± 25	149 ± 23		
	پس آزمون	171 ± 28	158 ± 24	$0/02$	$0/16$

می‌کند، گروه مهارتی بهبودهای قابل توجهی را نشان داد. در نهایت، در مورد سرعت پردازش، همانطور که توسط آزمون روش‌های نماد رقمی اندازه‌گیری شد، هر دو گروه افزایش قابل توجهی نشان دادند. با این حال، گروه مهارتی از گروه بدنی بهتر عمل کرد.

نتایج مربوط به عملکرد شناختی در جدول ۴ آمده است. نتایج نشان می‌دهد که گروه مهارتی در مقایسه با گروه تمرین بدنی، افزایش قابل توجهی در دقت و کاهش زمان واکنش در طول تکلیف حافظه کاری ۲-back نشان داد. همچنین، در آزمون استروپ که کنترل اجرایی را ارزیابی

جدول ۴. تغییرات شاخص‌های شناختی در دو گروه تمرینی

شاخص هورمونی	مرحله	گروه مهارت	گروه بدنی	p	η^2
دقت % (آزمون بک-۲)	پیش آزمون	$78/1 \pm 5/4$	$77/5 \pm 5/8$		
	پس آزمون	$88/3 \pm 4/8$	$81/2 \pm 5/3$	$<0/001$	$0/29$
زمان واکنش (ms) (آزمون بک-۲)	پیش آزمون	612 ± 71	608 ± 73		
	پس آزمون	543 ± 68	589 ± 70	$0/002$	$0/25$
زمان واکنش (ms) (آزمون استروپ)	پیش آزمون	802 ± 103	795 ± 115		
	پس آزمون	711 ± 94	768 ± 110	$0/01$	$0/18$
دقت % (آزمون استروپ)	پیش آزمون	$91/4 \pm 3/1$	$90/7 \pm 3/4$		
	پس آزمون	$95/2 \pm 2/2$	$92/1 \pm 3/0$	$0/03$	$0/12$

سرعت پردازش	پیش آزمون	۵۴/۲ ± ۷/۱	۵۳/۷ ± ۶/۹		
	پس آزمون	۶۱/۸ ± ۷/۵	۵۷/۴ ± ۷/۲	۰/۰۲	۰/۱۶

روابط بین تغییرات هورمونی و شناختی

نتایج مربوط به روابط بین تغییرات هورمونی و شناختی در جدول ۵ آمده است. نتایج نشان می‌دهد تغییرات هورمونی با عملکرد شناختی ارتباط معنادار دارند.

جدول ۵. ضرایب همبستگی بین متغیرها

متغیر	r	p
کاهش کورتیزول ↔ بهبود زمان واکنش (2-back)	۰/۵۲	۰/۰۰۴
افزایش تستوسترون ↔ بهبود دقت تصمیم‌گیری	۰/۴۷	۰/۰۱
افزایش IGF-1 ↔ بهبود SDMT	۰/۴۱	۰/۰۲

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر هشت هفته تمرین مبتنی بر مهارت در مقایسه با تمرین بدنی بر شاخص‌های هورمونی و عملکرد شناختی در ورزشکاران رقابتی انجام شد و نتایج آن نشان داد که نوع تمرین نقش تعیین‌کننده‌ای در ایجاد سازگاری‌های فیزیولوژیک و عصبی-شناختی دارد. نتایج تحقیق نشان داد که تمرین مبتنی بر مهارت تغییرات معنادارتر و مثبت‌تری در شاخص‌های هورمونی، از جمله کاهش کورتیزول و افزایش تستوسترون، هورمون رشد و IGF-1 ایجاد کرد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که تمریناتی که همزمان دارای بار حرکتی و شناختی هستند، قادرند پاسخ‌های هورمونی و عملکرد شناختی ورزشکاران را بهبود بخشند و مزایای چندجانبه‌ای نسبت به تمرینات صرفاً بدنی ایجاد کنند. کاهش قابل توجه کورتیزول در گروه مهارت، نخستین نشانه از بهبود تعادل سیستم استرس بود و نشان داد که تمرینات با بار شناختی بالا می‌توانند پاسخ محور

هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال (HPA) را به شکل سازگارانه تنظیم کنند (برینکی و همکاران، ۲۰۲۵). از آنجا که افزایش کورتیزول معمولاً با کاهش عملکرد شناختی، اختلال در حافظه کاری، کاهش سرعت پردازش اطلاعات و اختلال در بازیابی انرژی مرتبط است، کاهش آن در گروه مهارتی اهمیت بالایی دارد. این نتایج نشان می‌دهد که تمرینات مهارتی که نیازمند تصمیم‌گیری لحظه‌ای، توجه انتخابی و پردازش اطلاعات پیچیده هستند، نه تنها بار متابولیکی زیاد ایجاد نمی‌کنند بلکه با تحریک سالم سیستم عصبی مرکزی، سازگاری فیزیولوژیک مطلوبی ایجاد می‌کنند (سان و همکاران، ۲۰۲۵).

افزایش تستوسترون در گروه تمرین مبتنی بر مهارت نیز یافته مهم دیگری بود. تستوسترون علاوه بر نقش آنابولیک، با انگیزه، اعتماد به نفس، رفتار رقابتی و تصمیم‌گیری سریع ارتباط مستقیم دارد. تمرینات مهارتی به دلیل وجود چالش‌های مستمر، بازخورد فوری و نیاز به پردازش سریع اطلاعات، باعث فعال‌سازی سیستم پاداش

مهارت‌محور می‌توانند ظرفیت پردازش لحظه‌ای، توان نگهداری و دستکاری اطلاعات و تمرکز را بهبود دهند. بهبود عملکرد حافظه کاری در ورزشکاران رقابتی بسیار مهم است، زیرا در محیط‌های پرفشار ورزشی، ورزشکار باید اطلاعات متحرک، موقعیتی و تاکتیکی را به سرعت پردازش کرده و تصمیمات مؤثر اتخاذ کند. بنابراین، تمرینات مهارت‌محور به طور طبیعی حافظه کاری را هدف قرار می‌دهند و باعث بهبود عملکرد تصمیم‌گیری و واکنش سریع می‌شوند (کوی و همکاران، ۲۰۲۵).

آزمون استروپ نیز نشان داد که توانایی بازداري پاسخ‌های نامناسب و تمرکز در شرایط تداخل اطلاعات در گروه مهارت به شکل معناداری افزایش یافت. این یافته اهمیت بالایی دارد، زیرا بازداري پاسخ‌های نامناسب و کنترل اجرایی در شرایط استرس و فشار زمانی از جمله مهارت‌های کلیدی برای ورزشکاران رقابتی است. تمرینات مهارت‌محور با شبیه‌سازی شرایط واقعی بازی و ارائه چالش‌های پیچیده تصمیم‌گیری، ورزشکاران را مجبور به تمرکز و پاسخدهی دقیق می‌کنند و در نتیجه توانایی بازداري و کنترل اجرایی آن‌ها تقویت می‌شود. علاوه بر این، آزمون سرعت پردازش نیز نشان داد که سرعت پردازش اطلاعات در گروه مهارت بهبود معناداری داشته است (کورادو و همکاران، ۲۰۲۴). این افزایش می‌تواند ناشی از تقویت شبکه‌های عصبی مرتبط با هماهنگی بینایی-حرکتی و پردازش اطلاعات سریع باشد و نشان‌دهنده انعطاف‌پذیری شناختی بالاتر در ورزشکارانی است که تمرینات دارای بار شناختی و مهارتی انجام می‌دهند.

