

اثر استرس ناشی از فعالیت ورزشی حاد بر تحکیم حافظه حرکتی ضمنی

فرهاد قدیری^۱ (Ph.D)، علی رشیدی پور^{۲*} (Ph.D)، عباس بهرام^۱ (Ph.D)، صالح زاهدی اصل^۳ (Ph.D)

۱- دانشگاه خوارزمی تهران، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی

۲- دانشگاه علوم پزشکی سمنان، دانشکده پزشکی، گروه و مرکز تحقیقات فیزیولوژی، آزمایشگاه یادگیری و حافظه

۳- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، مرکز تحقیقات غدد و متابولیسم

چکیده

سابقه و هدف: شواهد گسترده‌ای اثرات تعدیل‌کننده‌ی انگیزتگی هیجانی حافظه‌ی اخباری انسان را به اثبات رسانده‌اند. اما، در مورد اثرات تعدیل‌کننده‌ی انگیزتگی بر حافظه‌ی حرکتی ضمنی دانش کمی موجود است. هدف تحقیق حاضر تعیین اثر استرس فعالیت ورزشی حاد پس از اکتساب بر تحکیم حافظه‌ی حرکتی ضمنی بود. مواد و روش‌ها: آزمودنی‌های تحقیق را ۴۰ آزمودنی سالم تشکیل می‌دادند که به طور تصادفی به دو گروه استرس (ده زن و ده مرد) و عدم استرس (ده زن و ده مرد) تقسیم شدند. آزمایش شامل دو دوره اکتساب و خاطر‌آوری بود. برای این تحقیق، تکلیف تطبیق رنگ زنجیره‌ای در نظر گرفته شد. در دوره اکتساب هر دو گروه به اجرای تکلیف در ۶ بلوک ۱۵۰ کوششی پرداختند و بعد از آن گروه استرس به اجرای فعالیت ورزشی بر روی تردمیل تا لحظه‌ی اماندگی پرداخت و گروه دیگر استراحت کرد. در طول آزمایش، روند تغییرات غلظت کورتیزول بزاق اندازه‌گیری شد. یافته‌ها: استرس فعالیت ورزشی حاد منجر به افزایش معنی‌دار سطح کورتیزول بزاق در گروه استرس شد. در حالی که گروه عدم استرس در فاصله‌ی زمانی ۲۴ ساعت هیچ پیش‌رفتی در یادگیری تکلیف تطبیق رنگ زنجیره‌ای نداشت، گروه استرس در همین دوره‌ی زمانی ارتقاء معنی‌داری در عمل کرد نشان داد ($P < 0.05$). نتیجه‌گیری: اعمال استرس حاد بعد از اکتساب، یعنی در زمان تحکیم حافظه‌ای می‌تواند فرایند تحکیم حافظه‌ی حرکتی ضمنی را ارتقاء بخشد.

واژه‌های کلیدی: حافظه‌ی حرکتی ضمنی، تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای، استرس حاد، تحکیم حافظه‌ای

مقدمه

Task, SRTT) مورد مطالعه قرار گرفته است [۲]. این حافظه مرجع دست‌یابی به تمام رفتارهای ماهرانه است که دامنه وسیعی از مهارت‌ها را در بر می‌گیرد [۳]. تحکیم حافظه‌ی برای یادگیری حرکتی ضمنی بسیار مهم است. تحکیم حافظه‌ای حاوی مجموعه‌ای از فرایندهاست که از طریق آن رد حافظه‌ای یک رخداد یا تجربه، تثبیت و تقویت می‌شود [۴]. دیر زمانی است فرایند تحکیم حافظه حرکتی ضمنی و مکانیزم نورونی آن مورد توجه محققین واقع شده است [۵]. مطالعات اولیه نشان داده‌اند حافظه حرکتی انسان تحت تأثیر

یکی از موضوعات مورد توجه در حیطه رفتار حرکتی، اکتساب توالی‌های حرکتی است که اغلب بدون تمایل فرد برای یادگیری و تنها از طریق اجرای تکراری یک الگوی متوالی آموخته می‌شوند، مانند دوچرخه‌سواری که اساس زندگی روزانه ما را تشکیل می‌دهند [۱]. یادگیری توالی‌های حرکتی طبقه خاصی از حافظه را با عنوان حافظه حرکتی ضمنی به خود اختصاص می‌دهد که به طور گسترده با استفاده از تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای (Serial Reaction Time)

فرایندهایی مشابه با حافظه آشکار قرار داشته و با گذشت زمان (در امتداد خواب شبانه) بدون هیچ‌گونه تمرین اضافی ارتقاء می‌یابد [۶]. این نتایج محققین را به این فرضیه نزدیک ساخت که حافظه‌های ضمنی و آشکار دارای نقاط اشتراک فراوان در مرحله تحکیم حافظه‌ای هستند. این فرضیه با استفاده از برخی مداخلات مورد آزمون قرار گرفت، مانند اثر چرت بر تسهیل تحکیم حافظه‌ای که محققین را به تشابه فرایند میان دو حافظه مذکور نزدیک‌تر ساخت [۸،۷].

در این زمینه، علاقه محققین به متغیرهای کلیدی معطوف گشت که اثر آن‌ها در حوزه حافظه آشکار به اثبات رسیده است. یکی از مهم‌ترین موضوعات مورد توجه، ارتقاء انگیزتگی از طریق استرس روان‌شناختی یا جسمانی است که موجب تعدیل حافظه آشکار می‌شود [۹، ۱۰]. پاسخ به فشارزها، سبب فعال‌سازی محور هیپوتالاموس - هیپوفیز - فوق‌کلیوی و به دنبال آن رهاسازی هورمون‌های استرسی (کورتیزول و اپی‌نفرین) غده فوق‌کلیوی به داخل خون می‌شود [۱۰، ۱۱، ۱۲]. کورتیزول به دلیل لیوفیل بودن از سد خونی - مغزی عبور کرده و از طریق اثر بر دو نوع گیرنده‌ی مینرالوکورتیکوئیدی (MR) و گلوکوکورتیکوئیدی (GR) در مغز، به ویژه هایپوکمپ، بر جنبه‌های متنوع یادگیری و حافظه اثر می‌گذارد [۱۳، ۱۴، ۱۵].

