

جدول ۲. زمان واکنش و میزان خطا در شرایط خستگی ذهنی و بدون خستگی ذهنی در نشانه‌ها

متغیر	شرایط	انطباق	بدون نشانه	ارزش t	مقدار P	نشانه دوگانه	ارزش t	مقدار P	نشانه معتبر	ارزش t	مقدار P
زمان واکنش (میلی ثانیه)	بدون خستگی	همگرا	۶۴۹/۰ ± ۵۵/۰	-۱۳/۷۷	۰/۰۱	۶۱۰/۰ ± ۵۳/۰	-۱۴/۶۵	۰/۰۰۱	۵۷۹/۰ ± ۵۶/۰	-۱۰/۵۸	۰/۰۰۱
	ذهنی	ناهمگرا	۷۹۷/۰ ± ۵۵/۰	*	*	۷۴۳/۰ ± ۴۹/۰			۶۹۳/۰ ± ۶۲/۰		
میزان خطا (درصد)	بدون خستگی	همگرا	۰/۶ ± ۱/۵	-۳/۰۷	۰/۰۶	۰/۶ ± ۲/۰	-۲/۶	۰/۰۱۶	۰/۷ ± ۱/۶	-۲/۴۲	۰/۰۲۴
	ذهنی	ناهمگرا	۴/۵ ± ۵/۶	*	*	۲/۴ ± ۳/۷			۲/۰ ± ۲/۹		
زمان واکنش (میلی ثانیه)	بدون خستگی	همگرا	۶۲۶/۰ ± ۶۴/۰	-۱۳/۱۶	۰/۰۱	۵۸۸/۰ ± ۶۳/۰	-۱۰/۶۰	۰/۰۰۱	۵۴۵/۰ ± ۵۱/۰	-۱۵/۴۲	۰/۰۰۱
	ذهنی	ناهمگرا	۷۶۰/۰ ± ۶۲/۰	**	**	۷۲۰/۰ ± ۶۱/۰			۶۴۷/۰ ± ۵۷/۰		
میزان خطا (درصد)	بدون خستگی	همگرا	۰/۶ ± ۱/۵	-۳/۰۷	۰/۰۶	۰/۶ ± ۲/۰	-۲/۶	۰/۰۱۶	۰/۷ ± ۱/۶	-۲/۴۲	۰/۰۲۴
	ذهنی	ناهمگرا	۴/۵ ± ۵/۶	*	*	۲/۴ ± ۳/۷			۲/۰ ± ۲/۹		
زمان واکنش (میلی ثانیه)	بدون خستگی	همگرا	۶۱۰/۰ ± ۵۳/۰	-۱۳/۷۷	۰/۰۱	۶۱۰/۰ ± ۵۳/۰	-۱۴/۶۵	۰/۰۰۱	۵۷۹/۰ ± ۵۶/۰	-۱۰/۵۸	۰/۰۰۱
	ذهنی	ناهمگرا	۷۹۷/۰ ± ۵۵/۰	*	*	۷۴۳/۰ ± ۴۹/۰			۶۹۳/۰ ± ۶۲/۰		

* وجود تفاوت معنی‌دار با انطباق هدف در شرایط بدون خستگی ذهنی؛ ** وجود تفاوت معنی‌دار با انطباق هدف در شرایط با خستگی ذهنی

کاهش زمان واکنش در شرایط همگرا در مقایسه حالت بدون خستگی و با خستگی ($t = 1/90, P = 0/071$) و همچنین، در شرایط ناهمگرا ($t = 0/98, P = 0/098$) به همراه افزایش میزان درصد خطا ($t = 0/96, P = 0/39$) در مورد شرایط همگرا و ($t = 0/29, P = 0/93$) در مورد شرایط ناهمگرا، وقوع خستگی ذهنی با پروتکل Stroop را در شرایط نشانه دوگانه تأیید نمود. در شرایط نشانه معتبر نیز الگوی مشابهی برای زمان واکنش (به ترتیب $P < 0/002$ و $P = 0/230$)، نتایج به دست آمده از آزمون Paired t نشان داد که خستگی ذهنی تأثیر معنی‌داری بر افزایش زمان واکنش جهت‌یابی ($t_{(1,31)} = 0/16, P = 0/680$)، نتایج به دست آمده از آزمون Paired t نشان داد که خستگی ذهنی ($t_{(1,31)} = -2/60, P = 0/660$)، نتایج به دست آمده از تحلیل آزمون Paired t نشان داد که میزان درصد خطا در طولانی‌تر از نشانه دوگانه ($t_{(1,31)} = 9/32, P = 0/001$) و نشانه معتبر ($t_{(1,31)} = 16/95, P = 0/001$) و زمان واکنش نشانه دوگانه نیز طولانی‌تر از نشانه معتبر بود ($t_{(1,31)} = 10/25, P = 0/001$)، همچنین، خستگی ذهنی باعث طولانی شدن نشانه‌ها نسبت به هم شد؛ به طوری که در شرایط خستگی ذهنی زمان واکنش بدون نشانه نسبت به نشانه دوگانه ($t_{(1,31)} = 5/65, P = 0/001$) و نشانه معتبر ($t_{(1,31)} = 18/60, P = 0/001$) و نشانه دوگانه نسبت به نشانه معتبر طولانی‌تر بود ($t_{(1,31)} = 7/83, P = 0/001$)، نتایج به دست آمده از تحلیل آزمون Paired t نشان داد که میزان درصد خطا در

