http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2022.27811.1470

Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology
Spring/Summer 2023
Volume 10, Number 1
1-13

Original Article **Open Access**

Effects of Short-term Caffeine Supplementation on Electroencephalography Signals During Exhaustion Exercise Session in Athletes

Samira Olfat[1], Roghaieh Fakhrpour [2]*, Behrooz Ghorban Zadeh [3]

Receive 2022 May 25; Accepted 2022 June 29

Abstract

Aim: The aim of this study was to investigate the effects of short-term caffeine supplementation on athletes' electroencephalographic signals during a strenuous exercise session. **Methods:** This quasi-experimental study consisted of a female student-athlete aged 24-28 years with at least two years of experience in sports. From this population, 20 people who voluntarily had the necessary conditions to enter this study were selected as a sample and were randomly divided into two groups of 10: experimental group (athlete consuming caffeine supplement) and control group (athlete taking placebo). And capsules containing caffeine (at a dose of 6 mg / kg body weight) and starch were consumed by each subject without knowing the contents of the capsule and one hour before the start of the exhausting protocol. For both groups, Bruce exhausted exercise protocol was performed to the point of fatigue, which consisted of six to seven three-minute steps with varying inclination and speed of the turntable. Also, all subjects were measured brain waves by electroencephalography in three stages (half an hour before caffeine consumption and one hour after caffeine consumption and after the exhaustion test). **Results:** The results of this study showed that a session of strenuous exercise along with short-term caffeine supplementation in athletes causes significant changes in delta waves in the right hemisphere forehead and beta waves in the left hemisphere forehead ($P < 0.05$). **Conclusion**: Short-term caffeine supplementation before participating in an exhausting exercise activity session can improve electroencephalographic signals in athletes.

Keywords: Short-term caffeine supplementation, Electroencephalography waves, Exhaustive exercise

Scan this QR code to see the accompanying video, or visit jahssp.azaruniv.ac.ir

١. MSc in Exercise Physiology, Department of Sport Sciences, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Sport Sciences, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran.

* Corresponding Author: Email:r.fakhrpour@yahoo.com

3. Associate Professor, Department of Sport Sciences, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran.

Cite as: Olfat, Samira. Fakhrpour, Rogayeh. Gorbanzadeh, Behrouz. Effects of Short-term Caffeine Supplementation on Electroencephalography Signals During Exhaustion Exercise Session in estlers. Applied Health Studies in Sport Physiology. 2023; 10(1): 1-13.

Owner and Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University
Journal ISSN (online): 2676-6507
Access Type: Open Access
DOI: 10.22049/JAHSSP.2022.27811.1470
DOR:

Copyright ©The authors

http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2022.27811.1470

Extended abstract

Background

Sports activity is done to improve physical performance and in some cases to increase the ability to cope with daily pressures of life, and participation in sports program improves mental and emotional health (1). Physical activity has many benefits, including improving cardiovascular health and reducing the risk of chronic diseases (type 2 diabetes, coronary artery disease, obesity), reducing depression and anxiety, and reducing tension and confusion (2). Research has shown that high-intensity work causes fatigue, which in turn affects performance (3). The causes of fatigue caused by exercise can be influenced by physical fitness, individual ability, mental will and energy stored in the body (4). Fatigue can be central and peripheral. Central fatigue originates from areas in the brain and is defined as the inability of the central nervous system to call motor neurons during intermittent or long-term aerobic exercise (5), reaching the peak of sports performance, the main goal. It is athletes and trainers and nutrition is considered a very important factor to achieve this goal. Although caffeine has no nutritional value, it has attracted the attention of many competitive and non-competitive athletes as an ergogenic aid (6). The chemical stimulant and alkaloid caffeine belongs to a class of compounds called methylxanthine and its chemical formula is C8H10N4O2. However, the most common method in cognitive psychology to assess mental fatigue is the use of electroencephalography (EEG), which measures the spontaneous electrical activity of the brain. Electroencephalography (EEG) method is the best brain study method because it is non-invasive and non-radioactive. Therefore, the aim of this study is to investigate the effect of short-term caffeine supplementation on the EEG signals of athletes during a session of exercise.

Methodology

The statistical population of this research consists of female sports students of Shahid Madani University of Azerbaijan with the age range of 18-24 years with at least two years of sports experience. After initial evaluations, the subjects were divided into two groups, caffeine supplement consumption (10 people) and placebo group (10 people) in the form of a semi-experimental design in a simple random manner. In the first stage, EEG was taken from all the subjects to check the brain waves of both groups. Then capsules containing caffeine and starch were given to each of the subjects of two groups in a double-blind manner (one hour before the start of the restorative protocol). In this study, caffeine was given to the subjects at a dose of 6 mg/kg of body weight (24). After taking the supplement, EEG was taken again to know the effects of caffeine on the changes in brain waves, and in the last stage, both groups took part in a relaxing exercise, and after completing the exercise test, to know the effects of the activity on brain waves for the third time, EEG was taken The subjects were asked to refrain from eating ready meals and caffeinated beverages for at least 48 hours before attending the test. After initial evaluations, the subjects were divided into two groups, caffeine supplement consumption (10 people) and placebo group (10 people) in the form of a semi-experimental design in a simple random manner. In the first stage, EEG was taken from all the subjects to check the brain waves of both groups. Then capsules containing caffeine and starch were given to each of the subjects of two groups in a double-blind manner (one hour before the start of the restorative protocol). In this study, caffeine was given to the subjects at a dose of 6 mg/kg of body weight (24). After taking the supplement, EEG was taken again to know the effects of caffeine on the changes in brain waves, and in the last stage, both groups took part in a relaxing exercise, and after completing the exercise test, to know the effects of the activity on brain waves for the third time, EEG was taken The subjects were asked to refrain from eating ready meals and caffeinated beverages for at least 48 hours before attending the test. The restorative sports activity protocol included the Bruce test on a treadmill. This exercise test is used for fatigue or mental retardation (25). This test consists of 6 or 7 stages of three minutes, in each stage, the work pressure is increased by changing the slope and speed of the rotating tape, so that in one of the stages, the person reaches fatigue and weakness (25). At the end of the test, the speed of the treadmill was reduced to 3 miles per hour and the incline was reduced to 0%, and the subject was asked to cool down for 5 minutes. In this test, the total time of performing the protocol was recorded as the time to reach fatigue of each subject. To collect EEG data, electrodes should be installed on the surface of the skin and electrically conductive gels should be used in the distance between them. In order to prevent environmental noise in EEG measurement, at least 30 minutes before data collection, the required equipment was prepared and the participants were kept in a steady state. The normality of the data distribution was assessed using the Shapiro-Wilk test, and then to check the possible initial difference between the groups, the pre-test data were compared with one-way analysis of variance. To determine the effectiveness of the groups over time, the analysis of variance of repeated group measurements was used.

Discussion and conclusion:

Based on the results of variance analysis of repeated factor measurements in Table 2, only in the values of delta waves in the frontal area of the right hemisphere and beta waves in the frontal area of the left hemisphere, a significant difference was observed in the factor of measurement time and group. For further investigation, intragroup comparison of data was performed using linear repeated measure variance analysis and post hoc comparisons were performed using Bonferroni's

Copyright ©The authors Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2022.27811.1470

test (Table 3). By observing significant within-group effects for both groups in the same intervals, taking into account the presence/absence of intergroup differences in the pre-test data, the amount of corresponding changes in the groups in the desired intervals, using univariate covariance analysis (taking into account the pre-test data test as a covariate variable) were compared between groups (Table 4). In the intra-group comparison, the amount of delta waves in the frontal area of the right hemisphere in the interval after taking the supplement to after exercise and the amount of beta waves in the frontal area of the left hemisphere in the interval before taking the supplement to after taking the supplement were significant in the caffeine group. (P>0.05)**.**

Conclusion:

The results showed that caffeine can be used to improve the condition of EEG signals in athletes, but attention should be paid to the duration of use of this supplement and the dosage. One of the limitations of the present study was the short duration of the intervention and the lack of control over the amount of sleep and rest of the subjects, so it is suggested to study the amount of caffeine supplementation in the long term and with more control of the intervening variables in order to achieve a more definitive result in future studies. The effects of this supplement are more specific.

