

اثر فعالیت بدنی با سطوح متفاوت بار شناختی بر امواج مغزی قشر سینگولیت

مهتا اسکندرنژاد^۱، فهیمه رضائی^۲

۱. دانشیار رفتار حرکتی، دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول)

۲. دانشجوی دکتری رفتار حرکتی، دانشگاه ارومیه

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۲۶

چکیده

فعالیت‌های بدنی و شناختی اثرهای مثبتی بر عملکردهای شناختی دارند، اما به‌ندرت در ترکیب با یکدیگر استفاده شده‌اند؛ از این رو، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر فعالیت بدنی با سطوح متفاوت بار شناختی بر امواج مغزی قشر سینگولیت انجام شد. در این پژوهش نیمه‌تجربی، ۳۰ دانشجوی دختر کم‌تحرك با متوسط سنی $1/92 \pm 22/63$ سال به روش نمونه‌گیری دردسترس انتخاب شدند و براساس جایگزینی تصادفی در سه گروه ۱۰ نفره (فعالیت بدنی بدون بار شناختی، فعالیت بدنی با بار شناختی و کنترل) قرار گرفتند. نمونه‌های دو گروه تجربی به‌مدت ۱۶ جلسه در برنامه تمرینی مخصوص به گروه خود قرار گرفتند، اما گروه کنترل به فعالیت روزانه خود پرداختند. قبل و بعد از برنامه تمرینی، امواج مغزی با استفاده از دستگاه EEG در حالت استراحت و با چشمان باز ثبت شد و داده‌های نواحی Fz، Cz و Pz در امواج مغزی دلتا، تتا، آلفا و بتا با استفاده از روش آماری تحلیل کوواریانس چندمتغیره و آزمون تعقیبی بونفرونی در سطح معناداری ۰/۰۵ تحلیل شد. نتایج نشان داد که موج مغزی دلتا در ناحیه Fz کاهش یافت و موج مغزی آلفا در ناحیه Pz از نظر آماری افزایش معناداری در شرکت‌کنندگان هر دو گروه آزمایش داشت، اما تفاوت معناداری بین اثرگذاری فعالیت بدنی با و بدون بار شناختی بر امواج مغزی قشر سینگولیت مشاهده نشد. براساس یافته‌های این مطالعه، بهره‌گیری از هر نوع فعالیت بدنی (با و بدون بار شناختی)، احتمالاً بتواند شرایط تحریک نوروها را در سطح قشر سینگولیت مغز فراهم آورد و باعث ایجاد سازگاری‌هایی در دستگاه عصبی شود.

واژگان کلیدی: ایروبیك، قشر مغز، الکتروانسفالوگرافی.

1. Email: m.eskandarnejad@tabrizu.ac.ir

2. Email: f.rezaei.tu@gmail.com

مقدمه

یکی از ساده‌ترین روش‌های بررسی و ارزیابی عملکرد سیستم مغزی، ثبت فعالیت الکتریکی مغز یا الکتروانسفالوگراف (EEG) است. الکتروانسفالوگرافی ثبت غیرتهاجمی سیگنال‌های الکتریکی مغزی در دسترس از قشر مخ است و توسط میلیاردها سلول عصبی یا نورون به وجود می‌آید. در واقع، مغز انسان عضوی با خاصیت الکتروشیمیایی است که تک‌تک نورون‌های آن فعالیت الکتریکی دارند و انعکاس این فعالیت‌های نورونی به سطح جمجمه می‌رسد (۱).

تاکنون راهبردهای زیادی برای افزایش عملکرد تمامی قسمت‌های بدن از جمله سیستم عصبی و مغز به کار رفته است. نتایج پژوهش‌های سال‌های اخیر نشان می‌دهد که بخش عمده تغییرات حاصل از ورزش و فعالیت بدنی بر عملکرد مغز و سیستم عصبی اثر می‌گذارد. این اثرها گسترده است و از تحولات ساختاری درشت تا تغییرات مورفولوژی‌آسولوی را در برمی‌گیرد (۲)؛ برای مثال، گزارش شده است که ورزش سبب افزایش جریان خون در شبکه‌های مغزی (۳)، افزایش نورون‌زایی (۴) و شکل‌پذیری مغز (۵)، افزایش تشکیلات غیرعصبی مانند عروق‌زایی (۴)، تراکم زیاد ماده خاکستری در پیش‌پیشانی و مناطق وابسته به گیجگاه (۶)، تراکم زیاد ماده سفید در جسم پینه‌ای (۷)، افزایش فاکتورهای نوروتروفیک (۸) و نوروترانسسمترها (۹) می‌شود؛ با وجود این، مشاهده شده است اولین تغییراتی که در نتیجه ورزش و فعالیت بدنی در مغز رخ می‌دهد، تغییر در فعالیت الکتریکی نورون‌هاست (به نقل از ۱۰). مغز چهار نوع موج اولیه دلتا، تتا، آلفا و بتا تولید می‌کند (۱۱) که با توجه به شواهد قبلی این‌طور به نظر می‌رسد که ریتم‌های طبیعی مغزی و تغییرات آن‌ها با شناخت و هوش ارتباط داشته باشند؛ به طوری که براساس نتایج پژوهش‌ها، آلفای کم با حیطه‌های توجه (۱۳)، (۱۲) آلفای زیاد با حافظه یا هوش (۱۴، ۱۳)، بتا با هوشیاری، تمرکز و پردازش اطلاعات (۱۵) و تتا با حافظه (۱۳) و توجه (۱۶) در ارتباط هستند. همچنین، نوسانات موج دلتا به نظر می‌رسد که در هماهنگ کردن فعالیت مغز با توابع دستگاه عصبی خودکار و در فرایندهای شناختی مرتبط با توجه و شناسایی محرک‌های انگیزشی برجسته در محیط نقش داشته باشد (۱۷). در پژوهشی که اسمیت^۷ و همکاران (۱۸) در سال ۲۰۰۵ انجام دادند، نشان دادند که ورزش با افزایش امواج مغزی آلفا و بتا در

-
1. Electroencephalograph
 2. Morphology
 3. Neurogenesis
 4. Angiogenesis
 5. Neurotrophic
 6. Neurotransmitters
 7. Smit