هرچند تحقیقات وسیعی، جنبه‌های متعدد انگیزتگی را در حوزه حافظه آشکار بررسی نموده‌اند، اما این تحقیقات در حوزه حافظه ضمنی بسیار ناقص بوده و درک محدودی نسبت به این موضوع وجود دارد [۶]. در این زمینه برخی تحقیقات به مقایسه اثر استرس بر دو حافظه ضمنی و آشکار در مراحل مختلف پرداخته‌اند [۱۶، ۱۷]. به عنوان مثال، واگنر و هم‌کاران (۲۰۰۶)، جهت آزمون اثر کورتیزول بر تحکیم حافظه آشکار و ضمنی از افزایش شبانه آن جلوگیری کردند. نتایج تحقیق نشان داد بازداری ترشح کورتیزول طی خواب شبانه تنها به تحکیم حافظه آشکار آسیب وارد کرده و هیچ آسیبی به حافظه ضمنی وارد نمی‌کند [۱۶]. شوب و هم‌کاران (۲۰۰۹) به مقایسه اثر استرس بر یادداری دو حافظه مذکور پرداختند. نتایج این

تحقیق نیز نتوانست اثر استرس بر حافظه حرکتی ضمنی را به اثبات برساند [۱۷].

برخی محققین عدم موفقیت در تعمیم اثر انگیزتگی هیجانی به حافظه ضمنی را به تقسیم‌بندی سنتی این حافظه نسبت داده و هر نوع اشتراک میان دو نوع سیستم را منتفی می‌دانند [۱۸، ۱۹، ۲۰]. اما این موضوع اخیراً رد شده و در بعضی مطالعات با استفاده از تصویربرداری عصبی، وجود مکانیزم‌های مشترک بین حافظه آشکار و ضمنی به اثبات رسیده است. به عنوان مثال، مشخص شده هایپوکمپ و آمیگدال در شکل‌گیری حافظه ضمنی (به مانند حافظه آشکار) مشارکت پایداری دارند [۱، ۲۱، ۲۲، ۲۳]. در همین راستا اثر کورتیزول بر چنین حافظه‌ای در تحقیقات ترس شرطی شده نیز به اثبات رسیده است [۲۴، ۲۵]. این مدارک نشان می‌دهند عدم موفقیت در کشف رابطه میان استرس و حافظه حرکتی ضمنی به مکانیزم نورونی آن ارتباط نداشته و در جهت روشن شدن این موضوع به تحقیقات بیش‌تری نیاز است.

تحقیقات قبلی در زمینه حافظه آشکار نشان داده‌اند بهترین زمان اعمال استرس حاد، بعد از اکتساب یعنی در زمان تحکیم حافظه است [۱۹، ۲۶، ۲۸، ۲۹، ۳۰]. ارائه استرس حاد در این زمان بدون تأثیر بر مکانیزم‌های توجیهی، به تسهیل تحکیم حافظه‌ای کمک می‌کند. از آنجایی که تاکنون اثر استرس حاد بلافاصله بعد از اکتساب بر تحکیم حافظه حرکتی ضمنی بررسی نشده است، تحقیق حاضر قصد دارد با هدف تعدیل حافظه حرکتی ضمنی، به ارائه استرس حاد پس از اکتساب بپردازد. با توجه به این‌که در برخی تحقیقات شناختی و شرطی‌سازی، مشخص شده جنسیت با رابطه میان استرس و حافظه تعامل دارد [۲۴، ۲۵، ۳۱]، در تحقیق حاضر اثر استرس در گروه‌های مجزای زن و مرد مورد مقایسه قرار گرفته است. در اکثر مطالعات صورت گرفته در زمینه یادگیری حرکتی ضمنی، از تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای استفاده شده است. در تحقیق حاضر نیز شکل تغییر یافته‌ای از این تکلیف با عنوان تکلیف تطبیق رنگ زنجیره‌ای استفاده شده است. این تکلیف به دلیل کنترل اثر پردازش‌های ادراکی مرتبط با تکلیف

خود گزارشی طول چرخه قاعدگی افراد مشخص و ۷ روز قبل از شروع قاعدگی به عنوان روز آزمایش تعیین می‌شد [۳۶،۳۵].

گروه‌های آزمایشی. در نهایت ۴۰ شرکت‌کننده برای تحقیق انتخاب شده و به طور تصادفی در دو گروه تقسیم شدند: گروه استرس (۲۰ نفر؛ ده پسر و ده دختر)؛ گروه عدم استرس (۲۰ نفر؛ ده پسر و ده دختر). این تحقیق توسط کمیته اخلاق دانشگاه خوارزمی مورد تأیید قرار گرفته و از تمامی شرکت‌کنندگان برای شرکت در مطالعه رضایت‌نامه اخذ شد. در اتمام تحقیق به همه شرکت‌کنندگان یک بلوز به عنوان پاداش اهدا شد.

ابزارهای اندازه‌گیری. الف- تکلیف تطبیق رنگ زنجیره‌ای جهت بررسی یادگیری و حافظه ضمنی: این تکلیف که برای اولین بار توسط گیزن و هم‌کاران (۲۰۰۹) معرفی شد، نوعی تکلیف زمان واکنش زنجیره‌ای است که می‌توان با استفاده از آن به کاوش در زمینه یادگیری ضمنی توالی‌های حرکتی پرداخت [۳۷]. مؤسسه تحقیقات علوم رفتاری، شناختی سینا (روان تجهیز) این تکلیف را از روی نسخه اصلی مجدداً طراحی و تولید کرد که بر روی رایانه پنتیوم ۴ با صفحه نمایش ۱۷ اینچی قابل اجرا است. در این تکلیف آزمودنی‌ها باید رنگ‌های سه مربع کوچک را با رنگ مربع بزرگی تطبیق دهند که به ترتیب در نمایشگر ارائه می‌شوند. زمان واکنش برای هر پاسخ به عنوان ملاک عمل‌کرد آزمودنی‌ها در نظر گرفته می‌شود. در هر کوشش سه مربع کوچک به ابعاد ۲*۲ سانتی‌متر در مرکز صفحه سفید نمایشگر با فاصله کم از یک‌دیگر ظاهر می‌شوند. این مربع‌ها بعد از ۶۰۰ میلی‌ثانیه از صفحه نمایشگر محو شده و یک مربع بزرگ با ابعاد ۱۷*۱۷ سانتی‌متر جای آن‌ها را می‌گیرد. وظیفه آزمودنی این است که به دقت رنگ‌های مربع‌های کوچک را مشاهده کرده و آن‌ها را با رنگ مربع بزرگ تطبیق دهد. پاسخ‌ها توسط ۴ کلید مشخص در صفحه کلید رایانه انتخاب می‌شوند. هر آزمودنی بایستی انگشتان اشاره و میانی هر دو دست را بر روی این چهار کلید قرار می‌داد. در این تکلیف چهار پاسخ متفاوت

(مانند نقشه‌ریزی محرک- پاسخ، پردازش و توجه بینایی فضایی، طراحی و اجرای حرکت)، به طور خالص توسط حافظه ضمنی حمایت می‌شود [۱]. اهمیت این موضوع به این دلیل است که در نسخه اولیه این تکلیف ترکیبی از اجزاء حرکتی ضمنی و آشکار وجود داشت. زمانی که جزء آشکار SRTT بروز کند از ارتقاء حافظه مهارت‌های حرکتی جلوگیری به عمل آورده و در نهایت اجازه بررسی مستقیم هر گونه مداخله را نخواهد داد [۳۴،۳۳،۳۲].

