مجله علوم پزشکی رازی دوره ۲۹، شماره ۱۲، اسفند ۱۴۰۱ http://rjms.iums.ac.ir

مقاله پژوهشی

تغییرا ت نوتروفین‌های مغزی و عملکرد عصبی شناختی در پاسخ به یک جلسه تمرین سرعتی و پلایومتریک در پسران نوجوان درحال رشد

مسعود طلوعی: گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

حسن متین همایی: گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (* نویسنده مسئول) hasanmatinhomaee@gmail.com

محمدعلی آذربایجانی: گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: افزایش عملکرد ع صبی شناختی نوجوانان پ سر در حال ر شد نقش مهمی در عملکرد بدنی آن ها دارد. از این رو هدف مطالعه حاضر بررسی تأثیر فعالیت تمرینی سرعتی و پلایومتریک بر غلظت‌های پروتئین‌های عصبی در گردش خون بود.

روش کار: مطالعه حاضـر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون-پس آزمون بود. ۲۰ نفر نوجوانان پسـر در حال رشـد ۱۵-۱۴ ساله به صورت هدفمند در د سترس و داوطلبانه در تحقیق حا ضر داوطلبانه شرکت نموده و به طور ت صادفی در ۲ جل سه فعالیت سرعتی و پلایومتریک و جلسه کنترل حضور داشتند. از آزمودنی ها پس از ۱۲ ساعت ناشتایی اولین نمونه خونی گرفته شد. پس از اجرای آزمون رسـت و تمرین پلایومتریک نمونه خونی دوم گرفته شـد. عملکرد عصـبی شـناختی نیز از طریق آزمون اسـتروپ (Stroop- Test-ST) قبل و بعد از جلسه تمرینی اندازه گیری شد. در جلسه کنترل آزمودنی ها فعالیت بدنی نخواهند داشت و تنها در

زمان های مشابه جلسه تمرین نمونه خونی و آزمون شناختی گرفته شد. فاکتورهای BDNF، NGF و IGF-1 از نمونه های پلاسما اندازه گیری شد. داده‌ها با استفاده از آزمون تی وابسته تحلیل شدند. سطح معنی داری برابر با $P\leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: نتایج تحقیق حاضـر نشـان داد که تغییرات داده‌های BDNF، NGF و IGF-1 در جلسـه فعالیت و کنترل اختلاف معناداری دارند ($P<۰/۰۵$). زمان اجرای ST در دو جلسه نیز اختلاف معناداری نشان داد ($P=۰/۰۰۹$، $t_{۱۹}=۳/۸۹$).

نتیجه‌گیری: به طور خلا صه، یافته های فعلی ن شان می دهد که تمرین سرعتی و پلایومتریک حاد عملکرد شناختی ان سان را افزایش می دهد. بهبود عملکرد شناختی ممکن ا ست از سنتز یا آزاد سازی پروتئین‌های محافظ ع صبی که تو سط غلظت بالای LA خون پس از ورزش تعدیل شده‌اند، باشد.

تعارض منافع: گزارش نشده است.

منبع حمایت‌کننده: حامی مالی ندارد.

کلیدواژه‌ها

ورزش تناوبی سرعتی،

آزمون رست،

BDNF،

IGF-1،

NGF،

تمرین پلایومتریک،

عملکرد شناختی،

بازیکنان فوتبال

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۷

تاریخ چاپ: ۱۴۰۱/۱۲/۱۳

شیوه استناد به این مقاله:

Tolouei M, Matin Homaee H, Azarbayjani MA. Changes in Brain Neutrophils and Neurological Function in Response to Acute Speed and Plyometric Training in Adolescent Boys. Razi J Med Sci. 2023;29(12): 312-322.

*انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 3.0 صورت گرفته است.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-05-21]

Razi Journal of Medical Sciences. 2023;29(12):312-322. http://rjms.iums.ac.ir

Original Article

Changes in Brain Neutrophils and Neurological Function in Response to Acute Speed and Plyometric Training in Adolescent Boys

Masoud Tolouei: Department of Exercise Physiology, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
Hasan Matin Homaee: Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran (* Corresponding author) hasanmatinhomaee@gmail.com
Mohammad Ali Azarbayjani: Department of Exercise Physiology, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract

Background & Aims: Neural activation is associated with increasing energy requirements, and increasing peripheral Lactate (LA) concentration in response to severe exercise, enhances LA supply as an energy substrate to meet acute neurological needs. The acute speed and football exercises may affect cognitive function by increasing LA concentration and nervous activation. Increasing the neurocognitive performance of growing adolescent boy players an important role in their physical performance. Therefore, the aim of the present study was to investigate the effect of speed and plyometric training activity on the concentrations of nerve proteins in blood circulation.
Although speed interval and plyometric training in football players may lead to progressive fatigue and activate the central nervous system and subsequent cognitive disorders, it may also positively increase neurotrophines such as BDNF or IGF-1 and affect brain neutrophils and neurological function. According to this evidence, we assumed that BDNF, BNG and IGF-1 increase in response to a football training session, which may be associated with increasing neurological function of adolescents. Therefore, the purpose of the present study was to investigate the effect of an acute speed and plyometric football-based exercise on plasma concentrations of BDNF, BNG and IGF-1 neural proteins, which may play an important role in enhancing cognitive abilities. And the effect of speed and plyometric training activity on the concentrations of nerve proteins in blood circulation.
Methods: The present study is a semi-experimental type with a pre-test and post-test design, which was conducted in two sessions, including an intervention and control session. After calling in Tehran's schools, 20 adolescents 14-15 years of age were selected and accessible as a sample, and randomly participated in 2 sessions of speed and plyometric exercises and control sessions. All subjects are familiar with how to perform speed exercises (RAST Test) during a familiarization period (two sessions). On the day of the main test, after 12 hours of fasting, the test was referred to the test site and the first blood sample (5 cc) was taken from the antiquiobital vein. After the standard breakfast of the subjects, we were wearing sportswear and after ten minutes of general warming up the speed training included six times a maximum of 35 meters with a 10-second recovery between each run. After the test was performed, the plyometric exercise was executed, including a pair jump and one -foot barriers, jump on barriers with 180 degrees rotation, zigzag jump and one foot forward, jump on obstacles with both legs and legs Single-to-foot jumping on the barriers of single -foot and throwing a medicine ball, on the sides, with 12 repetitions. The active rest between turn was considered two to three minutes (29). The subject's heart rate was performed during the controlled exercise (Polar heart rate monitor) and the exercise in the range of 80-90 % of the heart rate. The second blood sample was taken immediately after the training session was completed. All sampling steps for each subject were performed under the same conditions and the BDNF and NGF

