

رشد و یادگیری حرکتی _ پاییز ۱۳۹۳
دوره ۶، شماره ۳، ص: ۲۲۷-۳۴۵
تاریخ دریافت: ۰۱/۰۲/۹۳
تاریخ پذیرش: ۲۷/۰۳/۹۳

تأثیر استرس محدودیت حرکتی بر یادگیری و حافظه فضایی و نقش پیش گیرنده فعالیت بدنی بر آن در موش صحرائی نر

نفیسه افشاری^{۱*}، شهزاد طهماسبی بروجنی^۲، ناصر نقدی^۳، رسول حمایت طلب^۴

۱. کارشناس ارشد، روان شناسی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، ایران؛ ۲. استادیار، رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، ایران؛ ۳. استاد، بخش فیزیولوژی و فارماکولوژی، انیستیتو پاستور تهران، ایران؛ ۴. دانشیار، رفتار حرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، ایران

چکیده

افزایش استرس بر کارکردهای شناختی اثر منفی می‌گذارد. از این رو شناسایی راهبردهای مناسب برای جلوگیری از کاهش عملکرد شناختی و حرکتی ضروری است. هدف از این پژوهش، بررسی اثر استرس محدودیت حرکتی بر یادگیری و حافظه و نقش پیش‌گیرنده فعالیت بدنی بر آنها بود. از میان رت‌های نر آلبینو- ویستار انستیتو پاستور ۳۲ رت به صورت تصادفی به چهار گروه تقسیم شدند. حیوانات برحسب نوع گروه در معرض مداخله‌های استرس از نوع بی‌حرکتی (۲ ساعت در روز \times ۲۱ روز)، دویدن با شدت ملایم (۳۰ دقیقه در روز \times ۲۱ روز)، تعامل مداخله‌های استرس و دویدن یا بدون مداخله قرار گرفتند. به منظور تعیین اثربخشی استرس، وزن حیوانات در دو نوبت قبل از اجرای پروتکل و پس از پایان آزمون‌ها، اندازه‌گیری شد. آموزش و آزمون حیوانات با استفاده از ماز آبی موریس طی چند مرحله (چهار روز اکتساب و روز پنجم آزمون کاوش، سه روز استراحت و روز نهم آزمون یادداری)، انجام گرفت. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون‌های تحلیل واریانس یکطرفه (ANOVA)، t همبسته، Repeated Measured در دوره‌های اکتساب و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که استرس موجب تخریب یادگیری و حافظه می‌شود ($P=0/03$)، با وجود این، فعالیت بدنی تخریب عملکرد ناشی از استرس را خنثی کرد ($P=0/005$)، در گروهی که فعالیت بدنی صرف داشتند، تأثیر مثبت معنادار بر زمان رسیدن به سکو در مرحله اکتساب ($P=0/005$) و عملکرد شناختی مرحله به یادداری ($P=0/006$) مشاهده شد که نشان‌دهنده تأثیر مثبت فعالیت بدنی بر یادگیری و حافظه است. با توجه به نتایج تحقیق حاضر که استرس موجب تخریب یادگیری و حافظه شد، انتظار می‌رود از فعالیت بدنی بتوان به عنوان عاملی مؤثر برای تعدیل استرس استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی

استرس، حافظه فضایی، رت، فعالیت بدنی، یادگیری.

مقدمه

یادگیری اصل کلی و گریزناپذیر و لازمه زندگی است و پویایی انسان به یادگیری او وابسته است. با توجه به اهمیت موضوع، همواره تلاش انسان بر این بوده است تا در راه پیشرفت، موانع یادگیری را برطرف و راه را برای فراگیری موضوعات مختلف هموار کند.