به طور خلاصه، افزایش سطح انگیزتگی ناشی از اعمال استرس می‌تواند یک عامل اصلی در تفاوت بین عمل‌کرد افراد در حافظه حرکتی ضمنی باشد که این اثر می‌تواند در دو جنس متفاوت باشد. بر همین مبنا هدف اصلی تحقیق حاضر آزمون این موضوع است که استرس ناشی از فعالیت ورزشی کوتاه‌مدت (Acute exercise)، پس از اکتساب چه تأثیری بر یادداری تأخیری تکلیف تطبیق رنگ زنجیره‌ای دارد و این اثر در دو جنس چه تفاوت‌هایی خواهد داشت.

مواد و روش‌ها

شرکت‌کنندگان. آزمودنی‌های تحقیق را دانشجویان دانشگاه خوارزمی تهران تشکیل می‌دادند که از طریق پخش اعلامیه ثبت‌نام شدند. حدود ۲۰۰ فرد علاقمند به آزمایشگاه رفتار حرکتی مراجعه کرده و پرسش‌نامه اطلاعات فردی را تکمیل نمودند. بر اساس اطلاعات پرسش‌نامه، افراد مورد نظر گزینش شدند. معیارهای انتخاب پسران شامل: الف) در محدوده سنی ۱۸-۲۵ سال باشند؛ ب) سیگاری نباشند؛ ج) داروهایی که بر واکنش‌گری به استرس مؤثرند (مانند سایکوتروپیک‌ها) مصرف نکنند؛ د) عاری از هر گونه نقص جسمانی و روانی باشند؛ ه) راست دست، و) دانشجوی دوره کارشناسی یا کارشناسی ارشد باشند. برای دختران، علاوه بر معیارهای فوق چند معیار اضافی زیر نیز در نظر گرفته شد: الف) از هورمون‌ها و داروهایی که بر چرخه قاعدگی اثرگذارند استفاده نکنند؛ ب) دارای طول چرخه قاعدگی ۲۱ تا ۴۰ روزه باشند و در زمان تحقیق در دوره فولیکولار باشند (به شکل

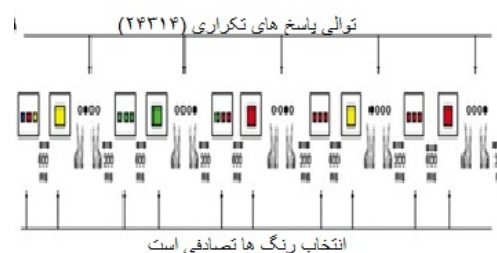
(تقریباً هرگز، گاهی اوقات، بیش تر اوقات و تقریباً همیشه) را شامل می‌شود. بین مقیاس صفت اضطراب و دیگر آزمون‌هایی که اضطراب را می‌سنجند، هم‌بستگی‌های بالا گزارش شده است. هم‌بستگی این مقیاس با مقیاس اضطراب آشکار تایلر TMAS از ۰/۷۹ تا ۰/۸۳ و هم‌بستگی بین صفت اضطراب با فهرست صفات عاطفه AACT ۰/۵۲ تا ۰/۵۸ گزارش گردیده است. در تحقیق حاضر با هدف انتخاب افراد با اضطراب صفتی - حالتی پایین به تهیه نرم از جامعه دانشجویان دانشگاه خوارزمی پرداخته شد. به این منظور پرسش‌نامه توسط ۵۰۰ نفر از دانشجویان (۲۰۰ نفر پسر، ۳۰۰ نفر دختر) دانشگاه خوارزمی تهران تکمیل گشت. نرم درصدی دو گروه دختران و پسران به طور مجزا تهیه و تنظیم گردید و بر اساس آن انتخاب آزمودنی بر اساس صدک پنجاهم صورت گرفت.

ج- روش اعمال استرس پس از اکتساب. برای ایجاد استرس از فعالیت ورزشی کوتاه‌مدت استفاده شد. در این راستا از آزمون تردمیل استاندارد بالک به عنوان یک روش معتبر فعالیت ورزشی کوتاه‌مدت استفاده شد. این آزمون تا زمانی ادامه می‌یافت که آزمودنی دیگر قادر به ادامه فعالیت نباشد و به شکل خوداظهاری رسیدن به واماندگی جسمانی را اعلام نماید. بر اساس مطالعات اثر استرسی ناشی از این آزمون منجر به افزایش سطح کورتیزول بزاق به شکل معنی‌داری می‌شود [۳۹]. علت استفاده از چنین پروتکلی با استناد به تحقیقات می‌باشد که نشان داده‌اند تمرین با شدت‌های کم و متوسط نمی‌تواند غلظت کورتیزول را تغییر دهد ولی تمرین با شدت بالا (مثل پروتوکل بالک) به طور معنی‌داری باعث افزایش کورتیزول می‌شود [۴۰].

د- اندازه‌گیری کورتیزول بزاق. میزان پاسخ به استرس با استفاده از کورتیزول بزاق اندازه‌گیری شد. نمونه‌های بزاق طی سه محدوده زمانی (قبل از اکتساب، پس از اکتساب، پس از استرس) با استفاده از تیوب‌های مخصوص جمع‌آوری شدند. نمونه‌ها طی آزمایش کنار یخ نگهداری شده و بعد از آن در دمای ۲۰- درجه فریز شدند تا به آزمایشگاه برای اندازه‌گیری منتقل شوند. نمونه‌ها با استفاده از ایمنی‌شناسی آنزیمی

امکان‌پذیر بود: کلید شماره ۱: زمانی که هیچ‌کدام از رنگ‌های مربع‌های کوچک با رنگ مربع بزرگ تطبیق نداشته باشد. کلید شماره ۲: زمانی که یک رنگ از مربع‌های کوچک با رنگ مربع بزرگ انطباق داشته باشد. کلید شماره ۳: زمانی که ۲ رنگ از مربع‌های کوچک با رنگ مربع بزرگ انطباق داشته باشند. کلید شماره ۴: زمانی که هر سه رنگ مربع‌های کوچک با رنگ مربع بزرگ انطباق داشته باشند. به محض ادای پاسخ توسط آزمودنی یا گذشت ۳۰۰۰ میلی‌ثانیه از ظهور محرک مربع بزرگ از صفحه نمایشگر محو شده و سه مربع کوچک دیگر با یک فاصله ۲۰۰ میلی‌ثانیه‌ای ظاهر می‌شدند.