Keywords
Interval speed training,
RAST,
BDNF,
IGF-1,
NGF,
Plyometric training,
Cognitive function,
Football players

Received: 07/01/2023
Published: 04/03/2023

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-05-21]

levels were measured through the USA-made Kit. The IGF-I levels were measured through the ELISA methods and IGF-I Kit. Cognitive neurological function was also measured through the Stroop test (ST) before and after the training session. In this study, the Polish paper version of ST was used. ST consisted of 71 words written with colored ink. The task of the participants was to name the font color regardless of the written word. For statistical analysis, the research data are first described using the mean and standard deviation, then the changes before and after all the variables of the two sessions were calculated and analyzed using the dependent stroop test. A significant level was considered to be P≤0.05 and SPSS 16 was used to perform statistical calculations.
Results: The mean and standard deviation of the somatic specifications of the research subjects was as follow: Weight (59.7±3.2), Body mass index (21.4±1.3), Fat percentage (21.7±2.8), and Fat free mase (41.10±4.1)
The results of the present study showed that BDNF data changes were significantly different in training and control session (t19=12/89, p<0/001). In the exercise session, the BDNF rate increased by approximately 2.5 times compared with control session. NGF data also showed significant differences in both sessions before and after acute speed and Plyometric training (t19=4.89, p<0/001). Regarding the plasma levels of IGF-1 also the results showed a quite significant difference in comparison of two sessions (t19 =2.89, p=0.019).
The time of implementation of the stroop test at two sessions of training and control in the preceding and later times also showed significant differences that in the exercise session the test was significantly reduced than the control session (t19 =3.89, p=0/009). The test time in the exercise session decreased from 59.3s to 53.1s. There was no significant change in the control session at the time of stroop performance (58.6 s and 59.3 s).
These findings show that acute speeds and plyometric exercise are useful for improving post exercise cognitive performance in adolescent. Skeletal muscle contraction during high-intensity exercise increases BDNF levels in the brain, and the speed and plyeometric exercise protocol is a more effective and preferred intervention to raise BDNF levels than traditional exercise mode, with moderate intensity. Acute speed and plyometric exercises increase human cognitive function. Improvement of cognitive function may be the synthesis or release of neurological proteins that are adjusted by high blood LA after exercise.
Conclusion: In summary, the current findings suggest that acute plyometric and speed training enhances human cognitive performance. The improvement in cognitive performance may be from the synthesis or release of neuroprotective proteins modulated by high blood LA concentrations after exercise.

Conflicts of interest: None
Funding: None

Cite this article as:

Tolouei M, Matin Homaee H, Azarbayjani MA. Changes in Brain Neutrophils and Neurological Function in Response to Acute Speed and Plyometric Training in Adolescent Boys. Razi J Med Sci. 2023;29(12): 312-322.

*This work is published under CC BY-NC-SA 3.0 licence.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-05-21]

مقدمه

توجه روزافزونی به اثرات مفید ورزش بر توانایی های شـــناختی و ذهنی انســـان وجود دارد. در میان انواع مختلف ورزش، بســیاری از مطالعات اشــاره کرده‌اند که ورزش با شـــدت متوســـط اثرات مفیدی بر توانایی‌های شـــناختی مانند پردازش اطلاعات یا کنترل و بازداری دارد (۱و ۲). با این حال، بر نا مه های تمرین هوازی توصـــیه‌شـــده افراد را ملزم می‌کند که تعهد ز مانی قابل‌توجهی داشـــته باشـــند، که به عنوان یک عامل محدودکننده فعالیت بدنی در عصـــر مدرن شـــناخته می‌شـود (۳و ۴). فوتبال محبوب ترین و گســترده ترین ورزش در جهان ا ست. امروزه کودکان و نوجوانان زیادی که در سنین رشد هستند به ورزش فوتبال می‌پردازند و فوتبال به دلیل ماهیت خود نیازمند تکرارهای ســرعتی دویدن با فواصـــل اســـتراحتی مانند تمرینات تناوبی با شدت بالا (High intensity interval training-HIIT) است (۵). شواهد اخیر نشان می دهد که HIIT در قالب بازی و ورزش‌های پر طرفدار مانند فوتبال لذت بخش تر از ورزش ا ستقامتی با شدت متو سط ا ست (۶). ا شکال مختلف از ورزش متناوب با شدت بالا توسعه یافته است و مشـــخص شـــده که این برنامه های تمرینی اثرات مفیدی نه تنها بر ســـازگاری قلبی-عروقی و متابولیک بلکه بر عملکرد شـــناختی دارند (۷). در رشـــته های ورز شی مانند فوتبال و فوتسال فعالیت سرعتی شدید (Intense speed activity-ISA) به عنوان یک روش مبتنی بر آزمون وینگیت شـــا مل تعدادی دوره های تمرینی فوق حداکثری اســـت که با دوره‌های ریکاوری پراکنده حین اجرا و در یک جل سه به ۲۰ دقیقه فعالیت می‌پردازند (۸). این پروتکل تمرینی به طور گســـترده مورد ا ستفاده قرار گرفته ا ست و نشان داده شده ا ست که تأثیر مثبتی بر پارامترهای ســـلامت قلب- متابولیک دارد (۹). امروزه توجه روزافزونی به اثرات مفید ورزش بر شناخت انسان وجود دارد، با این حال، شواهد کمتری در مورد اینکه چگونه جلســـات حاد ISA و یا در کل تمرینات فوتبال عملکردهای شـــناختی و مکانیســـم‌های عصبی زیستی را بهبود می‌بخشد، وجود دارد (۱).