شبکه‌های هشدار و جهت‌یابی تحت تأثیر خستگی ذهنی قرار گرفت و منجر به کاهش میزان دقت آن‌ها در شبکه جهت‌یابی ($t_{(1,31)} = -0/53, P = 0/600$) با ۴۸ درصد و در شبکه هشدار ($t_{(1,31)} = 0/15, P = 0/870$) با ۴۵ درصد اندازه اثر شد که این تغییرات معنی‌دار نبود. نتایج آزمون Repeated measures ANOVA نشان داد که میزان درصد خطا در هر دو شرایط با توجه به نوع نشانه و هدف تغییر کرد. در واقع، دقت پردازش به طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع نشانه و هدف قرار گرفت و باعث افزایش میزان درصد خطا شد. اثر اصلی نوع نشانه ($P = 0/016, F_{(1,31)} = 4/59, \eta^2 = 0/18$) و اثر اصلی نوع هدف ($P = 0/001, F_{(1,31)} = 22/94, \eta^2 = 0/52$) معنی‌دار بود. بنابراین، اثر اصلی زمان معنی‌دار بود و میزان درصد خطا افزایش یافت ($P = 0/038, F_{(1,31)} = 4/88, \eta^2 = 0/19$)، تحلیل نوع نشانه‌ها حاکی از آن بود که میزان درصد خطا در بدون نشانه بیشتر از نشانه دوگانه ($t_{(1,31)} = 2/20, P = 0/039$) با اندازه اثر ۷۰ درصد و نشانه معتبر با ۸۵ درصد افزایش بود ($t_{(1,31)} = 2/14, P = 0/440$)، تفاوتی بین نشانه دوگانه و نشانه معتبر در میزان درصد خطا در شرایط بدون خستگی ذهنی ($t_{(1,31)} = -0/42, P = 0/670$) با میزان درصد تغییر ۸/۹ و همراه با خستگی ذهنی وجود نداشت ($t_{(1,31)} = 0/59, P = 0/560$)، اندازه اثر نیز ۸/۶ درصد بود. همچنین، خستگی ذهنی باعث کاهش میزان دقت نشانه‌ها نسبت به هم شد؛ به گونه‌ای که بدون نشانه نسبت به نشانه دوگانه ($t_{(1,31)} = 2/51, P = 0/170$) با ۲۲ درصد تغییر و نشانه معتبر ($t_{(1,31)} = 1/78, P = 0/091$) با ۳۴ درصد تغییر میزان خطا بیشتر بود؛ هرچند این تفاوت معنی‌دار نبود.