پژوهشگران نشان داده‌اند که یکی از عوامل مؤثر بر اکتساب و فراگیری، انواع مختلف استرس است. در واقع استرس واکنش بدن به هر گونه تغییری است که نیازمند سازگاری یا پاسخ است. پاسخ بدن به این گونه تغییرات به صورت فیزیکی، ذهنی و هیجانی است. این پاسخ طبیعی بوده و برای ایجاد سازگاری است، زیرا به افراد کمک می‌کند تا در برابر محیط واکنش نشان دهند. سیستم استرس، سیستم هشداردهنده ضروری است و هر زمانی که اختلالی بین انتظارات از یک ارگانیسم و واقعیت آن روی دهد، فعال می‌شود. فقدان اطلاعات، از دست دادن کنترل، پیش‌بینی‌ناپذیر بودن یا نیازمندی‌های روان-شناختی، همگی می‌توانند پاسخ‌های استرس را تولید کنند (۶). پاسخ‌ها می‌توانند آثار مثبت داشته باشند و ما را در برابر خطرها، هوشیار و آماده نگه دارند. اما چنانچه فرد پیوسته با چالش‌های استرس‌زا مواجه شود، بدون اینکه در بین چالش‌ها رهایی و استراحت داشته باشد، استرس جنبه منفی پیدا می‌کند. این نوع استرس بدون رهایی، به استرس ۱- منجر می‌شود که می‌تواند موجب بروز علائم جسمانی مانند سردرد، آشفتنگی معده، افزایش فشار خون، درد قفسه سینه و مشکلات خواب شود. امروزه تحقیقات نشان می‌دهند که این گونه استرس (استرس مزمن) می‌تواند آن دسته از واکنش‌های شیمیایی در مغز را که برای یادگیری و حافظه مفیدند، مسدود کند. همچنین استرس مزمن می‌تواند رشد یادگیری و حافظه را مختل کند. این موضوع یکی از مسائل پیش روی دست‌اندرکاران آموزش است. مربیان برای پرورش خلاقیت و یادگیری، باید بیاموزند که چگونه موقعیت‌های استرس‌زا را به حداقل برسانند. چالش موجود، معرفی راه جدید یا تدابیر آموزشی برای کاهش سطوح هورمون استرس (کورتیزول) است. برای دستیابی به این مهم ابتدا باید درباره عوامل مؤثر بر کنترل استرس به آگاهی و شناخت برسیم. به همین دلیل انجام پژوهش‌هایی در این زمینه اجتناب‌ناپذیر است. در پژوهش‌های مختلف، روش‌های دارویی و غیردارویی برای مدیریت استرس بررسی شده‌اند. ورزش به‌عنوان یک شیوه غیردارویی سازگاری همانند روان‌درمانی، مؤثر در نظر گرفته شده و حتی بیشتر از مداخله‌های رفتاری مورد توجه قرار گرفته است (۸). برخی مطالعات نشان داده‌اند که فعالیت جسمانی می‌تواند اختلالات استرس را به‌طور مؤثر کاهش دهد (۱) و بر یادگیری و حافظه نیز تأثیر مثبت داشته باشد (۳۵،۴۶، ۵۰، ۵۱).

با این حال با وجود برخی مطالعات گذشته که نشان داده‌اند ورزش، بر یادگیری و حافظه رت‌های سالمند تأثیر مثبت دارد، در برخی دیگر بهبودی در رت‌های جوان مشاهده نشده و عدم اثرگذاری گزارش شده است (۱۷، ۲۷).

با توجه به نتایج متناقض در تحقیقات گذشته در زمینه اثرگذاری ورزش بر یادگیری و حافظه و اینکه بیشتر تحقیقات از ورزش به‌عنوان درمان پس از استرس استفاده کرده‌اند، به‌نظر می‌رسد بررسی خلأ موجود در زمینه نقش ورزش به‌عنوان یک عامل پیشگیرنده از صدمات شناختی، ضرورت داشته باشد. به‌علاوه در بیشتر تحقیقات از الگوی ورزش اختیاری استفاده شده و اثر ورزش اجباری، که بسیار شبیه به تمرین ورزشی روی نمونه‌های انسانی است، بر تغییرات شناختی به‌خوبی روشن نیست (۳۶)، از این‌رو این فرایند نیز در تحقیق حاضر مورد توجه قرار گرفته است. علاوه بر این، تحقیقات نشان داده‌اند که مدل استرس محدودیت حرکتی می‌تواند سبب اختلال یادگیری و حافظه شود که این روند تحت تأثیر عوامل مختلفی چون مدت، شدت و سن قرار می‌گیرد (۲۸). این امر نیز ضرورت اجرای پژوهش حاضر را فراهم کرد. از این‌رو در تحقیق حاضر از دو مدل استرس و ورزش برای آزمون این فرضیه استفاده شد که استرس، یادگیری و حافظه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و تأثیرات باقیمانده استرس بررسی خواهد شد. به‌عبارت دیگر، فرض بر این است که ورزش اجباری پیش از استرس می‌تواند آثار استرس را تعدیل کند. از این‌رو هدف از این پژوهش، بررسی استرس مزمن بر یادگیری و حافظه و نیز نقش پیش‌گیرنده مداخله فعالیت بدنی در تعدیل تغییرات ناشی از استرس است.