اثرات ورزش و فعالیت بدنی بر رشـــد و عملکرد شـــناختی از طریق افزایش برخی میانجی های عصـــبی مانند فاکتور نوروتروفیک مشـــتق از مغز (BDNF-Brain Derived Neurotrophic Factor) اتفاق می افتد. BDNF یکی از فاکتورهای ر شد ع صبی ا ست که نقش تنظیمی را در تفکیک نورون‌ها، شکل پذیری سیناپس‌ها و آپوپتوزیس ایفا می‌کند (۱۰). BDNF اولین بار در سال ۱۹۸۲ از مغز جدا و در سال ۱۹۸۹ مکانیسم های سنتز و بیان آن شناسایی شد (۱۱). شواهد زیادی نشان می‌دهنـد کـه BDNF نقش‌هـای مهمی در حـافظـه، یادگیری، اختلال رفتاری، جذب غذا و متابولیسم انرژی ایفا می‌کند (۱۲). مطالعات متعدد حیوانی و انســـانی ن شان داده‌اند که ورزش با افزایش تولید نوروترو فین‌ها و کاتکولامین‌ها که به عنوان واسطه پلاستیسیته عصبی و متابولیســـم انرژی در مغز شـــناخته می‌شـــود، قدرت شناخت انسان را تقویت می‌کند (۱۳). از آنجایی که یک جلســـه ورزش یا فعالیت بدنی ممکن اســـت منجر به افزایش سطح BDNF شود، این نوروتروفین‌های افزایش یافته با ورزش ممکن اسـت به کاهش اختلالات خلقی و محافظت و بازسازی سیستم عصبی کمک کنند (۱۴).

جالب توجه اســـت، تحقیقات قبلی نشـــان داده اســـت شـــیوه تمرینی ISA مشـــابه آنچه در جلســـات تمرین فوتبال م شاهده می شود. باز سازی ع ضلات را ت سهیل می‌کند، که به نوبه خود ممکن اســـت منجر به تولید BDNF شـــود (۱۵). در واقع، تمرینات با شـــدت بالا و تمرینات قدرتی، هر دو ترشـــح IGF-1 را تحریک می کنند (۱۶). IGF-1 برای تبدیل pro-BDNF به BDNF در سیستم ع صبی مرکزی مورد نیاز ا ست زیرا IGF-1 می‌تواند به راحتی از ســـد خونی مغزی که بر نوروژنز و شکل پذیری سیناپسی تأثیر می‌گذارد، عبور کند (۱۷). علاوه بر این، مطالعات اخیر حیوانی نشان داده است که IGF-1 واسطه مهمی در رگزایی ناشی از ورزش، افزایش تولید BDNF مرکزی و فاکتور رشـــد اندوتلیال عروقی (Vascular endothelial growth factor-VEGF) است (۱۸). مشـــابه IGF-1، VEGF محیطی نیز در طول ورزش افزایش می‌یابد که تا حدی واســـطه رگ‌زایی و نوروژنز ناشـی از ورزش اسـت (۱۹). VEGF در گردش خون ممکن اســـت با تحریک تکثیر و تمایز ســـلول‌های بنیادی عصـبی، نوروژنز و پلاسـتیسـیته سـیناپسـی را تقو یت کند (۲۰) و همچنین ســـلول های ا ندوتلیال مرکزی و تول یدات آســـتروســـیتی VEGF، BDNF، BDNF و VEGF را افزایش می‌دهد (۲۱).

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-05-21]

علاوه بر این، تمرین سرعتی فوتبال با افزایش متابولیسم گلوکز و تولید لاکتات (Lactate-LA) مرتبط است. این موضوع با توجه به اهمیت گلوکز و همچنین LA به عنوان منابع مهم انرژی برای مغز انسان اهمیت دوچندان دارد (۲۲). در میان پروتکل‌های مختلف HIIT، تمرینات سرعتی فوتبال به خوبی به عنوان عامل افزایش اساسی در غلظت LA خون شناخته شده‌اند (۲۳). گلن و همکاران دریافتند که LA تولید شده محیطی به عنوان منبع انرژی مغزی پس از آسیب تروماتیک مغزی در دسترس است (۲۴). اگر چه متابولیسم مغز به طور عمده به گلوکز در حالت استراحت متکی است، مصرف مغزی گلوکز در طول ورزش با شدت بالا، همراه با افزایش LA خون که نتیجه جذب مغزی است، کاهش می‌یابد (۲۵). علاوه بر این، بهبود عملکردهای اجرایی ممکن است با فعال سازی عصبی ناشی از ورزش متناوب با شدت بالا نیز مرتبط باشد (۷). فعال سازی عصبی با افزایش نیاز انرژی همراه است و افزایش غلظت LA محیطی در پاسخ به ورزش شدید، تامین LA را به عنوان یک سوبسترای انرژی برای برآوردن نیازهای حاد انرژی عصبی ارتقا می دهد (۲۶). بنابراین، احتمال دارد فعالیت حاد سرعتی و تمرینات فوتبال با افزایش غلظت LA خون و فعال سازی عصبی می‌تواند بر عملکرد شناختی تأثیر بگذارد. اگرچه تمرینات تناوبی سرعتی فوتبال ممکن است منجر به خستگی پیشرونده شود و باعث فعال شدن بیش از حد سیستم عصبی مرکزی و متعاقب آن اختلالات شناختی شود، همچنین ممکن است به طور مثبت باعث تولید نوروتروفین هایی مانند BDNF یا IGF-1 و تأثیر بر نوروژنز و شکل پذیری سیناپسی در مغز شود (۲۷).

با توجه به این شواهد، ما فرض کردیم که BDNF، BNG و IGF-1، در پاسخ به یک جلسه تمرین فوتبال افزایش می‌یابند و این ممکن است با افزایش عملکرد عصبی شناختی نوجوانان پسر در حال رشد مرتبط باشد. از این رو هدف مطالعه حاضر بررسی تاثیر یک جلسه فعالیت حاد سرعتی و پلایومتریک مبتنی بر ورزش فوتبال بر غلظت های پلاسمایی پروتئین های عصبی BDNF، BNG و IGF-1 که ممکن است نقش مهمی در افزایش توانایی‌های شناختی داشته باشند، بود.

روش کار

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون و پس آزمون است که در دو جلسه شامل یک جلسه مداخله و جلسه کنترل انجام شد. بعد از فراخوان در مدارس تهران، ۲۰ نفر نوجوانان پسر در حال رشد ۱۴ تا ۱۵ سال به صورت هدفمند و در دسترس به عنوان نمونه انتخاب، و به طور تصادفی در ۲ جلسه تمرین سرعتی و پلایومتریک و جلسه کنترل شرکت کردند. معیار ورود آزمودنی‌ها بدین شرح است که پسر ۱۴ تا ۱۵ ساله باشند، از لحاظ جسمانی توانایی شرکت در این پژوهش را داشته باشند و برای همکاری در پژوهش علاقه مند و داوطلب باشند. معیارهای خروج عبارتند از وجود بیماری شدید و عدم تمایل برای ادامه شرکت در پژوهش.