یکی از یافته‌های قابل توجه پژوهش، همبستگی همزمان تغییرات هورمونی و شناختی بود. کاهش کورتیزول با بهبود زمان واکنش، افزایش تستوسترون با ارتقای دقت تصمیم‌گیری و افزایش *IGF-1* و هورمون رشد با بهبود سرعت پردازش و حافظه کاری همبستگی داشتند. این

و افزایش ترشح تستوسترون می‌شوند (نایت و همکاران، ۲۰۲۲). این یافته اهمیت عملی بالایی دارد، زیرا نشان می‌دهد که بار شناختی و مهارتی تمرینات ورزشی می‌تواند علاوه بر بهبود عملکرد بدنی، بر انگیزه، رفتار رقابتی و توانایی تصمیم‌گیری ورزشکاران نیز اثرگذار باشد. در مقابل، تمرین بدنی تغییرات اندکی در تستوسترون ایجاد کرد که بیانگر محدودیت اثر تمرینات بدون بار شناختی بر عملکرد روان‌شناختی و انگیزشی ورزشکاران است. نتایج مربوط به هورمون رشد و *IGF-1* نیز قابل توجه است. در گروه مهارت، افزایش این هورمون‌ها نسبت به گروه بدنی چشمگیرتر بود. هورمون رشد و *IGF-1* نقش حیاتی در رشد و ترمیم بافت‌ها، تحریک نوروزن، تقویت پلاستیسیته سیناپسی و ارتقای عملکرد شناختی دارند. این یافته نشان می‌دهد که تمرینات مبتنی بر مهارت با فعال کردن همزمان شبکه‌های حرکتی و شناختی، پیام‌رسانی نوروتروفیکی قوی‌تری ایجاد می‌کنند و بنابراین باعث تقویت حافظه کاری، سرعت پردازش و هماهنگی شناختی-حرکتی می‌شوند. چنین سازگاری‌های هم‌زمان هورمونی و عصبی-شناختی می‌تواند توضیح‌دهنده این موضوع باشد که چرا ورزشکارانی که تمرینات مهارت‌محور انجام می‌دهند، نه تنها توانایی بدنی بالاتری دارند، بلکه عملکرد شناختی و تصمیم‌گیری آنان نیز بهبود می‌یابد. به علاوه، افزایش *IGF-1* می‌تواند به شکل مستقیم با افزایش توانایی پردازش اطلاعات و ایجاد شبکه‌های عصبی مؤثر برای هماهنگی بینایی-حرکتی مرتبط باشد، موضوعی که در ورزش‌های رقابتی اهمیت بالایی دارد (ویدنبرگ و همکاران، ۲۰۲۴).

تحلیل داده‌های شناختی نیز تأثیر مثبت تمرین مبتنی بر مهارت را نشان داد. در آزمون حافظه کاری، گروه مهارت افزایش قابل توجهی در دقت و کاهش زمان واکنش داشتند، در حالی که گروه بدنی تغییرات کمتر و غیرقابل مقایسه داشت. این موضوع نشان می‌دهد که تمرینات

بلندمدت تمرینات مهارت محور را بررسی کرده و نقش جنسیت، سطح مهارت و دیگر عوامل فردی را در تغییرات هورمونی و شناختی مدنظر قرار دهند. همچنین اندازه گیری متغیرهای نوروتروفیک دیگر مانند *BDNF* و بهره گیری از روش های پیشرفته تری همچون تصویربرداری مغزی می تواند به روشن شدن دقیق تر سازوکارهای عصبی-هورمونی زیربنایی تمرینات مبتنی بر مهارت کمک کند.

نتیجه گیری

در مجموع، نتایج پژوهش حاضر نشان می دهد که تمرین مبتنی بر مهارت، در مقایسه با تمرینات بدنی سنتی، رویکردی مؤثرتر برای بهبود همزمان شاخص های هورمونی، کاهش پاسخ های استرسی و ارتقای عملکرد شناختی و تصمیم گیری ورزشکاران رقابتی است. از منظر کاربردی، این یافته ها به مربیان و طراحان تمرین پیشنهاد می کند که در کنار تمرینات بدنی متداول، از تمرینات مهارت محور با بار شناختی کنترل شده، نظیر تمرینات مبتنی بر تصمیم گیری، شبیه سازی شرایط رقابتی و وظایف دوگانه حرکتی-شناختی، در برنامه های تمرینی خود استفاده کنند. چنین رویکردی می تواند به بهبود کیفیت سازگاری های تمرینی، افزایش آمادگی ذهنی ورزشکاران در شرایط رقابتی و ارتقای عملکرد کلی آنان منجر شود. بنابراین، ادغام هدفمند مؤلفه های شناختی و حرکتی در طراحی برنامه های تمرینی، نه تنها عملکرد ورزشی، بلکه تاب آوری روانی و کارایی تصمیم گیری ورزشکاران را نیز به طور عملی بهبود می بخشد.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که در اجرای پژوهش حاضر مشارکت داشتند، قدردانی می شود.