در این تکلیف دو نوع توالی ارائه شد، اولین توالی تکراری و توالی دوم تصادفی بود. در توالی تکراری، بدون آگاهی شرکت‌کنندگان توالی پاسخ ۲-۳-۴-۱-۳-۴-۱ تکرار شد در حالی که رنگ و شکل‌بندی محرک‌ها متغیر بود. در توالی تصادفی چهار پاسخ به شکل تصادفی آمده اما در هر بلوک پاسخ ۱، ۲ و ۳ از تواتر یک‌سان برخوردار بوده و پاسخ شماره ۴ دو برابر



دیگر پاسخ‌ها می‌آمد (شکل ۱).

شکل ۱. دستگاه تطبیق رنگ زنجیره‌ای: آزمودنی‌ها در هر تلاش بایستی رنگ مربع‌های کوچک را با رنگ مربع بزرگ تطبیق دهند. چهار پاسخ متفاوت ۱، ۲، ۳ و ۴ محتمل است. آزمودنی‌ها بدون آگاهی یک توالی تکراری از پاسخ را انجام می‌دهند (پاسخ‌های ۴-۳-۱-۳-۴-۱) در حالی که انتخاب رنگ‌ها کاملاً تصادفی است.

ب- اضطراب صفتی - حالتی. از پرسش‌نامه اضطراب صفت - حالت اسپیلبرگر (Spielberger State-Trait Anxiety Inventory) به جهت خارج نمودن آزمودنی‌هایی که دچار اضطراب صفتی و حالتی هستند، استفاده شد [۳۸]. این پرسش‌نامه شامل ۴۰ سؤال است. از سؤال ۱ تا ۲۰ اضطراب حالت با چهار گزینه (به هیچ وجه، گاهی، عموماً و خیلی زیاد)، و از سؤال ۲۱ تا ۴۰ اضطراب صفت با چهار گزینه

(Enzyme immunoassay) مخصوص بزاق (متعلق به شرکت Diagnostics Biochem Canada Inc (dbc) از کشور کانادا) با هدف تعیین کمی کورتیزول مورد تحلیل قرار گرفتند. ضریب تغییر بین ارزیابی (CV) $9/8-6/5$ و ضریب تغییر درون ارزیابی $10/3-6/5$ بود و پایین‌ترین حد حساسیت در نمونه‌های ما کم‌تر از $0/03 \mu\text{g/dl}$ گزارش شد.

روش اجرای آزمون. این مطالعه در سال ۱۳۹۰ و در آزمایشگاه رفتار حرکتی دانشگاه خوارزمی انجام شد. پس از گزینش آزمودنی‌ها بر اساس معیارهای مورد نظر از آن‌ها دعوت شد تا یک روز قبل از آزمون به آزمایشگاه مراجعه نموده و اطلاعاتی در مورد هدف تحقیق، ابزار، نحوه اجرا و ... دریافت کنند. در این زمان از آزمودنی‌ها رضایت نامه کتبی دریافت شد. جلسه اکتساب رأس ساعت ۱۰ صبح برای تمام آزمودنی‌ها برگزار شد. هر آزمودنی نیم ساعت قبل از شروع اکتساب وارد آزمایشگاه می‌شد. پس از گذشت بیست دقیقه نمونه بزاق جمع‌آوری شده و در فاصله باقی‌مانده دستورالعمل اجرای تکلیف ارائه شد. بلافاصله پس از اکتساب و پس از اعمال استرس، مجدداً نمونه بزاق جمع‌آوری شد.

دوره اکتساب شامل ۶ بلوک از تکلیف تطبیق رنگ زنجیره‌ای بود. هر بلوک از ۶ دسته کوشش ۲۵ تایی تشکیل شده که به شکل متوالی از آرایش تکراری و تصادفی برخوردار بودند (در مجموع هر بلوک شامل ۱۵۰ کوشش می‌شد). طی دوره اکتساب زمان واکنش آزمودنی‌ها در تمام کوشش‌ها به میلی‌ثانیه ثبت و برای تحلیل نهایی گردآوری شد.

پس از اتمام اکتساب، آزمون خاطر‌آوری بلافاصله اجرا شد. پس از آزمون یک گروه تحت استرس فعالیت ورزشی قرار گرفت و گروه دیگر به استراحت پرداخت. بعد از اتمام آزمایش، از آزمودنی‌ها خواسته شد ۲۴ ساعت بعد مجدداً به آزمایشگاه مراجعه کرده و موارد ذیل را رعایت کنند: نهار و شام خود را سبک میل کرده و از نوشیدن نوشابه‌های انرژی‌زا، قهوه و نسکافه پرهیز نمایند، از هر گونه فعالیت بدنی سبک و سنگین خودداری کنند، در این فاصله حمام یا استخر نروند، از

خوردن هر گونه مسکن از قبیل استامینوفن یا ایبوپروفن پرهیز نمایند، در صورت بروز اتفاق ناخوشایند محقق را در جریان بگذارند و تمام تلاش خود را به کاربندند تا رأس ساعت ۲۲ به تخت‌خواب بروند.

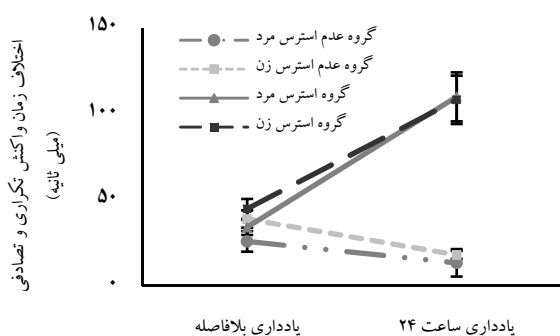
جلسه خاطر‌آوری بعدی به فاصله ۲۴ ساعت از زمان اتمام اکتساب (رأس ساعت ۱۲ ظهر) برای تمام آزمودنی‌ها برگزار شد. هر آزمودنی ده دقیقه قبل از آزمون خاطر‌آوری وارد آزمایشگاه می‌شد. در این فاصله اطمینان حاصل می‌شد که آزمودنی تمام شرایط مورد نظر بین دو جلسه آزمون را رعایت کرده باشد. در ادامه، آزمودنی‌ها به اجرای ۱ بلوک از تکلیف مذکور پرداخته که به شکل مشابه با مرحله اکتساب اجرا می‌شد.