آزمودنی‌ها در خصوص اهداف تحقیق، شرایط شرکت در آزمون و مراحل مختلف آن توجیه شده و به منظور آگاهی از وضعیت تندرستی آنان، پرسش نامه تندرستی را تکمیل کردند. بر پایه پرسش نامه‌های اطلاعات فردی و تاریخچه پزشکی، هیچ یک از آزمودنی‌ها سابقه ابتلا به بیماری‌های قلبی و عروقی، نارسایی کبد، کلیه، دیابت، گوارش، آسیب‌های حاد و مزمن عضلانی، شکستگی استخوان، اختلالات و بیماری‌های تنفسی نداشتند. همچنین، والدین آزمودنی‌ها جهت شرکت در تحقیق رضایت نامه شرکت در تحقیق را تکمیل می‌کنند. در ادامه، ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها شامل سن (سال)، قد (سانتی‌متر)، وزن (کیلوگرم)، درصد چربی، شاخص توده بدنی (کیلوگرم/متر مربع)، ضربان قلب استراحت (ضربان در دقیقه)، و فشار خون استراحت (میلی متر جیوه) نیز اندازه گیری شد. تمامی آزمودنی‌ها در یک دوره آشنا سازی (دو جلسه) با نحوه انجام تمرینات سرعتی استراحت و پلایومتریک آشنا می‌شوند. در روز آزمون اصلی آزمودنی ها پس از ۱۲ ساعت ناشتایی به محل اجرای آزمون مراجعه و اولین

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-05-21]

نمونه خونی (۵ میلی لیتر) از ورید آنتیکیوبیتال گرفته شد. پس از صرف صبحانه استاندارد آزمودنی ها لباس ورزشی پوشیده و پس از ده دقیقه گرم کردن عمومی تمرین سرعتی- استراحت شامل شش بار دویدن مسافت حداکثر ۳۵ متری با ریکاوری ۱۰ ثانیه ای بین هر بار دویدن بود. زمان اجرا در طول هر تلاش برای تعیین حداکثر توان (Powerful Power-PP)، میانگین توان (Moderate Power-MP) و شاخص خستگی (Fatigue Index-FI) ثبت شد (۲۸). پس از اجرای آزمون رست فعالیت پلایومتریک اجرا شد. برنامه تمرین پلایومتریک شامل پرش جفت و تک پا از روی موانع، پرش از روی موانع با ۱۸۰ درجه چرخش، پرش زیگزاگ جفت و تک پا به جلو، پرش پهلو از روی موانع با هر دو پا و تک پا، پرش زیگ زاگ پهلو از روی موانع به صورت تک پا و پرتاب توپ طبی، به طرفین در سه نوبت با ۱۲ تکرار انجام دادند. مدت استراحت فعال بین نوبت‌ها دو تا سه دقیقه در نظر گرفته شد (۲۹). ضربان قلب آزمودنی‌ها در طی اجرای تمرین کنترل شده (ضربان سنج پولار ساخت دانمارک) و تمرین در دامنه ۹۰-۸۰ در صد ضربان قلب بیشینه اجرا شد. بلافاصله پس از اتمام جلسه تمرینی نمونه خونی دوم گرفته شد. نمونه‌های جمع آوری شده داخل لوله‌های استریل حاوی K3EDTR ریخته شد. لوله‌های EDTA درون یخ قرار داده شده و سپس تا چند دقیقه در دمای محیط باقی مانده و سپس توسط سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه با ۳۵۰۰ دور در دقیقه، پلاسما جدا شده، کلیه نمونه‌های خونی به صورت فریز شده در دمای ۸۰- درجه سانتی گراد و در زمان سنجش آزمایشگاهی تمام فاکتورها مورد استفاده قرار گرفت. کلیه مراحل نمونه گیری برای هر یک از آزمودنی‌ها در شرایط یکسان انجام و سطوح BDNF و NGF از طریق کیت الایزا ساخت کشور امریکا اندازه گیری شد. سطوح IGF-I از طریق روش ایمونواسی و کیت IGF-I ساخت امریکا اندازه گیری شد. عملکرد عصبی شناختی نیز از طریق آزمون استروپ (Stroop Test-ST) رنگ واژه اندازه گیری قبل و بعد از جلسه تمرینی اندازه گیری شد. در این مطالعه از نسخه کاغذی لهستانی ST استفاده شد. ST شامل ۷۱ کلمه بود که با جوهر رنگی نوشته شده بود. وظیفه شرکت کنندگان این بود که بدون توجه به کلمه نوشته شده، رنگ فونت را نام ببرند. در ابتدای آزمون، معنای هر کلمه با رنگ فونتی که در آن ظاهر می شد مطابقت داشت (به عنوان مثال، کلمه "آبی" با رنگ آبی یا "قرمز" به رنگ قرمز نوشته شده است؛ متجانس) تا خودکارسازی را فعال کند. از خواندن، و با پیشرفت آزمون، کلماتی که با فونت های نامتجانس نوشته شده بودند (مثلاً کلمه "آبی" که با رنگ سبز یا "قرمز" به رنگ آبی نوشته شده است؛ ناسازگار) به طور تصادفی با کلمات متناظر مخلوط شدند و برای پاسخ به کنترل شناختی درستی نیاز داشتند.

تعداد محرک‌های "همخوان" و "ناهمخوان" یکسان بود. نیاز به مهار پاسخ خواندن خودکار، به جای نام بردن فقط رنگی که کلمه در آن چاپ شده است، باعث کاهش قابل توجهی در زمان واکنش به نام اثر تداخل استروپ می شود. بنابراین، کنترل شناختی در زمان صرف شده برای اجرای آزمون و تعداد خطاها منعکس می شود. در نتیجه، ST یک معیار حساس برای بازداری شناختی و سرعت پردازش اطلاعات است (۳۰). در جلسه کنترل مشابه زمانی جلسه تمرین از آزمودنی ها نمونه خونی گرفته شد و آزمون استروپ نیز گرفته می شود و آزمودنی ها فعالیت ورزشی و بدنی نخواهند داشت.

جهت تجزیه و تحلیل آماری، ابتدا با استفاده از میانگین و انحراف معیار، داده های پژوهش توصیف می‌شوند، سپس تغییرات قبل و بعد تمامی متغیرهای دو جلسه محاسبه شده و با استفاده از آزمون تی وابسته تحلیل شدند. سطح معنی داری برابر با $P\leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد و از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ جهت انجام محاسبات آماری استفاده شد.