نواحی قشر سینگولیت، میزان هوشیاری و گوش‌به‌زنگی را افزایش می‌دهد. براساس یافته‌های پژوهش علیجانپور و همکاران (۱۰) نیز تمرین استقامتی مزمین موجب افزایش فعالیت الکتریکی امواج مغزی آلفا و بتا در همهٔ لوب‌های مغزی (پیشانی، آهیانه، گیجگاهی^۴ و پس‌سری^۵) می‌شود و به افزایش هوشیاری، تمرکز، خلاقیت و آرامش منجر می‌شود. در پژوهشی دیگر که روی مدل حیوانی انجام شد، ورزش در لوب‌های پیشانی و آهیانه امواج مغزی با فرکانس بالا و دامنهٔ پایین را (آلفا، بتا و تتا) افزایش داد و امواج مغزی با فرکانس پایین و دامنهٔ بالا را (دلتا) کاهش داد (۱۹)؛ باین‌حال، سازگاری‌های ایجادشده در اثر ورزش به نوع ورزش نیز بستگی دارد؛ به‌طوری‌که شواهد گذشته نشان می‌دهند که پروتکل‌های متفاوت ورزشی از لحاظ شدت (۲۰) و مدت (۲۱) اثرهای متفاوتی بر امواج مغزی دارند. در راستای این نتایج، گیماریس^۶ و همکاران (۲۲) نشان دادند که فعالیت بتای بالا و آلفای بالا در شکنج پراهیپوکامپ از لوب لیمبیک بعد از تلاش جسمی بیشینه افزایش معناداری داشته است؛ درحالی‌که این افزایش در تلاش جسمی زیربیشینه و بالای بیشینه مشاهده نشد؛ با وجوداین، براساس گزارش کالج پزشکی ورزشی آمریکا، طراحی پژوهش‌ها به‌منظور بررسی اثرهای تمرین‌های ورزشی به دو دستهٔ گسترده متمایز می‌شود: ۱- کسانی که به رویکرد کمی پایبند هستند و طراحی مداخله‌های ورزشی خود را در درجهٔ اول براساس در نظر گرفتن شدت و مدت تمرین برنامه‌ریزی می‌کنند؛ ۲- کسانی که به رویکرد کیفی و دستکاری ورزش از نظر نوع آن و تعامل ذهنی درگیر در طول ورزش پایبند هستند (۲۳) که پژوهش‌های اخیر تمرکز بیشتری بر مورد دوم داشته‌اند. در این زمینه عنوان شده است که احتمالاً انجام دادن فعالیت بدنی بهبود متابولیسم مغز و انعطاف‌پذیری آن را ممکن می‌کند و چالش شناختی همراه با آن با افزایش متابولیسم مغز و هدایت فرایند انعطاف‌پذیری به بهبود هرچه‌بیشتر کارایی سیستم عصبی منجر می‌شود (۲۴). همچنین، نشان داده شده است که انجام فعالیت‌های حرکتی پیچیده سیناپس را در مناطق متفاوتی از مغز افزایش می‌دهد (۲۵). در مطالعه‌ای که بلک^۷ و همکاران (۲۶) در سال ۱۹۹۰ انجام دادند، نشان دادند حیواناتی که به ورزش هوازی پرداخته بودند، تراکم بیشتر رگ‌های خونی در مقایسه با حیواناتی داشتند که غیرفعال بودند

-
1. Cingulate Cortex
 2. Frontal
 3. Parietal
 4. Temporal
 5. Occipital
 6. Guimaraes
 7. Black

یا تنها حرکات آکروباتیک ساده انجام می‌دادند؛ در مقابل، حیواناتی که حرکات آکروباتیک انجام می‌دادند، تعداد بیشتری از سیناپس در هر سلول پورکنژ افشر مخچه در مقایسه با حیوانات گروه غیرفعال و حتی گروهی داشتند که ورزش هوازی انجام داده بودند، داشتند. بلک و همکاران پیشنهاد کردند که یادگیری حرکتی درگیر در حرکات آکروباتیک، برخلاف ورزش هوازی که به استفاده مکرر از سیناپس در طول تمرین نیاز دارد، موجب توسعه سیناپس‌های جدید در مخچه می‌شود؛ در نتیجه، شاید بتوان با ترکیبی از ورزش هوازی (تراکم بیشتر رگ‌های خونی) و حرکات پیچیده (افزایش سیناپس‌ها) بیش‌ازپیش از مزایای ورزش در جهت بهبود عملکرد سیستم عصبی و مغز بهره برد. در سال‌های اخیر، گرایش افراد جامعه به‌ویژه زنان به ورزش‌های موزون و ریتم‌دار مانند ایروبیک بیشتر شده است. چنین ورزش‌هایی هم احساس خستگی کمتری به‌همراه دارند و هم به‌دلیل هماهنگ کردن ضربان با حرکت مخصوص به خود علاوه بر جسم، ذهن را نیز درگیر می‌کنند و باعث تقویت قوه فکری، حافظه و افزایش خلاقیت افراد می‌شوند (۲۷). این ورزش در مراکز پیش از دبستان برخی کشورها با عنوان حرکات ذهنی-حرکتی طرفداران زیادی دارد. این مراکز از حرکات موزون و ساده ورزش ایروبیک برای تقویت کارکردهای اجرایی کودکان استفاده می‌کنند (۲۸)؛ با این حال، بررسی ادبیات پژوهش نشان می‌دهد که اغلب پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه اثربخشی فعالیت‌های فیزیکی بر تغییرات الکتروانسفالوگرافی، بر تمرین‌هایی با ماهیت صرفاً هوازی تمرکز داشته‌اند. با وجود ایجاد تغییرات نوروفیزیولوژیک توسط تمرین‌های فیزیکی صرفاً هوازی، این نوع تمرین برای بهینه‌سازی بیشتر اثرهای تمرین بر سیستم عصبی، با نیازهای شناختی زیاد ترکیب نشده است؛ بنابراین، اغلب مطالعات در حیطه ورزش که فعالیت بدنی را به مولفه فیزیولوژیک آن بسط داده‌اند، عامل بالقوه حرکات هماهنگ و پیچیده تعبیه‌شده در جلسه‌های تمرین هوازی را نادیده گرفته‌اند؛ این درحالی است که انجام فعالیت‌های حرکتی پیچیده اعم از حرکات زنجیره‌ای ورزش ایروبیک، فرصت‌هایی را برای ترکیب و اعمال تمرین شناختی و فیزیکی به‌طور هم‌زمان فراهم می‌کند (۲۹). همچنین، در مطالعاتی که به بررسی اثر ورزش مزمن بر کارایی سیستم عصبی پرداخته شده است، اغلب افرادی بررسی شده‌اند که برای سالیان طولانی ورزش می‌کنند (۳۰، ۱۰)، اما در پژوهش حاضر که از مداخله تمرینی چندهدفه‌ای استفاده شده است، در صورت مشاهده اثرهای سودمند ورزش بر امواج مغزی که شاخص‌های مهمی در تعیین سطح فعالیت مغز هستند، افراد بیشتری برای استفاده از این راهبرد^۲ رفتاری برای بهبود کارایی سیستم عصبی ترغیب می‌شوند؛ زیرا، با صرف زمان و انرژی کمتر از مزایای بی‌شماری بهره‌مند خواهند شد؛ با این حال، با مطالعه ادبیات پژوهش مشاهده می‌شود که اثر مثبت

-
1. Purkinje
 2. Strategy

ورزش و فعالیت‌های فیزیکی بر سیستم عصبی، بیشتر در کودکان، سالمندان و برخی از جمعیت‌های بالینی گزارش شده است و در مقابل، پژوهش‌های بسیار کمی مزایای آن را در افراد جوان و سالم بررسی کرده‌اند (۳۱)؛ این در حالی است که جوانان در آینده‌ای نزدیک عهده‌دار مشاغل کلیدی خواهند بود و به‌عنوان سرمایه‌های یک کشور محسوب می‌شوند؛ بنابراین، لزوم برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری در حوزه سلامت آن‌ها و اهمیت‌دادن به این موضوع ضروری به نظر می‌رسد که آیا جوانان نیز می‌توانند مانند سایر اقشار جامعه از مزایای ورزش در جهت ارتقای عملکرد سیستم عصبی خود سود ببرند یا خیر؟ همچنین، برای کاهش بیماری‌ها و عواقب ناشی از بی‌حرکی افراد در جامعه باید هرچه بیشتر به جوانان توجه کرد؛ زیرا، این سن مرحله‌ای از زندگی است که رفتارها و عادات فعالیت جسمانی در طول عمر را تعیین می‌کند (۳۲). از طرفی، به قشر سینگولیت که در بسیاری از عملکردهای مغز انسان از جمله هیجان‌ها، انگیزش‌ها، توجه، حافظه، یادگیری و تکلم نقش دارد (۳۳)، کمتر توجه شده است و اطلاعات در مورد آن اندک است؛ این در حالی است که براساس سیستم بین‌المللی استاندارد ۱۰-۲۰ که بر پایه نقشه مغزی برآورد شده است، نواحی Fz^1 ، Cz^2 و Pz^3 مرتبط با قشر سینگولیت مطرح شده‌اند (۱۱)؛ از این رو، در این پژوهش قصد داریم به بررسی اثرهای فعالیت‌های ورزشی متفاوت از لحاظ میزان بار شناختی، بر تغییرات هر چهار نوع امواج مغزی بپردازیم که شاخص‌های مهمی در تعیین سطح فعالیت مغز هستند. به نظر می‌رسد که بررسی نقش مغز و مطالعه کنترل رفتار انسان در حیطه فیزیولوژی روانی توسط تکنیک ویژه الکتروانسفالوگرافی (EEG)، ارزیابی مفیدی را از پاسخ‌های مغز انسان به فعالیت‌های گوناگون به‌ویژه فعالیت‌های ورزشی ارائه کند (۳۴) و باعث درک عمیق‌تر رابطه بین ورزش با امواج مغزی و به‌دنبال آن، عملکردهای شناختی شود؛ بنابراین، سؤال اساسی که موجب انجام‌دادن این پژوهش شد، این است که آیا فعالیت‌های ورزشی با و بدون بار شناختی می‌توانند تأثیری بر امواج مغزی قشر سینگولیت داشته باشند؟ و آیا بین اثرگذاری این دو نوع فعالیت بر سیستم عصبی و مغز تفاوت وجود دارد؟