Copyright ©The authors Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

JAHSSP

http://jahssp.azaruniv.ac.ir/
http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2022.27811.1470

مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش
سال دهم، شماره اول ؛
بهار و تابستان ۱۴۰۲؛ صفحات ۱-۱۳

Open Access

مقاله پژوهشی

تاثیر مکمل‌دهی کوتاه مدت کافئین بر سیگنال‌های الکتروآنسفالوگرافی ورزشکاران طی یک جلسه فعالیت ورزشی وامانده‌ساز

سمیرا الفت [۱]، رقیه فخرپور[۲*]، بهروز قربانزاده[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۸

چکیده

هدف: مصرف کافئین عامل تاثیرگذار در فعالیت‌های مغزی و بهبود عملکرد ورزشی می‌باشد. پژوهش حاضر با هدف بررسی آثار مکمل‌دهی کوتاه مدت کافئین بر سیگنال‌های الکتروآنسفالوگرافی ورزشکاران طی یک جلسه فعالیت ورزشی وامانده‌ساز انجام‌گرفت. **روش شناسی:** این مطالعه از نوع تجربی بوده و جامعه آماری آن را دانشجویان دختر ورزشکار با دامنه سنی ۱۸-۲۴ سال با حداقل دو سال سابقه فعالیت ورزشی تشکیل می‌دادند. از این جامعه ۲۰ نفر بصورت داوطلبانه که دارای شرایط لازم برای ورود به این مطالعه بودند به عنوان نمونه انتخاب شدند و بصورت تصادفی در دو گروه ۱۰ نفری گروه تجربی (ورزشکار مصرف کننده مکمل کافئین) و کنترل (ورزشکارمصرف کننده دارونما) قرار گرفتند. و کپسول‌های حاوی کافئین (با دوز ۶ میلی گرم بر کیلوگرم وزن بدن) و نشاسته توسط هر یک از آزمودنی‌ها بدون اطلاع از محتوای کپسول و یک ساعت قبل از شروع پروتکل وامانده ساز مصرف گردید. برای هر دو گروه پروتکل ورزشی وامانده‌ساز بروس تا مرز خستگی اجرا شد. همچنین از تمام آزمودنی‌ها اندازه‌گیری امواج مغزی توسط دستگاه الکتروآنسفالوگرافی در سه مرحله (نیم ساعت قبل از مصرف کافئین و یک ساعت بعد از مصرف کافئین و بعد از اتمام آزمون وامانده ساز) انجام گرفت. **یافته‌ها:** نتایج این مطالعه نشان داد که یک جلسه فعالیت ورزشی وامانده‌ساز همراه با مکمل‌دهی کوتاه مدت کافئین در ورزشکاران، باعث ایجاد تغییرات معنی‌دار در امواج دلتا در ناحیه پیشانی نیمکره راست و امواج بتا در ناحیه پیشانی نیمکره چپ می گردد ($P<0/05$). **نتیجه‌گیری:** مکمل‌دهی کوتاه مدت کافئین قبل از شرکت در یک جلسه فعالیت ورزشی وامانده‌ساز می‌تواند موجب بهبود سیگنال‌های الکتروآنسفالوگرافی در ورزشکاران شود.

واژه‌های کلیدی: مکمل دهی کوتاه مدت کافئین، امواج الکتروآنسفالوگرافی، فعالیت ورزشی وامانده‌ساز .

با اسکن QR فوق می‌توانید جزئیات مقاله حاضر را در سایت www .jahssp.azaruniv.ac.ir/. مشاهده کنید

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، گروه علوم ورزشی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان،تبریز-ایران
۲. استادیار فیزیولوژی ورزشی، گروه علوم ورزشی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان،تبریز-ایران (نویسنده مسئول): r.fakhrpour@yahoo.com
۳. دانشیار رفتارحرکتی، گروه علوم ورزشی، دانشکدهٔ علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان،تبریز-ایران.

نحوه ارجاع: الفت، سمیرا. فخرپور، رقیه. قربان‌زاده، بهروز." تاثیر مکمل‌دهی کوتاه مدت کافئین بر سیگنال‌های الکتروآنسفالوگرافی ورزشکاران طی یک جلسه فعالیت ورزشی وامانده‌ساز ". مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش. ۱۴۰۲: ۱۰ (۱)،۱-۱۳.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
شاپای الکترونیکی: ۲۶۷۶-۶۵۰۷
نوع دسترسی: آزاد
DOI: 10.22049/JAHSSP.2022.27811.1470
DOR: 20.1001.

Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

مقدمه

فعالیت ورزشی برای بهبود عملکرد بدنی و در مواردی جهت افزایش توانایی مقابله با فشارهای روزمره زندگی انجام می‌شود و شرکت در برنامه ورزشی سلامت روحی و روانی را بهبود می بخشد (۱). فعالیت بدنی مزایای زیادی از جمله ارتقاء سلامت قلبی و عروقی و کاهش خطر بیمارهای مزمن (دیابت نوع دو، بیماری عروق کرونر قلب، چاقی) و کاهش افسردگی و اضطراب و کاهش تنش و سردرگمی دارد (۲). تحقیقات نشان داده است که کار با شدت بالا موجب خستگی می‌گردد که به نوبه خود بر عملکرد تأثیر می‌گذارد (۳). دلایل خستگی ناشی از ورزش می‌تواند تحت تاثیر آمادگی جسمی، توانایی فرد، اراده ذهنی و انرژی ذخیره شده در بدن قرار گیرد (۴). خستگی می‌تواند به صورت مرکزی و محیطی باشد. خستگی مرکزی از مناطقی در مغز سرچشمه می‌گیرد و به عنوان ناتوانی دستگاه عصبی مرکزی در فراخوانی نورون‌های حرکتی در طول انجام تمرین هوازی متناوب یا طولانی مدت تعریف می‌شود (۵)، رسیدن به اوج اجرای ورزشی، هدف اصلی ورزشکاران و مربیان است و تغذیه عامل بسیار مهم رسیدن به این هدف به شمار می‌آید. کافئین اگر چه ارزش غذایی ندارد، اما توجه بسیاری از ورزشکاران رقابتی و غیر رقابتی را به عنوان یک کمک ارگوژنیک جلب کرده است (۶). کافئین محرک شیمیایی و آلکالوئید متعلق به دسته‌ای از ترکیبات به نام متیل گزانتین است و فرمول شیمیایی آن C8H10N4O2 می‌باشد (۷). قهوه، دانه‌های‌کاکائو، کولا و برگ‌های چای رایج‌ترین منابع کافئین هستند. قهوه پس از آب و چای پرمصرف‌ترین نوشیدنی در جهان است و از اهمیت فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی زیادی برخوردار است (۸). تحقیقات انجام شده نشان داد که دوز کم کافئین باعث بهبود عملکرد شناختی در طی و پس از تمرین شدید می‌شود (۹). همچنین کافئین دارای اثراتی بر سیستم عصبی مرکزی، هورمون‌های متابولیکی، سیستم عضلانی و سیستم قلبی و عروقی می‌باشد (۶). از طرفی درک عملکرد مغز در طول ورزش مورد علاقه علوم ورزش است. پیشرفت‌های فنی در مطالعات عصبی، تحلیل فعالیت‌های شیمیایی و الکتریکی را در حین پردازش روانی طبیعی فراهم کرده است. از جمله این پیشرفت‌ها می‌توان برش نگاری رایانه‌ای، تصویر برداری با تشدید مغناطیسی، برش‌نگاری با نشر پوزیترون و تک فوتون برای شناسایی محل اتصال انتقال‌دهنده‌های عصبی و تعیین اثرات داروهای روان گردان در تحقیقات به‌وفور مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۰). با این حال رایج‌ترین روش در علوم روانشناسی شناختی برای ارزیابی خستگی ذهنی استفاده از الکتروانسفالوگرافی (EEG)[1]، و اندازه‌گیری فعالیت الکتریکی خود به خودی مغز است. روش الکتروآنسفالوگرافی (EEG) به دلیل غیر تهاجمی و غیر رادیو اکتیو بودن بهترین روش مطالعه مغز است (۱۱). سیگنال‌های EEG به فرکانس‌هایی از جمله دلتا، تتا، آلفا، بتا طبقه بندی می‌شوند که یکی از رایج‌ترین منابع اطلاعات برای مطالعه عملکرد مغز است (۱۱). اندازه‌گیری فعالیت مغز در طی خستگی روانی یک فرایند تدریجی و تجمعی است که با کاهش کارایی، هوشیاری و توانایی عملکرد ذهنی همراه است (۱۲). امواج الکتریکی ریتمیک ثبت شده از پوست سر پتانسیل سیناپسی است که توسط سلول‌های هرمی در قشر مغز ایجاد می‌شود (۱۳). در واقع EEG پاسخ نورون‌های قشر مغز به ترشحات ریتمیک از تالاموس را نشان می‌دهد و دامنه EEG توسط یک مجموعه پیچیده از اتصالات تحریکی و مهاری در داخل تالاموس و بین تالاموس و قشر مغز تعیین می‌شود. نوسانات غیرارادی فعالیت الکتریکی مغز که توسط الکترود از پوست سر گرفته می‌شود، لحظه به لحظه از نظر دامنه (ولتاژ) و فرکانس (چرخه در ثانیه یا هرتز) متفاوت است. مغز از حدود ۲۰ میلیون نورون تشکیل شده است که القا کننده‌های الکتریکی هستند. هنگامی که این سلول‌های عصبی هم زمان کار کنند، پتانسیل‌های متناوب الکتریکی در سیناپس‌ها که اتصالات تخصصی بین نورون‌ها هستند رخ می‌دهد. هرچه نورون‌ها هم‌زمان بیشتر کار کنند، پتانسیل (دامنه) نوسانات الکتریکی بیشتر می‌شود و هر چه سریع‌تر نورون‌ها با هم کار کنند، فرکانس نوسانات در هرتز بیشتر می‌شود (۱۴). بیشترین امواج مورد مطالعه شامل دلتا، تتا، آلفا، بتا است که دامنه فرکانس آن‌ها به ترتیب ۰/۵— ۳/۵ هرتز، ۴–۷/۵ هرتز، ۸–۱۳ هرتز، ۱۲/۵–۳۰ هرتز گزارش شده است (۱۵). امواج آلفا یکی از الگوهایی است که نمایانگر حالت آرام مغز است که بیشتر مورد مطالعه قرار گرفته و رابطه معکوس با فعال شدن قشر مغز دارد (۱۶). در حالی امواج بتا هنگام توجه، انجام وظیفه و حل مسئله تولید می‌شود. بنابراین وقتی فرد مضطرب و مغزش مشغول است، امواج بتا سریع تولید می‌شود (۱۷). امواج تتا و دلتا به طور کلی در طول خواب ظاهر می‌شوند و در بیداری غیر طبیعی است. نوسانات فرکانس دلتا عمدتا در حین خواب مشاهده می‌شود. امواج تتا نیز که در درجه اول موقع خواب دیده می‌شوند از تالاموس و هیپوکامپ ایجاد می‌شود (۱۸). برخی از تحقیقات افزایش فعالیت در امواج آلفا را زمانی که افراد احساس خستگی می‌کنند گزارش کرده‌اند (۱۹) بعضی از محققان کاهش دامنه امواج بتا (۲۰) را هنگام خستگی، و برخی دیگر از محققان افزایش یا عدم تأثیر این امواج را در زمان خستگی گزارش کرده‌اند. در برخی تحقیقات دیگر افزایش امواج تتا و کاهش امواج بتا به عنوان شاخص خستگی گزارش شده است، اما تغییر در فعالیت امواج آلفا به طور مداوم گزارش نشده است. طبق بررسی‌های دیگری که انجام شده ورزش منجر به استرس یا افزایش تمرکز می‌شود که با تحریک قشر مغز و افزایش امواج بتا و کاهش امواج آلفا ارتباط دارد (۲۱). در تحقیقات مربوط به کافئین نیز مصرف کافئین در مقایسه با دارونما باعث افزایش فعال شدن عصب در نواحی قشر مغز می‌شود و کافئین امواج بتا و دلتا را در سراسر قشر مغز افزایش می‌دهد. همچنین نتایج نشان داده

1.Electroencephalography

Copyright ©The authors
University
Publisher: Azarbaijan Shahid Madani

http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2022.27811.1470

است که مصرف کافئین EEG را به سمت امواج سریع‌تر تغییر می‌دهد که سطوح بالای انرژی تعبیر می‌شود. در پژوهش دیگری مصرف کافئین نسبت به گروه کنترل باعث کاهش قدرت آلفا و بتا طی یک حالت استراحت ۳۲ دقیقه‌ای هنگامی که چشم‌ها باز است می‌شود (۲۲). در مطالعه کیانه و همکاران دوز متوسط کافئین منجر به تغییر امواج دلتا و بتا نشان داده شد اما هیچ تاثیری در امواج تتا یا آلفا مشاهده نشد (۲۳). بنابراین با توجه به موارد گفته شده، نتایج به دست آمده تحقیقات بر تغییرات امواج مغزی بر اثر ورزش و مصرف کافئین متفاوت است. بنابراین هدف از مطالعه حاضر بررسی تاثیر مکمل‌دهی کوتاه مدت کافئین بر سیگنالهای EEG ورزشکاران طی یک جلسه فعالیت ورزشی وامانده‌ساز می‌باشد.

روش پژوهش

جامعه آماری این تحقیق را دانشجویان دختر ورزشکار دانشگاه شهید مدنی آذربایجان با دامنه سنی ۱۸-۲۴ سال با حداقل دو سال سابقه فعالیت ورزشی تشکیل می‌دهند. از بین دانشجویان ورزشکار دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، ۲۰ نفر ورزشکار داوطلب واجد شرایط انتخاب شدند. همه شرکت‌کنندگان اطلاعات مکتوب را در خصوص پژوهش دریافت نموده و پس از مطالعه از آن‌ها خواسته شد تا در صورت تمایل رضایت نامه کتبی را امضا کنند. پس از اندازه‌گیری شاخص‌های قد و وزن از آزمودنی‌ها خواسته شد تا پرسشنامه سلامت تکمیل گردد. آزمودنی‌ها پس از ارزیابی‌های اولیه، در قالب طرح نیمه تجربی به صورت تصادفی ساده به دو گروه، مصرف مکمل کافئین (۱۰ نفر) و گروه دارونما (۱۰ نفر) تقسیم‌بندی شدند. در مرحله اول از تمام آزمودنی‌ها، برای بررسی امواج مغزی هر دو گروه EEG گرفته شد. سپس کپسول‌های حاوی کافئین و نشاسته به هر یک از آزمودنی‌های دو گروه به صورت دو سویه کور (یک ساعت قبل از شروع پروتکل وامانده ساز) داده شد، در این پژوهش کافئین با دوز ۶ میلی گرم بر کیلوگرم وزن بدن به آزمودنی‌ها داده شده است (۲۴). بعد از مصرف مکمل برای آگاهی از اثرات کافئین بر تغییرات امواج مغزی مجددا EEG گرفته شد و در مرحله آخر هر دو گروه در فعالیت ورزشی وامانده ساز شرکت کردند و بعد از اتمام آزمون ورزشی، برای آگاهی از اثرات فعالیت بر امواج مغزی برای بار سوم EEG گرفته شد. از آزمودنی‌ها خواسته شده بود به مدت دست کم ۴۸ ساعت قبل از حضور در آزمون از خوردن غذاهای آماده و همچنین آشامیدنی‌های کافئین‌دار خودداری کنند و ۲ ساعت قبل از آزمون از خوردن غذاهای سنگین پرهیز کنند. همچنین از صبحانه یکسان و استاندارد در محل آزمون‌گیری استفاده شد. لازم به ذکر است همگن بودن آزمودنی‌ها از لحاظ سابقه ورزشی و شرکت در فعالیت‌های ورزشی و یکسان بودن شرایط اجرای آزمون از قبیل دمای سالن جز مسائل کنترل شده تحقیق بود. پروتکل فعالیت ورزشی وامانده ساز شامل آزمون بروس بر روی تردمیل بود. از این تست ورزشی برای خستگی یا واماندگی ذهنی استفاده می‌شود (۲۵). این تست شامل ۶ یا ۷ مرحله سه دقیقه‌ای است که در هر مرحله فشار کار از طریق تغییر شیب و سرعت نوارگردان افزوده می‌شود تا در یکی از مراحل، فرد به خستگی و واماندگی برسد (۲۵). در انتهای آزمون سرعت نوار گردان را به ۳ مایل در ساعت و شیب را به صفر درصد کاهش داده شد و از آزمودنی خواسته شد به مدت ۵ دقیقه سرد کردن را انجام بدهد. در این آزمون زمان کل انجام پروتکل به عنوان زمان رسیدن خستگی هر آزمودنی یادداشت می‌شد. برای جمع آوری داده‌های EEG باید الکترودها بر روی سطح پوست نصب شده و از ژل‌های هادی الکتریکی در حد فاصل بین آن‌ها استفاده کرد. جهت پیشگیری از ایجاد نویز محیطی در اندازه‌گیری EEG ، حداقل ۳۰ دقیقه قبل از جمع آوری اطلاعات، تجهیزات مورد نیاز آماده شد و شرکت کنندگان در حالت ثابت حفظ شدند. به جهت اینکه تعریق کردن آزمودنی می‌تواند در جمع آوری داده‌ها ایجاد مشکل نماید دمای محل آزمایش در حالت نرمال حفظ شد. راهنمایی‌هایی لازم در خصوص شیوه آزمایش به فرد داده شد و در این پژوهش آزمودنی‌ها نسبت به مراحل انجام آزمون و وظایف خود آگاه شدند. محیط دور سر برای انتخاب کلاه مناسب اندازه‌گیری شد. انتخاب صحیح کلاه از نکات ویژه است. الکترود را به درستی به آمپلی فایر متصل کرده نقاط جمجمه با سیستم بین المللی ۱۰-۲۰ تعیین شد. در این آزمون از ژل‌های هادی الکتریکی استفاده شد زیرا حداقل امپدانس اتصال الکتریکی بین الکترودها و استخوان جمجمه از طریق ژل‌های هادی الکتریکی امکان پذیر می‌باشد، این ژل‌ها هدایت الکتریکی بین جمجمه و الکترود را ایجاد می‌کنند. امپدانس برای همه الکترودها در حین آنالیز داده‌ها با هر دو امپدانس رفرنس و زمینه مقایسه می‌شود. اگر امپدانس بیش از ۵ کیلو اهم وجود داشته باشد امپدانس خوب نیست به خاطر همین قبل از شروع ثبت داده‌ها اطمینان حاصل شد که الکترود رفرنس و زمینه امپدانس بین ۱-۵ اهم باشد. در این هنگام نرم افزار EEG بر کامپیوتر فعال شد و فعالیت الکتریکی دریافت شده از کانال‌ها مشاهده و ثبت گردید. در این پژوهش از دستگاه ۱۹ کاناله شرکت شعله دانش استفاده شد. برای تحلیل داده‌های EEG و کمی کردن آن از نرم افزار نوروگاید استفاده شد. مونتاژی که برای تحلیل استفاده می‌شود مونتاژ میانگین مرجع بود که در این مونتاژ خروجی‌های حاصل از همه تقویت کننده‌ها جمع می‌شوند و میانگین محاسبه می‌شود این سیگنال به عنوان مرجع هر کانال استفاده می‌شود.