هم راستایی تغییرات نشان می دهد که سازگاری های شناختی و هورمونی مستقل نیستند و به احتمال زیاد از طریق مسیرهای عصبی-غددی مشترک تنظیم می شوند. به عبارت دیگر، تمرینات مهارت محور می توانند به شکل همزمان موجب بهبود پاسخ های هورمونی و ارتقای توانایی های شناختی شوند و از این طریق عملکرد جامع ورزشکاران را تقویت کنند. نتایج این مطالعه نشان می دهد که تمرین مبتنی بر مهارت نسبت به تمرین بدنی صرف، رویکرد مؤثرتری برای بهبود عملکرد جامع ورزشکاران رقابتی است. بار شناختی و حرکتی همزمان، محرکی برای فعال سازی شبکه های عصبی و مسیرهای هورمونی است و موجب ایجاد سازگاری های چندجانبه می شود که تمرینات صرفاً بدنی قادر به ایجاد آن نیستند. این یافته ها پیامدهای عملی مهمی برای مربیان و طراحان برنامه های تمرینی دارد و نشان می دهد که گنجاندن تمرینات دارای بار شناختی و مهارتی در برنامه های ورزشی می تواند عملکرد بدنی، شناختی و روانی ورزشکاران را بهبود بخشد.

با وجود یافته های معنادار پژوهش حاضر، برخی محدودیت ها باید مدنظر قرار گیرند. نخست، حجم نمونه نسبتاً محدود (۳۰ نفر) و استفاده از طراحی نیمه تجربی، تعمیم پذیری نتایج را کاهش می دهد. دوم، به دلیل ماهیت مداخلات تمرینی، امکان کورسازی کامل شرکت کنندگان وجود نداشت که می تواند بر سطح انگیزش و پاسخ های روان شناختی آنان اثرگذار باشد. سوم، کنترل کامل متغیرهای مداخله گر نظیر الگوی خواب، وضعیت تغذیه، ریتم شبانه روزی و استرس های خارج از محیط تمرین امکان پذیر نبود و این عوامل ممکن است بر پاسخ های هورمونی و شناختی تأثیر گذاشته باشند. همچنین، تمرکز پژوهش بر تعداد محدودی از شاخص های هورمونی و شناختی، امکان ارائه تصویری جامع از سازگاری های عصبی-هورمونی را محدود می کند. با توجه به این محدودیت ها، پیشنهاد می شود پژوهش های آینده اثرات