جدول ۳. زمان واکنش و میزان خطا در حالت همگرا و ناهمگرا در نشانه‌ها

متغیر	شرایط	انطباق	بدون نشانه	ارزش t	مقدار P	نشانه دوگانه	ارزش t	مقدار P	نشانه معتبر	ارزش t	مقدار P
زمان واکنش (میلی ثانیه)	بدون خستگی	همگرا	۶۵۸/۰ ± ۶۰/۰	۳/۰۲	۰/۰۰۷	۶۱۹/۰ ± ۵۷/۰	۲/۵۰	۰/۰۲۰	۵۸۳/۰ ± ۵۶/۰	۴/۰۴	۰/۰۰۱
	با خستگی	ناهمگرا	۶۲۳/۰ ± ۶۳/۰			۵۸۹/۰ ± ۶۱/۰			۵۴۴/۰ ± ۵۱/۰		
میزان خطا (درصد)	بدون خستگی	همگرا	۰/۷ ± ۲/۰	-۰/۲۹	۰/۷۷۰	۰/۹ ± ۳/۰	-۰/۳۹	۰/۹۶۰	۰/۹ ± ۲/۶	-۰/۴۲	۰/۶۷۰
	با خستگی	ناهمگرا	۰/۹ ± ۱/۷			۰/۹ ± ۲/۴			۰/۷ ± ۲/۰		
زمان واکنش (میلی ثانیه)	بدون خستگی	همگرا	۳/۸ ± ۵/۶	-۱/۹۲	۰/۰۶۸	۲/۶ ± ۵/۵	-۱/۰۹	۰/۲۸۰	۲/۵ ± ۴/۶	-۱/۲۳	۰/۲۳۰
	با خستگی	ناهمگرا	۶/۲ ± ۶/۶			۳/۸ ± ۴/۸			۳/۶ ± ۳/۸		

* تفاوت معنی‌دار در شرایط همگرای بدون و با خستگی ذهنی؛ ** تفاوت معنی‌داری در شرایط ناهمگرای بدون و با خستگی ذهنی

بحث

شناختی در حضور خستگی ذهنی، با افزایش فعالیت سیستم عصبی سمپاتیک همراه است (۴۰).

هنگامی که افراد خسته می‌شوند، انتخاب اعمال از طریق فرایندهای کنترل تنظیمی سطح بالا (High-level regulatory control processes) کنترل می‌شود (۳۸). افراد خسته مشکلاتی را در تمرکز توجه، برنامه‌ریزی و سازگاری با استراتژی‌های در حال تغییر دارند (۴۱). در واقع، آن‌ها توانایی کمتری برای آمادگی پاسخ دادن دارند و در حفظ توجه و نادیده گرفتن اطلاعات نامربوط با مشکل روبه‌رو می‌شوند و پاسخ‌های اشتباهشان را نیز کمتر تصحیح می‌کنند (۱۵). در مطالعه حاضر، علاوه بر اثرات خستگی ذهنی مشاهده شده، نتایج رفتاری اثرات همگرایی را نشان داد. اغلب در تکلیف فلانکر، پاسخ‌هایی با دقت کمتر و کندتر برای کوشش‌های ناهمگرا در مقابل کوشش‌های همگرا گزارش شده است (۱۳). در واقع، اگر افزایش خستگی ذهنی مانع از سرکوب اطلاعات نامرتبط شود، می‌توان انتظار داشت که پاسخ‌ها به طور فزاینده بر اساس اطلاعات نامناسب شکل گیرند (۱۳). در شرایط همگرا، این مسأله ممکن است منجر به تسهیل اندکی شود (۱۳). بنابراین، وقتی افراد از نظر ذهنی خسته می‌شوند، مشکلاتی را در مسدود کردن محرک غیر مرتبط دارند و باعث افزایش تعداد خطاها می‌شود (۱۵).

کارایی عملکرد از نظر سرعت در شبکه هشدار تحت تأثیر زمان قرار نمی‌گیرد، اما در شبکه جهت‌یابی، خستگی ذهنی منجر به کاهش سرعت پردازش اطلاعات ورودی می‌شود و در نتیجه، زمان واکنش بیشتر می‌گردد، اما میزان درصد خطا تغییری نمی‌کند که مطابق با قانون مبادله سرعت و دقت Peterson و Fitts است. این قانون ادعا دارد که با کاهش سرعت، دقت عملکرد حفظ می‌شود (۴۲). این نتیجه کاهش دقت با یافته‌های تحقیقات پیشین که با افزایش خستگی ذهنی، شرکت‌کنندگان به طور فزاینده تمایل به پاسخ دادن به اطلاعات غیر مرتبط داشتند (۲۸، ۱۳، ۲)، همسو بود. به نظر می‌رسد که با تمرین، انتخاب اطلاعات بیشتر خودکار می‌شود و نیازهای تکلیف با گذشت زمان و خستگی ذهنی کاهش می‌یابد. اگر این تأثیرات یادگیری را منعکس کنند، تأثیرات سودمند در عملکرد شبکه هشدار مشاهده می‌شود. با این حال، خستگی ذهنی ممکن است در حفظ و بهینه‌سازی عملکرد در شرایط پرتلاش با عدم موفقیت اجرایی روبه‌رو شود، اما حفظ تلاش شناختی جبرانی منجر به عملکردی می‌شود که پایین‌تر و متغیرتر از توانایی بهینه افراد است (۴۳).

