Archive of SID

مطالعات روان‌شناسی ورزشی دوره ۸، شماره ۳۰، زمستان ۱۳۹۸. صص ۵۶-۴۱

مقالهٔ پژوهشی

تأثیر خستگی شناختی بر کارایی عصبی شبکه کنترل اجرایی توجه در افراد ورزشکار: مدل سیستم تنظیم دوگانه

سحر محمدزاده[۱]، علیرضا فارسی[۲]، و رضا خسروآبادی[۳]

۱. دانشجوی دکتری رفتار حرکتی، گروه علوم شناختی و رفتاری در ورزش، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲. دکتری تخصصی، دانشیار گروه علوم رفتاری و شناختی در ورزش دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران (نویسندهٔ مسئول)

۳. دکتری تخصصی، استادیار پژوهشکدهٔ علوم شناختی و مغز دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۰۱

چکیده

هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر خستگی ذهنی بر کارایی عصبی شبکه کنترل اجرایی توجه در افراد ورزشکار است. بدین منظور ۲۲ دانشجوی ورزشکار حرفه‌ای داوطلبانه در پژوهش شرکت کردند. به منظور سنجش سرعت پردازش و میزان درصد خطای شبکه کنترل اجرایی، آزمون شبکه‌های توجه را قبل و بعد از خستگی ذهنی انجام دادند. شرکت‌کنندگان آزمون استروپ را جهت ایجاد خستگی ذهنی به مدت ۶۰ دقیقه انجام دادند و بلافاصله بعد از آن آزمون شبکه‌های توجه را اجرا کردند. نتایج آزمون تی وابسته افزایش معناداری در میزان درصد خطای شبکه کنترل اجرایی در شرایط خستگی ذهنی نشان داد، اما سرعت پردازش تحت تأثیر خستگی ذهنی قرار نگرفت. به طور کلی، این یافته‌ها از کاهش کارایی پردازش تکلیف حمایت می‌کند که تحت تأثیر مبادله سرعت-دقت قرارگرفته است. بنابراین، کاهش دقت پردازش نشان‌دهندهٔ فعالیت مکانیسم بازداری و بهبود سرعت پردازش ناشی از درگیری مکانیسم تسهیل سیستم تنظیم دوگانه را می‌توان بیان کرد.

کلیدواژه‌ها: سیستم تسهیل سیستم بازداری، خستگی ذهنی، کنترل اجرایی

1. Email: s_mohammadzadeh@sbu.ac.ir
2. Email: a_farsi@sbu.ac.ir
3. Email: r.khosrowabadi@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

خستگی شناختی حالت روانی زیستی‌ای را بیان می‌کند که از طریق دوره‌های طولانی‌مدت فعالیت شناختی مورد نیاز ایجاد می‌شود (جاب و دالزیل[1]، ۲۰۰۱)و پیامدهایی برای بسیاری از جنبه‌های زندگی روزمره دارد. خستگی شناختی می‌تواند از نظر ذهنی (افزایش احساس خستگی، فقدان انرژی، کاهش انگیزش و هشیاری) و رفتاری، به عنوان کاهش در عملکرد تکلیف شناختی (کاهش دقت و یا افزایش زمان عکس‌العمل) و از نظر الکتروفیزیولوژیکی تغییرات در فعالیت مغزی نشان داده شود (وان کاستم و همکاران[2]، ۲۰۱۷) البته تغییر هر سه حیطهٔ مذکور دلیلی بر وجود خستگی ذهنی نیست. به عنوان مثال، عملکرد شناختی فرد، وقتی از نظر ذهنی خسته است الزاماً کاهش نمی‌یابد، زیرا تلاش جبرانی (مانند تغییرات ایجادشده در فعالیت مغز یا درن تیجه افزایش انگیزه) ممکن است خستگی را کاهش دهد (هاپستاکن، لیندن، باکر و کومپیر[3]، ۲۰۱۵). در پژوهش‌های قبلی (دسموند و هانکوک[4]، ۲۰۰۱) و (متیوس و دسموند[5]، ۲۰۰۲) گزارش کردند عملکرد تکلیف در حین کوشش‌های تکلیف ذهنی ناشی از خستگی تغییر نمی‌کند. زمانی که تکلیف ذهنی مشکل می‌شود، میزان انگیزش برای حفظ عملکرد افزایش پیدا می‌کند که این عمل از طریق مکانیسم‌های سیستم تسهیل شکل می‌گیرد. سیستم تسهیل ذهنی یک نوع مدار عصبی است که سیستم لیمبیک، عقده‌های قاعده‌ای، تالاموس و قشر پیشانی را به هم متصل می‌کند و با افزایش تحریک دوپامینرژیک (لوریست و فابر[6]، ۲۰۱۱) درونداد انگیزشی را در سیستم تسهیل افزایش می‌دهد تا آن را فعال کند و اثرات خستگی ذهنی را جبران کند. بنابراین، در حالی که تلاش ذهنی یا انگیزش، سیستم تسهیل ذهنی را بالا می‌برد افزایش بیشتر این سیستم، به سختی می‌تواند محرک سیستم مذبور را فعال کند (ایشی، تاناکا و واتانیب[7]، ۲۰۱۴)، طوری که ممکن است خستگی ذهنی بعدی را به وجود آورد و فعالیت طولانی یا تکراری سیستم تسهیل باعث خستگی ذهنی مزمن شود (تاناکا و واتانیب، ۲۰۱۱). بر اساس پژوهش‌های متعدد، مدل مفهومی جدیدی از خستگی ذهنی مربوط به عملکرد تکلیف شناختی پیشنهاد شده که به عنوان سیستم تنظیم دوگانه[8] شناخته شده است. در این مدل، بارکاری ذهنی، سیستم تسهیل را برای حفظ اجرای تکلیف شناختی و سیستم بازداری را برای معیوب کردن آن در حضور خستگی ذهنی فعال می‌کند. از نظر عصب‌شناختی، قشر منزوی[9] و قشر سینگولیت خلفی[10] در سیستم بازداری ذهنی درگیر می‌شود. زمانی که بار ذهنی تکلیف کم و تقاضا برای تلاش پایین باشد فرد دچار بی‌حوصلگی و خواب‌آلودگی می‌شود که این اتفاق از طریق مکانیسم سیستم بازداری شکل می‌گیرد تا از به هم خوردن هموستاز بدن جلوگیری و باعث استراحت فرد شود. فرض بر این است که بارکاری ذهنی طولانی و تکراری باعث فعالیت بیش از حد سیستم بازداری ذهنی از طریق حساسیت مرکزی و یا شرطی‌سازی کلاسیک می‌شود که این عمل می‌تواند باعث خستگی ذهنی مزمن گردد (تاناکا و واتانیب، ۲۰۱۱). در واقع، فعالیت بیش از حد سیستم بازداری ذهنی به علت شرطی‌سازی کلاسیک از طریق درگیری قشر منزوی و قشر

1. Job & Dalziel
2. Van Cutsem et al
3. Hopstaken, Linden, Bakker, Kompier
4. Desmond, Hancock
5. Matthews, Desmond
6. Lorist, & Faber
7. Ishii, Tanaka & Watanabe
8. Dual Regulation System
9. Insular Cortex
10. Posterior Cingulate Cortex

www.SID.ir

Archive of SID

سنگولیت خلفی اتفاق می‌افتد (ایشی و همکاران، ۲۰۱۳).