روش تحقیق

طرح تحقیق حاضر از نوع آزمایشگاهی است.

جامعه و نمونه آماری

جامعه آماری تحقیق حاضر را رت‌های صحرایی بالغ از نژاد آلبینو-ویستار با وزن ۲۰۰-۲۵۰ گرم تهیه‌شده از بخش پرورش حیوانات آزمایشگاهی انستیتو پاستور ایران، تشکیل دادند. ۳۲ سر رت با مشخصات مورد نظر به‌صورت تصادفی به چهار گروه تقسیم شدند. کلیه آزمایش‌ها براساس اصول کمیته اخلاق انستیتو پاستور ایران و مطابق با مقررات نگهداری و استفاده از حیوانات آزمایشگاهی، انجام گرفت. محل نگهداری حیوانات دارای دوره روشنایی - تاریکی ۱۲ ساعته (شروع تاریکی ۷ بعدازظهر)، و

دمای 25 ± 2 سانتی‌گراد بود. آب و غذا به مقدار کافی در اختیار حیوانات قرار داشت و قبل از هرگونه دستکاری و اجرای پروتکل، حیوانات به‌منظور سازگاری با شرایط به مدت یک هفته در محل جدید نگهداری شدند.

پروتکل ورزش

پروتکل ورزش شامل دویدن روی تردمیل به مدت ۲۱ روز بود. رت‌های گروه ورزش ۳۰ دقیقه در روز روی تردمیل تمرین کردند. زمان شروع تمرین روزانه حدود ساعت ۱۰ صبح بود و بسته به نوع گروه آزمایش تا حدود ۱۲ ظهر به طول می‌انجامید. بار تمرینی شامل دویدن روی شیب صفر درجه در سه سرعت مختلف بود. ابتدا در ۱۰ دقیقه اول سرعت 4 m/min تنظیم می‌شد. در ۱۰ دقیقه دوم سرعت به 7 m/min افزایش یافت و در نهایت در ۱۰ دقیقه سوم به 10 m/min رسید. این نوع دویدن تمرین از نوع سبک است و در این پژوهش به این دلیل از بار تمرینی با شدت کم استفاده شد تا از هرگونه شرایط استرس‌زای دیگری که ممکن است تغییرات جسمانی و فیزیولوژیکی را در حیوانات آزمایشگاهی موجب شود، جلوگیری کند (۱۰).

ایجاد استرس در محفظه‌های محدودکننده حرکت

برای ایجاد استرس (از نوع محدودیت حرکتی)، حیوانات در محدودکننده‌های پلاستیکی به‌صورت وارونه قرار گرفتند. این وضعیت به‌صورت روزی ۲ ساعت (از ساعت ۱۳ تا ۱۵) به مدت ۲۱ روز انجام می‌گرفت. این نوع استرس موجب فعال شدن محور HPA^1 می‌شود (۷،۳۳).

آزمون‌های رفتاری

دستگاه ماز آبی موریس (سنجش یادگیری و حافظه فضایی)

آموزش رت‌ها و کلیه آزمون‌های یادگیری و حافظه در ماز آبی موریس (MWM) انجام گرفت. ماز آبی موریس یک مخزن فلزی استوانه‌ای با پوشش داخلی سیاه‌رنگ به قطر ۱۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۵ سانتی‌متر است که تا عمق ۲۵ سانتی‌متری با آب 20 ± 1 درجه پر می‌شود. یک صفحه پلکسی‌گلاس مدور و شفاف به قطر ۱۱ سانتی‌متری زیر سطح آب قرار دارد. صفحه مذکور در مرکز یکی از ربع‌دایره‌ها قرار داده می‌شود. این سکوی پنهان تنها راه نجات و گریز حیوان از آب درون مخزن است. اتاقی که دستگاه در آن قرار داشت، حاوی علائم بیرونی مانند کابینت، پنجره، در، کاغذ و غیره بود. حرکت حیوان