Resources

1. Akbar, S., Soh, K. G., Jazaily Mohd Nasiruddin, N., Bashir, M., Cao, S., & Soh, K. L. (2022). Effects of neuromuscular training on athletes physical fitness in sports: A systematic review. *Frontiers in Physiology*, 13, 939042. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.939042>
2. Ashcroft, S. P., Stocks, B., Egan, B., & Zierath, J. R. (2024). Exercise induces tissue-specific adaptations to enhance cardiometabolic health. *Cell Metabolism*, 36(2), 278–300. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2023.12.008>
3. Athanasiou, N., Bogdanis, G. C., & Mastorakos, G. (2023). Endocrine responses of the stress system to different types of exercise. *Reviews in Endocrine & Metabolic Disorders*, 24(2), 251–266. <https://doi.org/10.1007/s11154-022-09758-1>
4. Birinci, Y. Z., Pancar, S., Soylu, Y., Topçu, H., Koçyiğit, A., Sarandöl, E., Şimşek, H., & Şahin, Ş. (2025). Acute Neurochemical, Psychophysiological, and Cognitive Responses to Small-Sided Games vs. Running-Based HIIT in Young, Male Soccer Players. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 13(14), 1738. <https://doi.org/10.3390/healthcare13141738>
5. Budde, H., Wegner, M., Ahrens, C., Velasques, B., Ribeiro, P., Machado, S., Gronwald, T., Amatriain-Fernández, S., Schaffarczyk, M., & Mueller-Alcazar, A. (2025). Effects of Acute Coordinative vs. Endurance Exercise on Cortisol Concentration in Healthy Women and Men. *Sports Medicine - Open*, 11(1), 72. <https://doi.org/10.1186/s40798-025-00884-z>
6. Chen, B., Deng, L., Liu, Y., Deng, X., & Yuan, X. (2025). The Effect of Integrative Neuromuscular Training on Enhancing Athletic Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Life (Basel, Switzerland)*, 15(8), 1183. <https://doi.org/10.3390/life15081183>
7. Corrado, S., Tosti, B., Mancone, S., Di Libero, T., Rodio, A., Andrade, A., & Diotaiuti, P. (2024). Improving Mental Skills in Precision Sports by Using Neurofeedback Training: A Narrative Review. *Sports (Basel, Switzerland)*, 12(3), 70. <https://doi.org/10.3390/sports12030070>
8. Cui, J., Zhou, H., Chen, R., Li, D., Mai, W., Peng, W., & Long, Q. (2025). Improvement strategies of athlete's concentration level based on visual attention model. *Scientific Reports*, 15(1), 20580. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-06556-y>
9. Delezie, J., & Handschin, C. (2018). Endocrine Crosstalk Between Skeletal Muscle and the Brain. *Frontiers in Neurology*, 9, 698. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00698>
10. Furrer, R., Hawley, J. A., & Handschin, C. (2023). The molecular athlete: exercise physiology from mechanisms to medals. *Physiological Reviews*, 103(3), 1693–1787. <https://doi.org/10.1152/physrev.00017.2022>
11. Gerber, M., Imboden, C., Beck, J., Brand, S., Colledge, F., Eckert, A., Holsboer-Trachsler, E., Pühse, U., & Hatzinger, M. (2020). Effects of Aerobic Exercise on Cortisol Stress Reactivity in Response to the Trier Social Stress Test in Inpatients with Major Depressive Disorders: A