شرکت‌کنندگان پژوهش حاضر به دلیل سابقه فعالیت ورزشی خود، توانایی بالایی در پردازش سریع محرک‌های ارایه شده در محیط ورزشی (محرک‌های همگرا و مرتبط) داشتند، اما در دقت پاسخ‌دهی و توجه به محرک‌های غیر مرتبط و ناهمگرا با افت عملکرد مواجه شدند. شاید این پدیده منجر به کاهش توجه، کاهش ظرفیت پردازش و کاهش جفت شدن ادراک و عمل با افزایش سطح خستگی ادراک شده گردد و کاهش انگیزش برای اجرای تکلیف را به دنبال داشته باشد.

محدودیت‌ها

از محدودیت‌های مطالعه حاضر می‌توان به عدم کنترل شرایط روانی و میزان خواب شرکت‌کنندگان در هنگام آزمون اشاره کرد؛ چرا که وقتی آزمودنی‌ها از نظر خلقی در شرایط مساعد نباشند، میزان توجه و دقت انجام تکلیف توسط

خستگی ذهنی پدیده بسیار رایجی است که می‌تواند تأثیر منفی زیادی بر عملکرد تکلیف روزانه داشته باشد. افراد خسته اغلب در تمرکز با مشکلاتی روبه‌رو می‌شوند که به راحتی قابل تشخیص است. پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر خستگی ذهنی بر عملکرد شبکه‌های توجهی هشدار و جهت‌یابی در افراد ورزشکار ماهر انجام شد. نتایج نشان داد که خستگی ذهنی بر زمان واکنش شبکه جهت‌یابی با ۴۰ درصد و میزان درصد خطا با ۴۵ درصد تغییر در هر دو شبکه تأثیر منفی داشت، اما باعث بهبود سرعت پردازش در شبکه هشدار همراه با کاهش دقت گردید. نتایج به دست آمده به این مفهوم اشاره دارد که افراد ورزشکار بعد از خستگی ذهنی، در تمرکز مشکلاتی را تجربه می‌کنند و به آسانی دچار اختلال حواس می‌شوند که این امر در سرعت پردازش شبکه جهت‌یابی و دقت پاسخ مشاهده می‌شود.

تکالیف خستگی ذهنی مانند تکلیف Stroop که جزء فرایندهای شناختی توجه انتخابی و بازداری به شمار می‌رود، برای بررسی پردازش اطلاعات در دو سطح خودکار (خواندن کلمه) و کنترل شده (نامگذاری رنگ کلمه) استفاده می‌شود. زمانی که بازداری در انتخاب پاسخ به دلیل معنی کلمه و رنگ جوهر کلمه وجود دارد و غیر قابل پیش‌بینی است، قشر سینگولیت قدامی (ACC یا Anterior cingulate cortex) که بخشی از قشر پیش‌فرونتال است (منطقه درگیر در تکالیف بازداری)، فعال می‌شود. به همین علت چالش غیر قابل پیش‌بینی است و به شدت توسط ACC و قشر پیش‌فرونتال جانبی قبل از خطای واقعی فعال می‌گردد (۳۵)؛ یعنی قبل از این که پاسخی به محرک Stroop داده شود که ممکن است درست یا اشتباه باشد، برنامه‌ریزی و پیش‌بینی انجام می‌گیرد و این مناطق فعال می‌شوند. در واقع، این منطقه مغزی درون‌دادی را از قشر حرکتی اولیه، قشر پیش‌حرکتی و منطقه حرکتی کامل (Supplementary motor area یا SMA) دریافت می‌کند (۳۶) و باعث ایجاد پیش‌بینی‌های قشری نخاعی می‌شود (۳۷) که در ناحیه میانی نخاع شوکی تمام می‌شود (۳۷). بنابراین، ACC مستلزم کنترل حرکتی است (۳۸). عملکرد شناختی رفتار هدف‌محور تحت تأثیر Top-down modulation قرار می‌گیرد (۳۴). در مطالعه حاضر، شبکه جهت‌یابی در زمان واکنش به عنوان عملکرد شناختی جزء مکانیسم‌های شناختی هدف‌محور بود و تحت تأثیر خستگی ذهنی قرار گرفت و این تغییر با کاهش سرعت پردازش در جهت‌یابی و کاهش دقت پاسخ در شبکه هشدار مشاهده گردید. بر این اساس می‌توان گفت که با افزایش خستگی ذهنی، کاهش در Top-down modulation عملکرد شناختی ایجاد می‌گردد که این یافته با نتایج تحقیق Lorist و همکاران (۳۸) همخوانی داشت.