تجزیه و تحلیل آماری. از اختلاف زمان واکنش زنجیره‌ای و تصادفی به عنوان متغیر وابسته استفاده شد. برای هر آزمودنی RT های میانه برای هر دسته کوشش ۲۵ تایی محاسبه شد. سپس میانگین میانه دسته کوشش‌های تکراری و تصادفی هر بلوک محاسبه شد (هر بلوک شامل ۳ دسته کوشش تکراری و ۳ دسته کوشش تصادفی بود)، سپس اختلاف میانگین زمان واکنش تکراری و تصادفی به دست آمد. نمرات اختلاف میانگین زمان واکنش آزمودنی‌ها در دوره اکتساب با استفاده از تحلیل عاملی مرکب $(2*6)$ (۲ جنسیت (زن و مرد) * ۶ بلوک) مورد تحلیل قرار گرفت. در دوره خاطر‌آوری نیز داده‌ها با استفاده از تحلیل عاملی مرکب $(2*2*2)$ (۲ جنسیت (زن و مرد) * ۲ گروه (استرس * عدم استرس) * ۲ دوره خاطر‌آوری) مورد تحلیل قرار گرفتند. از آزمون تعقیبی بونفرونی و آزمون t برای تحلیل‌های بعدی استفاده شد. عملیات آماری به وسیله نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۹ انجام و سطح معنی‌داری آزمون‌ها $0/05$ در نظر گرفته شد.

نتایج

الف- مرحله اکتساب: نتایج تحلیل واریانس عاملی با اندازه‌های تکراری نشان داد اثر اصلی بلوک معنی‌دار است

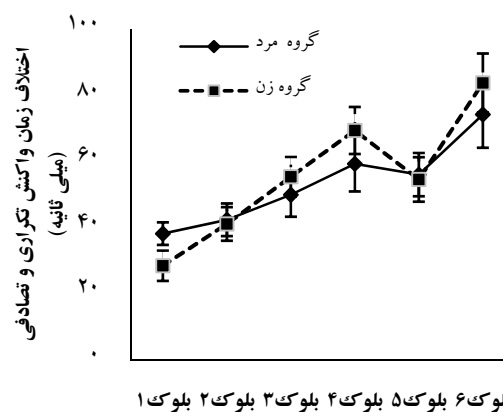
استرس از خاطرآوری بلافاصله به خاطرآوری تأخیری ۲۴ ساعت افزایش معنی‌داری داشته ($t=-3/39, P=0/00$)، در حالی که اختلاف زمان واکنش گروه بدون استرس بین این دو زمان تغییر معنی‌داری نکرده است ($P>0/05$). در مقایسات بین‌گروهی نیز با استفاده از آزمون t مستقل و اصلاح بونفرونی مشخص شد در خاطرآوری بلافاصله اختلاف معنی‌داری بین دو گروه وجود ندارد ($P>0/05$). اما در خاطرآوری تأخیری ۲۴ ساعت، میانگین اختلاف گروه استرس برتر از گروه بدون استرس می‌باشد ($t=8/13, P=0/00$) (شکل ۳).



شکل ۳. روند تغییر اختلاف بین زمان واکنش به محرک های تکراری و تصادفی از خاطرآوری بلافاصله تا ساعت ۲۴ در دو گروه استرس و عدم استرس به تفکیک جنسیت

ج- کورتیزول بزاق: در زمینه تحلیل تغییرات کورتیزول بزاق، نتایج تحلیل واریانس عاملی با اندازه‌های تکراری نشان داد اثر اصلی زمان‌های اندازه‌گیری ($F(1,36)=19/71, P=0/00$) و تعامل زمان‌های اندازه‌گیری با شرایط پس از اکتساب ($F(1,36)=29/23, P=0/00$) معنی‌دار است. اما اثر جنسیت، شرایط پس از اکتساب، اثر تعاملی جنسیت با شرایط پس از اکتساب و اثر تعاملی جنسیت با زمان‌های آزمون خاطرآوری و شرایط پس از اکتساب معنی‌دار نیست. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که سطح کورتیزول بزاق قبل از اکتساب و پس از اکتساب ($32/65 \pm 3/13$) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارد، اما سطح کورتیزول پس از استرس ($40/72 \pm 3/71$) بیش‌تر از سطح کورتیزول بزاق پس از اکتساب است می‌باشد. آزمون تعقیبی t جفت شده برای مقایسات درون‌گروهی نشان داد،

اما اثر جنسیت و تعامل آن با بلوک در مرحله اکتساب معنی‌دار نیست. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان می‌دهند که اختلاف زمان‌های واکنش از بلوک اول به بلوک‌های سوم، چهارم، پنجم و ششم؛ از بلوک دوم به بلوک‌های پنجم و ششم و از بلوک سوم به بلوک ششم معنی‌دار می‌باشد ($P<0/000$) (شکل ۲).



شکل ۲. روند تغییر اختلاف بین زمان واکنش به محرک‌های تکراری و تصادفی طی دوره اکتساب در دو گروه زن و مرد

ب- مرحله به خاطرآوری: نتایج تحلیل واریانس عاملی با اندازه‌های تکراری نشان داد اثر اصلی زمان‌های آزمون خاطرآوری ($F(1,36)=4/94, P=0/04$)، اثر اصلی شرایط پس از اکتساب (استرس در مقابل عدم استرس) ($F(1,36)=23/57, P=0/00$) و تعامل زمان‌های آزمون خاطرآوری با شرایط پس از اکتساب ($F(1,36)=13/10, P=0/00$) معنی‌دار است. اما اثر جنسیت، اثر تعاملی جنسیت با شرایط پس از اکتساب و اثر تعاملی جنسیت با زمان‌های آزمون خاطرآوری و شرایط پس از اکتساب معنی‌دار نیست. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که اختلاف میانگین زمان واکنش تکراری و تصادفی در آزمون خاطرآوری ۲۴ ساعته بزرگ‌تر از آزمون خاطرآوری بلافاصله می‌باشد. اما موضوع مورد توجه در این تحلیل، تعامل بین زمان آزمون‌های خاطرآوری و شرایط پس از اکتساب است. آزمون تعقیبی t جفت شده برای مقایسات درون‌گروهی نشان داد، اختلاف میانگین زمان واکنش تکراری و تصادفی گروه

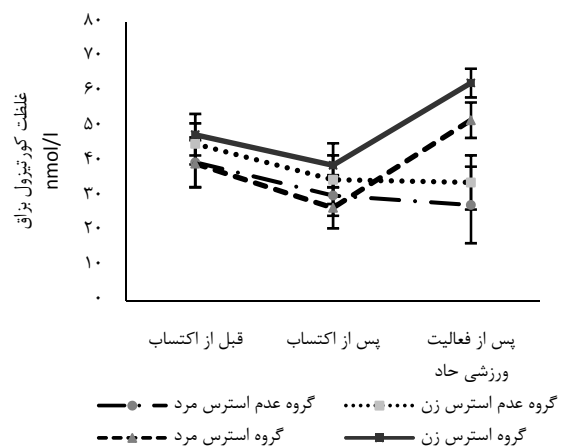
بهبتر عمل کرد در دوره اکتساب شده است. بر اساس نظریه‌های مختلف، کاهش زمان واکنش به محرک‌های تکراری در مقایسه با محرک‌های تصادفی نشانگر توسعه بازنمایی حافظه ضمنی جهت تولید عمل بوده و در هر دو جنس یکسان است [۲].