مطالعات زیادی نشان داده‌اند خستگی ذهنی بر انواع توجه از جمله توجه انتخابی بینایی و تمرکز بر زمان روی تکلیف[1] تأثیر می‌گذارد (ونس، پترسون، جفری و والدرون[2]، ۲۰۱۷). توجه ویژگی کلیدی رفتار پویای انسان است که تحت تأثیر پردازش اطلاعات ورودی قرار می‌گیرد و برای رسیدن به اهداف، بر اطلاعات مرتبط متمرکز می‌شود و به طور فعال اطلاعات غیرمرتبط را نادیده می‌گیرد (مورای و ویجولیک[3]، ۲۰۰۴). کلید اصلی بهبود توجه، یادگیری انتخاب اطلاعات بسیار مهم و هم‌زمان رهایی از محرک و اعمال غیرمرتبط است (اسچفک و گرونک[4]، ۲۰۱۰). بدون شک می‌توان گفت توجه جنبهٔ بسیار مهم در ورزش است. برای مثال، یک تیرانداز المپیکی باید قادر به هدایت تمرکز توجه بینایی به مرکز هدفی باشد که هدف‌گیری کرده است.

توجه یکی از مهمترین کارکردهای شناختی در ورزش است که توانایی ورزشکاران در جمع‌آوری اطلاعات محیطی از قبیل میدان بینایی، توپ، هم‌تیمی یا موقعیت شی را بیان می‌کند. به نظر می‌رسد مهمترین عامل در برگیرنده اکثریت اعمال ادراکی–حرکتی است (هورتاس، زاهونرو، سانابریا و لوپیانز،[5] ۲۰۱۱). توجه انتخابی شامل سه شبکه عصبی متمایز از نظر کارکردی هشدار، جهت‌یابی و کنترل اجرایی است (پیترسون و پوسنر[6]، ۲۰۱۲). کنترل توجه اجرایی، رفتارهای مانند برنامه‌ریزی عمل، پیش‌بینی ترتیب، انتخاب پاسخ و نیازهای رقابتی، شروع و حفظ رفتارهای هدفمند، نظارت بر نتایج رفتار و اختلال و تعدیل رفتار را در بر می‌گیرد. در واقع فرایندهای بالا–پایین[7] شبکه کنترل اجرایی در شناسایی ناسازگاری و بازداری اطلاعات مزاحم درگیر است که شامل مجموعه فرایندهای مرتبط در برنامه‌ریزی و انجام اعمال هدف‌محور از قبیل حافظه کاری، تغییر زمینه ذهنی یا انعطاف‌پذیری توجهی، کنترل بازداری و نظارت بر چالش[8] است (بلرو اورساچ[9]، ۲۰۱۱؛ رودا، چکا و کمبیتا[10]، ۲۰۱۲). شبکهٔ عصبی توجه اجرایی شامل منطقه تگمنتال شکمی[11]، عقده‌های قاعده‌ای (هسته‌های کودت[12] و گولبوس و پالایدوس[13]، گیروس سینگولت قدامی[14]) و قشر پیش پیشانی شکمی جانبی می‌شود (مزاکاپا[15]، ۲۰۰۴). انتقال‌دهنده عصبی اولیه در این شبکه دوپامین است که از سلول‌های منطقه تگمنتال شکمی ناشی می‌شود (پوسنر و فان[16]، ۲۰۰۸).

بنابراین، وقتی افراد از نظر ذهنی خسته می‌شوند، معمولاً در تمرکز و توجه بر تکالیفی که باید اجرا کنند مشکل دارند. به عنوان مثال، بارتلت[17]، در مطالعات خود از خلبانان خواست که یک شبیه‌ساز را برای مدت زمان طولانی پرواز دهند. آن‌ها با افزایش فرکانس دچار اختلال توجه شدند طوری‌که اپراتورها به‌راحتی پریشان می‌شدند (بارتلت، ۱۹۴۴). در واقع، خستگی ذهنی بر

1. Time on Task
2. Veness, Patterson, Jeffries & Waldron
3. Murray & Wojciulik
4. Schefke & Gronek
5. Huertas, Zahonero, Sanabria & Lupiáñez
6. Petersen & Posner
7. Top-Down
8. Conflict Monitoring
9. Blair & Ursache
10. Rueda, Checa & Cómbita
11. Tegmental ventral
12. Caudate Nucleus
13. Globus Pallidus
14. Anterior Cingulate
15. Mezzacappa
16. Posner & Fan
17. Bartlett

www.SID.ir

Archive of SID

توجه تأثیر می‌گذارد و به طور ویژه نشان‌دهندهٔ توانایی پایین در نادیده گرفتن محرک‌های مزاحم است (هاپستاکن، واندرلیندن، باکر، کامپیر و لونگ[1]، ۲۰۱۶) و پیامدهایی را در میدان‌های ورزشی و افت عملکرد ورزشکاران دارد. در بسیاری از رشته‌های ورزشی مانند فوتبال آمریکایی (اسمیت، مارکورا و کوتس[2]، ۲۰۱۵)، بیس‌بال و کریکت سناریوهای شناختی می‌توانند باعث خستگی ذهنی شوند و منجر به کاهش توانایی در نادیده گرفتن عوامل مداخله‌گر در توجه شود (اسمیت و همکاران، ۲۰۱۵). طوری که ونس (۲۰۱۶)، اسمیت و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند خستگی ذهنی باعث افزایش زمان واکنش و کاهش دقت تصمیم‌گیری در مسابقه می‌شود (اسمیت و همکاران، ۲۱۰۵؛ ونس و همکاران، ۲۰۱۷). از آن‌جایی که شبکهٔ کنترل اجرایی نقش مهمی در عملکرد حرکتی ایفأ می‌کند. این شبکه با توجه به فرایند کنترلی بالا–پایین، در موقعیت‌های برنامه‌ریزی، تصمیم‌گیری، تعیین خطا و اجرای پاسخ‌های جدید، بیشتر تحت تأثیر خستگی ذهنی قرار می‌گیرد. به عنوان مثال هولتزر، شومن، ماهونی، لیپتون و ورگز[3] (۲۰۱۰) به بررسی خستگی شناختی در شبکه‌های توجه افراد سالمند پرداختند و مشاهده کردند که خستگی شناختی که در طول اجرای آزمون شبکه‌های توجه به مدت ۳۵ دقیقه اتفاق می‌افتد منجر به عملکرد ضعیف و متغیرتر از توانایی بهینهٔ افراد در شبکه کنترل اجرایی می‌شود (هولتزر و همکاران، ۲۰۱۰). از این رو، ضروری است تا تأثیر خستگی شناختی بر کارایی شبکه عصبی کنترل اجرایی که نقشی تعیین‌کننده در زندگی روزمره و رقابت‌های ورزشی دارد بررسی شود. به طور خلاصه، خستگی ذهنی مانع از اختصاص مؤثر توجه بر اطلاعات مربوط می‌شود (بوکسم، میجمن و لوریست[4]، ۲۰۰۵). با این حال، باید تمایزی بین اثرات خستگی ذهنی و بین توجه هدف محور و محرک محور ایجاد کرد. توجه هدف‌محور به طور منفی تحت تأثیر خستگی ذهنی قرار می‌گیرد که از طریق فرایند بالا–پایین کنترل می‌شود. در حالی‌که توجه محرک‌محور با فرایند کنترلی پایین–بالا معمولاً تحت تأثیر خستگی ذهنی قرار نمی‌گیرد (بوکسم و همکاران، ۲۰۰۵). این نتایج منجر به افزایش بی‌حوصلگی و همچنین کاهش در انعطاف‌پذیری رفتار می‌شود (بوکسم، میجمن و لوریست، ۲۰۰۶) که ویژگی افرادی است که از نظر ذهنی خسته می‌شوند (بوکسم و همکاران، ۲۰۰۶). وقتی رفتار به طور فزاینده محرک‌محور شود، محرک برجسته تأثیر بیشتری بر رفتار دارد (فابر و همکاران، ۲۰۱۲)؛ در این شرایط، کنترل رفتار هدف‌محور کاهش می‌یابد و باعث می‌شود رفتار توسط محرک‌های خودکار با جفت شدن[5] پاسخ، هدایت شوند (بوکسم و همکاران، ۲۰۰۵). در نتیجه در شرایط مسابقه و بازی فقدان انعطاف‌پذیری در عملکرد منجر به از دست دادن موقعیت‌های بازی و عملکرد ضعیف می‌شود.