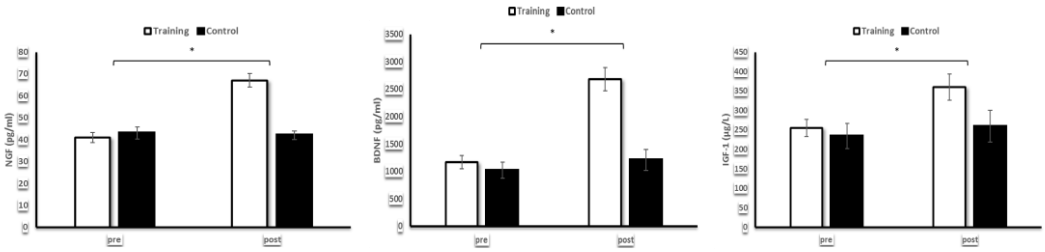
یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار مشخصات سوماتیک آزمودنی‌های پژوهش (سن، قد، وزن، شاخص توده بدن، درصد چربی، و وزن عضلات بدن) در جدول ۱ ارائه شده است.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-05-21]

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار مشخصات سوماتیک آزمودنی‌های پژوهش

وزن بدن (کیلوگرم)	BMI (کیلوگرم/متر مربع)	چربی بدن (کیلوگرم)	چربی بدن (%)	توده بدون چربی (کیلوگرم)
۵۹/۷۱±۳/۲	۲۱/۳۶±۱/۳	۱۳/۶۶±۲/۱	۲۱/۶۷±۲/۸	۴۱/۱۰±۴/۱



شکل ۱- میانگین±انحراف معیار داده های BDNF، NGF و IGF-1 پلاسمای پسران فوتبالیست در دو جلسه فعالیت حاد و کنترل در زمان های قبل و بعد از تمرین سرعتی و پلایومتریک.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تغییرات داده های BDNF در جلسه تمرین و کنترل اختلاف معناداری دارند ($P<۰/۰۰۱$، $t_{۱۹}=۱۲/۸۹$). در جلسه تمرین میزان BDNF افزایش تقریبا ۲/۵ برابری مشاهده شد. همچنین داده های NGF نیز در هر دو جلسه در زمان های معادل قبل و بعد از فعالیت حاد تمرین فوتبال اختلاف معناداری نشان داد دارند ($P<۰/۰۰۱$، $t_{۱۹}=۴/۸۹$). در رابطه با سطوح پلاسمایی IGF-1 نیز نتایج اختلاف کاملا معناداری را در مقایسه دو جلسه نشان داد دارند ($P<۰/۰۱۹$، $t_{۱۹}=۲/۸۹$).

زمان اجرای آزمون استروپ در دو جلسه تمرین و کنترل نیز در زمان های قبل و بعد اختلاف معناداری نشان داد به طوری که در جلسه تمرین به طور معناداری زمان اجرای آزمون کاهش بیشتری در مقایسه با جلسه کنترل نشان داد ($P<۰/۰۰۹$، $t_{۱۹}=۳/۸۹$)، به طوری که زمان اجرای آزمون در جلسه تمرین از ۵۹/۹±۲/۳ ثانیه به ۵۳/۱±۳/۱ کاهش نشان داد. در صورتی که در جلسه کنترل تغییر قابل توجهی در زمان اجرای آزمون استروپ مشاهده نشد (قبل ۵۸/۶±۲/۷ و بعد ۵۹/۴±۳/۹).

بحث

یافته های پژوهش حاضر نشان می دهد که فعالیت حاد تمرین سرعتی و پلایومتریک می تواند در مطالعه حاضر منجر به بهبود عملکرد شناختی شود. همچنین، این نوع تمرینات منجر به افزایش قابل توجه سطوح سرمی BDNF ، IGF-1وNGF پلاسما شد و این تغییرات احتمالاً با افزایش غلظت (لاکتات) LA در خون بر اساس پیشینه تحقیقات قبلی همراه است. این یافته ها نشان می دهد که وهله های حاد تمرین سرعتی و پلایومتریک برای بهبود عملکرد شناختی پس از ورزش در افراد نوجوان مفید است. ما نشان دادیم که تمرین سرعتی و پلایومتریک حاد همان طور که با زمان پاسخ کوتاه تر برای آزمون استروپ نشان داده شده است عملکرد شناختی را بهبود می بخشد. این نتایج با یافته های مطالعات تصویربرداری عصبی اخیر که عملکرد شناختی بهبود یافته را در ST نشان می دهد مطابقت دارد. پس از ورزش هوازی حاد و همچنین با تمرین سرعتی و پلایومتریک، که هر دو با تغییرات فعال سازی عصبی در قشر جلوی مغز مرتبط هستند (۷و ۳۱). بنابراین، می‌توان فرض کرد که مدل فعلی تمرین سرعتی و پلایومتریک برای عملکردهای شناختی وابسته به نوجوان و سالم مفید است.

افزایش LA پس از تمرین سرعتی و پلایومتریک به طور بالقوه، عاملی است که منجر به بهبود عملکرد شناختی همراه با سطوح پروتئین محافظ عصبی ناشی از شیوه تمرینی می شود. نشان داده شده است که گلوکز و LA منابع مهم انرژی نه تنها در عضلات، بلکه

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-05-21]

