رفتار حرکتی دوره۱۲، شماره ۴۰، تابستان ۱۳۹۹، صص ۳۶-۱۷

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

مهتا اسکندرنژاد[1]، فهیمه رضائی[2]

۱. دانشیار رفتار حرکتی، دانشگاه تبریز (نویسندهٔ مسئول)
۲. دانشجوی دکتری رفتارحرکتی، دانشگاه ارومیه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۵

چکیده

فعالیت‌های بدنی و شناختی اثرهای مثبتی بر عملکردهای شناختی دارند، اما به‌ندرت در ترکیب با یکدیگر استفاده شده‌اند؛ ازاین رو، مطالعهٔ 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 کم‌تحرک با متوسط سنی ۱/۹۲ ± ۲۲/۶۳ 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 برنامهٔ تمرینی مخصوص به گروه خود قرار گرفتند، اما گروه کنترل به فعالیت روزانهٔ خود پرداختند. قبل و بعد از برنامهٔ 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 ناحیهٔ Fz کاهش یافت و موج مغزی آلفا در ناحیهٔ 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 نورون‌ها را در سطح قشر سینگولیت مغز فراهم آورد و باعث ایجاد سازگاری‌هایی در دستگاه عصبی شود.

واژگان کلیدی: ایروبیک، 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[1](EEG) است. الکتروانسفالوگرافی ثبت غیرتهاجمی سیگنال‌های الکتریکی مغزی دردسترس از قشر مخ است و توسط میلیاردها سلول عصبی یا نورون به‌وجود می‌آید. درواقع، 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 ازجمله سیستم عصبی و مغز به‌کار رفته است. نتایج پژوهش‌های سال‌های اخیر نشان می‌دهد که بخش عمدهٔ 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 مورفولوژی[2]سلولی را در برمی‌گیرد (۲)؛ برای مثال، گزارش شده است که ورزش سبب افزایش جریان خون در شبکه‌های مغزی (۳)، افزایش نورون‌زایی[3](۴) و شکل-پذیری مغز (۵)، افزایش تشکیلات غیرعصبی مانند عروق‌زایی[4](۴)، تراکم زیاد مادهٔ خاکستری در پیش‌پیشانی و مناطق وابسته به گیجگاه (۶)، تراکم زیاد مادهٔ سفید در جسم پینه‌ای (۷)، افزایش فاکتورهای نوروتروفیک[5](۸) و نوروترانسیمترها[6](۹) می‌شود؛ باوجوداین، مشاهده شده است اولین تغییراتی که در نتیجهٔ ورزش و فعالیت بدنی در مغز رخ می‌دهد، تغییر در فعالیت الکتریکی نورون‌هاست (به نقل از ۱۰). مغز چهار نوع موج اولیهٔ دلتا، تتا، آلفا و بتا تولید می‌کند (۱۱) که با توجه به شواهد قبلی این‌طور به‌نظر می‌رسد که ریتم‌های طبیعی مغزی و تغییرات آن‌ها با شناخت و هوش ارتباط داشته باشند؛ به‌طوری‌که 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 به‌نظر می‌رسد که در هماهنگ‌کردن 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[7]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[1] میزان هوشیاری و گوش‌به‌زنگی را افزایش می‌دهد. براساس یافته‌های پژوهش علیجانپور و همکاران (۱۰) نیز تمرین استقامتی مزمن موجب افزایش فعالیت الکتریکی امواج مغزی آلفا و بتا در همهٔ لوب‌های مغزی (پیشانی[2] آهیانه[3] گیجگاهی[4] و پس‌سری[5]) 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)؛ بااین‌حال، 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[6] و همکاران (۲۲) نشان دادند که فعالیت بتای بالا و آلفای بالا در شکنج پاراهیپوکامپ 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 کمّی پایبند هستند و طراحی مداخله‌های ورزشی خود را در درجهٔ اول براساس درنظرگرفتن 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 انجام‌دادن 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[7] 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؛ درمقابل، حیواناتی که حرکات آکروباتیک انجام می‌دادند، تعداد بیشتری از سیناپس در هر سلول پورکنژ[1] قشر 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 استفادهٔ مکرر از سیناپس در طول تمرین نیاز دارد، موجب توسعهٔ سیناپس‌های جدید در مخچه می‌شود؛ درنتیجه، 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 هماهنگ‌کردن ضرباهنگ با حرکت مخصوص به خود علاوه‌بر جسم، ذهن را نیز درگیر می‌کنند و باعث تقویت قوهٔ 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 سادهٔ ورزش ایروبیک برای تقویت کارکردهای اجرایی کودکان