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع کاربردی، نیمه‌تجربی، میدانی و آزمایشگاهی بود که با استفاده از طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل انجام شد. شرکت‌کنندگان این پژوهش، دانشجویان دختر سالم

-
1. Frontal Midline
 2. Central Midline
 3. Parietal Midline

و کم‌تحرك دانشگاه تبریز بودند که در سال تحصیلی ۹۵-۱۳۹۴ به تحصیل مشغول بودند. برای گردآوری نمونه پژوهش از دانشجویانی که در دسترس بودند دعوت شد تا در صورت تمایل در پژوهش شرکت کنند. در یک جلسه هماهنگی، بعد از ارائه اطلاعات لازم به علاقه‌مندان شرکت در پژوهش، با توزیع و جمع‌آوری پرسش‌نامه پژوهشگر ساخته (شامل سؤال‌هایی در مورد اطلاعات فردی، پیشینه ورزشی و سابقه پزشکی)، ۳۰ نفر که شرایط لازم برای ورود به مطالعه را داشتند، به‌عنوان نمونه آماری انتخاب شدند. آن‌ها براساس جایگزینی تصادفی در دو گروه تجربی و یک گروه کنترل به تعداد یکسان قرار گرفتند. آشنایی‌نداشتن آزمودنی‌ها با ورزش ایروبیک، نداشتن فعالیت ورزشی منظم و روتین ورزشی حداقل در دو سال قبل از انجام پژوهش و نداشتن سابقه هر نوع بیماری عصبی-روانی، ضربه به سر و عمل جراحی در ناحیه جمجمه، از جمله معیارهای ورود آزمودنی‌ها به این پژوهش بودند. متوسط سنی نمونه انتخاب‌شده $1/92 \pm 22/63$ سال بود. انتخاب این تعداد نمونه برای هر گروه نیز براساس نمونه پژوهش‌های مشابه گذشته (۲۲، ۲۰) انجام شد. همچنین، در کتاب‌های آماری ذکر شده است که در پژوهش‌های نیمه‌تجربی معمولاً بین هشت تا ۱۵ نفر شرکت داده می‌شوند (۳۵).

قبل از شروع کار، پس از شرح کامل اهداف و روش اجرای پژوهش، پرسش‌نامه سلامت عمومی^۱ (GHQ-12) به‌منظور سنجش بهداشت روانی و پرسش‌نامه آمادگی برای فعالیت بدنی^۲ (PAR-Q) برای اطمینان از توانایی شرکت‌کنندگان گروه‌های تجربی برای شرکت و به‌اتمام‌رساندن دوره تمرینی، بین آنان توزیع و جمع‌آوری شد. همچنین، در جلسه توجیهی، همه شرکت‌کنندگان بر گه رضایت‌نامه شرکت در پژوهش را امضا کردند و به آنان اطمینان داده شد که در صورت رضایت‌نداشتن یا احساس هرگونه فشار می‌توانند از فرایند پژوهش خارج شوند. ابزار اصلی استفاده‌شده در این پژوهش، دستگاه الکتروانسفالوگرافی دیجیتالی Scan LT بود که برای ثبت امواج مغزی به‌کار برده شد. در این پژوهش سیگنال‌ها و امواج مغزی با استفاده از الکترودهای موجود در کلاه مخصوص، براساس الگوی استاندارد ۱۹ کانالی سیستم بین‌المللی ۲۰-۱۰ دریافت شدند و با نرخ نمونه‌گیری ۲۵۶۳ هرتز ثبت شدند. برای اجرای ثبت، ابتدا گوش‌ها و پوست سر افراد با الکل طبی تمیز شد و الکترودهای مرجع (A1 و A2) به لاله گوش‌ها متصل شد. سپس، کلاه مخصوص ثبت EEG روی سر هر فرد قرار گرفت و پس از تزریق الکتروژل^۳ به درون الکترودهای مرجع و الکترودهای واقع در کلاه، امواج مغزی از ۱۹ ناحیه متفاوت جمجمه در اتافی کم‌نور و کم‌صدا با چشمان باز به‌مدت حداقل پنج دقیقه ثبت شدند. در

-
1. General Health Questionnaire
 2. Physical Activity Readiness Questionnaire
 3. Sample Rate
 4. Electro- Gel

هنگام ثبت، مقاومت هر الکتروود کمتر از سه کیلو اهم نگه داشته شد و با فیلتر notch در فرکانس ۵۰ هرتز، نویزهای برق شهری فیلتر شدند.

بعد از به عمل آمدن ثبت EEG در مرحله پیش‌آزمون، شرکت‌کنندگان هر دو گروه تجربی به مدت پنج هفته (۱۶ جلسه) در دو نوع مداخله تمرینی متفاوت (ورزش با و بدون بار شناختی) قرار گرفتند. علت انتخاب پنج هفته این بود که نشان داده شده است تأثیر ورزش در مدت یک هفته نیز می‌تواند ظاهر شود، اما بیشتر پاسخ‌ها برای ظهور به مدت زمان طولانی‌تری (سه تا ۱۲ هفته) نیاز دارند (۳۶).

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که یادگیری حرکتی درگیر با حرکات پیچیده و آکروباتیک، برخلاف ورزش هوازی که به استفاده مکرر از سیناپس در طول تمرین نیاز دارد، موجب توسعه سیناپس‌های جدید در مناطق متفاوتی از مغز می‌شود (۲۶، ۲۵)؛ بر همین اساس، در این پژوهش از یک فعالیت استقامتی دویدن برای گروه بدون بار شناختی و از آموزش و تمرین زنجیره‌های ورزش ایروبیکی برای گروه با بار شناختی استفاده شد. شیوه اعمال بار شناختی در این پژوهش مشابه با مطالعه چانگ^۱ و همکاران (۳۷) بود. آن‌ها به مقایسه عملکردهای شناختی بین ورزشکاران دوی ماراتن با ورزشکاران رشته ووشو که حرکات پیچیده و هماهنگ انجام می‌دادند، پرداختند. همچنین، مورثو^۲ و همکاران (۲۹) اثرهای فعالیت دویدن و آموزش تکنیک‌های کشتی بر عملکردهای شناختی را مقایسه کردند.