همان‌گونه که انتظار داشتیم، فعالیت ورزشی حاد پاسخ هورمونی استرسی درون‌ریز را در دو جنس به شکل معنی‌داری فعال کرد. نتایج تحقیق حاضر مطابق با نتایج تحقیقاتی است که با استفاده از پروتکل تمرینی مشابه افزایش معنی‌دار در سطح کورتیزول بزاق را نشان داده‌اند [۳۹، ۳۸].

برتری گروه استرس در آزمون خاطر‌آوری ساعت ۲۴ نشان می‌دهد افزایش انگیزندگی پس از اکتساب منجر به تسهیل تحکیم حافظه حرکتی ضمنی شده و عمل‌کرد آزمودنی‌ها را ارتقاء می‌دهد. زوراوسکی و دیگران (۲۰۰۵، ۲۰۰۶)، نتایج مشابه با پژوهش حاضر در ترس شرطی شده به‌دست آوردند [۲۵، ۲۴]. با توجه به این‌که تکالیف شرطی‌سازی به مانند تکلیف مورد استفاده در پژوهش حاضر در سطح ضمنی روی می‌دهد [۴۱]، می‌توان بیان داشت افزایش انگیزندگی هیجانی پس از اکتساب قابلیت تعدیل حافظه ضمنی را داراست.

برتری گروه استرس در آزمون خاطر‌آوری ساعت ۲۴ را می‌توان بر اساس فرضیه انگیزندگی هیجانی توجیه نمود. با استناد به این فرضیه، ادراک یک رخداد به عنوان یک محرک برجسته مصادف است با فعال‌سازی سیستم‌های فیزیولوژیکی و نورونی که ره‌سازی هورمون‌های استرسی فوق‌کلیوی متعدد به جریان خون را شامل می‌شود [۲۸، ۴]. استرس و هیجان ارتباط نزدیکی با تحکیم حافظه‌ای از طریق گیرنده‌های محیطی و مرکزی و اعمال ساقه مغز دارند [۴]. این پدیده از طریق نوراپی‌نفرین بر فعال‌سازی آمیگدال اثر گذاشته و گیرنده‌های بتا-آدرنرژیک هسته پایه‌ای-جانبی آمیگدال نقش مرکزی در اثرات گلوکوکورتیکوئیدی و آدرنرژیک بر حافظه از طریق تعدیل فعالیت‌های یوکمپ و استریاتوم ایفا می‌کند [۶]. مطالعه حاضر به شکل غیرمستقیم از این مدل بیولوژیکی حمایت نمود. هر چند در تحقیق حاضر از

کورتیزول بزاق گروه استرس از قبل از استرس تا پس از استرس افزایش معنی‌داری داشته ($t=-5/44, P=0/00$)، در حالی که گروه بدون استرس بین این سه زمان تغییر معنی‌داری نشان نداد ($P>0/05$). در مقایسات بین‌گروهی نیز با استفاده از آزمون t مستقل و اصلاح بونفرونی مشخص شد قبل از اکتساب و قبل از استرس اختلاف معنی‌داری بین دو گروه وجود ندارد ($P>0/05$). اما پس از استرس، کورتیزول بزاق گروه استرس ($50/70 \pm 25/89$) برتر از گروه بدون استرس ($30/53 \pm 18/55$) می‌باشد ($t=2/56, P=0/01$) (شکل شماره ۴).



شکل ۴. روند تغییرات غلظت کورتیزول بزاق سه زمان اندازه‌گیری در دو گروه استرس و عدم استرس به تفکیک جنسیت

بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی تحقیق حاضر، مطالعه اثر استرس پس از اکتساب بر تحکیم تکلیف تطبیق رنگ زنجیره‌ای بود. نتایج این تحقیق نشان داد در اتمام دوره اکتساب اختلاف میان زمان واکنش به محرک‌های تکراری و تصادفی، به شکل معنی‌داری بیش‌تر از ابتدای اکتساب است. بر اساس نظر استادلر و فرنچ (۱۹۹۸)، هر گاه بین زمان واکنش کوشش‌های تصادفی و تکراری تفاوت معنی‌داری ایجاد شد می‌توان استنباط کرد یادگیری حرکتی ضمنی رخ داده است [۴۰]. عدم تفاوت بین زن و مرد در دوره اکتساب نشان دهنده سرعت یکسان هر دو جنس در اکتساب تکالیف حرکتی ضمنی است. بنابراین، تمرین تکلیف تحقیق حاضر، صرف‌نظر از نوع جنس، موجب توسعه

زن و مرد تفاوت معنی داری در عمل کرد و واکنش گری به تکنیک‌های تعدیل حافظه‌ای وجود ندارد. نتایج این تحقیق موافق با برخی تحقیقات انجام شده در زمینه تکالیف شناختی است که تفاوت معنی داری بین دو جنس گزارش نکرده‌اند [۴۲]. علت تشابه بین زن و مرد در تحقیق حاضر احتمالاً مربوط به تعیین زمان آزمون نسبت به چرخه قاعدگی آن‌ها می‌باشد. از آنجایی که آزمودنی‌های این تحقیق همگی در دوره فولیکولار هستند، می‌توان گفت ترشح کورتیزول آزاد در واکنش به استرس زنان مشابه مردان بوده است [۴۳]، بنابراین تفاوتی در میزان تحکیم حافظه‌ای دو جنس مشاهده نشد.

مطالعات کمی به شکل تجربی از هیجان یا انگیزتگی برای تغییر حافظه در انسان استفاده نموده‌اند و تنها تعداد کمی از آن‌ها از الگوی استرس پس از اکتساب استفاده نموده‌اند که قادر به جداسازی اثرات مداخلات بر تثبیت حافظه‌ای علاوه بر توجه و رمزگردانی (اکتساب) شود [۳۰، ۲۹، ۲۸، ۲۶، ۱۹]. تحقیق حاضر از متون موجود حمایت نموده و به گسترش این یافته‌ها در حافظه حرکتی ضمنی پرداخته است. بنابراین، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد استرس ناشی از فعالیت فیزیکی بعد از مرحله اکتساب، به طور معنی داری تثبیت حافظه مربوط به این یادگیری را افزایش می‌دهد. نتایج این تحقیق در کنار مطالعات دیگران روی حافظه آشکار نشان می‌دهد که استرس روی تثبیت هر دو حافظه ضمنی و آشکار اثر می‌گذارد.