استفاده می‌کنند (۲۸)؛ بااین‌حال، بررسی ادبیات پژوهش نشان می‌دهد که اغلب پژوهش‌های انجام‌شده در زمینهٔ 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 حیطهٔ ورزش که فعالیت بدنی را به مولفهٔ فیزیولوژیک آن بسط داده‌اند، عامل بالقوهٔ حرکات هماهنگ و پیچیدهٔ 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 مداخلهٔ تمرینی چندهفته‌ای استفاده شده است، در صورت مشاهدهٔ اثرهای سودمند ورزش بر امواج مغزی که شاخص‌های مهمی در تعیین سطح فعالیت مغز هستند، افراد بیشتری برای استفاده از این راهبرد[2] رفتاری برای بهبود کارایی سیستم عصبی ترغیب می‌شوند؛ زیرا، با صرف زمان و انرژی کمتر از مزایای بی‌شماری بهره‌مند خواهند شد؛ بااین‌حال، با مطالعهٔ 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 درمقابل، پژوهش‌های بسیار کمی مزایای آن را در افراد جوان و سالم بررسی کرده‌اند (۳۱)؛ این درحالی است که جوانان در آینده‌ای نزدیک عهده‌دار مشاغل کلیدی خواهند بود و به‌عنوان سرمایه‌های یک کشور محسوب می‌شوند؛ بنابراین، لزوم برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری در حوزهٔ سلامت آن‌ها و اهمیت‌دادن به این موضوع ضروری به‌نظر 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 بی‌تحرکی افراد در جامعه باید هرچه‌بیشتر به جوانان توجه کرد؛ زیرا، این سن مرحله‌ای از زندگی است که رفتارها و عادات فعالیت جسمانی در طول عمر را تعیین می‌کند (۳۲). ازطرفی، به قشر سینگولیت که در بسیاری از عملکردهای مغز انسان ازجمله هیجان‌ها، انگیزش‌ها، توجه، حافظه، یادگیری و تکلم نقش دارد (۳۳)، کمتر توجه شده است و اطلاعات درمورد آن اندک است؛ این درحالی است که براساس سیستم بین‌المللی استاندارد ۱۰-۲۰ که بر پایهٔ نقشهٔ مغزی برآورد شده است، نواحی Fz[1]، Cz[2] و Pz[3] مرتبط با قشر سینگولیت مطرح شده‌اند (۱۱)؛ ازاین‌رو، 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. به‌نظر می‌رسد که بررسی نقش مغز و مطالعهٔ کنترل رفتار انسان در حیطهٔ فیزیولوژی روانی توسط تکنیک ویژهٔ الکتروانسفالوگرافی (EEG)، ارزیابی مفیدی را از پاسخ‌های مغز انسان به فعالیت‌های گوناگون به‌ویژه فعالیت‌های ورزشی ارائه کند (۳۴) و باعث درک عمیق‌تر رابطهٔ 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 کم‌تحرک دانشگاه تبریز بودند که در سال تحصیلی ۹۵-۱۳۹۴ به تحصیل مشغول بودند. برای گردآوری نمونهٔ پژوهش از دانشجویانی که دردسترس بودند دعوت شد تا در صورت تمایل در پژوهش شرکت کنند. در یک جلسهٔ هماهنگی، بعد از ارائهٔ اطلاعات لازم به علاقه‌مندان شرکت در پژوهش، با توزیع و جمع‌آوری پرسش‌نامهٔ پژوهشگرساخته (شامل سؤال‌هایی درمورد اطلاعات فردی، پیشینهٔ ورزشی و سابقهٔ پزشکی)، ۳۰ نفر که شرایط لازم برای ورود به مطالعه را داشتند، به‌عنوان نمونهٔ 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 سابقهٔ هر نوع بیماری عصبی-روانی، ضربه به سر و عمل جراحی در ناحیهٔ جمجمه، ازجمله معیارهای ورود آزمودنی‌ها به این پژوهش بودند. متوسط سنی نمونهٔ انتخاب‌شده ۱/۹۲ ± ۲۲/۶۳ سال بود. انتخاب این تعداد نمونه برای هر گروه نیز براساس نمونهٔ 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، پرسش‌نامهٔ سلامت عمومی[1] (GHQ-12) به‌منظور سنجش بهداشت روانی و پرسش‌نامهٔ آمادگی برای فعالیت‌بدنی[2](PAR-Q) برای اطمینان از توانایی شرکت‌کنندگان گروه‌های تجربی برای شرکت و به‌اتمام‌رساندن دورهٔ تمرینی، بین آنان توزیع و جمع‌آوری شد. همچنین، در جلسهٔ توجیهی، همهٔ شرکت‌کنندگان برگهٔ رضایت‌نامهٔ 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[3] ۲۵۶ هرتز ثبت شدند. برای اجرای ثبت، ابتدا گوش‌ها و پوست سر افراد با الکل طبی تمیز شد و الکترودهای مرجع (A2 و A1) به لالهٔ گوش‌ها متصل شد. سپس، کلاه مخصوص ثبت EEG روی سر هر فرد قرار گرفت و پس از تزریق الکتروژل[4] به درون الکترودهای مرجع و الکترودهای واقع در کلاه، امواج مغزی از ۱۹ ناحیهٔ متفاوت جمجمه در اتاقی 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 الکترود کمتر از سه کیلو اهم نگه داشته شد و با فیلتر notch در فرکانس ۵۰ هرتز، نویزهای برق شهری فیلتر شدند.