محققان در مطالعه‌ای تأثیر خستگی ذهنی را بر مهارت تصمیم‌گیری در آزمون عملکردی سنجش مهارت‌های فوتبال بررسی کردند و مشاهده کردند خستگی شناختی منجر به دقت تصمیم‌گیری پایین‌تر و مدت‌زمان پاسخ بیشتر می‌شود (اسمیت و همکاران،۲۰۱۶). ورزش باعث بهبود شناخت می‌شود (کومار، ویتون، اسنو و میلارد–استفورد[6]، ۲۰۱۵) و از آنجایی‌که سرعت پردازش بالا برای واکنش‌های سریع و دقیق در رشته‌های ورزشی

1. Hopstaken, Van der Linden, Bakker, Kompier & Leung
2. Smith, Marcora & Coutts
3. Holtze, Shuman, Mahoney, Lipton, Verghese
4. Boksem, Meijman & Lorist
5. Coupling
6. Kumar, Wheaton, Snow & Millard-Stafford

www.SID.ir

Archive of SID

توپی ضروری است (اسمیت و همکاران، ۲۰۱۶)؛ پژوهش‌های قبلی به بررسی خستگی ذهنی بر عملکرد ورزشی و توجه افراد ورزشکار پرداخته‌اند (اسمیت و همکاران، ۲۰۱۶، ونس و همکاران، ۲۰۱۷). در واقع، در پژوهش‌های ذکر شده مهارت‌های توجهی بیشتر در زمینه عملکردی بررسی شده است مثلا در رشتهٔ ورزشی کریکت تأثیر خستگی ذهنی بر دقت ضربات به عنوان یک شاخص توجهی عملکردی سنجیده شد، ولی مطالعات محدودی به تحلیل سیتسم توجهی از دیدگاه تفکیکی شبکه‌های عصبی توجه (هشدار، جهت یابی و کنترل اجرایی هر کدام به صورت مجزا) پرداخته‌اند. مطالعات نشان داده اند افراد ورزشکار از نظر شناختی، توانایی بیشتری در سرعت و دقت پردازش نسبت به افراد غیر ورزشکار دارند. در حال حاضر، پژوهشی که بتواند نقش خستگی شناختی را بر کنترل اجرایی توجه که از طریق فرایند بالا–پایین و هدف‌محور کنترل می شود انجام نشده است.

بنابراین با توجه به این‌که پژوهش‌های قبلی به بررسی خستگی ذهنی بر عملکرد ورزشی ورزشکاران پرداخته‌اند و پژوهشی که بتواند نقش خستگی ذهنی را در عملکرد شناختی افراد ورزشکار که زیربنای اساسی ادراک و عمل است انجام‌نشده است. لذا در پژوهش حاضر به بررسی تأثیر خستگی شناختی بر کارایی شبکه عصبی کنترل اجرایی توجه پرداخته می‌شود تا به سؤال پژوهش مبنی بر این‌که آیا خستگی شناختی بر سرعت پردازش و میزان درصد خطای شبکه کنترل اجرایی ورزشکاران با توجه به مدل تنظیم دوگانه تأثیر دارد؟

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع بنیادی–کاربردی، نیمه‌تجربی و آزمایشگاهی است. طرح پژوهش به صورت درون‌گروهی با اندازه‌های تکراری بود. هیچ تفاوتی بین گروه‌ها جهت مشابه‌سازی مطالعه وجود نداشت. هر فردی به عنوان کنترل یا خط پایه خودش در پیش‌آزمون عمل می‌کند. این روش به ما امکان می‌دهد تا واریانس ایجاد شده از طریق تفاوت‌های فردی را اندازه بگیریم و حذف کنیم. شرکت‌کنندگان پژوهش را ۲۲ ورزشکار حرفه‌ای ۱۸–۳۰ سال باسابقهٔ حداقل ۵ سال فعالیت حرفه‌ای در ورزش‌هایی مانند فوتبال، والیبال، بسکتبال تشکیل دادند.آن‌ها به صورت نمونه‌گیری در دسترس و داوطلبانه از دانشجویان دانشگاه شهید بهشتی انتخاب شدند. تعداد نمونه بر اساس نرم‌افزار جی‌پاور (جی*پاور) نسخهٔ ۳/۱/۹/۴ برای مطالعات تی‌وابسته درون‌گروهی با در نظر گرفتن خطای نوع اول۰/۰۵، توان ۰/۹۵، اندازه اثر ۰/۸، ۲۲ نفر به‌دست آمد (فول، اردفلدر، لانگ و بوچنر[1] ۲۰۰۷). تمامی شرکت‌کننده‌ها راست‌دست و به لحاظ بینایی، شنوایی و حرکتی سالم بودند. شرکت‌کنندگان فرم رضایت‌نامه کتبی را امضأ کردند. همچنین کد اخلاق SBU.ICBS۹۶/۰۲۱ از کمیتهٔ اخلاق زیستی دانشگاه شهید بهشتی و کد ثبت از مرکز کار آزمایی بالینی ایران IRCT20130615013672N2 گرفته شد.

معیار ورود: عضویت در تیم ورزش دانشگاهی و داشتن حداقل پنج سال فعالیت ورزش مداوم و رقابتی در رشته‌های توپی (فوتبال، بسکتبال و والیبال) بود. معیارهای خروج: داشتن سابقهٔ ضربه به سر، شرکت در پژوهش‌های دیگر، داشتن سوء مصرف مواد و مصرف داروهای روان‌گردان، انجام بازی‌های کامپیوتری به مدت چند ساعت در روز، نداشتن خواب شبانه کافی بود. از پرسش‌نامهٔ اطلاعات جمعیت‌شناختی، پرسش‌نامهٔ تعیین سو برتری اودینبرگ برای تعیین سو برتری، آزمون استروپ برای ایجاد خستگی ذهنی، پرسش‌نامهٔ مقیاس آنالوگ بینایی[2] با شاخص روایی محتوای ۷۲ درصد برای سنجش خستگی شناختی و آزمون

1. Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner

2. Visual Analogue Scale

www.SID.ir

Archive of SID

شبکه‌های توجه[1] برای بررسی کارایی شبکه عصبی کنترل اجرایی توجه استفاده شد (اسپاینا؛ مکی و فان[2]، ۲۰۱۵).