طبیعی بودن توزیع داده‌ها به کمک آزمون شاپیرو ویلک ارزیابی و سپس برای بررسی تفاوت اولیه احتمالی بین گروهی، داده‌های پیش آزمون با تحلیل واریانس تک راهه مقایسه شدند. برای تعیین اثرگذاری گروه‌ها در طول زمان ابتدا از تحلیل واریانس اندازه گیری مکرر گروهی استفاده شد. که در صورت مشاهده اثرات

Copyright ©The authors
Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

معنی‌دار مربوط به تکرار اندازه گیری (زمان)، گروه و یا تعامل گروه و زمان، در ادامه برای بررسی بیشتر، مقایسه درون گروهی داده‌ها در طول زمان با استفاده از تحلیل واریانس اندازه گیری مکرر خطی انجام گرفت و در صورت نیاز مقایسه‌های تعقیبی با استفاده از آزمون بونفرونی انجام شدند. به علاوه، در صورت مشاهده اثرات معنی‌دار درون‌گروهی در مورد هر دو گروه در بین فواصل مشابه، با در نظرگرفتن وجود/عدم تفاوت بین‌گروهی در داده‌های پیش‌آزمون، مقدار تغییرات متناظر گروه‌ها در فواصل مورد نظر، با استفاده از تحلیل کوواریانس تک متغیره (با لحاظ کردن داده‌های پیش آزمون به عنوان متغیر هم پراش) به طور بین‌گروهی مقایسه شدند.

یافته‌ها

ویژگی‌های آزمودنی‌ها با استفاده از آمار توصیفی به صورت میانگین و انحراف استاندارد در جدول ۱ ارائه شده است. برمبنای نتایج، به لحاظ آماری تفاوت معناداری بین سطوح پایهٔ آزمودنی‌ها در متغیرهای سن، قد، وزن، شاخص توده بدنی و حداکثر اکسیژن مصرفی مشاهده نمی‌گردد (P>۰/۰۵).

بر اساس نتایج تحلیل واریانس اندازه گیری مکرر عاملی در جدول۲ تنها در مقادیر امواج دلتا در ناحیه پیشانی نیمکره راست و امواج بتا در ناحیه پیشانی نیمکره چپ تفاوت معنی‌دار در عامل زمان اندازه‌گیری و گروه مشاهده شد. که در ادامه برای بررسی بیشتر، مقایسه درون گروهی داده‌ها با استفاده از تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر خطی انجام گرفت و مقایسه‌های تعقیبی با استفاده از آزمون بونفرونی انجام شدند (جدول۳). با مشاهده اثرات معنی‌دار درون‌گروهی در مورد هر دو گروه در بین فواصل مشابه، با در نظرگرفتن وجود/عدم تفاوت بین‌گروهی در داده‌های پیش‌آزمون، مقدار تغییرات متناظر گروه‌ها در فواصل مورد نظر، با استفاده از تحلیل کوواریانس تک متغیره (با لحاظ کردن داده‌های پیش آزمون به عنوان متغیر هم پراش) به طور بین‌گروهی مقایسه شدند (جدول۴). در مقایسه درون گروهی مقدار امواج دلتا در ناحیه پیشانی نیمکره راست در فاصله بعد از مصرف مکمل تا بعد از ورزش و مقدار امواج بتا در ناحیه پیشانی نیمکره چپ در فاصله قبل از مصرف مکمل تا بعد از مصرف مکمل در گروه کافئین معنی‌دار بوده است (P<۰/۰۵)

جدول ۱ . اطلاعات توصیفی آزمودنی‌ها در گروه‌های مکمل و دارونما

شاخص	گروه	
	مکمل	دارونما
سن (سال)	۲۲/۰۰ ± ۱/۷۶	۲۲/۳۰ ± ۲/۰۰
قد (متر)	۱۶۴/۱۰ ± ۶/۳۴	۱۶۳/۱۰ ± ۶/۳۴
وزن (کیلوگرم)	۵۶/۴۰ ± ۷/۶۰	۶۰/۹۰ ± ۸/۹۱
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/ متر مربع)	۲۰/۸۸ ± ۲/۵۳	۲۲/۸۷ ± ۳/۰۱
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه)	۴۳/۶۹ ± ۱۰/۸۵	۴۲/۰۰ ± ۵/۲۱