بعد از به‌عمل‌آمدن ثبت EEG در مرحلهٔ پیش‌آزمون، شرکت‌کنندگان هر دو گروه تجربی به‌مدت پنج هفته (۱۶ جلسه) در دو نوع مداخلهٔ 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 استفادهٔ مکرر از سیناپس در طول تمرین نیاز دارد، موجب توسعهٔ سیناپس‌های جدید در مناطق متفاوتی از مغز می‌شود (۲۶، ۲۵)؛ برهمین‌اساس، در این پژوهش از یک فعالیت استقامتی دویدن برای گروه بدون بار شناختی و از آموزش و تمرین زنجیره‌های ورزش ایروبیک برای گروه با بار شناختی استفاده شد. شیوهٔ اعمال بار شناختی در این پژوهش مشابه با مطالعهٔ چانگ[1] و همکاران (۳۷) بود. آن‌ها به مقایسهٔ عملکردهای شناختی بین ورزشکاران دوی ماراتن با ورزشکاران رشتهٔ ووشو که حرکات پیچیده و هماهنگ انجام می‌دادند، پرداختند. همچنین، مورئو[2] و همکاران (۲۹) اثرهای فعالیت دویدن و آموزش تکنیک‌های کشتی بر عملکردهای شناختی را مقایسه کردند.

پروتکل فعالیت ورزشی بدون بار شناختی که دربرگیرندهٔ یک فعالیت استقامتی بود، شامل گرم‌کردن و انجام‌دادن حرکات کششی به‌مدت ۱۰ دقیقه و سپس، راه‌رفتن و دویدن با شدت ۸۵-۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب به‌مدت ۴۰ دقیقه و در قالب دو مرحلهٔ متوالی ۲۰ دقیقه‌ای با فاصلهٔ استراحت پنج دقیقه در بین مرحله‌هاست. در این برنامهٔ تمرینی، آزمودنی با کنترل آزمونگر به‌مدت ۱۰ دقیقه به حرکات کششی می‌پرداخت و پس از آن به دویدن شروع می‌کرد. به آزمودنی گفته شد که براساس دامنهٔ 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؛ به‌طوری‌که ضربان او از ۷۰ درصد پایین‌تر نرود و از ۸۵ درصد تجاوز نکند. در پایان نیز پنج دقیقه سردکردن درنظر گرفته شد.