پروتکل فعالیت ورزشی بدون بار شناختی که دربرگیرنده یک فعالیت استقامتی بود، شامل گرم کردن و انجام دادن حرکات کششی به مدت ۱۰ دقیقه و سپس، راه رفتن و دویدن با شدت ۸۵-۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب به مدت ۴۰ دقیقه و در قالب دو مرحله متوالی ۲۰ دقیقه‌ای با فاصله استراحت پنج دقیقه در بین مرحله‌هاست. در این برنامه تمرینی، آزمودنی با کنترل آزمونگر به مدت ۱۰ دقیقه به حرکات کششی می‌پرداخت و پس از آن به دویدن شروع می‌کرد. به آزمودنی گفته شد که براساس دامنه ضربان قلبی (برآورد براساس فرمول حداکثر ضربان قلب فردی {سن - ۲۲۰}) (۳۸) که برای او تعیین شده است و از طریق ضربان‌سنجی که به بدن او وصل شده است (بلت و ساعت ضربان‌سنج پلار مدل Ceo537) به دویدن ادامه دهد؛ به طوری که ضربان او از ۷۰ درصد پایین‌تر نرود و از ۸۵ درصد تجاوز نکند. در پایان نیز پنج دقیقه سرد کردن در نظر گرفته شد.

برای اجرای پروتکل فعالیت ورزشی با بار شناختی نیز که شامل تمرین زنجیره‌های ایروبیکی بود، شرکت‌کنندگان در این پژوهش تمرین را از زنجیره‌های ساده‌تر که مربی مجرب آن را اجرا می‌کرد، شروع کردند و به تدریج بر پیچیدگی زنجیره‌ها اضافه شد. برای تعیین شدت تمرین در گروه ایروبیکی

-
1. Chang
 2. Moreau

کمی EEG استفاده شد. این تبدیل لگاریتمی در تمامی مقادیر توان مطلق انجام شد که به تأیید طبیعی شدن داده‌ها با استفاده از آزمون ذکر شده منجر شد ($P > 0.05$). در جدول شماره یک، اطلاعات توصیفی مربوط به مقادیر فعالیت الکتریکی مغز شرکت‌کنندگان گروه-های مداخله و کنترل در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون ارائه شده است.

جدول ۱- اطلاعات توصیفی مقادیر فعالیت الکتریکی مغز بر اساس دامنه موج (میکرو ولت) در سه گروه

نواحی	امواج مغزی	گروه	پیش‌آزمون		پس‌آزمون	
			میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد
دلته		ورزش بدون بار شناختی	۱/۱۹	۰/۰۸	۱/۰۹	۰/۰۵
			۱/۱۶	۰/۰۸	۱/۰۸	۰/۰۷
			۱/۱۴	۰/۰۸	۱/۱۳	۰/۰۸
Fz	تتا	ورزش بدون بار شناختی	۱/۰۱	۰/۱۰	۱/۰۱	۰/۰۹
			۰/۹۸	۰/۱۰	۱/۰۱	۰/۰۹
			۰/۹۵	۰/۱۳	۰/۹۶	۰/۱۳
آلفا		ورزش بدون بار شناختی	۰/۷۶	۰/۱۳	۰/۷۵	۰/۱۵
			۰/۷۹	۰/۲۰	۰/۷۴	۰/۱۵
			۰/۷۰	۰/۲۰	۰/۷۱	۰/۲۰
بتا		ورزش بدون بار شناختی	۰/۷۸	۰/۱۴	۰/۷۹	۰/۱۷
			۰/۸۱	۰/۱۰	۰/۸۴	۰/۱۲
			۰/۷۲	۰/۱۵	۰/۷۳	۰/۱۶
دلته		ورزش بدون بار شناختی	۱/۱۲	۰/۱۰	۱/۱۴	۰/۱۰
			۱/۱۹	۰/۰۵	۱/۱۶	۰/۰۵
			۱/۱۹	۰/۰۹	۱/۱۸	۰/۱۰
Cz	تتا	ورزش بدون بار شناختی	۱/۰۰	۰/۰۷	۱/۰۴	۰/۰۶
			۱/۰۲	۰/۰۸	۱/۰۵	۰/۰۷
			۱/۰۰	۰/۰۸	۱/۰۱	۰/۰۹

1. Absolute Power

ادامه جدول ۱- اطلاعات توصیفی مقادیر فعالیت الکتریکی مغز براساس دامنه موج (میکرو ولت) در سه

گروه

نواحی	امواج مغزی	گروه	پیش آزمون		پس آزمون	
			میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد
آلفا			۰/۷۷	۰/۱۴	۰/۸۳	۰/۱۲
			۰/۷۹	۰/۲۰	۰/۸۴	۰/۲۱
			۰/۷۷	۰/۲۱	۰/۷۸	۰/۲۰
بتا			۰/۸۰	۰/۱۳	۰/۸۵	۰/۱۶
			۰/۸۶	۰/۱۴	۰/۸۹	۰/۱۳
			۰/۷۸	۰/۱۸	۰/۷۹	۰/۱۸
دلتا			۱/۱۶	۰/۰۹	۱/۱۶	۰/۰۸
			۱/۱۵	۰/۰۶	۱/۱۳	۰/۰۵
			۱/۱۸	۰/۰۷	۱/۱۸	۰/۰۸
Pz	تتا		۰/۸۹	۰/۰۶	۰/۹۴	۰/۰۸
			۰/۹۲	۰/۰۶	۰/۹۲	۰/۰۵
			۰/۹۳	۰/۰۹	۰/۹۴	۰/۰۹
آلفا			۰/۷۷	۰/۱۴	۰/۸۵	۰/۱۵
			۰/۷۵	۰/۲۰	۰/۸۳	۰/۲۰
			۰/۷۹	۰/۲۰	۰/۸۰	۰/۲۰
بتا			۰/۸۳	۰/۱۸	۰/۸۳	۰/۱۶
			۰/۸۳	۰/۱۵	۰/۸۲	۰/۱۴
			۰/۷۸	۰/۱۹	۰/۷۹	۰/۱۷

در ادامه برای بررسی وجود یا نبود تفاوت در پیش آزمون‌ها از آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه استفاده شد که با توجه به وجود تفاوت معنادار در برخی پیش آزمون‌ها، از روش تحلیل کوواریانس چندمتغیره استفاده شد که در آن نمره‌های پیش آزمون به‌عنوان کووریت در نظر گرفته می‌شوند.

امواج مغزی ناحیه Fz

ابتدا اثرهای تمرین بر امواج مغزی ناحیه Fz بررسی شد. بدین‌منظور، بررسی‌های مقدماتی برای اطمینان از تخطی‌نشدن از مفروضه‌های روش تحلیل کوواریانس چندمتغیره انجام شد و آزمون لوین شرط برابری واریانس‌ها را تأیید کرد ($P > 0.05$). در بررسی مفروضه همگنی شیب رگرسیون نیز اثر متقابل متغیرهای همپراش با گروه ارزیابی شد و با توجه به معنادار نبودن آن ($P > 0.05$)، این پیش-فرض نیز تحقق یافت. برای بررسی تجانس بین کوواریانس‌ها از آزمون ام.باکس استفاده شد که سطح

معناداری این آزمون ($P > 0.05$) نیز نشان داد کوواریانس‌ها از تجانس برخوردارند. همچنین نتایج آزمون کرویت بارتلت به لحاظ آماری معنادار بود ($P < 0.05$) که نشان‌دهنده همبستگی کافی بین متغیرهای وابسته بود. در ادامه، معنادار شدن آزمون چندمتغیره لامبدای ویکلز ($F = 0.4$ ضریب اتا $P = 0.03$, $F = 3.23$) نشان داد که تفاوت معناداری حداقل در یکی از متغیرهای بررسی شده وجود دارد. نتایج حاصل از آزمون تحلیل کوواریانس برای هر یک از امواج مغزی در جدول شماره دو ارائه شده است.

جدول ۲- خلاصه نتایج آزمون تحلیل کوواریانس در امواج مغزی ناحیه Fz

امواج مغزی	درجه آزادی	F	سطح معناداری	مجدور اتا
دلتا	۲	۱۰/۳۸	۰/۰۰۱	۰/۴۷
تتا	۲	۰/۰۵	۰/۹۵	۰/۰۰۴
آلفا	۲	۱/۳۵	۰/۲۸	۰/۱۱
بتا	۲	۰/۵۵	۰/۵۸	۰/۰۵

همان‌طور که مشاهده می‌شود، اثر اصلی مداخله به غیر از موج مغزی دلتا در سایر امواج معنادار نیست. برای تعیین محل تفاوت از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد که نتایج آن در جدول شماره سه ارائه شده است.