در مغز انسان نیز هستند(ون هال و همکاران،۲۰۰۹:۲۰). در حالت استراحت، مغز عمدتاً به گلوکز متکی است، در حالی که در طول ورزش با شـــدت بالا، جذب گلوکز به طور قابل توجهی با افزایش غلظت LA خون کاهش می‌یابد (۲۵). در مقابل، LA توسط مغز به منظور جبران افزایش انرژی مورد نیاز برای حفظ فعالیت عصـــبی در طول ورزش با شـــدت بالا مورد اســـتفاده قرار می گیرد (۲۲). اخیراً هاشیموتو و همکاران نشان دادند که جذب LA شریانی و LA مغز (تفاوت های شریانی-وریدی در ســـراســـر مغز) پس از تمرین ســـرعتی و پلایومتریک افزایش می یـابـد (۲۲)، کـه نشـــان می دهـد LA ســـیســـتمیک بر جذب LA مغز تأثیر می گذارد و بر عملکرد اجرایی پس از ورزش تأثیر می گذارد (۳۲). علاوه بر این، در مطـالعـه کوجـاک و همکـاران یـک همبســـتگی مثبت بین LA خون و غلظت پروتئین حمایت کننده عصبی مشاهده شد (۷). به طور مشابه، فریس و همکاران دریافتند که افزایش ســطح LA خون ناشـی از ورزش حاد با سـطح BDNF خون ارتباط دارد (۳۳). علاوه بر این، اشـاره شـده اسـت که LA "عامل ورزش از دست رفته" است که باعث سنتز BDNF می شـود (۳۴). اخیراً ال هایک و همکاران مشـاهده کردند که LA با تغییر نســبت NAD+/NADH که منجر به فعال شدن SIRT1 می شود، وضعیت ردوکس نورون‌ها را تعدیل می کند و به نوبه خود مســیر هیپوکامپ PGC1-α/FNDC5 را برای القای بیان BDNF درگیر می کند (۳۴). علاوه بر این، LA آزاد شـــده از تمرین عضلات، از طریق فعال شدن گیرنده LA HCAR1، یک تنظیم کننده کلیدی VEGF، رگزایی مغزی را واســطه می‌کند (۳۵). علاوه بر این، LA بیان mRNA IGF-1 را از طریق تحریک محور ســوماتوتروپیک القا می کند (۳۶). از آنجایی که LA خون به دنبال تمرین سرعتی و پلایومتریک در مطالعه حاضـر به شـدت افزایش یافته اسـت، بهبود عملکردهای شـناختی ناشـی از تسـریع متابولیســم LA مغزی همراه با القای پروتئین های محافظ عصبی را نمی توان رد کرد. با این حال، پروتکل های مختلف تمرین تناوبی با شـــدت بالا می توانند به طور متفاوتی بر ســـنتز LA خون تأثیر بگذارند (۳۷). تمرین سرعتی و پلایومتریک با تولید LA بالا مشخص می شود، در حالی که پروتکل های طولانی تر می‌توانند با سنتز LA کمتر بیشتر بر متابولیسم هوازی تکیه کنند (۳۸). بنابراین، پروتکل های تمرین تناوبی می توانند به طور متفاوتی فعال شـدن سـیسـتم عصـبی مرکزی و عملکرد شناختی را تعدیل کنند.

داده های حاضر همچنین نشان داد که ترشح BDNF، IGF-1 و NGF محیطی توســط تمرین ســرعتی و پلایومتریک حاد دچار تغییر می شـــود. مطالعات اخیر فرضیه ای در مورد نقش سنتز BDNF ناشی از ورزش ارائه کردند (۲۵). ران و همکاران پیشـــنهاد کردند که فعال‌ســـازی گیرنده آلفا(PGC1-a) توســـط ورزش در سلول های عضلات اسکلتی ایجاد می شود و می‌تواند بیان ژن FNDC5 را فعال کند که تنظیم‌کننده مثبت ســـطوح BDNF در مغز و عمدتاً در هیپوکامپ اســـت، جالب توجه اسـت، افزایش PGC1-α نیز پس از ورزش که در پروتکل تمرین تناوبی اتخاذ شـد، مشـاهده شـده اســـت (Little et al., 2011b). علاوه بر این، فریس و همکاران نشان دادند که ورزش فشرده منجر به افزایش بیشـــتر در غلظت BDNF محیطی نســـبت به ورزش با شدت کم و مداوم می شود، که نشان می دهد که شدت ورزش می تواند یک عامل کلیدی باشد. ساوسدو مارکز و همکاران حدس زده‌اند که انقباضات عضلات اسکلتی در طول ورزش با شـــدت بالا ممکن اســـت این مســـیر بیوشـــیمیایی را تحریک کند و باعث افزایش ســـطح BDNF در مغز شـــود. آن ها نشـــان دادند که پروتکل تمرین ســـرعتی و پلایومتریک یک مداخله مؤثرتر و ترجیح داده شده برای بالا بردن سطح BDNF نسبت به ورزش سنتی، مداوم، با شدت متوسط است (سادکو مارکز و همکـاران ۳۹:۲۰۱۵). علاوه بر این، پروتکـل تمرین تناوبی با شدت بالا همچنین می‌تواند باعث ایجاد انفجارهای کوتاه مدت استرس اکسیداتیو و التهاب شود که منجر به فعال شدن قشر جلوی مغز، ناحیه‌ای از مغز درگیر در پردازش شـــناختی، از جمله عملکرد اجرایی می‌شـــود(گومز-پینیلا و هیلمن،۹:۲۰۱۳) . پروتکل ما "همه چیز" بود و با شدت بسیار بالا مشخص می شد که از یک طرف باعث افزایش چشـــمگیر BDNF می

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-05-21]

شـود و از طرف دیگر می تواند اسـترس اکسـیداتیو و التهاب را به میزان بیشـتری افزایش دهد. بنابراین، ورزش های با شـدت بالا مانند تمرین سـرعتی و پلایومتریک که با افزایش التهاب و اسـترس اکسـیداتیو همراه است، مطمئناً در مقایسه با افراد غیرفعال یا افراد مسن، توسط جوانان فعال بهتر تحمل خواهد شد.

تمرین سرعتی و پلایومتریک حاد به طور قابل توجهی غلظت IGF-1 محیطی را افزایش داد. اگر چه غلظت IGF-1 در پلاسما به دنبال ورزش با شدت بالا افزایش می یابد (کرامر و همکاران، ۱۹:۲۰۰۴)، مطالعات دیگر عدم افزایش پس از ورزش در غلظت IGF-1 محیطی را گزارش کرده اند (جاهریز و همکاران، ۱۱:۱۹۸۹). ؛ (شیفر و همکاران، ۲۰:۲۰۰۹). IGF-1 در گردش عمدتاً از کبد مشتق می شود، اما تراشح آن در مغز، عضلات اسـکلتی یا اسـتخوان ها نیز یافت می شـود (یاکار و همکاران، ۱۰:۱۹۹۹؛ دال و همکاران، ۶:۲۰۰۱). بنابراین، فرض بر این است که برای غلظت IGF-1 پس از تمرین، منابع محیطی و مغزی تا حدی مسئول هستند (دال و همکاران، ۶:۲۰۰۱). علاوه بر این، ورزش حاد بیان و آزادسـازی IGF-1 کبد را تحریک می کند و منجر به افزایش جذب IGF-1 از مغز می شود (کارو و همکاران، ۴:۲۰۰۰). همچنین، IGF محیطی برای نوروژنز هیپوکامپ ناشی از ورزش و برای بازیابی عملکردی پس از آسـیب مغزی در جوندگان ضـروری اسـت (تریجو و همکاران، ۳:۲۰۰۱؛ دامن و همکاران، ۲:۲۰۰۹).