بحث

از مهم‌ترین یافته‌های این تحقیق می‌توان به تاثیر معنی‌دار مکمل‌دهی کوتاه مدت کافئین بر برخی از سیگنالهای EEG ورزشکاران طی یک جلسه فعالیت ورزشی فزاینده وامانده ساز اشاره کرد. نتایج این بررسی نشان داد که مقدار امواج دلتا در ناحیه پیشانی نیمکره راست و مقدار امواج بتا در ناحیه پیشانی نیمکره چپ با مصرف مکمل کافئین افزایش یافتند. مشابه با این نتایج بیلی و همکاران (۲۰۰۸) افزایش قابل توجهی در کلیه باندهای فرکانس اصلی EEG پس از یک تمرین ورزشی مشاهده کردند (۲۶). پریارد و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که فعالیت امواج بتا هنگامی که شرکت کنندگان در یک محیط گرم دوچرخه سواری می‌کنند کاهش می‌یابد (۲۷). تحقیق ماسری و همکاران (۲۰۱۹) که روی دونده‌های جوان و میانسال با ۵۰ و ۸۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی انجام گرفت نشان دادند که با افزایش شدت ورزش، فعالیت امواج بتا افزایش می‌یابد و این الگوی افزایش در افراد جوان و میانسال مشابه بود و همچنین نشان دادند که در افراد میانسال که مرتبا ورزش می‌کنند، هیچ تفاوتی در پاسخ EEG در مقایسه با افراد جوان وجود ندارد (۲۸). با این حال نتایج نشان داده‌اند که شرکت‌کنندگان در یک فعالیت هوازی کاهش میزان فعالیت امواج آلفا و قدرت کلی مغز را تجربه می‌کنند (۲۹). تغییرات در نسبت آلفا به بتا در طی دوچرخه سواری طولانی مدت با شدت زیاد یا در حالت خنثی و در حالت گرما مورد بررسی قرار گرفت و در حالت فعالیت با شدت زیاد این تغییرات بیشتر بود (۳۰). اما هادسون و همکارانش در پژوهش خود بیان کردند که ورزش تاثیری بر امواج مغزی ندارد و علت عدم تغییر را استفاده از افراد سیگاری و چاق دانستند که ممکن‌است بر نتایج تحقیق اثر بگذارد (۳۱). دانیلس و همکاران (۱۹۸۴) که دوندگان و دوچرخه سواران را مورد بررسی قرار دادند، افزایش قابل توجه فعالیت امواج آلفا را در هر دو نیمکره مشاهده کردند و در مورد دوندگان افزایش بیشتر در ۱۰ دقیقه آخر ورزش بوده است و در حداکثر آزمودنی‌ها شدت کاهش در باند آلفا مشاهده شد (۳۲). در این

Copyright ©The authors
University

http://dx.doi.org/10.22049/JAHSSP.2022.27811.1470

پژوهش فعالیت ورزشی تاثیری بر امواج مغزی آلفا نداشت علت عدم تغییر معنی‌داری را به کم بودن جامعه آماری، تک جلسه بودن فعالیت ورزشی، ورزشکار بودن آزمودنی‌ها و نوع پروتکل ورزشی می‌توان نسبت داد.

جدول ۲ . نتایج تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر عاملی برای تعیین تاثیر گروه و زمان بر مقدار امواج مغزی

شاخص مورد بررسی	عامل مورد بررسی	نتایج تحلیل واریانس اندازه گیری مکرر					
		ارزش لامبدای ویلک	F	درجه آزادی	sig	اندازه اثر	توان آزمون
مقدار امواج دلتا در ناحیه پیشانی نیمکره راست	زمان اندازه گیری	۰/۵۶۲	۱۰/۹۰۳	۲	۰/۰۰۱*	۰/۵۶۲	۰/۹۵۷
	تعامل زمان ×گروه	۰/۱۵۷	۱/۶۹۲	۲	۰/۱۹۹	۰/۰۸۶	۰/۳۳۲
	گروه	–	۰/۱۷۶	۱	۰/۶۸۰	۰/۰۱۰	۰/۰۶۸
مقدار امواج دلتا در ناحیه پیشانی نیمکره چپ	زمان اندازه گیری	۰/۰۰۲	۰/۰۱۶	۲	۰/۹۸۴	۰/۰۰۲	۰/۰۵۲
	تعامل زمان ×گروه	۰/۰۸۶	۰/۶۶۷	۲	۰/۵۱۹	۰/۰۳۶	۰/۱۵۳
	گروه	–	۰/۲۶۲	۱	۰/۶۱۵	۰/۰۱۴	۰/۰۷۷
مقدار امواج تتا در ناحیه پیشانی نیمکره راست	زمان اندازه گیری	۰/۰۰۹	۰/۰۷۶	۲	۰/۹۲۷	۰/۰۰۹	۰/۰۶۰
	تعامل زمان ×گروه	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۲	۰/۵۴۴	۰/۰۳۳	۰/۱۴۵
	گروه	–	۰/۴۰۸	۱	۰/۵۳۱	۰/۰۲۲	۰/۰۹۲
مقدار امواج تتا در ناحیه پیشانی نیمکره چپ	زمان اندازه گیری	۰/۱۲۳	۱/۱۹۳	۲	۰/۳۲۷	۰/۱۲۳	۰/۲۲۶
	تعامل زمان ×گروه	۰/۰۵۷	۰/۵۲۳	۲	۰/۵۹۷	۰/۰۲۸	۰/۱۲۹
	گروه	–	۰/۸۴۰	۱	۰/۳۷۲	۰/۰۴۵	۰/۱۴۰
مقدار امواج آلفا در ناحیه پیشانی نیمکره راست	زمان اندازه گیری	۰/۰۳۱	۰/۲۶۸	۲	۰/۷۶۸	۰/۰۳۱	۰/۰۸۶
	تعامل زمان ×گروه	۰/۰۰۱	۰/۰۰۷	۲	۰/۹۹۳	۰/۰۰	۰/۰۱۳
	گروه	–	۰/۹۶۵	۱	۰/۳۳۹	۰/۰۵۱	۰/۱۵۴
مقدار امواج آلفا در ناحیه پیشانی نیمکره چپ	زمان اندازه گیری	۰/۱۰	۱/۰۰۴	۲	۰/۳۸۷	۰/۱۰۶	۰/۱۹۶
	تعامل زمان ×گروه	۰/۰۷۸	۰/۵۱۸	۲	۰/۶۰۰	۰/۰۲۸	۰/۱۲۹
	گروه	–	۴/۰۶۰	۱	۰/۰۵۹	۰/۱۸۴	۰/۴۷۹
مقدار امواج بتا در ناحیه پیشانی نیمکره راست	زمان اندازه گیری	۰/۰	۰/۳۵۱	۲	۰/۷۰۹	۰/۰۴۰	۰/۰۹۷
	تعامل زمان ×گروه	۰/۰۴۳	۰/۶۷۱	۲	۰/۵۱۷	۰/۰۳۶	۰/۱۵۴
	گروه	–	۳/ ۰۷۰	۱	۰/۰۹۷	۰/۱۴۶	۰/۳۸۲
مقدار امواج بتا در ناحیه پیشانی نیمکره چپ	زمان اندازه گیری	۰/۱۰۰	۰/۹۴۸	۲	۰/۴۰۷	۰/۱۰۰	۰/۱۸۷
	تعامل زمان ×گروه	۰/۰۳۱	۰/۲۶۶	۲	۰/۷۶۸	۰/۰۱۵	۰/۰۸۹
	گروه	–	۱/۳۸۹	۱	۰/۰۳۲*	۰/۲۳۰	۰/۵۹۴

Copyright ©The authors
Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

جدول ۳. نتایج تحلیل واریانس‌خطی در مورد مقایسه درون گروهی مقدار امواج مغزی گروه‌ها در طول زمان

	اندازه اثر	توان آزمون	sig گروه	ارزش لامبادا	نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی	
					مقایسه در بین	sig
کافئین	۰/۸۵۲	۰/۰۴۰* امواج دلتا	۰/۱۸۰	۰/۵۲۹	مقدار اولیه با بعد از مصرف مکمل	۰/۷۴۴
					مقدار اولیه با بعد از ورزش	۰/۴۲۹
					بعد از مصرف مکمل با بعد از ورزش	۰/۰۳۶*
دارونما	۰/۲۹۹	۰/۰۷۹ امواج دلتا	۰/۱۷۱	۰/۵۰۲	مقدار اولیه با بعد از مصرف مکمل	۰/۱۰۳
					مقدار اولیه با بعد از ورزش	۱/۰۰۰
					بعد از مصرف مکمل با بعد از ورزش	۰/۲۵۳
کافئین	۰/۹۰۶	۰/۰۳۶* امواج بتا	۰/۲۰۱	۰/۵۸۹	مقدار اولیه با بعد از مصرف مکمل	۰/۰۴۳*
					مقدار اولیه با بعد از ورزش	۰/۱۵۳
					بعد از مصرف مکمل با بعد از ورزش	۱/۰۰۰
دارونما	۰/۲۰۷	۰/۸۳۰ امواج بتا	۰/۰۰۱	۰/۰۵۲	مقدار اولیه با بعد از مصرف مکمل	۱/۰۰۰
					مقدار اولیه با بعد از ورزش	۱/۰۰۰
					بعد از مصرف مکمل با بعد از ورزش	۱/۰۰۰