جدول ۳- نتایج آزمون بونفرونی برای تعیین تفاوت بین میانگین گروه‌ها در موج مغزی دلتا

ناحیه	موج مغزی	گروه‌ها	تفاوت میانگین‌ها	خطای استاندارد	سطح معناداری
Fz	دلتا	ورزش بدون بار شناختی-کنترل	-۰/۰۷۸	۰/۰۲	۰/۰۰۱
		ورزش با بار شناختی-کنترل	-۰/۰۶۹	۰/۰۲	۰/۰۰۳
		ورزش بدون بار شناختی-ورزش با بار شناختی	-۰/۰۰۹	۰/۰۲	۱/۰۰

براساس جدول شماره سه، هر دو مداخله تمرینی موجب کاهش موج دلتا در ناحیه Fz شده است.

امواج مغزی ناحیه Cz

برای بررسی اثرهای تمرین بر امواج مغزی ناحیه Cz نیز از آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیره استفاده شد که بعد از بررسی مفروضه‌های آن، معنادار شدن آزمون چندمتغیره لامبدای ویکلز

(0.23 = ضریب اتا, $F = 1.52$, $P = 0.18$) نشان داد که تفاوت معناداری در متغیرهای بررسی شده وجود ندارد.

امواج مغزی ناحیه Pz

برای بررسی اثرهای تمرین بر امواج مغزی ناحیه Pz نیز پس از تحقق پیش فرض‌های لازم از آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیره استفاده شد. در ادامه، معنادار شدن آزمون چندمتغیره لامبدای ویکلز ($F = 3.28$, $P = 0.03$) بار دیگر نشان داد که تفاوت معناداری حداقل در یکی از امواج مغزی بررسی شده وجود دارد. نتایج حاصل از آزمون تحلیل کوواریانس در جدول شماره چهار ارائه شده است.

جدول ۴- خلاصه نتایج آزمون تحلیل کوواریانس در امواج مغزی ناحیه Pz

امواج مغزی	درجه آزادی	F	سطح معناداری	مجذور اتا
دلتا	۲	۱/۲	۰/۳۲	۰/۰۹
تتا	۲	۲/۱۷	۰/۱۴	۰/۱۶
آلفا	۲	۵/۲	۰/۰۱۴	۰/۳۱
بتا	۲	۰/۱۵	۰/۸۶	۰/۰۱

همان‌طور که مشاهده می‌شود، اثر اصلی مداخله بر موج مغزی آلفا معنادار است و در سایر امواج معنادار نیست. برای تعیین محل تفاوت از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد که نتایج آن در جدول شماره پنج ارائه شده است.

جدول ۵- نتایج آزمون بونفرونی برای تعیین تفاوت بین میانگین گروه‌ها در موج مغزی آلفا

ناحیه	موج مغزی	گروه‌ها	تفاوت میانگین‌ها	خطای استاندارد	سطح معناداری
Pz	آلفا	ورزش بدون بار شناختی-کنترل	۰/۰۷۲	۰/۰۲	۰/۰۲۸
		ورزش با بار شناختی-کنترل	۰/۰۶۹	۰/۰۲	۰/۰۳۲
		ورزش بدون بار شناختی-ورزش با بار شناختی	۰/۰۰۳	۰/۰۲	۱/۰۰

براساس جدول شماره پنج، هر دو مداخله تمرینی موجب افزایش موج آلفا در ناحیه Pz شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر اثر فعالیت ورزشی با سطوح متفاوت بار شناختی بر نواحی Cz، Fz و Pz مغز بررسی شد که این نواحی با فعالیت قشر سینگولیت مغز مرتبط هستند. نتایج نشان داد که در شرکت‌کنندگان هر دو گروه تجربی، موج مغزی دلتا در ناحیه Fz کاهش یافت و موج مغزی آلفا در ناحیه Pz از نظر آماری افزایش معناداری داشت. این نتایج بیانگر تحریک شدن نورون‌های قشری در اثر ورزش است؛ زیرا، مشاهده افزایش یا کاهش هر موج مغزی، بازتاب تغییرات ریتمیک فعالیت الکتریکی هم‌زمان گروهی از نورون‌ها با یکدیگر است (۴۰). در بیشتر پژوهش‌هایی که در آن‌ها اثر ورزش بر فعالیت الکتریکی بررسی شده است، افزایش فعالیت آلفا در نواحی متفاوتی از سطح قشر مغز گزارش شده است؛ به طوری که طبق نتایج مطالعه‌ای مروری، توان مطلق آلفا در حین و بلافاصله بعد از ورزش در مقایسه با حالت استراحت و گروه شاهد، در اغلب مطالعات افزایش داشته است (۴۱). موج آلفا با مدیتیشن و حس سکوت درونی یا آرامش مرتبط است و مغز را به وضعیت کندی و ریلکسی انتقال می‌دهد و در طی هوشیاری مشاهده می‌شود (۱۱). پاسخ طبیعی مغز به استرس، کاهش آلفاست؛ زیرا، در زمان استرس مغز با سرعت زیادی کار می‌کند؛ بنابراین، موج آلفا کاهش می‌یابد (۴۲). بین فعالیت آلفا و تفکر خلاق نیز رابطه وجود دارد (۴۳). همچنین، براساس شواهد الکتروفیزیولوژیکال، این ریتم نقش فعال و مهمی را در فرایندهای شناختی ایفا می‌کند؛ به طوری که افراد با فرکانس آلفای بیشتر، از حافظه یا هوش بیشتری برخوردار هستند (۱۴، ۱۳) افزایش فرکانس آلفا حاکی از تغییر در گوش‌به‌زنگی یا توجه نیز می‌تواند باشد (۱، ۱۸).

به طور کلی، جایگاه آشکار شدن موج مغزی آلفا در حالت طبیعی، بیشتر در لوب‌های پس‌سری و آهیانه است (۴۴). در این مطالعه نیز افزایش در ناحیه Pz مشاهده شد که از نواحی لوب آهیانه است و احتمالاً باعث کاهش فراموشی و افزایش نشاط در فرد می‌شود (۱۰). افزایش مشابه در فعالیت موج مغزی آلفا در نواحی لوب آهیانه در اثر تمرین کاراته و ژیمناستیک (۴۵) و دوی استقامتی مزمن (۱۰) مشاهده شده است. همچنین، فعالیت فیزیکی حاد شامل پروتکل دوچرخه‌سواری با شدت متوسط باعث افزایش فعالیت موج مغزی آلفا در نواحی لوب آهیانه شده است (به نقل از ۴۱). در پژوهشی که مرز و همکاران (۴۶) انجام داده‌اند نیز اثرهای حاد تمرین اینتروال با شدت زیاد موجب افزایش توان موج مغزی آلفا دو در نواحی آهیانه (Pz و P3) شد. در پژوهشی که نیازی و همکاران (۴۷) در سال ۲۰۱۸ انجام دادند، اثرهای کوتاه‌مدت و بلندمدت ورزش هوازی بر پارامترهای الکتروانسفالوگرام

1. Merz
2. Niazi

بررسی شد. اثر حاد ورزش پس از یک جلسه تمرین و اثر مزمن آن پس از شش هفته تمرین (۱۸ جلسه) ارزیابی شد. نتایج نشان داد که هر دو نوع روش تمرینی بر ویژگی‌های الکتروانسفالوگرام اثربخش است. همچنین، نشان داده شده است که تغییرات در فعالیت الکتریکی مغز به نواحی خاصی از مغز مربوط نیست و در این زمینه تفاوت درخور توجهی بین مناطق متفاوت مغزی یافت نشده است (۴۱).