همچنین باید توجه داشـت که شـدت بالای تمرین سرعتی و پلایومتریک می‌تواند پاسخ‌های منفی در حس رضـایت و لذت از تمرین و ورزش ایجاد کند، بنابراین افراد را وادار می سازد که به طور معمول تمرین را انجام دهند (۳۹). ما وضـعیت خلقی (لذت، لذت، یا تأثیر) شـرکت کنندگان خود را تعیین نکردیم، بنابراین نتیجه گیری دشـوار اسـت که آیا آن ها مایل به تکرار این نوع تمرین در آینده هسـتند یا خیر. با این حال، اولنی و همکاران نشـان دادند که بزرگسـالان سـالمی که به تمرینات تناوبی عادت نداشـتند، شـدت بالا و تمرین سرعتی و پلایومتریک را به اندازه ورزش مداوم با شدت متوسط زمان‌بر لذت‌بخش می‌دانستند.

شایان ذکر است که ساختار تمرینات اینتروال را می توان به راحتی تغییر داد و امکان اسـتفاده از آن را در افراد با سـطوح آمادگی جسـمانی متنوع فراهم کرد. بنابراین، نیاز به تحقیقات بیشتر برای تأیید تأثیر پروتکل های مختلف تمرین سـرعتی و پلایومتریک وجود دارد، به ویژه از زمانی که تاونسند و همکاران نشان دادند که مسـابقات سـرعتی کوتاهتر (<۳۰ ثانیه) در تمرین سـرعتی و پلایومتریک باعث لذت بیشـتر در بین افراد می شود. تمرین سرعتی و پلایومتریک پیشنهادی می تواند با موفقیت و ایمنی توسـط افراد دارای تجربه فعالیت بدنی، مانند دانش آموزان تربیت بدنی یا ورزشکاران، اعمال شود. در مجموع، ما پیشنهاد می‌کنیم که حتی ورزش با شـدت بالا، مانند تمرین سـرعتی و پلایومتریک، می‌تواند یک مداخله ثمربخش و با زمان کارآمد باشـد که مزایای شـناختی را برای افراد جوان و فعال از لحاظ بدنی فراهم می‌کند. نتایج تحقیق حاضـر نقش فعالیت بدنی و ورزش به خصوص از نوع شدت بالا را در نوجوانان پسـر نشـان می دهد. از این رو برای اسـتفاده از عملکرد شـناختی و توانایی های ذهنی این افراد به خصوص در رشته های ورزشی مانند فوتبال که هوش بالایی را می طلبد، بالا بردن شـدت تمرینات و اجرای آن ها به صورت وهله های فعالیت تمرینی شدید می تواند در ارتقاء کمی و کیفی و فعالیت ذهنی این افراد نقش مهمی داشته باشد.

از جمله محدودیت های تحقیق حاضـر عدم اجرای شیوه های مختلف تمرین در سایر رشته های ورزشی و نیز مدت زمان مداخله بود. توصیه می شود در تحقیقات بعدی تاثیرات مزمن فعالیت ها و تمرینات سـرعتی و پلایومتریک بر فاکتورهای عصـبی-شـناختی و نیز عملکرد شـناختی کودکان و نوجوانان مورد بررسـی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

به طور خلاصـه، یافته های فعلی نشـان می دهد که تمرین سـرعتی و پلایومتریک حاد عملکرد شـناختی انسان را افزایش می دهد. بهبود عملکرد شناختی ممکن است از سنتز یا آزاد سازی پروتئین‌های محافظ عصبی

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-05-21]

که توســط غلظت بالای LA خون پس از ورزش تعدیل شده‌اند، باشد.

تقدیر وتشکر

نویســندگان از شــرکت کنندگانی که وقت گران بهای خود را به مطالعه اختصاص دادند سپاسگزاری می کنند.

References

1. Venkatasamy VV, Pericherla S, Manthuruthil S, 1. Alves CRR, Gualano B, Takao PP, Avakian P, Fernandes RM, Morine D, et al. Effects of acute physical exercise on executive functions: a comparison between aerobic and strength exercise. J Sport Exerc Psychol. 2012;34(4):539-49.

2. Aguirre-Loaiza H, Arenas J, Arias I, Franco-Jímenez A, Barbosa-Granados S, Ramos-Bermúdez S, et al. Effect of acute physical exercise on executive functions and emotional recognition: Analysis of moderate to high intensity in young adults. Front Psychol. 2019;10:2774.

3. Gibala MJ, Little JP. Just HIT it! A time-efficient exercise strategy to improve muscle insulin sensitivity. J Physiol. 2010;588(Pt 18):3341.

4. Gillen JB, Gibala MJ. Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? Appl Physiol Nutr Metab. 2014;39(3):409-12.

5. Turner AN, Stewart PF. Strength and conditioning for soccer players. Strength Cond J. 2014;36(4):1-13.

6. Bartlett JD, Close GL, MacLaren DP, Gregson W, Drust B, Morton JP. High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence. J Sports Sci. 2011;29(6):547-53.

7. Kujach S, Byun K, Hyodo K, Suwabe K, Fukuie T, Laskowski R, et al. A transferable high-intensity intermittent exercise improves executive performance in association with dorsolateral prefrontal activation in young adults. Neuroimage. 2018;169:117-25.

8. Burgomaster KA, Howarth KR, Phillips SM, Rakobowchuk M, Macdonald MJ, McGee SL, et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. J Physiol. 2008;586(1):151-60.

9. Sloth M, Sloth D, Overgaard K, Dalgas U. Effects of sprint interval training on VO2max and aerobic exercise performance: A systematic review and meta-analysis. Scand J Med Sci Sports. 2013;23(6):e341-52.

10. Li R, Li D-h, Zhang H-y, Wang J, Li X-k, Xiao J. Growth factors-based therapeutic strategies and their underlying signaling mechanisms for peripheral nerve regeneration. Acta Pharmacol Sinica. 2020;41(10):1289-300.

11. Connor B, Dragunow M. The role of neuronal growth factors in neurodegenerative disorders of the human brain. Brain Res Rev. 1998;27(1):1-39.