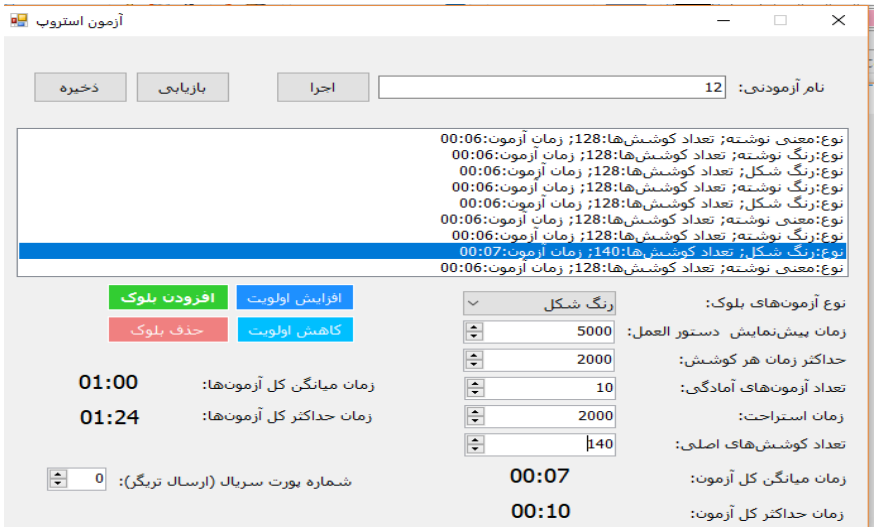
شرکت‌کنندگان در جلسهٔ اول با محیط آزمایشگاه در پژوهشکدهٔ علوم شناختی دانشگاه شهید بهشتی آشنا شدند و پرسش‌نامه اطلاعات شخصی را تکمیل کردند. در جلسهٔ دوم، آن‌ها آزمون شبکه‌های توجه را در شرایط بدون خستگی ذهنی در اتاقی با نور کم و آرام روی صندلی راحت با فاصله ۵۰ سانتیمتر از صفحهٔ تلویزیون ال سی دی ۳۰ اینچی نشستند و آزمون شبکه‌های توجه را در نرم‌افزار ایپرایم[3] انجام دادند. جلسهٔ سوم، جلسهٔ همراه با خستگی شناختی که حداقل ۴۸ ساعت بعد از جلسهٔ دوم بود. بدین منظور شرکت‌کننده‌ها ابتدا قبل از انجام آزمون استروپ، پرسش‌نامه خستگی ذهنی را تکمیل کردند. سپس آزمون استروپ را به مدت ۶۰ دقیقه انجام دادند و بلافاصله بعد از اتمام آن دوباره پرسش‌نامه خستگی ذهنی را پاسخ دادند و شروع به انجام آزمون شبکه‌های توجه کردند. برای پیشگیری از اثر زمان بر اجرای تکلیف، همه شرکت‌کننده‌ها هر دو آزمون را بعد از ظهر بین ساعت ۱۲ تا ۱۶ انجام دادند (روزاند، لوبن، پاپاکسانتیس و لپرس[4]، ۲۰۱۵). در این پژوهش از تکلیف استروپ تعدیل‌شده که به شکل همگرا و ناهمگرا شامل رنگ کلمه، معنی کلمه و رنگ شکل بود، استفاده شد (شکل ۱). از شرکت‌کنندگان خواسته شد حداقل شش ساعت در شب خوابیده باشند و از انجام فعالیت‌های بدنی شدید قبل از انجام آزمون خودداری کنند.

از آزمون استروپ برای ایجاد خستگی ذهنی استفاده شد. پایایی این آزمون از طریق آزمون–آزمون مجدد ۰/۸۲ و روایی آن ۰/۸۵ است (استروپ، ۱۹۹۲). در این پژوهش از آزمون تکلیف استروپ تعدیل‌شده، که برای بررسی توجه انتخابی و بازداری پردازش اطلاعات در دو سطح خودکار و کنترل‌شده کاربرد دارد، استفاده شد که به شکل همگرا و ناهمگرا شامل رنگ کلمه، معنی کلمه و رنگ شکل بود. در تکلیف استروپ به صورت رنگ کلمه، شرکت‌کننده‌ها باید بدون توجه به معنی کلمه، یکی از چهار کلید رنگی روی صفحه‌کلید (زرد، قرمز، آبی، سبز) را که مطابق با رنگ جوهر کلمه بود فشار می‌دادند. این روش به فرایند کنترل توجه (نام‌گذاری رنگ کلمه) و فرایند کنترل خودکار (خواندن) معطوف می‌شود. تداخل نام‌گذاری رنگ کلمه با فرایند خواندن باعث ایجاد اثر استروپ می‌شود که منجر به بازداری ذهنی می شود (مکلود[5]،۱۹۹۱). با این حال، برای معنی کلمه، شرکت‌کننده مجبور بود دستورالعمل قبلی را نادیده بگیرد و به کلمه توجه کند نه رنگ جوهر. برای مثال، هنگامی که کلمهٔ زرد به رنگ قرمز ظاهر می‌شد، شرکت‌کننده باید کلید را مطابق با کلمهٔ نوشته شده، یعنی کلید زرد، فشار می‌داد.

1. Attention Networks Test
2. Spagna, Mackie & Fan
3. E-Prime
4. Rozand, Lebon, Papaxanthis, & Lepers
5. MacLeod

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- آزمون استروپ

آزمون شبکه‌های توجه: آزمون شبکه‌های توجه شامل سه نشانه (بدون نشانه[1]، نشانه دوتایی[2] و نشانه فضایی معتبر[3]) و در دو حالت (همگرا[4]، ناهمگرا[5]) بود. شبکهٔ کارکرد اجرایی با کم کردن شرایط ناهمگرا از شرایط همگرا در هر سه نشانه به دست می‌آید (شکل ۲). از شرکت‌کنندگان خواسته شد با فشار دادن دکمهٔ راست موس با انگشت اشارهٔ دست راست به فلانکر مرکزی که به سمت راست جهت می‌دهد و کلیک کردن دکمه چپ با انگشت اشارهٔ دست چپ برای فلانکر مرکزی که به سمت چپ جهت می‌دهد با سرعت و دقت به کوشش‌ها پاسخ دهند. میانگین زمان عکس‌العمل و دقت پاسخ‌دهی برای هر شرایط محاسبه شد و کوشش‌های خطا (نادرست و پاسخ‌های از دست داده شده) و زمان عکس‌العمل زیر ۲۰۰ میلی‌ثانیه و بالای ۱۷۰۰ میلی‌ثانیه از محاسبه میانگین زمان عکس‌العمل و اثرات توجهی از طریق برنامهٔ تکلیف حذف گردید (یوان و همکاران[6]، ۲۰۱۶).

روش‌های آماری

برای توصیف داده‌ها، از شاخص‌های آماری میانگین و انحراف معیار و از آمار استنباطی شامل، آزمون شاپیروویلک برای بررسی طبیعی بودن داده‌ها و از آزمون لوین برای برابری واریانس‌ها استفاده شد. با برقراری مفروضه‌های فوق از آزمون تی وابسته برای مقایسهٔ پرسش‌نامه خستگی ذهنی، زمان واکنش و درصد میزان خطای شبکه کنترل اجرایی قبل و بعد از خستگی ذهنی و از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری (۲ (زمان)* ۲ (هدف)) برای بررسی تعامل بین زمان و هدف‌ها در سطح آلفای ۰/۰۵ استفاده شد.