با توجه به این‌که در تحقیق حاضر به هنگام اعمال استرس هیچ‌گونه تصویربرداری عصبی صورت نگرفته است، بنابراین نقش مورد نظر برای هایپوکمپ را نمی‌توان با اطمینان کامل تأیید نمود. پیشنهاد می‌شود تحقیقات بعدی با استفاده از تصویربرداری عصبی مناطق عصبی درگیر به هنگام مداخله را مورد بررسی قرار دهند تا این موضوع در زمینه حافظه حرکتی ضمنی با اطمینان بیش‌تری مطرح گردد.

تکنیک‌های تصویربرداری عصبی جهت بررسی مناطق مغزی درگیر در تحکیم حافظه حرکتی ضمنی استفاده نشده است، اما با استناد به تحقیقاتی که در چرخه نرونی اثر استرس بر تحکیم حافظه‌ای فعالیت برتر هایپوکمپ را الزامی می‌دانند، می‌توان نتایج این پژوهش را در راستای مدارکی دانست که نقش هایپوکمپ را در اکتساب مهارت‌های ضمنی به شکل پایداری نشان داده‌اند [۲۳، ۲۲، ۲۱، ۱].

البته نتایج پژوهش حاضر مغایر با تحقیقاتی است که با استفاده از تکالیف مشابه رابطه‌ای میان شاخص انگیزتگی هیجانی و حافظه ضمنی پیدا کرده‌اند [۱۷، ۱۶]. یک توصیف احتمالی برای این تفاوت ممکن است به روش‌شناسی تحقیق برگردد. در دو تحقیق مذکور رابطه بین استرس و حافظه حرکتی ضمنی به شکل غیرمستقیم و از طریق مهار ترشح کورتیزول (یکی در زمان خواب و دیگری قبل از آزمون یادداری) بررسی شده، اما در تحقیق حاضر این رابطه به شکل مستقیم و از طریق روش اعمال استرس پس از اکتساب بررسی شده است. از سوی دیگر، نوع تکلیف ممکن است اثرگذار باشد، چرا که تکلیف مورد استفاده در تحقیق حاضر کاملاً توسط حافظه ضمنی کنترل می‌شد اما در تکالیف مورد استفاده در تحقیقات قبلی هر دو جزء ضمنی و آشکار حضور داشتند که دارای مخلوطی از اجزاء ضمنی و آشکار هستند [۳۴، ۳۳، ۳۲]. تحقیقات نشان داده‌اند زمانی که یک مهارت حرکتی به همراه دانش اخباری به طور هم‌زمان اکتساب شود، هیچ‌گونه تحکیم متعاقبی از تکلیف رخ نخواهد داد [۳۳]. در مقابل، زمانی که مهارت حرکتی با دانش بیانی کم یا هیچ کسب شود این فرایند مشابه با دانش اخباری رخ خواهد داد. این احتمال وجود دارد که کنترل موضوع مذکور منجر به نتایج متضاد با تحقیقات قبلی شده باشد.

یکی دیگر از اهداف مطالعه حاضر بررسی تفاوت‌های جنسی در تعدیل حافظه‌ای از طریق استرس بود. هر چند که مطالعات گوناگون تفاوت‌های جنسی در پردازش نوروئی حافظه هیجانی [۲۵، ۲۴] و واکنش‌گری به تکنیک‌های تعدیل حافظه‌ای را نشان داده‌اند [۳۱]، اما تحقیق حاضر نشان داد بین

تشکر و قدردانی

در پایان بر خود لازم می‌دانیم از مسؤولین محترم مؤسسه غدد دانشگاه شهید بهشتی، مؤسسه تحقیقات علوم رفتاری،

[21] Schendan HE, Searl MM, Melrose RJ, Stern CE. An fMRI study of the role of the medial temporal lobe in implicit and explicit sequence learning. *Neuron* 2003; 37: 1013-1025.

[22] Thomas KM, Hunt RH, Vizueta N, Sommer T, Durston S, Yang Y, Worden MS. Evidence of developmental difference in implicit sequence learning: an fMRI study of children and adult. *J Cogn Neuro Sci* 2004; 16: 1339-1351.

[23] Schwarb H, Schumacher EH. Neural evidence of a role for spatial response selection in the learning of spatial sequences. *Brain Res* 2009; 1247: 114-125.

[24] Zorwiski M, Cook CA, Kuhn CM, Labar KS. Sex, stress, and fear: Individual differences in conditioned learning. *Cogn Affect Behav Neurosci* 2005; 5: 191-201.

[25] Zorawski M, Blanding NQ, Kuhn CM, Labar KS. Effects of stress and sex on acquisition and consolidation of human fear conditioning. *Learn Mem* 2006; 13: 441-450.

[26] Roozendaal B. 1999 Curt P. Richter award. Glucocorticoids and the regulation of memory consolidation. *Psychoneuroendocrinology* 2000; 25: 213-238.

[27] de Kloet ER, Joels M, Holsboer F. Stress and the brain: From adaptation to disease. *Nat Rev Neurosci* 2005; 6: 463-475.

[28] Okuda S, Roozendaal B, McGaugh JL. Glucocorticoid effects on object recognition memory require training-associated emotional arousal. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2004; 101: 853-858.

[29] Nielson KA, Yee D, Erickson KI. Memory enhancement by a semantically unrelated emotional arousal source induced after learning. *Neurobiol Learn Mem* 2005; 84: 49-56.

[30] Cahill L, Gorski L, Le K. Enhanced human memory consolidation with post-learning stress: Interaction with the degree of arousal at encoding. *Learn Mem* 2003; 10: 270-274.

[31] Cahill L, Haier RJ, White NS, Fallon J, Kilpatrick L, Lawrence C, et al. Sex difference in amygdala activity during emotionally influenced memory storage. *Neurobiol Learn Mem* 2001; 75: 1-9.

[32] Robertson EM, Pascual-Leone A, Press DZ. Awareness modifies the skill-learning benefits of sleep. *Curr Biol* 2004; 14: 208-212.

[33] Walker MP, Stickgold R, Alsop D, Gaab N, Schlaug G. Sleep-dependent motor memory plasticity in the human brain. *Neuroscience* 2005; 133: 911-917.

[34] Brown RM, Robertson EM. Inducing motor skill improvements with a declarative task. *Nat Neurosci* 2007; 10: 148-149.

[35] Wolf OT, Schommer NC, Hellhammer DH, McEwen BS, Kirschbaum C. The relationship between stress induced cortisol levels and memory differs between men and women. *Psychoneuroendocrinology* 2001; 26: 711-720.

[36] Collins A, Eneroth P, Landgren BM. Psychoneuroendocrine stress response and mood as related to the menstrual cycle. *Psychosom Med* 1985; 47: 512-527.

[37] Gheysen F, Gevers W, De Schutter E, Van Waelvelde H, Fias W. Disentangling perceptual from motor implicit sequence learning with a serial color-matching task. *Exp Brain Res* 2009; 197: 163-174.