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

1. Chang
2. Moreau

و به‌منظور همتاسازی آن با گروه تجربی دیگر، از تعداد ضرباهنگ در یک دقیقه[1]یا Bpm موسیقی استفاده شد. در کلاس‌های ایروبیک برای نگهداری ضربان قلب در محدودهٔ هوازی (۷۰ تا ۸۵ درصد ضربان قلب بیشینه)، باید ضرباهنگ موسیقی در محدودهٔ ۱۱۰ تا ۱۲۰ (BPM) باشد و زنجیره‌های آموزش‌داده‌شده در جلسه‌های قبلی پشت‌سرهم و با یک ضرباهنگ ثابت تکرار شوند (۳۹). مدت زمان درنظرگرفته‌شده برای این پروتکل نیز ۶۰ دقیقه بود که شامل ۱۰ دقیقه گرم‌کردن و انجام‌دادن حرکات کششی، ۴۵ دقیقه تمرین زنجیره‌های ایروبیک و پنج دقیقهٔ آخر، سردکردن بود.

پس از اتمام برنامه‌های تمرینی، ثبت EEG در مرحلهٔ پس‌آزمون حداقل ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسهٔ تمرین به‌منظور حذف آثار موقت تمرین از شرکت‌کنندگان پژوهش انجام شد. سپس، امواج مغزی ثبت‌شده پس از حذف اثرهای تصنعی[2]به‌وسیلهٔ نرم‌افزار نروگاید[3]و با استفاده از عملیات ریاضی تبدیل سریع فوریهٔ[4] (FFT) کمّی‌سازی شدند و ویژگی‌های الکتروانسفالوگرافیک آزمودنی‌ها استخراج شدند. در ادامه، از روش ناحیه‌بندی مغز استفاده شد؛ براین‌اساس الکترودهای Fz، Cz،Pz به‌عنوان خط مرکزی سر (شکنج سینگولیت) انتخاب شدند و در باندهای دلتا، تتا، آلفا و بتا مطالعه شدند.

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از روش‌های آماری در دو سطح توصیفی و استنباطی و از آزمون‌های آماری متناسب با مقیاس داده‌ها، توسط نرم‌افزار اس.پی.اس.اس.[5]نسخهٔ ۲۰ استفاده شد. در ابتدا برای بررسی وضعیت توصیفی متغیرهای پژوهش از شاخص‌های توصیفی گرایش مرکزی و انحراف استاندارد استفاده شد. در ادامه و در بخش روش‌های آمار استنباطی از آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه برای بررسی تفاوت بین سه گروه در پیش‌آزمون‌ها و از تحلیل کوواریانس چندمتغیره (مانکوا) و آزمون تعقیبی بونفرونی به‌منظور آزمون فرضیه‌های پژوهش استفاده شد. برای آزمون‌ها سطح معناداری ۰/۰۵ درنظر گرفته شد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

نتایج

پس از استخراج داده‌ها و اطلاعات خام به‌دست‌آمده، با توجه به مشخص‌شدن طبیعی‌نبودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک[6] پیش از تحلیل آماری از تبدیل لگاریتمی روی داده‌های

1. Beat per Minute
2. Artifacts
3. Neuroguide
4. Fast Fourier Transform
5. SPSS
6. Shapiro-Wilk

کمّی EEG استفاده شد. این تبدیل لگاریتمی در تمامی مقادیر توان مطلق[1] انجام شد که به تأیید طبیعی‌شدن داده‌ها با استفاده از آزمون ذکرشده منجر شد ($P > 0.05$).

در جدول شمارهٔ یک، اطلاعات توصیفی مربوط به مقادیر فعالیت الکتریکی مغز شرکت‌کنندگان گروه‌های مداخله و کنترل در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون ارائه شده است.