مسأله مهم در بررسی خستگی ذهنی مربوط به رابطه بین خستگی و عواملی مانند انگیزش و بی‌حوصلگی است (۲۴). گفته می‌شود که حداقل بخشی از اثرات خستگی ذهنی به دلیل فقدان انگیزش می‌باشد (۳۹). افراد خسته‌ای که برانگیخته می‌شوند، دوباره می‌توانند اعمالشان را به طور مناسب کنترل کنند. با این حال، اگر از نظر ذهنی خسته شده باشند و برانگیخته شوند، قادر به بهبود سرعت و دقت نمی‌باشند و در مقابل، با ضعیف عمل کردن در یک ویژگی، عملکرد دیگری را بهبود می‌بخشند (۱۵). در پژوهش حاضر نیز با افزایش سرعت واکنش در شرایط خستگی ذهنی در شبکه جهت‌یابی، درصد میزان خطا کاهش یافت. افزایش انگیزش و تلاش ذهنی به منظور حفظ عملکرد تکلیف

۳۸۴۷۷ و کد اخلاق SBU.ICBS 96.021 از کمیته اخلاق زیستی دانشگاه شهید بهشتی و کد پایان‌نامه ۳۷۷۸۱ با کد ثبت IRCT20130615013672N2 می‌باشد. بدین وسیله نویسندگان از کارشناس آزمایشگاه پژوهشکده علوم شناختی به جهت همکاری در جمع‌آوری داده‌ها، تشکر و قدردانی به عمل می‌آورند. همچنین، از کلیه شرکت‌کنندگان که در انجام این پژوهش مساعدت نمودند، سپاسگزاری می‌گردد.

نقش نویسندگان

سحر محمدزاده، طراحی و ایده‌پردازی مطالعه، تنظیم دست‌نوشته، خدمات پشتیبانی و اجرایی مطالعه، فراهم کردن تجهیزات و نمونه‌های مطالعه و جمع‌آوری اطلاعات، تحلیل داده‌ها، خدمات تخصصی آمار، مسؤلیت حفظ یکپارچگی مطالعه از آغاز تا پایان و پاسخگویی به سؤالات داوران، علیرضا فارسی، طراحی و ایده‌پردازی مطالعه، ارزیابی تخصصی دست‌نوشته از نظر مفاهیم علمی و تأیید دست‌نوشته پیش از ارسال به مجله، رضا خسروآبادی، کمک به تحلیل و ارزیابی تخصصی دست‌نوشته از نظر مفاهیم علمی و تأیید دست‌نوشته قبل از ارسال به مجله را بر عهده داشتند.

منابع مالی

مطالعه حاضر بر اساس تحلیل بخشی از اطلاعات مستخرج از پایان‌نامه مقطع دکتری تخصصی با شماره ۳۸۴۴۷ و کد اخلاق ۹/۰۲۱ SBU.ICBS۶ از کمیته اخلاق زیستی دانشگاه شهید بهشتی و کد ۳۷۷۸۱ با کد ثبت IRCT20130615013672N2 و تحت حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشکده علوم ورزشی دانشگاه شهید بهشتی انجام گردید. دانشگاه شهید بهشتی در جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل و گزارش آن‌ها، تنظیم دست‌نوشته و تأیید نهایی مقاله برای انتشار اعمال نظر نداشته است.

تعارض منافع

نویسندگان دارای تعارض منافع نمی‌باشند. سحر محمدزاده از سال ۱۳۹۳ دانشجوی مقطع دکتری تخصصی گروه رفتار حرکتی دانشگاه شهید بهشتی تهران می‌باشد. علیرضا فارسی دانشیار دانشکده علوم ورزشی دانشگاه شهید بهشتی و استاد راهنما و رضا خسروآبادی استادیار پژوهشکده علوم شناختی و مغز دانشگاه شهید بهشتی و استاد مشاور پایان‌نامه می‌باشند.