جدول ٤. نتایج تحلیل کوواریانس تک متغیره (با لحاظ کردن داده های پیش آزمون به عنوان متغیر هم پراش) برای مقایسه بین گروهی مقدار امواج بتا در ناحیه پیشانی نیمکره چپ در بین فواصل مقدار تا بعد از مکمل و بعد از مکمل تا بعد از ورزش

فاصله متوسط اختلاف بررسی موردبررسی	گروه‌ها مورد درفاصله	مقدار ($\bar{x} \pm SD$)	نتایج تحلیل کوواریانس با لحاظ کردن داده‌های پیش‌آزمون به عنوان هم‌پراش درجه آزادی	F	sig
			اندازه اثر		توان آزمون
بعد از مصرف مکمل	کافئین	۱۸/۳۸۵ ±۷/۲۹۷	۱		۶/۳۴۸
	دارونما	*۰/۰۲۲	۰/۲۷۲		۰/۶۶۱
بعد از ورزش	کافئین	۱۵/۸۸۶ ± ۴/۶۰۳	۱		۳/۲۰۳
	دارونما	۰/۱۵۹	۰/۱۵۹		۰/۳۹۳

افراد دارای حرکات بدنی بیشتر، دارای سطح فعال سازی بیشتری در قشر حرکتی هستند. نتایج نشان داده است که قدرت امواج بتا در قشر حرکتی با برنامه ریزی و اجرای حرکات مرتبط است (۲۸). بررسی‌هایی که از سه ورزش متفاوت (تردمیل، میل لنگ و ارگومتری دوچرخه) استفاده‌کرده‌اند نشان داده‌اند که هر یک از ورزش‌ها می‌توانند بر پاسخ EEG تأثیر متفاوت بگذارند (۳۳). برخی گزارش‌ها فعالیت عضلات اندام تحتانی و اندام فوقانی را بررسی‌کردند و نشان دادند که انسجام امواج بتا در هنگام خروج نیروی استاتیکی وجود دارد (۳۴). هنگامی که ورزش و شرایط غیر ورزش مقایسه می‌شود، هنگام ورزش مغز فعال‌تر می‌شود نتایج نشان داد که در طول ورزش دوچرخه سواری فعالیت امواج بتا افزایش می‌یابد (۳۵). با این حال در یک مطالعه دیگر سطح پایین‌تر فعال سازی مغز با کاهش فعالیت‌های بتا گزارش شده است (۳۶). در این پژوهش فعالیت امواج مغزی تتا هیچ تغییری در اثر فعالیت ورزشی نکرد در حالی که در مطالعه دیگر نشان داده است که دویدن با حداکثر سرعت تا حد قابل توجهی دامنه امواج تتا افزایش می‌یابد (۳۷). آستورینو و همکارانش علت تغییر نکردن امواج مغزی در تحقیق خود استفاده از آزمودنی‌های با دامنه وزنی ۶۸ تا ۱۲۵ کیلوگرم بیان کردند که این دامنه وزنی می‌تواند بر نتیجه تحقیق تاثیر معنی‌داری داشته باشد (۳۸). در این پژوهش عدم تاثیر فعالیت ورزشی بر امواج مغزی تتا برخی عوامل از جمله شدت، مدت و نوع پروتکل تمرینی، تفاوت در جنسیت شرکت کنندگان پژوهش نسبت داده شد. مطالعات نشان داده است که مغز زنان و مردان از هر دو جنبه عملکردی و ساختاری با هم متفاوت است (۳۹). در مطالعه حاضر فعالیت ورزشی منجر به افزایش امواج مغزی دلتا شده است در حالی که در مطالعه حسینی و همکاران (۱۳۸۷)

Copyright ©The authors
University

این امواج در اثر فعالیت ورزشی کاهش پیدا کرده است. آنان در پژوهش خود به بررسی اثر ورزش روی امواج خود به خودی مغز در موش‌های صحرایی پرداختند و موش‌ها به دو گروه شاهد و ورزش تقسیم شدند که گروه ورزش روزانه یک ساعت به مدت دو هفته روی تردمیل ورزش داده شدند. در پایان EEG گرفتند، مقایسه نتایج دو گروه نشان داد که در گروه ورزش امواج دلتا نسبت به گروه شاهد کاهش معنی‌داری یافته است (۴۰). با توجه به نتایج مطالعات اثر ورزش بر امواج مغزی متفاوت است به طوری که شواهد گذشته نشان می‌دهد که پروتکل‌های متفاوت ورزشی از لحاظ شدت (۴۱) و مدت (۴۲)، اثرات متفاوتی بر امواج مغزی دارند. بخش مهمتر این مطالعه بررسی نقش کافئین به عنوان یک عامل تاثیر گذار بر فعالیت قشر مغز در فرایند اندازه گیری امواج مغزی می‌باشد (۴۳). مطالعات قبلی نشان داده‌اند که مصرف کافئین به طور معنی‌داری بر سیگنال‌های مغزی تأثیر می‌گذارد (۴۴). تغییرات در حالت مغزی ناشی از مصرف کافئین در مطالعات الکترونسفالوگرام آشکار است (۴۵). هوگان و همکاران (۲۰۰۷) دریافتند که کافئین به طور کلی تأثیر کم و متوسطی بر قدرت EEG دارد (۴۶). در مطالعه گرین و همکاران تغییری در امواج مغزی در اثر مصرف کافئین مشاهده نشد و علت تغییر نکردن امواج مغزی را استفاده از تمریناتی با شدت ۱۰ تکرار و آزمودنی‌های زن نسبت دادند که چرخه قاعدگی زنان ممکن است اثرات کافئین را تغییر دهد (۴۷). حسینی و همکاران (۲۰۰۶) در پژوهشی که در مدل حیوانی انجام دادند نشان دادند که ورزش امواج مغزی با فرکانس پایین و دامنه بالا (دلتا) را در لوب‌های آهیانه و پیشانی کاهش داده است (۴۸). دسلاندز و همکاران (۲۰۰۵) تاثیر مصرف کافئین را بر الکتروانسفالوگرافی در ۱۵ آزمودنی که مکمل کافئین (۴۰۰ میلی گرم) و دارونما را قبل از آزمون استروپ در یک طرح تصادفی و دو سویه کور دریافت کرده بودند بررسی کردند و نشان دادند که که کافئین تاثیری بر قدرت امواج دلتا ندارد (۴۳). جمز و همکاران (۲۰۰۰) به بررسی تاثیر مصرف مکمل کافئین (۱/۷۵ میلی گرم بر کیلو گرم وزن بدن معادل ۱/۵ فنجان قهوه و دارونما (حاوی نشاسته) به صورت دوسویه کور در ۲۲ آزمودنی ۵۰ دقیقه قبل از انجام EEG پرداختند و نشان دادند که کافئین تاثیری بر امواج دلتا ندارد (۴۶). نتایج برخی مطالعات نشان دهنده کاهش قدرت در باند فرکانس آلفا در اثر مصرف کافئین بوده که نشان از افزایش فعالیت قشر مغز و هوشیاری است و سطح برانگیختگی عصبی عمومی پس از مصرف کافئین در مقابل پلاسیبو به میزان قابل توجهی افزایش یافته است (۴۹). این یافته‌ها نشان می‌دهد که کافئین با تاثیر بر سیستم پردازش اطلاعات عصبی با افزایش وضعیت عمومی قابلیت پردازش را افزایش می‌دهد که با قدرت پایین آلفا منعکس می‌شود (۵۰). بابیلانی و همکاران (۲۰۱۰) اثر تمرینات کاراته و ژیمناست را بر فعالیت الکتریکی امواج مغزی بررسی کردند که در نتایج تحقیق آنها افزایش مشابه فعالیت امواج مغزی آلفا در نواحی لوب آهیانه در اثر تمرینات کاراته و ژیمناست مشاهده شد (۵۱). در این پژوهش تغییری در امواج مغزی آلفا مشاهده نشد در مطالعه دیگر همسو با این مطالعه تغییری در اثر مصرف مکمل کافئین بر امواج مغزی نشد و عدم تغییر را به این شکل بیان کردند که جایگاه اصلی عمل کننده کافئین در بدن، دستگاه عصبی است اثرات فارماکولوژی در مقادیر پایین‌تر هم پدیدار شده، اما شدت آن تابع تفاوت‌های فردی و مقاومت نسبت به آن می‌باشد (۵۲). در مطالعه بویتساوا و همکاران در اثر مصرف کافئین انسجام EEG در امواج بتا افزایش داده شده است و تجزیه و تحلیل طیفی EEG نشان داد که پس از مصرف کافئین قدرت امواج بتا افزایش می‌یابد (۵۳). بالی و همکاران (۲۰۰۸) تاثیر تغییرات فعالیت EEG پس از یک دوره حاد ورزش بررسی کردند و نشان دادند که امواج بتا در ناحیه پیشانی نیمکره راست افزایش یافت (۲۶). کرابی و همکاران (۲۰۰۴) فعالیت EEG را حین و بعد ورزش حاد بررسی کردند و نشان دادند که فرکانس امواج مغزی بتا بعد از ورزش افزایش معنی‌داری یافته‌است (۱۰). قربانی و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی پاسخ عصبی فعالیت قشر مغز ناشی از خستگی مرکزی در طی تمرین با شدت بالا پرداختند که در این مطالعه ۱۴ زن در یک جلسه تمرین با شدت بالای ۶۰ دقیقه‌ای روی یک دوچرخه ارگومتر داشتند، نتایج نشان داد پاسخ عصبی قشر مغز در طول تمرین دوچرخه سواری در شدت بالا در همه دامنه‌های فرکانسی به ویژه امواج بتا افزایش یافته است (۵۴). محمدی و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی تاثیر خستگی بر EEG در ۲۰ دانشجو (۱۰ مرد و ۱۰ زن) پرداختند که از دانشجویان خواسته شد برای ایجاد خستگی وظایف فکری به نسبت طولانی را انجام دهند. نتایج تحقیق آنان نشان داد که کاهش در میزان بتا در طول آزمون نشان دهنده افزایش خستگی افراد است (۵۵). در مطالعه حاضر امواج بتا در ناحیه پیشانی نیمکره چپ افزایش یافته است ولی تغییری در ناحیه پیشانی نیمکره راست و پیش پیشانی نیمکره چپ و راست نداشت. بعضی مطالعات علت عدم تاثیر کافئین بر امواج مغزی را شرایط آزمایش که تحت آن اندازه‌گیری EEG انجام می‌گیرد از جمله بسته و باز بودن چشم‌ها (۴۴) و اثرات متفاوت الکترودهای متفاوت روی پوست دانسته‌اند (۵۶). همچنین مطالعاتی تأثیر کافئین را بر امواج تتا بررسی کردند که کاهش امواج تتا پس ازمصرف کافئین گزارش شده است (۵۷). گیابرت و همکاران (۲۰۰۰) به بررسی تاثیر کافئین با دوز ۱۵۰ میلی گرم، ۹۰ دقیقه قبل از انجام سیگنال‌های مغزی در ۱۲ مرد عادت به سیگار پرداختند و مشاهده کردند که کافئین قدرت امواج تتا را کاهش می‌دهد (۵۸). همچنین در مطالعه‌ای تاثیر کافئین را بر امواج مغزی بررسی کردند و نشان دادند که هیچ تغییری در باند تتا مشاهده نشد. این محققان دلیل عدم تاثیر را استفاده طولانی مدت کافئین دانستند (۵۷). در تحقیق حاضر نیز عدم تاثیر کافئین بر امواج مغزی تتا را می‌توان مصرف کوتاه مدت کافئین و شرایط آزمایش اندازه‌گیری EEG و شیوه مصرف نسبت داد. بنابراین نتایج نشان داد که می‌توان از کافئین برای بهبودی