از طریق دوربین مجهز به اشعه مادون قرمز، که در بالای ماز قرار داشت، به کامپیوتر مجهز به نرم‌افزار Etho-vision ارسال می‌شد. این نرم‌افزار حرکات حیوان در ماز را ردیابی و بررسی می‌کند. بدین صورت که سیگنال ویدئویی به شکل دیجیتالی درمی‌آید و وارد سیستم ردیاب کامپیوتری می‌شود که حرکت حیوان را در هر ۱۰۰ هزارم ثانیه ذخیره می‌کند. این مجموعه قادر به ثبت متغیرهای زیر است:

۱. مدت زمانی که طول می‌کشد تا حیوان سکو را پیدا کند؛
۲. محاسبه کل مسافت شنا و رسم مسیر حرکت تا یافتن سکو؛
۳. میانگین سرعت شنای حیوان؛
۴. مدت زمان و میزان مسافتی که رت در هریک از ربع‌دایره‌های ماز به‌سر می‌برد. موارد زیاد دیگری نیز با این نرم‌افزار قابل اندازه‌گیری و ثبت است.

روش‌های آماری

در این پژوهش از آمار توصیفی و میانگین اطلاعات ($M \pm S.E.M$) استفاده شد. توزیع داده‌ها با آزمون K-S و همگنی واریانس‌ها از طریق آماره لون بررسی شد. از آزمون‌های تحلیل واریانس یکطرفه (ANOVA) و آزمون تعقیبی توکی به‌منظور مقایسه بین گروه‌ها و t زوجی برای مقایسه تغییرات وزن رت‌ها و تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری^۱ برای بررسی میزان اثربخشی چهار روز تمرین در ماز آبی مورس استفاده شد. کلیه عملیات آماری در سطح معناداری ($P < 0.05$) با استفاده از نرم‌افزارهای Excel 2007 و SPSS 16 انجام گرفت.

نتایج و یافته‌های تحقیق

در پژوهش حاضر به‌منظور تعیین میزان اثربخشی استرس بی‌حرکتی، وزن آزمودنی‌ها نیز اندازه‌گیری شد، زیرا تحقیقات نشان داده‌اند رت‌هایی که در معرض استرس مزمن هستند، در طول دوره استرس (محدودیت حرکتی) در مقایسه با گروه کنترل افزایش وزن کمتری دارند (۱۱). بر این اساس وزن حیوانات در روزهای پیش از آغاز پروتکل و پس از پایان ۲۱ روز اجرای پروتکل اندازه‌گیری شد. جدول ۱ نشان می‌دهد که وزن رت‌ها در گروه‌های تحت استرس (استرس، ورزش + استرس) کاهش داشته است. از آزمون t همبسته به این نتیجه رسیدیم که در گروه کنترل، که در معرض استرس نبودند، افزایش وزن تفاوت معناداری نسبت به گروه‌های دیگر داشت.

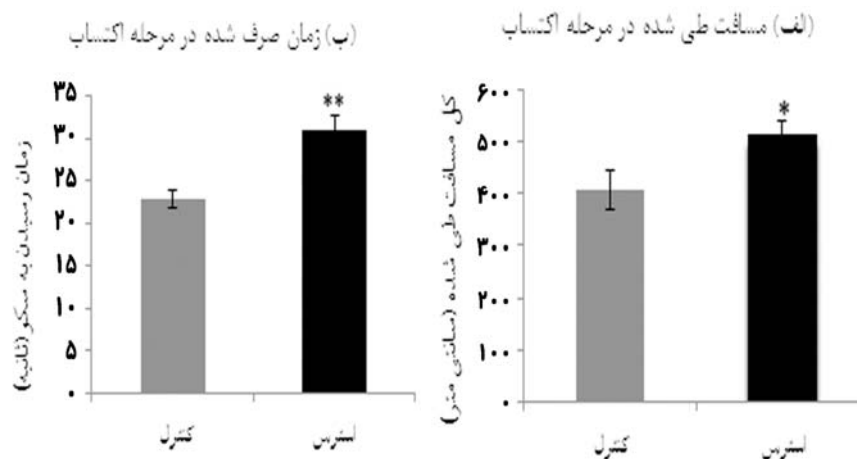
1. Repeated Measure of ANOVA (RMA)