آن‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرد. همچنین، میزان خواب شبانه مفید، بر هوشیاری و سرعت واکنش فرد تأثیر می‌گذارد. بنابراین، اگر خواب افراد عمیق نباشد، خستگی روزانه آن‌ها برطرف نمی‌شود و عملکرد روزانه و شناختی آن‌ها تغییر می‌کند (۴۵، ۴۴، ۱۴). با توجه به نیمه تجربی بودن تحقیق حاضر، قابلیت تعمیم نتایج به سایر گروه‌های جامعه محدود است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که این آزمایش به شکل میدانی و با در نظر گرفتن قابلیت تعمیم‌پذیری تکرار شود. رشته‌های ورزشی توبی هم از نظر طیف مهارت‌های حرکتی جزء مهارت‌های شناختی - حرکتی محسوب می‌شوند و هم به صورت تیمی تمرین و بازی می‌کنند. شرکت‌کنندگان پژوهش حاضر به دلیل عدم دسترسی به ورزشکاران حرفه‌ای یک رشته خاص و عدم تمایل آن‌ها برای شرکت در مطالعه، از دانشجویان ورزشکار که به طور عمده سابقه فعالیت منظم در یک یا چند رشته ورزشی را داشتند، انتخاب شدند و به ناچار افراد مورد بررسی در چندین رشته ورزشی توبی غیر همسان فعال بودند.

پیشنهادها

با توجه به این که عامل روانی مشارکت‌کنندگان قابل کنترل نبود، بهتر است در تحقیقات آینده حالات خلقی آن‌ها نیز بررسی گردد و از آن جایی که فعالیت‌های مغزی در طول خستگی ذهنی تغییر می‌کند و می‌تواند خواب‌آلودگی را نشان دهد، پیشنهاد می‌شود که در بررسی‌های بعدی، شاخص‌های الکتروفیزیولوژیکی شرکت‌کنندگان قبل و بعد از ایجاد خستگی ذهنی بررسی گردد. با توجه به این که نمونه‌های پژوهش را دانشجویان ورزشکار از سه رشته ورزشی فوتبال، والیبال و بسکتبال تشکیل دادند، بهتر است در مطالعات آینده هر رشته ورزشی تخصصی به طور جداگانه بررسی شود.

نتیجه‌گیری

با توجه به این که رشته‌های ورزشی توبی نیاز به تلاش شناختی و حرکتی زیادی برای تشخیص درست محرک و پاسخ سریع دارند و عملکرد آن‌ها تحت تأثیر خستگی ذهنی قرار می‌گیرد، توصیه می‌شود در تمرینات این رشته‌ها و قبل از شروع تمرین و بازی، تلاش شناختی که باعث ایجاد خستگی می‌گردد، انجام نشود.

تشکر و قدردانی

تحقیق حاضر برگرفته از پایان‌نامه مقطع دکتری تخصصی رفتار حرکتی با شماره

References

1. Chaudhuri A, Behan PO. Fatigue in neurological disorders. *Lancet* 2004; 363(9413): 978-88.
2. Smith MR, Marcora SM, Coutts AJ. Mental fatigue impairs intermittent running performance. *Med Sci Sports Exerc* 2015; 47(8): 1682-90.
3. Ackerman PL, Kanfer R. Test length and cognitive fatigue: an empirical examination of effects on performance and test-taker reactions. *J Exp Psychol Appl* 2009; 15(2): 163-81.
4. MacMahon C, Schucker L, Hagemann N, Strauss B. Cognitive fatigue effects on physical performance during running. *J Sport Exerc Psychol* 2014; 36(4): 375-81.
5. Van Cutsem J, Marcora S, De Pauw K, Bailey S, Meeusen R, Roelands B. The effects of mental fatigue on physical performance: A systematic review. *Sports Med* 2017; 47(8): 1569-88.
6. Huertas F, Zahonero J, Sanabria D, Lupianez J. Functioning of the attentional networks at rest vs. during acute bouts of aerobic exercise. *J Sport Exerc Psychol* 2011; 33(5): 649-65.
7. Fathirezai Z, Farsi A, Vaez-Mousavi MK, Zamani-Sani SH. Effect of cognitive training on efficiency of executive control network of attention. *J Res Rehabil Sci* 2015; 11(3): 182-92. [In Persian].