1. Nocue
2. Doubl Cue
3. Valid
4. Congurent
5. Incongurent
6. Xuan et al

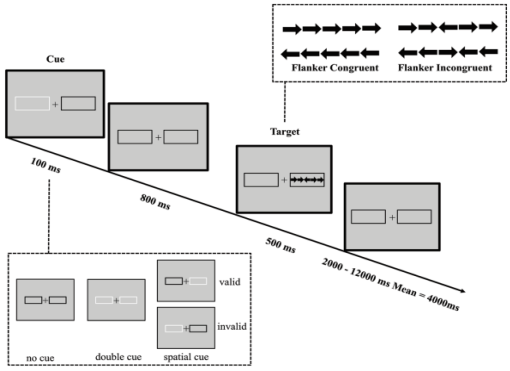
www.SID.ir

Archive of SID

یافته‌ها

ویژگی‌های جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان در جدول یک نشان داده شده است. نتایج به دست آمده از آزمون تی وابسته افزایش معناداری را در پرسش‌نامه خستگی ذهنی در میزان خستگی ذهنی نشان داد (P= ۰/۰۰۰۱ ،$t_{(۲۱و ۱)}$ = -۶/۰۹). میانگین زمان واکنش و درصد میزان خطا در حالت قبل و بعد از خستگی ذهنی برای شبکه عصبی کنترل اجرایی توجه با آزمون تی وابسته محاسبه گردید (جدول ۲).

نتایج نشان داد میزان درصد خطا تحت تأثیر خستگی شناختی قرارگرفته است و باعث کاهش میزان دقت آن‌ها شده است؛ اما تأثیری بر زمان واکنش شبکه کنترل اجرایی نداشته است. همچنین نتایج به دست آمده از آزمون تی‌وابسته نشان داد خستگی شناختی تأثیری بر همگرا و ناهمگرا بودن هدف بر زمان واکنش نداشته است (P= ۰/۲۸۵ ،$t_{(۲۱و ۱)}$ = ۱ /۰۹) (نمودار ۱)؛ اما بر میزان درصد خطا در شرایط ناهمگرا تأثیر معناداری داشته است (P =۰/۰۱۹ ،$t_{(۲۱و ۱)}$ = -۲ /۵۳) (نمودار ۲). تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری در زمان واکنش نشان داد اثر اصلی زمان و تعاملی (قبل و بعد از خستگی شناختی) معنادار نبود (P= ۰/۲۸۶، $F_{(۲۱و ۱)}$ =۱/۱۹)؛ اما اثر اصلی هدف معنادار بود (P=۰/۰۰۰۱ ،$F_{(۲۱و ۱)}$ = ۲۱۹/۲۳ ، partial =۰/۹۹ ŋ2) . در میزان درصد خطا اثر اصلی زمان (P= ۰/۰۵، $F_{(۲۱و ۱)}$ =۴/۳۲ ،partial ŋ2 =۰/۱۷۱) و اثر اصلی هدف (P= ۰/۰۰۰۱، $F_{(۲۱و ۱)}$ =۳۴/۲۵ ،partial ŋ2 = ۰/۶۲) و اثر تعاملی زمان و هدف (P= ۰/۰۲۱، $F_{(۲۱و ۱)}$ =۶/۲۴ ،partial ŋ2 = ۰/۲۳) معنادار بود.



شکل ۲- آزمون شبکه‌های توجه

www.SID.ir

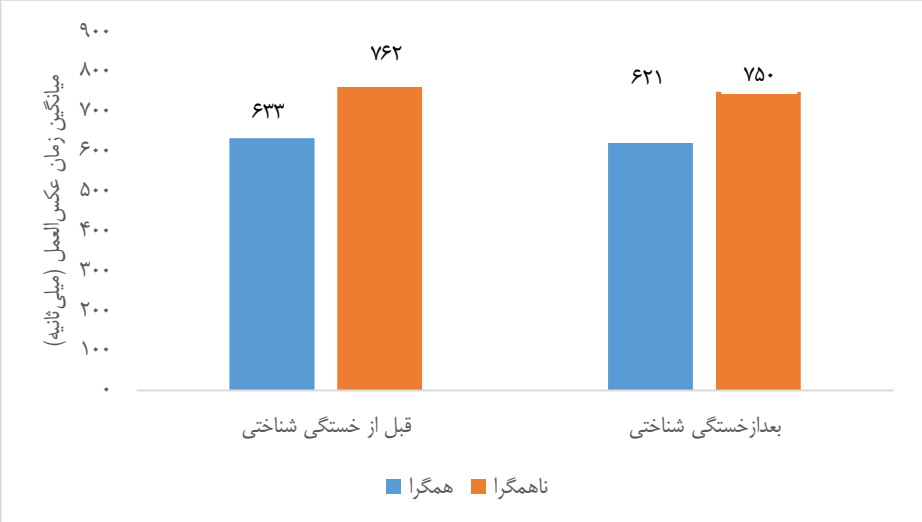
Archive of SID

جدول ۱- مشخصات جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان

گروه	تعداد	سن (سال)	سابقهٔ ورزش	نوع ورزش	جنسیت		قبل از خستگی ذهنی	بعد از خستگی ذهنی
					زن	مرد		
شرکت‌کنندگان	۲۲	۲۳/۳±۳۴/۴۵	۶/۱±۵۶/۴۱	والیبال ۸ فوتبال ۷ بسکتبال ۸	۷	۱۴	۵/۱۴ ±۵۶/۴۰	/۰۱ ۴۹/۶±۲۶

جدول۲- میانگین و انحراف استاندارد زمان واکنش و درصد میزان خطا در شبکه کنترل اجرایی توجه

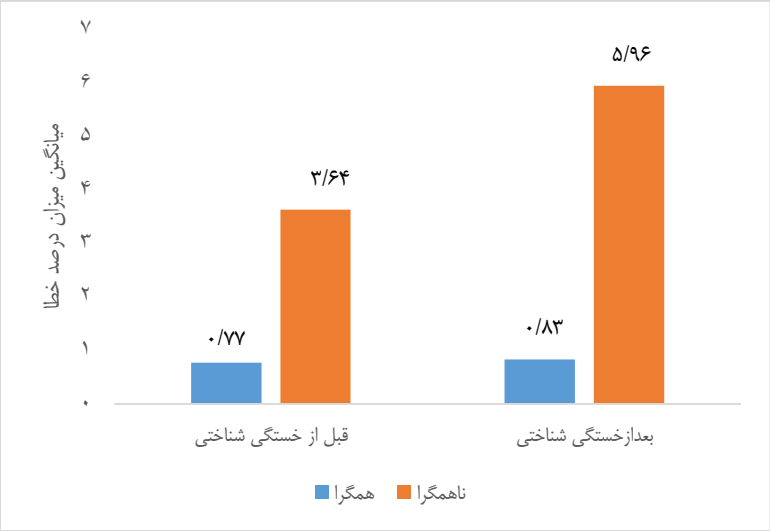
شبکه کنترل اجرایی توجه	میانگین و انحراف استاندارد قبل از خستگی شناختی	میانگین و انحراف استاندارد بعد از خستگی شناختی	ارزش تی	مقدار پی دو دامنه
زمان واکنش (میلی‌ثانیه)	۱۲۹ ± ۳۴	۱۲۸ ± ۳۹	۰/۰۸۳	۰/۹۳
میزان درصد خطا	۲/۸۸ ± ۲/۹۱	۵/۱۲ ± ۴/۵۹	-۲/۵۰	*۰/۰۲۱