یافته‌های پژوهش حاضر با بخشی از نتایج مطالعه لاردون و پالیچ (۳۰) همسو و با بخشی دیگر از این پژوهش ناهم‌سوست. در پژوهش آن‌ها که به منظور بررسی اثر فعالیت فیزیکی طولانی مدت بر عملکرد الکتریکی مغز صورت گرفت، به مقایسه گروهی که به‌طور منظم ورزش می‌کردند، با گروه شاهد پرداخته شد. نتایج نشان داد که باند دلتا در گروه ورزشی کمتر و در سایر باندها بیشتر از گروه کنترل است. نتایج مطالعه حاضر با نتایج به‌دست آمده از امواج آلفا و دلتا در این پژوهش همسو، اما با نتایج مربوط به امواج بتا و تتا ناهم‌سوست. این تفاوت در نتایج می‌تواند به دلیل بیشتر بودن سابقه ورزشی شرکت‌کنندگان پژوهش لاردون و پالیچ نسبت به شرکت‌کنندگان مطالعه حاضر باشد؛ زیرا، مشاهده شده است در طول زمان و با تعداد جلسه‌های ورزشی بیشتر ممکن است تغییرات بیشتر و باثبات‌تری در سیستم عصبی و مغز رخ دهد (۴۸). در پژوهشی دیگر، حسینی و همکاران (۱۹) به مقایسه گروهی که روزانه یک ساعت و به مدت دو هفته روی تردمیل ورزش داده شده بود، با گروه شاهد پرداختند. نتایج این مطالعه نیز نشان داد که در گروه ورزش داده‌شده، وقوع امواج آلفا، بتا و تتا افزایش داشتند و امواج دلتا کاهش معناداری نسبت به گروه کنترل داشته است. این ناهمخوانی نتایج در مورد امواج مغزی تتا و بتا را نیز می‌توان به متفاوت بودن روش و اجرای پژوهش نسبت داد؛ زیرا، در پژوهش حسینی و همکاران از موش‌های صحرایی نر استفاده شده بود و بدون انجام آزمون اولیه (پیش‌آزمون)، تنها در پایان دوره تمرینی، EEG عمقی با قراردادن الکترودهای مخصوص در استخوان‌های پاریتال و فرونتال سوراخ‌شده حیوانات ثبت شده بود، اما پژوهش حاضر روی مدل انسانی با استفاده از EEG سطحی و با مقایسه مقادیر به‌دست‌آمده از دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام شده است.

برای درک بهتر رابطه فعالیت بدنی با امواج مغزی متفاوت، شواهد درخور توجهی نشان می‌دهند که ترشح استیل‌کولین در نئوکورتکس، نقش حیاتی در فعالیت الکتریکی امواج سریع و پرفرکانس در مقایسه با امواج کند و کم‌فرکانس ایفا می‌کند (۴۹)؛ این در حالی است که فعال شدن نورون‌های قشری در اثر ورزش، بیشتر به امواج آلفا و بتا مربوط است (۵۰). در پژوهش‌های علیجانپور و همکاران (۱۰) گیماریس و همکاران (۲۲) نیز نشان داده شد که ورزش به افزایش هر دو موج مغزی آلفا و بتا منجر

می‌شود که در مورد موج مغزی بتا با پژوهش حاضر همخوانی ندارند. این تناقض در نتایج، علاوه بر وجود مغایرت در برخی متغیرهای روش‌شناسی از جمله شدت، مدت و نوع پروتکل تمرینی، به تفاوت در جنسیت شرکت‌کنندگان پژوهش نیز می‌تواند نسبت داده شود؛ زیرا، از همان ابتدا نشان داده شده است که مغز زنان و مردان از هر دو جنبه عملکردی و ساختاری با هم متفاوت است (۵۱) و این تفاوت‌های مغزی مرتبط با جنسیت بر فعالیت الکتروانسفالوگرافی آن اثر می‌گذارد؛ به طوری که الگوی فعالیت مغز زنان در پاسخ به یک نوع ورزش می‌تواند متفاوت با پاسخ مردان به همان نوع ورزش باشد (۵۲)؛ این در حالی است که در پژوهش‌های ذکر شده از شرکت‌کنندگان مرد استفاده شده بود، اما در این پژوهش زنان شرکت‌کنندگان را تشکیل دادند. تفاوت بین میزان فعالیت موج بتا در زنان و مردان می‌تواند با ساختار قشر مغز مانند جهت و اتصالات سلول‌های هرمی کورتکس، تعداد سلول‌های عصبی کورتکس و تعداد سیناپس‌ها مرتبط باشد (۵۲).

همچنین، در تبیین دیگر یافته‌های پژوهش حاضر چنین فرض شده است که تولید موج مغزی آلفا با انتشار سروتونین رابطه مستقیمی دارد. در واقع، با افزایش سطح سروتونین خون و تقویت سیستم سروتونرژیک در ساقه مغز، فعالیت قشر مغزی کاهش می‌یابد و موج مغزی آلفا افزایش پیدا می‌کند (۵۳)؛ این در حالی است که بهبود افسردگی و احساس سرخوشی ناشی از تمرین‌های جسمانی را به افزایش سطح سروتونین نسبت داده‌اند که تا هفته‌ها ثابت باقی می‌ماند (۵۴)؛ بنابراین، احتمال دارد افزایش موج مغزی آلفا در این پژوهش به افزایش فعالیت سیستم سروتونرژیک و افزایش سطح سروتونین در مغز مربوط باشد. همچنین، فرض شده است که تمرین‌های ورزشی با افزایش جریان خون مغزی، می‌تواند فعالیت EEG را تحت تأثیر قرار دهد (۳۰). گزارش شده است که امواج دلتا در نواحی فرونتال با جریان و سوخت‌وساز خون منطقه‌ای در مناطق فرونتال همبستگی دارد (به نقل از ۵۵). زمانی که یک کاهش در جریان خون مغزی در اثر کمبود اکسیژن در مغز روی می‌دهد، به طور معمول یک افزایش در فعالیت باند دلتا و یک کاهش در فعالیت باندهای آلفا و بتا مشاهده می‌شود (۵۶، ۳۰)؛ بنابراین، در این پژوهش نیز ممکن است افزایش جریان خون مغزی و رسیدن اکسیژن بیشتر به مغز در اثر ورزش، به کاهش باند دلتا و افزایش باند آلفا منجر شده باشد. کاهش امواج آهسته دلتا در نواحی فرونتال می‌تواند باعث افزایش کارکرد این قسمت شود و زمینه افزایش کارکردهای اجرایی مغز نظیر توجه و تمرکز، حافظه، استدلال و تصمیم‌گیری را فراهم آورد (۵۷).

همچنین، در این مطالعه سعی بر این بود تا به مقایسه اثر فعالیت ورزشی با و بدون بار شناختی بر تغییرات امواج مغزی قشر سینگولیت پرداخته شود که نتایج آماری تفاوتی بین میزان اثربخشی این دو پروتکل ورزشی بر فعالیت الکتریکی مغز نشان نداد؛ به عبارتی دیگر، هر دو نوع فعالیت به یک اندازه

بر متغیرهای پژوهش تأثیر داشته است که علت آن ممکن است هوازی بودن هر دو برنامه تمرینی استفاده شده در این پژوهش باشد؛ باوجوداین، در بررسی ادبیات پژوهش در داخل و خارج از کشور، مطالعه همسویی که به بررسی اثر فعالیت‌های ورزشی مختلف از نظر میزان بار شناختی بر تغییرات الکتروانسفالوگرافی پیردازد یافت نشد؛ بنابراین، مقایسه کامل بین یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های پیشین میسر نبود، اما در پژوهش‌های بایلی (۲۵) و چانگ و همکاران (۳۷) نتایج حاکی از نبود تفاوت معنادار بین میزان اثربخشی فعالیت‌های بدنی با و بدون بار شناختی بر عملکردهای شناختی بود که با نتایج پژوهش حاضر همسوست؛ بااین حال، انجام پژوهش‌های بیشتری در این زمینه لازم است.