8. Petersen SE, Posner MI. The attention system of the human brain: 20 years after. *Annu Rev Neurosci* 2012; 35: 73-89.
9. Williams RS, Biel AL, Wegier P, Lapp LK, Dyson BJ, Spaniol J. Age differences in the Attention Network Test: Evidence from behavior and event-related potentials. *Brain Cogn* 2016; 102: 65-79.
10. Sarapas C, Weinberg A, Langenecker SA, Shankman SA. Relationships among attention networks and physiological responding to threat. *Brain Cogn* 2017; 111: 63-72.
11. Fan J, Kolster R, Ghajar J, Suh M, Knight RT, Sarkar R, et al. Response anticipation and response conflict: an event-related potential and functional magnetic resonance imaging study. *J Neurosci* 2007; 27(9): 2272-82.
12. Shen KQ, Li XP, Ong CJ, Shao SY, Wilder-Smith EP. EEG-based mental fatigue measurement using multi-class support vector machines with confidence estimate. *Clin Neurophysiol* 2008; 119(7): 1524-33.
13. Faber LG, Maurits NM, Lorist MM. Mental fatigue affects visual selective attention. *PLoS One* 2012; 7(10): e48073.
14. Smith MR, Coutts AJ, Merlini M, Deprez D, Lenoir M, Marcora SM. Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. *Med Sci Sports Exerc* 2016; 48(2): 267-76.
15. Boksem MA, Meijman TF, Lorist MM. Effects of mental fatigue on attention: An ERP study. *Brain Res Cogn Brain Res* 2005; 25(1): 107-16.
16. Boksem MA, Meijman TF, Lorist MM. Mental fatigue, motivation and action monitoring. *Biol Psychol* 2006; 72(2): 123-32.
17. Kumar N, Wheaton LA, Snow TK, Millard-Stafford M. Exercise and caffeine improve sustained attention following fatigue independent of fitness status. *Fatigue* 2015; 3(2): 104-21.
18. Veness D, Patterson SD, Jeffries O, Waldron M. The effects of mental fatigue on cricket-relevant performance among elite players. *J Sports Sci* 2017; 35(24): 2461-7.
19. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods* 2007; 39(2): 175-91.
20. Xuan B, Mackie MA, Spagna A, Wu T, Tian Y, Hof PR, et al. The activation of interactive attentional networks. *Neuroimage* 2016; 129: 308-19.
21. Swann C, Moran A, Piggott D. Defining elite athletes: Issues in the study of expert performance in sport psychology. *Psychol Sport Exerc* 2015; 16: 3-14.
22. Moeinirad S, Abdoli B, Farsi A, Ahmadi N. Comparing visual search behavior among the expert and near-expert players in basketball jump shots; an ex post facto study. *J Res Rehabil Sci* 2017; 13(6): 303-8. [In Persian].
23. Schmidt RA, Lee TD. Motor learning and performance: From principles to application. Champaign, IL: Human Kinetics; 2013.
24. Lorist MM. Impact of top-down control during mental fatigue. *Brain Res* 2008; 1232: 113-23.
25. Hopstaken JF, van der Linden D, Bakker AB, Kompier MAJ, Leung YK. Shifts in attention during mental fatigue: Evidence from subjective, behavioral, physiological, and eye-tracking data. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 2016; 42(6): 878-89.
26. Stroop JR. Studies of interference in serial verbal reactions. *J Exp Psychol Gen* 1992; 121(1): 15-23.
27. Lee KA, Hicks G, Nino-Murcia G. Validity and reliability of a scale to assess fatigue. *Psychiatry Res* 1991; 36(3): 291-8.
28. Rozand V, Lebon F, Papaxanthis C, Lepers R. Effect of mental fatigue on speed-accuracy trade-off. *Neuroscience* 2015; 297: 219-30.
29. Arghami S, Ghoreishi A, Kamali K, Farhadi M. Investigating the consistency of mental fatigue measurements by visual analog scale (VAS) and flicker fusion apparatus. *Iran J Ergon* 2013; 1(1): 66-72. [In Persian].
30. Lawshe CH. A quantitative approach to content validity. *Pers Psychol* 1975; 28(4): 563-75.
31. Lynn MR. Determination and quantification of content validity. *Nursing Research* 1986; 35(6).
32. Spagna A, Mackie MA, Fan J. Supramodal executive control of attention. *Front Psychol* 2015; 6: 65.
33. Gravetter FJ, Forzano LAB. Research methods for the behavioral sciences. 4th ed. Belmont, CA ; Wadsworth Publishing; 2011.
34. MacLeod CM. Half a century of research on the Stroop effect: An integrative review. *Psychol Bull* 1991; 109(2): 163-203.
35. Milham MP, Erickson KI, Banich MT, Kramer AF, Webb A, Wszalek T, et al. Attentional control in the aging brain: insights from an fMRI study of the stroop task. *Brain Cogn* 2002; 49(3): 277-96.
36. Dum RP, Strick PL. The origin of corticospinal projections from the premotor areas in the frontal lobe. *J Neurosci* 1991; 11(3): 667-89.
37. Morecraft RJ, Van Hoesen GW. Cingulate input to the primary and supplementary motor cortices in the rhesus monkey: evidence for somatotopy in areas 24c and 23c. *J Comp Neurol* 1992; 322(4): 471-89.
38. Lorist MM, Klein M, Nieuwenhuis S, de Jong R, Mulder G, Meijman TF. Mental fatigue and task control: Planning and preparation. *Psychophysiology* 2000; 37(5): 614-25.
39. Chaudhuri A, Behan PO. Fatigue and basal ganglia. *J Neurol Sci* 2000; 179(S 1-2): 34-42.
40. Ishii A, Tanaka M, Watanabe Y. Neural mechanisms of mental fatigue. *Rev Neurosci* 2014; 25(4): 469-79.
41. van der Linden D, Eling P. Mental fatigue disturbs local processing more than global processing. *Psychol Res* 2006; 70(5): 395-402.
42. Fitts PM, Peterson JR. Information capacity of discrete motor responses. *J Exp Psychol* 1964; 67: 103-12.
43. Holtzer R, Shuman M, Mahoney JR, Lipton R, Verghese J. Cognitive fatigue defined in the context of attention networks. *Neuropsychol Dev Cogn B Aging Neuropsychol Cogn* 2011; 18(1): 108-28.
44. Killgore WD. Effects of sleep deprivation on cognition. *Prog Brain Res* 2010; 185: 105-29.
45. Wadlinger HA, Isaacowitz DM. Positive mood broadens visual attention to positive stimuli. *Motiv Emot* 2006; 30(1): 87-99.