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

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

1. Absolute Power

ادامهٔ جدول ۱- اطلاعات توصیفی مقادیر فعالیت الکتریکی مغز براساس دامنهٔ موج (میکرو ولت) در سه گروه

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

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

امواج مغزی ناحیهٔ Fz

ابتدا اثرهای تمرین بر امواج مغزی ناحیهٔ 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 مفروضهٔ همگنی شیب رگرسیون نیز اثر متقابل متغیرهای همپراش با گروه ارزیابی شد و با توجه به معنادارنبودن 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 نشان‌دهندهٔ همبستگی کافی بین متغیرهای وابسته بود. در ادامه، معنادارشدن آزمون چندمتغیرهٔ لامبدای ویکلز (0.4 = ضریب اتا $F = 3.23, P = 0.03$) نشان داد که تفاوت معناداری حداقل در یکی از متغیرهای بررسی‌شده وجود دارد. نتایج حاصل از آزمون تحلیل کوواریانس برای هریک از امواج مغزی در جدول شمارهٔ دو ارائه شده است.

جدول ۲- خلاصهٔ نتایج آزمون تحلیل کوواریانس در امواج مغزی ناحیهٔ Fz

امواج مغزی	درجهٔ آزادی	F	سطح معناداری	مجذور 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

همان‌طورکه 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 شمارهٔ 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
		ورزش بدون بار شناختی-کنترل	-۰/۰۷۸	۰/۰۲	۰/۰۰۱
Fz	دلتا	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 شمارهٔ سه، هر دو مداخلهٔ تمرینی موجب کاهش موج دلتا در ناحیهٔ Fz شده است.

امواج مغزی ناحیهٔ Cz

برای بررسی اثرهای تمرین بر امواج مغزی ناحیهٔ Cz نیز از آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیره استفاده شد که بعد از بررسی مفروضه‌های آن، معنادارنشدن آزمون چندمتغیرهٔ لامبدای ویکلز

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

امواج مغزی ناحیهٔ Pz

برای بررسی اثرهای تمرین بر امواج مغزی ناحیهٔ Pz نیز پس از تحقق پیش‌فرض‌های لازم از آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیره استفاده شد. در ادامه، معنادارشدن آزمون چندمتغیرهٔ لامبدای ویکلز (0.4 = ضریب اتا ,F = 3.28, P = 0.03) بار دیگر نشان داد که تفاوت معناداری حداقل در یکی از امواج مغزی بررسی‌شده وجود دارد. نتایج حاصل از آزمون تحلیل کوواریانس در جدول شمارهٔ چهار ارائه شده است.

جدول ۴- خلاصهٔ نتایج آزمون تحلیل کوواریانس در امواج مغزی ناحیهٔ Pz

امواج مغزی	درجهٔ 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

همان‌طورکه 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 شمارهٔ 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 شمارهٔ پنج، هر دو مداخلهٔ تمرینی موجب افزایش موج آلفا در ناحیهٔ Pz شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر اثر فعالیت ورزشی با سطوح متفاوت بار شناختی بر نواحی Fz، Cz 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 ناحیهٔ Fz کاهش یافت و موج مغزی آلفا در ناحیهٔ Pz از نظر آماری افزایش معناداری داشت. این نتایج بیانگر تحریک‌شدن نورون‌های قشری در اثر ورزش است؛ زیرا، مشاهدهٔ 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؛ به‌طوری‌که 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؛ به‌طوری‌که 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 (۱۸، ۱).