در پایان می‌توان گفت که فعالیت‌های ورزشی ممکن است باعث ایجاد تغییراتی در سطح قشر مغزی و فعالیت الکتریکی نوروهای آن شود؛ بنابراین، با به‌کارگیری مداوم فعالیت‌های ورزشی و با در نظر گرفتن سازگاری‌هایی که در قشر مغزی به وجود می‌آورد، می‌توان شرایط بهبود عملکرد سیستم عصبی و مغز را فراهم آورد که در این مورد لازم است مطالعات بیشتری انجام گیرد؛ از این رو، پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های مشابه آینده با تعداد جلسه‌های بیشتر و با در نظر گرفتن عوامل جمعیت‌شناختی از جمله سن و جنسیت انجام شود. از محدودیت‌های پژوهش حاضر تفاوت‌های ژنتیکی، شرایط روانی، وضعیت تغذیه، خواب و استراحت شرکت‌کنندگان مطالعه بود.

پیام مقاله: می‌توان گفت که بهره‌گیری از هر نوع فعالیت ورزشی (با و بدون بار شناختی) احتمالاً بتواند باعث ایجاد تغییراتی در فعالیت الکتریکی سلول‌های عصبی، به‌ویژه در نواحی قشر سینگولیت شود و سازگاری‌هایی را در دستگاه عصبی به وجود آورد.

منابع

1. St-Louis-Deschenes M, Moore R, Ellemberg D. The effect of acute aerobic exercise on spontaneous brain activity in children. *Pediat Therapeut*. 2015;5(1):1-4.
2. Smith AM, Spiegler KM, Sauce B, Wass CD, Sturzoiu T, Matzel LD. Voluntary aerobic exercise increases the cognitive enhancing effects of working memory training. *Behav Brain Res*. 2013;256:626-35.
3. Ogoh S, Ainslie PN. Cerebral blood flow during exercise: Mechanisms of regulation. *J Appl Physiol*. 2009;107(5):1370-80.
4. Van der Borgh K, Kóbor-Nyakas DÉ, Klauke K, Eggen BJ, Nyakas C, Van der Zee EA, et al. Physical exercise leads to rapid adaptations in hippocampal vasculature: temporal dynamics and relationship to cell proliferation and neurogenesis. *Hippocampus*. 2009;19(10):928-36.

5. Cotman CW, Berchtold NC. Exercise: A behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends Neurosci.* 2002;25(6):295-301.
6. Gordon BA, Rykhlevskaia EI, Brumback CR, Lee Y, Elavsky S, Konopack JF, et al. Neuroanatomical correlates of aging, cardiopulmonary fitness level, and education. *Psychophysiology.* 2008;45(5):825-38.
7. Johnson NF, Kim C, Clasey JL, Bailey A, Gold BT. Cardiorespiratory fitness is positively correlated with cerebral white matter integrity in healthy seniors. *Neuroimage.* 2012;59(2):1514-23.
8. Piepmeyer AT, Etnier JL. Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) as a potential mechanism of the effects of acute exercise on cognitive performance. *J Sport Health Sci.* 2015;4(1):14-23.
9. Valim V, Natour J, Xiao Y, Pereira AFA, da Cunha Lopes BB, Pollak DF, et al. Effects of physical exercise on serum levels of serotonin and its metabolite in fibromyalgia: A randomized pilot study. *Rev Bras Reumatol.* 2013;53(6):538-41.
10. Alijanpour N, Kazemi A, Akbari M, Ashayeri H. The comparison of brain's cortex electrical activity between endurance runners and sedentary men during rest period. *J Exerc Physiol Physic Activ.* 2014;6(13):1037-44. (In Persian).
11. Demos JN. Getting started with neurofeedback. New York: WW Norton & Company; 2005. p. 48-9.
12. Vernon DJ. Can neurofeedback training enhance performance? An evaluation of the evidence with implications for future research. *Appl Psychophysiol Biofeedback.* 2005;30(4):347-64.
13. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Res Brain Res Rev.* 1999;29(2-3):169-95.
14. Doppelmayr M, Klimesch W, Stadler W, Pöllhuber D, Heine C. EEG alpha power and intelligence. *Intelligence.* 2002;30(3):289-302.
15. Engel A K, Fries P. Beta-band oscillations-signalling the status quo? *Curr Opin Neurobiol.* 2010;20(2):156-65.
16. Luu P, Tucker D M, Makeig S. Frontal midline theta and the error-related negativity: neurophysiological mechanisms of action regulation. *Clin Neurophysiol.* 2004;115(8):1821-35.
17. Knyazev G G. EEG delta oscillations as a correlate of basic homeostatic and motivational processes. *Neurosci Biobehav Rev.* 2012;36(1):677-95.
18. Smit AS, Eling PA, Hopman MT, Coenen AM. Mental and physical effort affect vigilance differently. *Int J Psychophysiol.* 2005;57(3):211-17.
19. Hosseini M, Sharifi MR, Ataei R, Alaei H. The effect of physical activity on spontaneous electroencephalographic activity in rat. *J Kerman U Med Sci.* 2006;13(4):215-22. (In Persian).
20. 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 Plast.* 2015; 2015:1-6.

21. Woo M, Kim S, Kim J, Petruzzello SJ, Hatfield BD. Examining the exercise-affect dose-response relationship: Does duration influence frontal EEG asymmetry? *Int J Psychophysiol.* 2009;72(2):166-72.
22. Guimaraes TT, da Costa BM, Cerqueira LS, Serdeiro AdCA, Pompeu FAMS, de Moraes HS, et al. Acute effect of different patterns of exercise on mood, anxiety and cortical activity. *Arch Neurosci.* 2015;2(1):e18781.
23. Tomporowski PD, McCullick B, Pendleton DM, Pesce C. Exercise and children's cognition: the role of exercise characteristics and a place for metacognition. *J Sport Health Sci.* 2015;4(1):47-55.
24. Rahe J, Becker J, Fink GR, Kessler J, Kukulja J, Rahn A, et al. Cognitive training with and without additional physical activity in healthy older adults: Cognitive effects, neurobiological mechanisms, and prediction of training success. *Front Aging Neurosci.* 2015; 7:187-95.
25. Bailey EK, Douglas T, Wolff D, Bailey S. Coordinated and aerobic exercise do not improve attention in graduate students. *Open Sports Sci J.* 2014;7:203-07.
26. Black JE, Isaacs KR, Anderson BJ, Alcantara AA, Greenough WT. Learning causes synaptogenesis, whereas motor activity causes angiogenesis, in cerebellar cortex of adult rats. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1990;87(14):5568-72.
27. Eskandarnejad M. Help and teach aerobic basic movements. 4th ed. Tabriz: Akhtar; 2015. 13-4. (In Persian).
28. Abedi A, Kazemi F, Shooshtari M. Investigation of effects of aerobic exercise on improving executive functions and attention of children with neuropsychological learning disabilities. *J Learn Disabil.* 2014;4(2):121-8. (In Persian).
29. Moreau D, Morrison AB, Conway ARA. An ecological approach to cognitive enhancement: Complex motor training. *Acta Psychologica.* 2015;157(2015):44-55.
30. Lardon MT, Polich J. EEG changes from long-term physical exercise. *Biol Psychol.* 1996;44(1):19-30.
31. Perez L, Padilla C, Parmentier FB, Andres P. The effects of chronic exercise on attentional networks. *Plos One.* 2014;9(7):101478.
32. Behzadnia B. Comparison the influence of Aerobic and Hip-hop training methods on the psychological well-being in male Students. [Master's thesis]: Urmia. Urmia University; 2010. (In Persian).
33. Haghiri H, Mehraein P, Mehdizadeh M. Sexual dimorphism in volume and surface anatomical parameters of cingulate cortex in normal human brains: A stereologic and macroscopic study. *J Gorgan Univ Med Sci.* 2005;7(1):1-5. (In Persian).
34. Thompson T, Steffert T, Ros T, Leach J, Gruzelier J. EEG applications for sport and performance. *Methods.* 2008; 45(4): 279-88.
35. Delavar A. Educational and Psychological Research. 4th ed. Tehran: Virayesh; 2008. p. 97-8. (In Persian).
36. Shayan A, Bagherzadeh F, Shahbazi M, Choobineh S. The effect of two types of exercise (endurance and resistance) on attention and brain derived neurotropic factor levels in sedentary students. *J Dev Mot Learn.* 2015;6(4):433-52. (In Persian).
37. Chang ECH, Chu CH, Karageorghis CI, Wang CC, Tsai JHC, Wang YS, et al. Relationship between mode of sport training and general cognitive performance. *J Sport Health Sci.* 2017;6(1):89-95.