The Effect of Mental Fatigue on the Planning and Preparation of Alerting and Orienting Attention Networks in Athlete Students; A Non-Controlled Clinical Trial

Sahar Mohammadzadeh¹, Alireza Farsi², Reza Khosrowabadi³

Original Article

Abstract

Introduction: Mental fatigue following long-term mental activity is a reason for the performance decrement in sports. Considering the importance of the effect of mental fatigue on selective attention and performance of athletes, the present study aimed to determine the effect of mental fatigue on the effectiveness of alerting and orienting attention networks among athlete students.

Materials and Methods: This quasi-experimental study with pre- and posttest design was done to collect the data from 22 athlete students selected using convenient sampling method. Attention network test was used to evaluate the effectiveness of alerting and orienting networks before and after mental fatigue. In addition, they performed the Stroop test for 60 minutes in order to create mental fatigue. Then, repeated measures ANOVA (3×2) was utilized for analyzing the data at the significance level of 0.05.

Results: A significant increase in reaction time was observed in the speed processing of orienting network in mental fatigue ($P = 0.016$), while mental fatigue improved the reaction speed in the alerting network ($P = 0.280$). In addition, the error rate decreased in both alerting networks ($P = 0.870$) and orienting ($P = 0.600$), although it was not significant.

Conclusion: It may be concluded that mental fatigue could alter cognitive performance and negatively affect both accuracy and speed of the alerting and orienting networks, due to its goal-directed and up-down control. Therefore, it seems that athlete students probably sacrifice the speed for maintaining accuracy in the orienting network, and reduce accuracy for maintaining speed in the alerting network.

Keywords: Alerting network, Mental fatigue, Speed processing, Accuracy of response

Citation: Mohammadzadeh S, Farsi A, Khosrowabadi R. The Effect of Mental Fatigue on the Planning and Preparation of Alerting and Orienting Attention Networks in Athlete Students; A Non-Controlled Clinical Trial. J Res Rehabil Sci 2018; 14(4): 214-22.

Received: 11.07.2018

Accepted: 21.09.2018

Published: 07.10.2018

1- PhD Student, Department of Cognitive Sciences and Behavior in sport, School of Sport Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
2- Associate Professor, Department of Cognitive Sciences and Behavior in Sport, School of Sport Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
3- Assistant Professor, Institute for Cognitive and Brain Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
Corresponding Author: Sahar Mohammadzadeh, Email: s_mohammadzadeh@sbu.ac.ir