Copyright ©The authors

وضعیت سیگنال‌های EEG در ورزشکاران استفاده کرد ولی باید به مدت زمان مصرف این مکمل و دوز مصرفی توجه شود. یکی از محدودیت‌های مطالعه حاضر کوتاه بودن دوره مداخله و عدم کنترل میزان خواب و استراحت آزمودنی‌ها بود، بنابراین پیشنهاد می‌شود برای دستیابی به نتیجه قطعی‌تر در مطالعات آتی میزان مکمل‌دهی کافئین در طولانی مدت و با کنترل بیشتر متغیرهای مداخله‌گر، مورد مطالعه قرار گیرد تا اثرات این مکمل بیشتر مشخص شود.

نتیجه‌گیری

مکمل‌دهی کوتاه مدت کافئین قبل از شرکت در یک جلسه فعالیت ورزشی وامانده‌ساز می‌تواند موجب بهبود سیگنال‌های الکتروآنسفالوگرافی در ورزشکاران شود.

تشکر و قدردانی

از تمامی آزمودنی‌های شرکت کننده و کسانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری رساندند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله، هیچ نفع متقابلی از انتشار آن ندارند.

Refrence

1. Cook RH, Griffiths MD, Pontes HM. Personality factors in exercise addiction: a pilot study exploring the role of narcissism, extraversion, and agreeableness. International Journal of Mental Health and Addiction. 2020;18(1):89-102.
2. Weinstock J. A review of exercise as intervention for sedentary hazardous drinking college students: rationale and issues. Journal of American College Health. 2010;58(6):539-44.
3. Persson J, Welsh KM, Jonides J, Reuter-Lorenz PA. Cognitive fatigue of executive processes: Interaction between interference resolution tasks. Neuropsychologia. 2007;45(7):1571-9.
4. Dishman RK, Thom NJ, Puetz TW, O'Connor PJ, Clementz BA. Effects of cycling exercise on vigor, fatigue, and electroencephalographic activity among young adults who report persistent fatigue. Psychophysiology. 2010;47(6):1066-74.
5. Amann M. Significance of Group III and IV muscle afferents for the endurance exercising human. Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology. 2012;39(9):831-5.
6. Sökmen B, Armstrong LE, Kraemer WJ, Casa DJ, Dias JC, Judelson DA, et al. Caffeine use in sports: considerations for the athlete. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2008;22(3):978-86.
7. Wolde T. Effects of caffeine on health and nutrition: A Review. Food Science and Quality Management. 2014;30:59-65.
8. Poroch-Seriţan M, Michitiuc CB, Jarcău M. Studies and research on caffeine content of various products. BRAIN Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience. 2018;9(1):29-35.
9. Hogervorst E, Riedel W, Kovacs E, Brouns F, Jolles J. Caffeine improves cognitive performance after strenuous physical exercise. International journal of sports medicine. 1999;20(06):354-61.
10. Crabbe JB, Dishman RK. Brain electrocortical activity during and after exercise: a quantitative synthesis. Psychophysiology. 2004;41(4):563-74.
11. Saeed SMU, Anwar SM, Khalid H, Majid M, Bagci U. Electroencephalography based Classification of Long-term Stress using Psychological Labeling. arXiv preprint arXiv:190707671. 2019.
12. Van Cutsem J, Marcora S, De Pauw K, Bailey S, Meeusen R, Roelands B. The effects of mental fatigue on physical performance: a systematic review. Sports medicine. 2017;47(8):1569-88.
13. Thompson CJ, Fransen J, Skorski S, Smith MR, Meyer T, Barrett S, et al. Mental fatigue in football: Is it time to shift the goalposts? An evaluation of the current methodology. Sports Medicine. 2019;49(2):177-83.
14. Hoffmann E. Brain training against stress. 2005.
15. Ishii A, Karasuyama T, Kikuchi T, Tanaka M, Yamano E, Watanabe Y. The neural mechanisms of re-experiencing mental fatigue sensation: a magnetoencephalography study. PLoS One. 2015;10(3) :e0122455.
16. Teplan M. Fundamentals of EEG measurement. Measurement science review. 2002;2(2):1-11.
17. Hoffmann E. Brain Training Against Stress: Theory, Methods and Results from an Outcome Study, version 4.2. October; 2005.
18 .Thatcher R, Palmero-Soler E, North D, Biver C. Intelligence and eeg measures of information flow: efficiency and homeostatic neuroplasticity. Scientific reports. 2016;6(1):1-10.

Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

training performance, perceived exertion, and pain perception. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2008;22(6):1950-7.
32. DANIELS F, Fernhall B, LANDERS D, editors. The effect of maximal and submaximal aerobic exercise on temporal eeg alpha activity in runners and bikers. Psychophysiology; 1984: SOC PSYCHOPHYSIOL RES 1010 VERMONT AVE NW SUITE 1100, WASHINGTON, DC 20005.
33. Schneider S, Brümmer V, Abel T, Askew CD, Strüder HK. Changes in brain cortical activity measured by EEG are related to individual exercise preferences. Physiology & behavior. 2009;98(4):447-52.
34. Gwin JT, Ferris DP. Beta-and gamma-range human lower limb corticomuscular coherence. Frontiers in human neuroscience. 2012;6:258.
35. Kubitz KA, Mott AA. EEG power spectral densities during and after cycle ergometer exercise. Research quarterly for exercise and sport. 1996;67(1):91-6.
36. Kubitz KA, Pothakos K. Does aerobic exercise decrease brain activation? Journal of Sport and Exercise Psychology. 1997;19(3):291-301.
37. Choktanomsup K, Charoenwat W, Sittiprapaporn P, editors. Changes of EEG power spectrum in moderate running exercises. 2017 14th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON); 2017: IEEE.
38. Astorino TA, Rohmann RL, Firth K. Effect of caffeine ingestion on one-repetition maximum muscular strength. European journal of applied physiology. 2008;102(2):127-32.
39. Swaab DF. Sexual differentiation of the brain and behavior. Best practice & research clinical endocrinology & metabolism. 2007;21(3):431-44.
40 .Hosseini MA, Alaei H, Nemati Karimoy H, Daei Z. Effect of Electrical Stimulation and Lesion of Nucleus Accumbens on EEG of Intact and Addicted Rats. Journal of Kerman University of Medical Sciences. 2008 Jan 1.
41. Gutmann B, Mierau A, Hülsdünker T, Hildebrand C, Przyklenk A, Hollmann W, et al. Effects of physical exercise on individual resting state EEG alpha peak frequency. Neural plasticity. 2015;2015.
42. Woo M, Kim S, Kim J, Petruzzello SJ, Hatfield BD. Examining the exercise-affect dose–response relationship: Does duration influence frontal EEG asymmetry? International journal of psychophysiology. 2009;72(2):166-72.
19. Huang K-C, Huang T-Y, Chuang C-H, King J-T, Wang Y-K, Lin C-T, et al. An EEG-based fatigue detection and mitigation system. International journal of neural systems. 2016;26(04):1650018.
20. Ahn S, Nguyen T, Jang H, Kim JG, Jun SC. Exploring neuro-physiological correlates of drivers' mental fatigue caused by sleep deprivation using simultaneous EEG, ECG, and fNIRS data. Frontiers in human neuroscience. 2016;10:219.
21. Yang Z, Ren H. Feature extraction and simulation of EEG signals during exercise-induced fatigue. IEEE Access. 2019;7:46389-98.
22. Boitsova YA, Dan'ko S. Effect of caffeine and phenazepam on the quantitative parameters of the EEG and ultraslow electrical processes in the brain. Human Physiology. 2007;33(3):366-9.
23. Keane MA, James JE. Effects of dietary caffeine on EEG, performance and mood when rested and sleep restricted. Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental. 2008;23(8):669-80.
24.MPallarés JG, Fernández-Elías VE, Ortega JF, Muñoz G, Munoz-Guerra J, Mora-Rodríguez R. Neuromuscular responses to incremental caffeine doses: performance and side effects. Medicine and science in sports and exercise. 2013;45(11):2184-92.
25. Demirhan B, Cengiz A, Turkmen M, TEKBAŞ B, Cebi M. Evaluating maximum oxygenuptake of male soccer players with bruce protocol. Sci Move Health. 2014;14:223-9.
26. Bailey SP, Hall EE, Folger SE, Miller PC. Changes in EEG during graded exercise on a recumbent cycle ergometer. Journal of sports science & medicine. 2008;7(4):505.
27. Périard JD, De Pauw K, Zanow F, Racinais S. Cerebrocortical activity during self-paced exercise in temperate, hot and hypoxic conditions. Acta Physiologica. 2018;222(1):e12916.
28. Maceri RM, Cherup NP, Hanson NJ. EEG Responses to incremental self-paced cycling exercise in young and middle aged adults. International Journal of Exercise Science. 2019;12(3):800-10.
29. Ludyga S, Gronwald T, Hottenrott K. Effects of high vs. low cadence training on cyclists' brain cortical activity during exercise. Journal of Science and Medicine in Sport. 2016;19(4):342-7.
30. Ftaiti F, Kacem A, Jaidane N, Tabka Z, Dogui M. Changes in EEG activity before and after exhaustive exercise in sedentary women in neutral and hot environments. Applied Ergonomics. 2010;41(6):806-11.
31. Hudson GM, Green JM, Bishop PA, Richardson MT. Effects of caffeine and aspirin on light resistance

Copyright ©The authors

43. Deslandes A, Veiga H, Cagy M, Piedade R, Pompeu F, Ribeiro P. Effects of caffeine on the electrophysiological, cognitive and motor responses of the central nervous system. Brazilian Journal of Medical and Biological Research. 2005;38(7):1077-86.
44. Barry RJ, Rushby JA, Wallace MJ, Clarke AR, Johnstone SJ, Zlojutro I. Caffeine effects on resting-state arousal. Clinical Neurophysiology. 2005;116(11):2693-700.
45. Deslandes AC, Veiga H, Cagy M, Piedade R, Pompeu F, Ribeiro P. Effects of caffeine on visual evoked potencial (P300) and neuromotor performance. Arquivos de neuro-psiquiatria. 2004;62(2B):385-90.
46. Keane MA, James JE, Hogan MJ. Effects of dietary caffeine on topographic EEG after controlling for withdrawal and withdrawal reversal. Neuropsychobiology. 2007;56(4):197-207.
47. Green JM, Wickwire PJ, McLester JR, Gendle S, Hudson G, Pritchett RC, et al. Effects of caffeine on repetitions to failure and ratings of perceived exertion during resistance training. International journal of sports physiology and performance. 2007;2(3):250-9.
48. Hosseini M, SHarifi M, Ataei R, Alaei H. The effect of physical activity on spontaneous electroencephalographic activity in rat. Journal of Kerman University of Medical Sciences. 2006(4).
49. Scheeringa R, Petersson KM, Kleinschmidt A, Jensen O, Bastiaansen MC. EEG alpha power modulation of fMRI resting-state connectivity. Brain connectivity. 2012;2(5):254-64.
50. van den Berg B, de Jong M, Woldorff MG, Lorist MM. Caffeine boosts preparatory attention for reward-related stimulus information. bioRxiv. 2019:697177.
51. Babiloni C, Marzano N, Iacoboni M, Infarinato F, Aschieri P, Buffo P, et al. Resting state cortical rhythms in athletes: a high-resolution EEG study. Brain Research Bulletin. 2010;81(1):149-56.
52. Narayani U, Sudhan P. Effect of aerobic training on percentage of body total cholesterol and HDL-C among obese Women. 2010.
53. Boitsova YA, Dan'ko S. Effect of caffeine and phenazepam on the quantitative parameters of the EEG and ultraslow electrical processes in the brain. Human Physiology. 2007;33(3):366-9.
54 .Ghorbani M, Ghazalian F, Ebrahim KH, Abednatanzi H. Neural Response of Cortical Brain During High Intensity Interval Pedaling Induced Fatigue in Women Cyclist. Journal of Paramedical Sciences & Rehabilitation. 2020;9(1):91-9.
55. Fouladi Dehaghi B, Mohammadi A, Nematpour L. Mental Fatigue Assessment using recording Brain Signals: Electroencephalography. Iranian Journal of Ergonomics. 2019 Sep 10;7(2):45-53.
56. Deslandes A, Veiga H, Cagy M, Piedade R, Pompeu F, Ribeiro P. Effects of caffeine on the electrophysiological, cognitive and motor responses of the central nervous system. Brazilian Journal of Medical and Biological Research. 2005;38:1077-86.
57. Keane MA, James JE. Effects of dietary caffeine on EEG, performance and mood when rested and sleep restricted. Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental. 2008;23(8):669-80.
58. Gilbert DG, Dibb WD, Plath LC, Hiyane SG. Effects of nicotine and caffeine, separately and in combination, on EEG topography, mood, heart rate, cortisol, and vigilance. Psychophysiology. 2000;37(5):583-95.

Copyright ©The authors