به‌طورکلی، جایگاه آشکارشدن موج مغزی آلفا در حالت طبیعی، بیشتر در لوب‌های پس‌سری و آهیانه است (۴۴). در این مطالعه نیز افزایش در ناحیهٔ 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[1] 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[2] 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 مطالعهٔ لاردون و پالیچ[1](۳۰) همسو و با بخشی دیگر از این پژوهش ناهمسوست. در پژوهش آن‌ها که به‌منظور بررسی اثر فعالیت فیزیکی طولانی‌مدت بر عملکرد الکتریکی مغز صورت گرفت، به مقایسهٔ 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 مطالعهٔ 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 به‌دلیل بیشتربودن سابقهٔ ورزشی شرکت‌کنندگان پژوهش لاردون و پالیچ نسبت به شرکت‌کنندگان مطالعهٔ 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 مقایسهٔ گروهی که روزانه یک ساعت و به‌مدت دو هفته روی تردمیل ورزش داده شده بود، با گروه شاهد پرداختند. نتایج این مطالعه نیز نشان داد که در گروه ورزش‌داده‌شده، وقوع امواج آلفا، بتا و تتا افزایش داشتند و امواج دلتا کاهش معناداری نسبت به گروه کنترل داشته است. این ناهمخوانی نتایج درمورد امواج مغزی تتا و بتا را نیز می‌توان به متفاوت‌بودن 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 دورهٔ تمرینی، EEG عمقی با قراردادن الکترودهای مخصوص در استخوان-های پاریتال و فرونتال سوراخ‌شدهٔ حیوانات ثبت شده بود، اما پژوهش حاضر روی مدل انسانی با استفاده از EEG سطحی و با مقایسهٔ مقادیر به‌دست‌آمده از دو مرحلهٔ پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام شده است.

برای درک بهتر رابطهٔ 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 درحالی است که فعال‌شدن 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

1. Lardon & Polich

می‌شود که درمورد موج مغزی بتا با پژوهش حاضر همخوانی ندارند. این تناقض در نتایج، علاوه‌بر وجود مغایرت در برخی متغیرهای روش‌شناسی ازجمله 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 جنبهٔ عملکردی و ساختاری با هم متفاوت است (۵۱) و این تفاوت‌های مغزی مرتبط با جنسیت بر فعالیت الکتروانسفالوگرافی آن اثر می‌گذارد؛ به‌طوری‌که الگوی فعالیت مغز زنان در پاسخ به یک نوع ورزش می‌تواند متفاوت با پاسخ مردان به همان نوع ورزش باشد (۵۲)؛ این درحالی است که در پژوهش‌های ذکرشده 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 رابطهٔ مستقیمی دارد. درواقع، با افزایش سطح سروتونین خون و تقویت سیستم سروتونرژیک در ساقهٔ مغز، فعالیت قشر مغزی کاهش می‌یابد و موج مغزی آلفا افزایش پیدا می‌کند (۵۳)؛ این درحالی 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 تحت‌تأثیر 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). زمانی‌که یک کاهش در جریان خون مغزی در اثر کمبود اکسیژن در مغز روی می‌دهد، به‌طور 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 آهستهٔ دلتا در نواحی فرونتال می‌تواند باعث افزایش کارکرد این قسمت شود و زمینهٔ 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 مقایسهٔ 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؛ به‌عبارتی‌دیگر، هر دو نوع فعالیت به یک اندازه

بر متغیرهای پژوهش تأثیر داشته است که علت آن ممکن است هوازی‌بودن هر دو برنامهٔ تمرینی استفاده‌شده در این پژوهش باشد؛ باوجوداین، در بررسی ادبیات پژوهش در داخل و خارج از کشور، مطالعهٔ همسویی که به بررسی اثر فعالیت‌های ورزشی مختلف از نظر میزان بار شناختی بر تغییرات الکتروانسفالوگرافی بپردازد یافت نشد؛ بنابراین، مقایسهٔ کامل بین یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های پیشین میسر نبود، اما در پژوهش‌های بایلی[1] و همکاران (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؛ بااین‌حال، 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 نورون‌های آن شود؛ بنابراین، با به‌کارگیری مداوم فعالیت‌های ورزشی و با درنظرگرفتن سازگاری‌هایی که در قشر مغزی به‌وجود می‌آورد، می‌توان شرایط بهبود عملکرد سیستم عصبی و مغز را فراهم آورد که در این مورد لازم است مطالعات بیشتری انجام گیرد؛ ازاین‌رو، پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های مشابه آینده با تعداد جلسه‌های بیشتر و با درنظرگرفتن عوامل جمعیت‌شناختی ازجمله 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 به‌وجود 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 Borght 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.

1. Bailey

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. Piepmeier 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, Kukolja 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. Haghir 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. NewYork: 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).

ارجاع‌دهی

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. شناسهٔ 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

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

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

M. Eskandarnejad[1], F. Rezaei[2]

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