شکل ۱- تأثیر خستگی شناختی بر سرعت پردازش بر همگرایی هدف

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- تأثیر خستگی شناختی بر میزان درصد خطا بر همگرایی هدف

بحث

در پژوهش حاضر، به بررسی اثر خستگی شناختی بر کارایی شبکه عصبی کنترل اجرایی توجه در افراد ورزشکار حرفه‌ای پرداخته شد. هم‌راستا با فرضیهٔ پژوهش، خستگی شناختی باعث افزایش میزان درصد خطا و کاهش دقت شد که با نتایج پژوهش‌های ونس و همکاران (۲۰۱۷)، بوکسم و همکاران (۲۰۰۵)، هولتزر و همکاران (۲۰۱۰)، روزاند و همکاران (۲۰۱۵)، فابر و همکاران (۲۰۱۲) و اسمیت و همکاران (۲۰۱۶) همسو است. با افزایش خستگی شناختی شرکت‌کنندگان به طور فزاینده تمایل به پاسخ دادن به اطلاعات غیر مرتبط دارند که منجر به کاهش دقت پاسخ می‌شود. اما تغییری در سرعت پردازش شبکهٔ کنترل اجرایی ایجاد نکرد که می‌تواند به خاطر سطح تجربه ورزشی، سن و نوع ورزش مرتبط با حرکت و شناخت آن‌ها باشد. در طول تکلیف خستگی شناختی، احتمالاً فعالیت مغزی مربوط به خطا و شاخص عملکرد از طریق قشر سنگولیت قدامی به طور معناداری ضعیف می‌شود که این باعث اختلال در کنترل شناختی، آماده‌سازی پاسخ، فرایندهای برنامه‌ریزی و نظارت بر عمل گردیده است (بوکسم و تاپس، ۲۰۰۸؛ لوریست و فابر، ۲۰۱۱).

مسئله مهم در مطالعهٔ خستگی شناختی ارتباط بین خستگی و عواملی مانند انگیزش و بی‌حوصلگی است. به عنوان مثال، چودهوری و بهان[1] (۲۰۰۰) استدلال کردند که حداقل بخشی از اثرات خستگی شناختی، به دلیل فقدان انگیزش است. همچنین بوکسم و همکاران(۲۰۰۶) نشان دادند وقتی افراد با خستگی شناختی برانگیخته می‌شوند می‌توانند دوباره اعمال‌شان را به طور مناسب کنترل کنند. با این حال، اگر از نظر شناختی خسته شده باشند و برانگیخته شوند قادر به بهبود سرعت و دقت نیستند و در مقابل دریافتند با عملکرد ضعیف در یک ویژگی عملکرد دیگری بهبود می‌یابد (بوکسم و همکاران، ۲۰۰۶). پژوهش حاضر این مسئله را در شبکه کنترل اجرایی مشاهده کرد. یعنی با

1. Chaudhuri & Behan

www.SID.ir

Archive of SID

بهبود سرعت عکس‌العمل در شرایط خستگی شناختی درصد میزان خطا افزایش یافت که این مطابق با قانون فیتز است؛ با افزایش خستگی شناختی، دقت عملکرد با حفظ سرعت عکس‌العمل آسیب می‌بیند در واقع دقت قربانی سرعت شده است. بدان جهت طبق قانون فیتز در شبکه کنترل اجرایی، خستگی شناختی باعث افزایش درصد میزان خطا و کاهش سرعت واکنش می‌شود (فیتز و پیترسون، ۱۹۶۴). افزایش انگیزش و تلاش ذهنی به منظور حفظ عملکرد تکلیف شناختی در حضور خستگی ذهنی همراه با افزایش فعالیت سیستم عصبی سمپاتیک است (ایشی و همکاران، ۲۰۱۴).

افزایش انگیزش و تلاش ذهنی به منظور حفظ عملکرد تکلیف شناختی در حضور خستگی شناختی همراه با افزایش فعالیت سیستم عصبی سمپاتیک است. فعالیت سیستم تسهیل ذهنی منجر به بهبود عملکرد تکلیف شناختی می‌شود. در حالی که فعالیت سیستم بازداری در طول تکالیف ذهنی با نیاز پردازشی کم ایجاد شده و باعث عملکرد ضعیف می‌گردد. مطابق با مدل سیستم تنظیم دوگانه بار ذهنی تکلیف، سیستم تسهیل ذهنی را برای حفظ عملکرد تکلیف شناختی در حضور خستگی شناختی فعال می‌کند (ایشی و همکاران، ۲۰۱۴). قشر پیشانی سیستم تسهیل ذهنی را ایجاد و با افزایش در درونداد انگیزشی فعالیت این سیستم را توسعه می‌دهد. با این حال، همچنین سیستم بازداری ذهنی برای آسیب زدن به اجرای تکلیف شناختی از طریق بارکاری ذهنی قشر منزوی و قشر سینگولیت خلفی فعال می‌شود. بارکاری ذهنی شدید سیستم بازداری و تسهیل ذهنی را فعال می‌کند. درنتیجه، خستگی شناختی حاد ایجاد می‌شود. فعالیت سیستم تسهیل ذهنی عملکرد تکلیف شناختی را حفظ یا بهبود می‌بخشد؛ در حالی که فعالیت سیستم بازداری در عملکرد تکلیف شناختی اختلال ایجاد می‌کند (ایشی و همکاران، ۲۰۱۴). بنابراین عملکرد تکلیف شناختی از طریق سیستم تنظیم دوگانه ایجاد می‌شود که در واقع از نظر مدل سیستم تنظیم دوگانه، سیستم تسهیل باعث بهبود سرعت پردازش اطلاعات در شبکه کنترل اجرایی می‌شود؛ در حالی که سیستم بازداری عملکرد شبکه کنترل اجرایی توجه را در دقت پاسخ تضعیف و باعث افزایش معنادار در میزان درصد خطا در شبکه کنترل اجرایی شده است.