38. American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 9th ed. New York: Lippincott Williams & Wilkins; 2013. p. 82-3.
39. Eskandarnejad M, Ashkriz N. Learning Step by Step of Aerobics and stepp. Tabriz: Publishing of Tabriz University; 2018. p. 180-2. (In Persian).
40. Barati Dowom P, Roshanaei K, Darvishi M. Neurophysiological mechanism of sleep and wakefulness regulation. The Neuroscience Journal of Shefaye Khatam. 2015;3(3):121-35. (In Persian).
41. Crabbe JB, Dishman RK. Brain electrocortical activity during and after exercise: a quantitative synthesis. Psychophysiology. 2004;41(4):563-74.
42. Marshall AC, Cooper NR, Segrave R, Geeraert N. The effects of long-term stress exposure on aging cognition: a behavioral and EEG investigation. Neurobiol Aging. 2015;36(6):2136-44.
43. Fink A, Graif B, Neubauer AC. Brain correlates underlying creative thinking: EEG alpha activity in professional vs. novice dancers. NeuroImage. 2009;46(3):854-62.
44. Niedermeyer E, da Silva FL. Electroencephalography: Basic principles, clinical applications, and related fields. New York: Lippincott Williams & Wilkins; 2005. p. 775-6.
45. 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 Res Bull. 2010;81(1):149-56.
46. Merz C, Henz D, Ulrich L, Schollhorn WI. Acute effects of high-intensity interval training on EEG brain activity. Society for Psychophysiological Research; 2017 Oct 11; Vienna.
47. Amjad I, Toor HG, Niazi IK, Afzal H, Jochumsen M, Shafiq M, et al. Therapeutic effects of aerobic exercise on EEG parameters and higher cognitive functions in mild cognitive impairment patients. Int J Neurosci. 2018;129(6):1-30.
48. Wigal SB, Emmerson N, Gehricke JG, Galassetti P. Exercise: applications to childhood ADHD. J Atten Disord. 2013;17(4):279-90.
49. Dringenberg HC, Rubenstein ML, Solty H, Tomaszek S, Bruce A. Electroencephalographic activation by tacrine, deprenyl, and quipazine: cholinergic vs. non-cholinergic contributions. Eur J Pharmacol. 2002;447(1):43-50.
50. Moraes H, Ferreira C, Deslandes A, Cagy M, Pompeu F, Ribeiro P, et al. Beta and alpha electroencephalographic activity changes after acute exercise. Arq Neuropsiquiatr. 2007;65(3A):637-41.
51. Swaab DF. Sexual differentiation of the brain and behavior. Best Pract Res Clin Endocrinol Metab. 2007; 21(3):431-44.
52. Limbu N, Sinha R, Sinha M, Paudel BH. Gender based EEG before and after acute bout of aerobic exercise. Asian J Med Sci. 2015;6(2):29-34.
53. Fumoto M, Oshima T, Kamiya K, Kikuchi H, Seki Y, Nakatani Y, et al. Ventral prefrontal cortex and serotonergic system activation during pedaling exercise induces negative mood improvement and increased alpha band in EEG. Behav Brain Res. 2010;213(1):1-9.

54. Dey S, Singh R, Dey P. Exercise training: Significance of regional alterations in serotonin metabolism of rat brain in relation to antidepressant effect of exercise. *Physiol Behav.* 1992;52(6):1095-9.
55. Javanmard GH. Comparing the posterior areas of the brainwave activity in patients with schizophrenia and healthy individuals. *Urmia Med J.* 2011;22(3):176-84. (In Persian).
56. Kraaier V, Van Huffelen A, Wieneke G, Van der Worp H, Bär P. Quantitative EEG changes due to cerebral vasoconstriction. Indomethacin versus hyperventilation-induced reduction in cerebral blood flow in normal subjects. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1992;82(3):208-12.
57. Madani A, Heydari-Nasab L, Yaghoubi H, Rostami R. The effectiveness of neurofeedback with cognitive tasks on attention deficit/hyperactivity (ADHD symptoms) in adulthood. *J Clin Psychol.* 2016;7(4):59-70. (In Persian).

ارجاع دهی

اسکندرنژاد مهتا، رضائی فهیمه. اثر فعالیت بدنی با سطوح مختلف بار شناختی بر امواج مغزی قشر سینگولیت. رفتار حرکتی. تابستان ۱۳۹۹؛ ۱۲(۴۰): ۳۶-۱۷. شناسه دیجیتال: 10.22089/mbj.2019.5244.1613

Eskandarnejad M, Rezaei F. The Effect of Physical Activity with Different Levels of Cognitive Load on the Cingulate Cortex's Brain Waves. *Motor Behavior.* Summer 2020; 12 (40):17-36. (In Persian). Doi: 10.22089/mbj.2019.5244.1613

The Effect of Physical Activity with Different Levels of Cognitive Load on the Cingulate Cortex's Brain Waves

M. Eskandarnejad¹, F. Rezaei²

1. Associate Professor of Motor Behavior, University of Tabriz (Corresponding Author)
2. Ph.D. Student of Motor Behavior, Urmia University

Received: 2017/12/10

Accepted: 2018/06/30

Abstract

Physical and cognitive activities have positive effects on cognitive functions, but have been rarely applied in combination with each other. Therefore, the aim of present study was to investigate the effect of physical activity with different levels of cognitive load on the cingulate cortex's brain waves. The present study is semi-experimental. 30 sedentary female students with an average age 22.63 ± 1.92 years were selected by convenience sampling and equally divided into three groups (physical activity without cognitive load, physical activity with cognitive load and control). The experimental groups practiced specific training program for 16 sessions, but the control group performed their daily activities. Brain waves, before and after the training program, was recorded using EEG device in resting position and with open eyes. Fz, Cz and Pz data in the Delta, Theta, Alpha and Beta brain waves were analyzed using MANCOVA and Bonferroni post-hoc test in the significant level of 0.05. The results showed a significant decrease for Delta brain wave in Fz and a significant increase for Alpha brain wave in Pz among participants into both experimental groups. On the other hand, there was no significant difference between the effects of physical activity with and without cognitive load on the cingulate cortex's brain waves. According to the findings of the present study, physical activity with and without cognitive load could possibly provide the conditions for stimulation of neurons in the cingulate cortex, which may lead to adaptation in the nervous system.

Keywords: Aerobic, Cerebral Cortex, Electroencephalography.

1. Email: m.eskandarnejad@tabrizu.ac.ir

2. Email: f.rezaei.tu@gmail.com