12. Ghitza UE, Zhai H, Wu P, Airavaara M, Shaham Y, Lu L. Role of BDNF and GDNF in drug reward and relapse: a review. Neurosci Biobehav Rev. 2010;35(2):157-71.

13. Fernández-Rodríguez R, Álvarez-Bueno C, Martínez-Ortega IA, Martínez-Vizcaíno V, Mesas AE, Notario-Pacheco B. Immediate effect of high-intensity exercise on brain-derived neurotrophic factor in healthy young adults: A systematic review and meta-analysis. J Sport Health Sci. 2021.

14. Pilc J, ZOLADZ A. The effect of physical activity on the brain derived neurotrophic factor: from animal to human studies. J Physiol Pharmacol. 2010;61(5):533-41.

15. Phillips C, Baktir MA, Srivatsan M, Salehi A. Neuroprotective effects of physical activity on the brain: a closer look at trophic factor signaling. Front Cell Neurosci. 2014;8:170.

16. Cassilhas RC, Viana VA, Grassmann V, Santos RT, Santos RF, Tufik S, et al. The impact of resistance exercise on the cognitive function of the elderly. Med Sci Sports Exerc. 2007;39(8):1401.

17. Nishijima T, Piriz J, Duflot S, Fernandez AM, Gaitan G, Gomez-Pinedo U, et al. Neuronal activity drives localized blood-brain-barrier transport of serum insulin-like growth factor-I into the CNS. Neuron. 2010;67(5):834-46.

18. Ding Q, Vaynman S, Akhavan M, Ying Z, Gomez-Pinilla F. Insulin-like growth factor I interfaces with brain-derived neurotrophic factor-mediated synaptic plasticity to modulate aspects of exercise-induced cognitive function. Neuroscience. 2006;140(3):823-33.

19. Lopez-Lopez C, LeRoith D, Torres-Aleman I. Insulin-like growth factor I is required for vessel remodeling in the adult brain. Proceed Natl Acad Sci. 2004;101(26):9833-8.

20. Ruiz de Almodovar C, Lambrechts D, Mazzone M, Carmeliet P. Role and therapeutic potential of VEGF in the nervous system. Physiol Rev. 2009;89(2):607-48.

21. Zacchigna S, Lambrechts D, Carmeliet P. Neurovascular signalling defects in neurodegeneration. Nature Rev Neurosci. 2008;9(3):169-81.

22. Hashimoto T, Tsukamoto H, Takenaka S, Olesen ND, Petersen LG, Sørensen H, et al. Maintained exercise-enhanced brain executive function related to

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-05-21]

cerebral lactate metabolism in men. FASEB J. 2018;32(3):1417-27.

23. Olney N, Wertz T, LaPorta Z, Mora A, Serbas J, Astorino TA. Comparison of acute physiological and psychological responses between moderate-intensity continuous exercise and three regimes of high-intensity interval training. J Strength Cond Res. 2018;32(8):2130-8.

24. Glenn TC, Martin NA, Horning MA, McArthur DL, Hovda DA, Vespa P, et al. Lactate: brain fuel in human traumatic brain injury: a comparison with normal healthy control subjects. J Neurotrauma. 2015;32(11):820-32.

25. Kemppainen J, Aalto S, Fujimoto T, Kalliokoski KK, Langsjo J, Oikonen V, et al. High intensity exercise decreases global brain glucose uptake in humans. J Physiol. 2005;568(Pt 1):323-32.

26. Dienel GA. The metabolic trinity, glucose–glycogen–lactate, links astrocytes and neurons in brain energetics, signaling, memory, and gene expression. Neurosci Lett. 2017;637:18-25.

27. Lista I, Sorrentino G. Biological mechanisms of physical activity in preventing cognitive decline. Cell Mol Neurobiol. 2010;30(4):493-503.

28. Andrade V, Zagatto A, Kalva-Filho C, Mendes O, Gobatto C, Campos E, et al. Running-based anaerobic sprint test as a procedure to evaluate anaerobic power. Int J Sports Med. 2015;36(14):1156-62.

29. Makhlouf I, Chaouachi A, Chaouachi M, Ben Othman A, Granacher U, Behm DG. Combination of agility and plyometric training provides similar training benefits as combined balance and plyometric training in young soccer players. Front Physiol. 2018;9:1611.

30. Stroop JR. Studies of interference in serial verbal reactions. J Experim Psychol. 1935;18(6):643.

31. Yanagisawa H, Dan I, Tsuzuki D, Kato M, Okamoto M, Kyutoku Y, et al. Acute moderate exercise elicits increased dorsolateral prefrontal activation and improves cognitive performance with Stroop test. Neuroimage. 2010;50(4):1702-10.

32. Weston KS, Wisløff U, Coombes JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. Br J Sports Med. 2014;48(16):1227-34.

33. Farias-Junior LF, Browne RAV, Freire YA, Oliveira-Dantas FF, Lemos TMAM, Galvão-Coelho NL, et al. Psychological responses, muscle damage, inflammation, and delayed onset muscle soreness to high-intensity interval and moderate-intensity continuous exercise in overweight men. Physiol Behav. 2019;199:200-9.

34. El Hayek L, Khalifeh M, Zibara V, Abi Assaad R, Emmanuel N, Karnib N, et al. Lactate mediates the effects of exercise on learning and memory through SIRT1-dependent activation of hippocampal brain-derived neurotrophic factor (BDNF). J Neurosci. 2019;39(13):2369-82.

35. Morland C, Andersson KA, Haugen ØP, Hadzic A, Kleppa L, Gille A, et al. Exercise induces cerebral VEGF and angiogenesis via the lactate receptor HCAR1. Nature Commun. 2017;8(1):1-9.

36. Alashti M, Shirvani H, Sabzevari Rad R, Noori Ordeghan A. Effects of different small-sided games on blood lactate and GH/IGF-1 axis responses in young soccer players. German J Exerc Sport Res. 2021;51(1):86-93.

37. Wood KM, Olive B, LaValle K, Thompson H, Greer K, Astorino TA. Dissimilar Physiological and Perceptual Responses Between Sprint Interval Training and High-Intensity Interval Training. J Strength Cond Res. 2016;30(1):244-50.

38. Astorino TA, Sheard AC. Does sex mediate the affective response to high intensity interval exercise? Physiol Behav. 2019;204:27-32.

39. Biddle SJ, Batterham AM. High-intensity interval exercise training for public health: a big HIT or shall we HIT it on the head? Int J Behav Nutr Phys Act. 2015;12:95.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-05-21]