[38] Spielberger CD, Gorsuch R, Lushene R, Vagg Jacobs G. State-trait anxiety inventory, revised—professional manual. Consulting Psychologists Press, Palo Alto, CA 1983.

[39] Rahman ZA, Abdullah N, Singh R, Sosroseno W. Effect of acute exercise on the levels of salivary cortisol, tumor necrosis factor- α and nitric oxide. *J Oral Sci* 2010; 52: 133-136.

[40] Stadler MA, Frensch PA (eds) *Handbook of implicit learning*. Sage, Thousand Oaks 1998.

[41] LeDoux JE. The emotional brain: the mysterious underpinnings of emotional life. Simon & Schuster 1996.

[42] Cahill L, Gorski L, Belcher A, Huynh Q. The influence of sex versus sex-related traits on long-term memory for gist and detail from an emotional story. *Conscious Cogn* 2004; 13: 391-400.

[43] Kirschbaum C, Kudielka BM, Gaab J, Schommer NC, Hellhammer DH. Impact of gender, menstrual cycle phase, and oral contraceptives on the activity of the hypothalamus-pituitary-adrenal axis. *Psychosom Med* 1999; 61: 154-162.

شناختی سینا و همه دانشجویان محترمی که در اجرای این پژوهش ما را یاری فرمودند تقدیر و تشکر به عمل آوریم.

منابع

- [1] Gheysen F, Van Opstal F, Roggeman C, Van Waelvelde H, Fias W. Hippocampal contribution to early and later stages of implicit motor sequence learning. *Exp Brain Res* 2010; 202: 795-807.
- [2] Weiermann B, Cock J, Meier B. What matters in implicit task sequence learning: perceptual stimulus features, task sets, or correlated streams of information? *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 2010; 36: 1492-1509.
- [3] Wright DL, Black CB, Immink MA, Brueckner S, Magnuson C. Long-term motor programming improvements occur via concatenation of movement sequences during random but not during blocked practice. *J Motor Behav* 2004; 36: 39-50.
- [4] McGaugh JL. Memory—a century of consolidation. *Science* 2000; 287: 248-251.
- [5] Walker MP, Brakefield T, Hobson JA, Stickgold R. Dissociable stages of human memory consolidation and reconsolidation. *Nature* 2003; 425: 616-620.
- [6] Diekelmann S, Born J. One memory, two ways to consolidate? *Nat Neurosci* 2007; 10: 1085-1086.
- [7] Cotman CW, Berchtold NC, Christie LA. Exercise builds brain health: key roles of growth factor cascades and inflammation. *Trends Neurosci* 2007; 30: 464-472.
- [8] Hillman CH, Erickson KI, Kramer AF. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nat Rev Neurosci* 2008; 9: 58-65.
- [9] Nielson KA, Powless M. Positive and negative sources of emotional arousal enhance long-term word-list retention when induced as long as 30 min after learning. *Neurobiol Learn Mem* 2007; 88: 40-47.
- [10] McGaugh JL. Emotional arousal and enhanced amygdala activity: New evidence for the old perseveration-consolidation hypothesis. *Learn Mem* 2005; 12: 77-79.
- [11] Akirav I, Kozenicky M, Tal D, Sandi C, Venero C, Richter-Levin G. A facilitative role for corticosterone in the acquisition of a spatial task under moderate stress. *Learn Mem* 2004; 11: 188-195.
- [12] Baker KB, Kim JJ. Effects of stress and hippocampal NMDA receptor antagonist on recognition memory. *Learn Mem* 2002; 9: 58-65.
- [13] Akirav I, Richter-Levin G. Mechanisms of amygdala modulation of hippocampal plasticity. *J Neurosci* 2002; 22: 9912-9921.
- [14] Alfarez DN, Wiegert O, Joels M, Krugers HJ. Corticosterone and stress reduce synaptic potentiation in mouse hippocampal slices with mild stimulation. *Neuroscience* 2002; 115: 1119-1126.
- [15] McEwen BS, Sapolsky RM. Stress and cognitive function. *Curr Opin Neurobiol* 1995; 5: 205-216.
- [16] Wagner U, Degirmenci M, Drosopoulos S, Perras B, Born J. Effects of cortisol suppression on sleep-associated consolidation of neutral and emotional memory. *Biol Psychiatry* 2005; 58: 885-893.
- [17] Schwabe L, Roemer S, Richter S, Dockendorf S, Bilak B, Schachinger H. Stress effects on declarative memory retrieval are blocked by a β -adrenoceptor antagonist in humans. *Psychoneuroendocrinology* 2009; 34: 446-454.
- [18] Forkstam C, Petersson KM. Towards an explicit account of implicit learning. *Curr Opin Neurol* 2005; 18: 435-441.
- [19] Squire LR. Memory and the hippocampus: a synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. *Psychol Rev* 1992; 99: 195-231.
- [20] Squire LR. Memory and the brain system: 1969-2009. *J Neurosci* 2009; 29: 12711-12716.

Effects of stress related acute exercise on consolidation of implicit motor memory

Farhad Ghadiri (M.Sc)¹, Ali Rashidy-Pour (Ph.D)^{*2}, Abbas Bahram (Ph.D)¹, Saleh Zahediasl3 (Ph.D)³

1 – School of Physical Education & Sport Science, Kharazmi University, Tehran, Iran

2 - Laboratory of Learning and Memory, Research Center and Department of Physiology, School of Medicine, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran

3 - Research Center of Endocrinology and Metabolism, Shaheed Behesti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

(Received: 21 Jan 2012 Accepted: 24 Jun 2012)

Introduction: Extensive evidence documents arousal modulation of declarative memory in humans. However, little is known about the arousal modulation of implicit motor memory. The purpose of this study was to examine the effects of a post-acquisition acute exercise stress on implicit motor memory consolidation.

Materials and Methods: Forty healthy subjects were randomly divided into stress (10 men and 10 woman) and non-stress (10 men and 10 woman) groups. Experiment consisted of two phases of acquisition and retention. Serial Color matching (SCM) task was used for this study. In acquisition period, all groups practiced the task for six blocks of 150 trials. Following, the stress group performed exercise on a treadmill until the moment of exhaustion while the non stress group did rest. In retention, all groups practiced the SCM task in one block. During the experiment the trends of saliva cortisol changes were measured.

Results: Acute exercise stress leads to a significant increase in salivary cortisol level. While the non-stress group did not show enhancement of SCRT learning across the 24 hours delay interval, the stress group showed substantial enhancement across the same time ($P < 0.05$).

Conclusion: Our findings indicate that acute stress after acquisition can facilitate the implicit motor memory consolidation.

Keywords: Implicit motor memory, Serial reaction time task, Acute stress, Memory consolidation

* Corresponding author: Fax and Tel: +98 231 3354186
rashidy-pour@sem-ums.ac.ir