علاوه بر اثرات خستگی شناختی مشاهده شده، نتایج رفتاری اثرات همگرایی را نشان داد. در تکالیف فلانکر، پاسخ‌هایی با دقت کمتر و کندتر برای کوشش‌های ناهمگرا در مقابل کوشش‌های همگرا مشاهده شد که با پژوهش‌های فابر و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت داشت. در واقع اگر افزایش خستگی شناختی مانع از سرکوب اطلاعات نامربوط شود، می‌توان انتظار داشت که پاسخ‌ها به طور فزاینده بر اساس اطلاعات نامناسب شکل می‌گیرند و با توجه به مدل تنظیم دوگانه (ریدرینکوهف[1] ۲۰۰۲) بر مقدار چالش در سطح پاسخ تأثیر خواهد داشت. در شرایط ناهمگرا، سرکوب کمتر اطلاعات نامربوط با افزایش زمان تکلیف منجر به افزایش ناسازگاری پاسخ می‌شود. در صورتی که، در شرایط همگرا این شرایط ممکن است منجر به تسهیل اندکی شود. بنابراین، وقتی افراد از نظر شناختی خسته می‌شوند مشکلاتی را در مسدود کردن محرک غیرمرتبط دارند که باعث افزایش در تعداد خطاها می‌شود. یافته‌های پژوهش مفاهیم مهمی در شبکه کنترل اجرایی بیان می‌کند که با افزایش نیازهای تکلیف در شرایط همگرا و ناهمگرا احتمال ایجاد اثرات خستگی شناختی افزایش می‌یابد که این نتیجه هم‌راستا با هولتزر و همکاران (۲۰۱۰) است. با افزایش خستگی شناختی کاهش قابل توجهی در عملکرد

1. Ridderinkhof

www.SID.ir

Archive of SID

مشاهده می‌شود. تعداد پاسخ‌های نادرست و اهداف پاسخ داده نشده بعد از خستگی شناختی به طور معناداری افزایش یافته است. در واقع تعداد هشدارهای اشتباه بیشتر شده است و این نشان می‌دهد که افزایش چشمگیر در اهداف بی‌پاسخ به دلیل کاهش در تعداد پاسخ‌ها نیست، بلکه به خاطر افزایش تعداد پاسخ به اهداف غیرمرتبط است که ممکن است به خاطر افزایش اختلال توجه افراد در شناسایی صحیح هدف اتفاق بیافتد.

مکانیسم‌های توجه انتخابی، اطلاعاتی را تنظیم می‌کند که بیشترین تأثیر را با افزایش پردازش حسی اطلاعات مربوط و سرکوب اطلاعات نامربوط بر رفتار دارد. انتخاب درست، مانع از واکنش بازتابی به محرک موجود در محیط می‌شود و انعطاف‌پذیری رفتار را بهبود می‌بخشد. از آن جایی که کنترل اجرایی زیرمجموعه توجه انتخابی است و از طریق فرایند بالا به پایین کنترل می‌شود تحت تأثیر خستگی ذهنی قرار می‌گیرد و با کاهش قابلیت انعطاف پذیری روبرو می‌شود (بوکسم و همکاران، ۲۰۰۵). بنابراین، پژوهش حاضر نشان داد خستگی شناختی بر دقت پاسخ شبکه‌های کنترل اجرایی افراد ورزشکار تأثیر معناداری داشته است. در مقابل، بهبود در زمان واکنش مشاهده شد. این اثرات کاملاً معکوس را می‌توان با توجه به تفاوت‌های موجود در زیرساختارهای عصبی شبکه‌های توجه درک کرد. با این حال، خستگی شناختی ممکن است به عنوان یک شکست اجرایی برای حفظ و بهینه‌سازی عملکرد در تلاش‌های شناختی شدید متصور شود اما حفظ تلاش شناختی جبرانی منجر به عملکرد ضعیف‌تر و متغیرتر از توانایی بهینه افراد می‌شود.

وقتی افراد از نظر ذهنی خسته می‌شوند انتخاب اعمال از طریق فرایندهای کنترل تنظیمی سطح بالا[1] کنترل می‌شود (لوریست و همکاران،۲۰۰۰). افراد خسته ذهنی مشکلاتی را در تمرکز توجه، برنامه‌ریزی و سازگاری با استراتژی‌های در حال تغییر دارند (واندرلیندن و الینگ، ۲۰۰۶). در واقع، افراد با خستگی شناختی توانایی کمتری برای آمادگی پاسخ دارند و همچنین در حفظ توجه و نادیده گرفتن اطلاعات نامربوط با مشکل روبرو می‌شوند و پاسخ‌های اشتباه‌شان را نیز کمتر تصحیح می‌کنند (بوکسم و همکاران، ۲۰۰۵).

از آن جایی که سرعت پردازش برای واکنش‌های سریع و دقیق در رشته‌های ورزشی مانند والیبال، بسکتبال و هندبال ضروری است و ورزش باعث بهبود شناخت می‌شود (کومار و همکاران، ۲۰۱۵) و شرکت‌کنندگان پژوهش حاضر ورزشکاران بودند از این رو توانایی بالایی در پردازش سریع محرک‌های ارائه شده در محیط‌های ورزشی دارند و می‌توان گفت که آن‌ها به دلیل فعالیت ورزشی منظم و طولانی مدت، توانایی پردازش اطلاعات بالایی برای محرک‌های همگرا و مرتبط دارند؛ اما در دقت پاسخ‌دهی و توجه به محرک‌های غیرمرتبط و ناهمگرا با افت عملکرد روبرو می‌شوند. در نتیجه، این عمل باعث کاهش توجه، کاهش ظرفیت پردازش، کاهش جفت شدن ادراک و عمل و افزایش سطح خستگی ادراک شده و همچنین منجر به کاهش انگیزش برای ادامهٔ اجرای تکلیف می‌گردد. از آن جایی که خستگی شناختی تأثیر نامطلوبی بر بیشتر متغیرهای رفتار جستجوی بینایی دارد و باعث آسیب بر دقت و سرعت تصمیم‌گیری می‌شود بنابراین پیشنهاد می‌شود برای بهبود دقت و تمرکز که تحت تأثیر خستگی شناختی قرار می‌گیرد تمرین‌های شناختی ویژه شبکه کنترل اجرایی انجام شود.

1. High-Level Regulatory Control Processes

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1. Bartlett, F. C. (1941). Fatigue following highly skilled work. *Nature*, 147, 717–718.
2. Blair, C., & Ursache, A. (2011). A bidirectional model of executive functions and self-regulation. *Handbook of self-regulation: Research, theory, and applications*, *2*,300-320 .
3. 3- Boksem, M. A., Meijman, T. F., & Lorist, M. M. (2005). Effects of mental fatigue on attention: an ERP study. *Cognitive brain research*, 25(1), 107-116 .
4. 4- Boksem, M. A., Meijman, T. F., & Lorist, M. M. (2006). Mental fatigue, motivation and action monitoring. *Biological psychology*, *7*(2), 123-132 .
5. Boksem, M. A., & Tops, M. (2008). Mental fatigue: costs and benefits. *Brain research reviews*, *59*(1), 125-139 .
6. Chaudhuri, A., & Behan, P. O. (2000). Fatigue and basal ganglia. *Journal of the neurological sciences*, *179*(1-2), 34-42 .
7. Hancock, P. A., & Desmond, P. A. (2001). Active and passive fatigue states, *STRESS, WORKLOAD AND FATIGUE* pp. 455-465 Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
8. Faber, L. G., Maurits, N. M., & Lorist, M. M. (2012). Mental fatigue affects visual selective attention. *PloS one*, *7*(10), e48073 .
9. Fitts, P. M., & Peterson, J. R. (1964). Information capacity of discrete motor responses. *Journal of experimental psychology*, *67* (2), 103 .
10. Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*, 39(2), 175-191.
11. Holtzer, R., Shuman, M., Mahoney, J. R., Lipton, R., & Verghese, J. (2010). Cognitive fatigue defined in the context of attention networks. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *18*(1), 108-128 .
12. Hopstaken, J. F., van der Linden, D., Bakker, A. B ,.Kompier, M. A., & Leung, Y. K. (2016). Shifts in attention during mental fatigue: Evidence from subjective, behavioral, physiological, and eye-tracking data. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *42*(6), 878 .
13. Huertas, F ,.Zahonero, J., Sanabria, D., & Lupiáñez, J. (2011). Functioning of the attentional networks at rest vs. during acute bouts of aerobic exercise. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *33*(5), 649-665 .
14. Ishii, A., Tanaka, M., Iwamae, M., Kim, C., Yamano ,E., & Watanabe, Y. (2013). Fatigue sensation induced by the sounds associated with mental fatigue and its related neural activities: revealed by magnetoencephalography. *Behavioral and Brain Functions*, *9*(1), 24 .
15. Ishii, A., Tanaka, M., & Watanabe, Y.(2014) .Neural mechanisms of mental fatigue. *Reviews in the Neurosciences*, *25*(4), 469-479 .
16. Job, R., & Dalziel, J. (2001). Defining fatigue as a condition of the organism and distinguishing it from habituation, adaptation, and boredom. *Stress, workload, and fatigu*e, 466-475.
17. Kumar, N., Wheaton, L. A., Snow, T. K., & Millard-Stafford, M. (2015). Exercise and caffeine improve sustained attention following fatigue independent of fitness status. *Fatigue: Biomedicine, Health & Behavior*, *3*(2), 104-121 .
18. Lorist, M. M. (2008). Impact of top-down control during mental fatigue. *Brain research*, *1232*, 113-123 .