- Randomized Controlled Trial. *Journal of Clinical Medicine*, 9(5), 1419. <https://doi.org/10.3390/jcm9051419>
12. Humińska-Lisowska K. (2024). Dopamine in Sports: A Narrative Review on the Genetic and Epigenetic Factors Shaping Personality and Athletic Performance. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(21), 11602. <https://doi.org/10.3390/ijms252111602>
 13. Knight, E. L., Morales, P. J., Christian, C. B., Prasad, S., Harbaugh, W. T., Mehta, P. H., & Mayr, U. (2022). The causal effect of testosterone on men's competitive behavior is moderated by basal cortisol and cues to an opponent's status: Evidence for a context-dependent dual-hormone hypothesis. *Journal of Personality & Social Psychology*, 123(4), 693–716. <https://doi.org/10.1037/pspa0000305>
 14. Langer, K., Wolf, O. T., Merz, C. J., & Jentsch, V. L. (2025). The effects of stress hormones on cognitive emotion regulation: A systematic review and integrative model. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 170, 106040. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2025.106040>
 15. Lew, J., Jones, S. L., Caccese, C., Orfi, I., Little, C., Botteron, K. N., McCracken, J. T., & Nguyen, T. V. (2022). Developmental variation in testosterone:cortisol ratio alters cortical- and amygdala-based cognitive processes. *Journal of Developmental Origins of Health & Disease*, 13(3), 310–321. <https://doi.org/10.1017/S2040174421000362>
 16. Ma, S., Xu, Y., & Xu, S. (2025). Effects of Physical Training Programs on Healthy Athletes' Vertical Jump Height: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Journal of Sports Science & Medicine*, 24(2), 236–257. <https://doi.org/10.52082/jssm.2025.236>
 17. Mancini, E., Herold, F., Özdalyan, F., Benli, M. D., Bozkurt, Ç., Gençtürk, U., Gebel, A., Güdücü, Ç., Günay, E., Bediz, C. Ş., Pontifex, M. B., & Muller, N. G. (2025). Determining Cognitive Performance in Athletes: A Systematic Review Focused on Methodology of Applying Cognitive Tests. *Scandinavian Journal of Psychology*, 66(4), 523–552. <https://doi.org/10.1111/sjop.13105>
 18. Mangine, G. T., Van Dusseldorp, T. A., Feito, Y., Holmes, A. J., Serafini, P. R., Box, A. G., & Gonzalez, A. M. (2018). Testosterone and Cortisol Responses to Five High-Intensity Functional Training Competition Workouts in Recreationally Active Adults. *Sports (Basel, Switzerland)*, 6(3), 62. <https://doi.org/10.3390/sports6030062>
 19. Martín-Rodríguez, A., Gostian-Ropotin, L. A., Beltrán-Velasco, A. I., Belando-Pedreño, N., Simón, J. A., López-Mora, C., Navarro-Jiménez, E., Tornero-Aguilera, J. F., & Clemente-Suárez, V. J. (2024). Sporting Mind: The Interplay of Physical Activity and Psychological Health. *Sports (Basel, Switzerland)*, 12(1), 37. <https://doi.org/10.3390/sports12010037>
 20. Shi, P., & Feng, X. (2022). Motor skills and cognitive benefits in children and adolescents: Relationship, mechanism and perspectives. *Frontiers in Psychology*, 13, 1017825. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1017825>
 21. Srinivas, N. S., Vimalan, V., Padmanabhan, P., & Gulyás, B. (2021). An Overview on Cognitive Function Enhancement through Physical Exercises. *Brain Sciences*, 11(10), 1289. <https://doi.org/10.3390/brainsci11101289>

22. Sun, Y., Xu, J., Zheng, X., Li, C., Kong, D., Wu, Q., Zhu, Z., Feng, S., & Zhang, Y. (2025). The impact of prolonged high-concentration cortisol exposure on cognitive function and risk factors: Evidence from Cushing's disease patients. *Journal of Alzheimer's Disease Reports*, 9, 25424823251338161. <https://doi.org/10.1177/25424823251338161>
23. Theodorakis, N., Kreouzi, M., Pappas, A., & Nikolaou, M. (2024). Beyond Calories: Individual Metabolic and Hormonal Adaptations Driving Variability in Weight Management-A State-of-the-Art Narrative Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(24), 13438. <https://doi.org/10.3390/ijms252413438>
24. Wiedenbrüg, K., Will, L., Reichert, L., Hacker, S., Lenz, C., Zentgraf, K., Raab, M., & Krüger, K. (2024). Inflammation and cognitive performance in elite athletes: A cross-sectional study. *Brain, Behavior, & Immunity - Health*, 42, 100872. <https://doi.org/10.1016/j.bbih.2024.100872>
25. Williams, M. D., Ramirez-Campillo, R., Chaabene, H., & Moran, J. (2021). Neuromuscular Training and Motor Control in Youth Athletes: A Meta-Analysis. *Perceptual & Motor Skills*, 128(5), 1975–1997. <https://doi.org/10.1177/00315125211029006>
26. Wu, K. C., Lin, H. C., Cheng, Z. Y., Chang, C. H., Chang, J. N., Tai, H. L., & Liu, S. I. (2025). The Effect of Perceptual-Cognitive Skills in College Elite Athletes: An Analysis of Differences Across Competitive Levels. *Sports (Basel, Switzerland)*, 13(5), 141. <https://doi.org/10.3390/sports13050141>