www.SID.ir

Archive of SID

19. Lorist, M. M., & Faber, L. G. (2011). Consideration of the influence of mental fatigue on controlled and automatic cognitive processes and related neuromodulatory effects. *Cognitive fatigue :multidisciplinary perspectives on current research and future applications. Washington: American Psychological Association*, 105-126 .
20. Lorist, M. M., Klein, M., Nieuwenhuis, S., De Jong, R., Mulder, G., & Meijman, T. F. (2000). Mental fatigue and task control: planning and preparation. *Psychophysiology, 37*(5), 614-625 .
21. MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: an integrative review. *Psychological bulletin, 109*(2), 163 .
22. Matthews, G., & Desmond, P. A. (2002). Task-induced fatigue states and simulated driving performance. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A, 55*(2), 659-686 .
23. Mezzacappa, E. (2004). Alerting, orienting, and executive attention: Developmental properties and sociodemographic correlates in an epidemiological sample of young, urban children. *Child development, 75*(5), 1373-1386 .
24. Murray, S. O., & Wojciulik, E. (2004). Attention increases neural selectivity in the human lateral occipital complex. *Nature neuroscience, 7*(1), 70 .
25. Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual review of neuroscience, 35*, 73-89 .
26. Posner, M. I., & Fan, J. (2008). Attention as an organ system. *Topics in integrative neuroscience*, 31-61 .
27. Ridderinkhof, K. (2002). A Dual-route Processing Architecture for Stimulus-Response Correspondence Effects, Vol. 19: *New York: Oxford University Press*.
28. Rozand, V., Lebon, F., Papaxanthis, C., & Lepers, R. (2015). Effect of mental fatigue on speed–accuracy trade-off. *Neuroscience, 297*, 219-230 .
29. Rueda, M. R., Checa, P., & Cómbita, L. M. (2012). Enhanced efficiency of the executive attention network after training in preschool children: immediate changes and effects after two months. *Developmental Cognitive Neuroscience, 2*, S192-S204 .
30. Schefke, T., & Gronek, P. (2010). Improving attentional processes in sport: defining attention, attentional skills and attention types. *Studies in Physical Culture and Tourism, 17*(4), 295 .
31. Smith, M. R., Coutts, A. J., Merlini, M., Deprez, D., Lenoir, M., & Marcora, S. M. (2016). Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 48*(2), 267-276 .
32. Spagna, A., Mackie, M.-A., & Fan, J. (2015). Supramodal executive control of attention. *Frontiers in psychology, 6*, 65 .
33. Stroop, J. R. (1992). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology: General*, 121(1), 15 .
34. Tanaka, M., & Watanabe, Y. (2011). Neural compensation mechanisms to regulate motor output during physical fatigue. *Brain research, 1395*, 46-52 .
35. Van Cutsem ,J., Marcora, S., De Pauw, K., Bailey, S., Meeusen, R., & Roelands, B. (2017). The effects of mental fatigue on physical performance: a systematic review. *Sports Medicine, 47*(8), 1569-1588 .
36. Van der Linden, D., & Eling, P. (2006). Mental fatigue disturbs local processing more than global processing. *Psychological research, 70*(5), 395-402 .
37. Veness, D., Patterson, S. D., Jeffries, O., & Waldron, M. (2017). The effects of mental fatigue on cricket-relevant performance among elite players. *Journal of sports sciences*, 35(24), 2461-2467.

www.SID.ir

Archive of SID

38. Xuan, B., Mackie, M.-A., Spagna, A., Wu, T, Tian, Y., Hof, P. R., & Fan, J. (2016). The activation of interactive attentional networks. *NeuroImage, 129*, 308-319.

ارجاع‌دهی

محمدزاده، سحر؛ فارسی، علیرضا؛ و خسروآبادی، رضا. (۱۳۹۸). تأثیر خستگی شناختی بر کارایی عصبی شبکه کنترل اجرایی توجه در افراد ورزشکار: مدل سیستم تنظیم دوگانه. *مطالعات روان‌شناسی ورزشی*، ۸(۳۰)، ص. ۵۶-۴۱. شناسهٔ دیجیتال: 10.22089/spsyj.2019.7301.1778

Mohammadzadeh, S; Farsi, A. R; & Khosrowabadi, R. (2020). The Effect of Cognitive Fatigue on the Neural Efficacy of the Executive Control Network among Athletes: Dual Regulation System Model. *Sport Psychology Studies*, 8(30); Pp: 41-56. In Persian. DOI: 10.22089/spsyj.2019.7301.1778

www.SID.ir

Archive of SID

The Effect of Cognitive Fatigue on the Neural Efficacy of the Executive Control Network among Athletes: Dual Regulation System Model

S. Mohammadzadeh[1], A. R. Farsi[2], and R. Khosrowabadi[3]

1. PhD Student of Motor Behavior, Department of Cognitive Sciences and Behavior in sport, Faculty of Sport Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
2. Associate Professor, Department of Cognitive Sciences and Behavior in sport, Faculty of Sport Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. P.O. (Corresponding Author)
3. Assistant Professor at the Institute for Cognitive and Brain Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Received: 2019/05/20 **Accepted: 2019/07/23**

Abstract

The present study aimed to evaluate the effect of mental fatigue on the neural efficacy of the executive control network in athletes. To this aim, 22 professional athletes' students participated voluntarily. In order to measure the processing speed and the percentage of error in the control network, attention network test was conducted before and after mental fatigue. The subjects performed the Stroop test for 60 minutes in order to create mental fatigue. Then, they were asked to perform the attention network test. The results of dependent t-test indicated a significant increase in the error rate of the executive control network during mental fatigue. However, processing speed was not affected by mental fatigue. The findings support the reduction in the efficiency of task processing, which is influenced by the speed-accuracy exchange. Therefore, decreasing the effect of processing accuracy indicated the inhibition mechanism and the improvement of processing speed caused by activating the facilitation mechanism in the dual-regulation system.

Keywords: Facilitation System; Inhibition System; Mental Fatigue; Executive Control

1. Email: s_mohammadzadeh@sbu.ac.ir
2. Email: a_farsi@sbu.ac.ir
3. Email: r.khosrowabadi@gmail.com

www.SID.ir