جدول ۱. تأثیر استرس بر وزن رت‌ها

گروه‌ها	S.E.M پیش آزمون	S.E.M پس آزمون	M پیش آزمون	M پس آزمون
کنترل	۳/۵۳	۷/۱۲	۲۴۱/۳۰	۲۸۷/۳۵
استرس	۲/۵۹	۳/۸۶	۲۲۵/۰۶	۲۲۸/۴۲
ورزش + استرس	۴/۳۷	۳/۳۷	۲۲۷/۳۶	۲۳۳/۴۲

تأثیر استرس بر یادگیری و حافظه فضایی

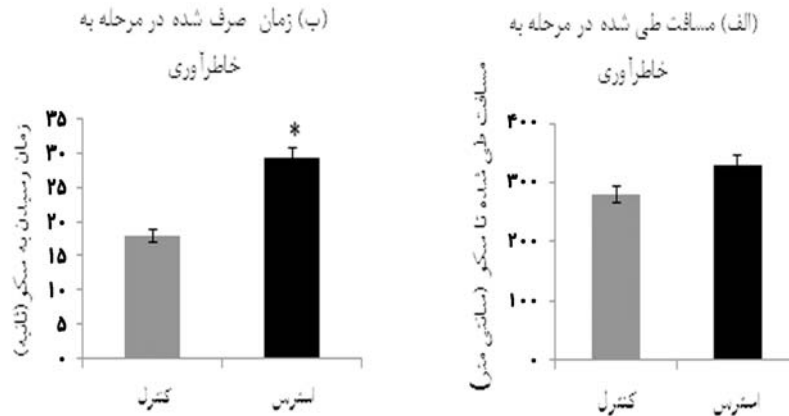
یافته‌ها نشان داد که سه هفته استرس بی‌حرکتی به‌طور معنادار زمان رسیدن به سکو و مسافت طی شده را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بدین صورت که در مسافت طی شده تا سکو در مرحله اکتساب ($P=0/036$)، (شکل ۱-الف) و تأخیر زمانی برای رسیدن به سکو، ($P=0/003$)، (شکل ۱-ب) بین گروه استرس و کنترل تفاوت معناداری وجود داشت. به بیان ساده‌تر، استرس موجب تغییر و تخریب یادگیری فضایی در ماز آبی شد.



شکل ۱. نمودار اثر استرس بر عملکرد شناختی مرحله اکتساب. (الف) مجموع مسافت طی شده تا سکو؛ (ب) تأخیر زمانی در رسیدن به سکو. * نشان‌دهنده $P \leq 0/05$ ، ** نشان‌دهنده $P \leq 0/01$. تعداد نمونه‌ها در هر گروه ۸ است. مقادیر ارائه شده بر اساس $M \pm S.E.M$ است.

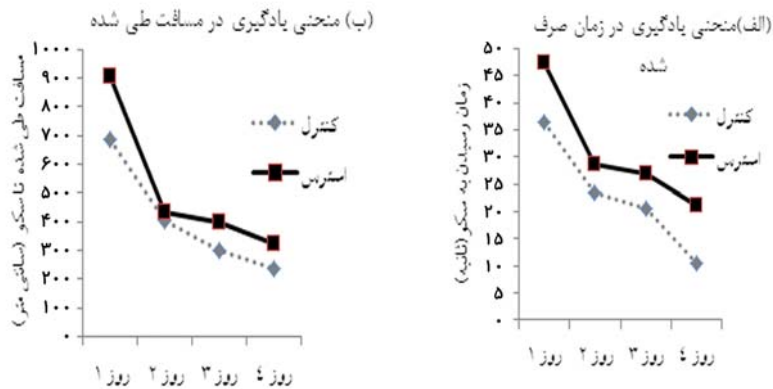
علاوه بر تأثیر در مرحله اکتساب یافته‌ها نشان داد که استرس بر حافظه نیز تأثیرگذار بود. این یافته‌ها در شکل ۲-الف نشان می‌دهد که اگرچه مسافت طی شده تا سکو بین دو گروه تفاوت معناداری

نداشت ($P=0/329$)، بین زمان رسیدن به سکو در دو گروه استرس و کنترل تفاوت معنادار بود ($P=0/012$) (شکل ۲-ب).



شکل ۲. نمودار اثر استرس بر عملکرد شناختی در مرحله یادداری. (الف) مجموع مسافت طی شده تا سکو؛ (ب) تأخیر زمانی در رسیدن به سکو. * نشان‌دهنده $P < 0/05$. مقادیر ارائه شده بر اساس $M \pm S.E.M$ است.

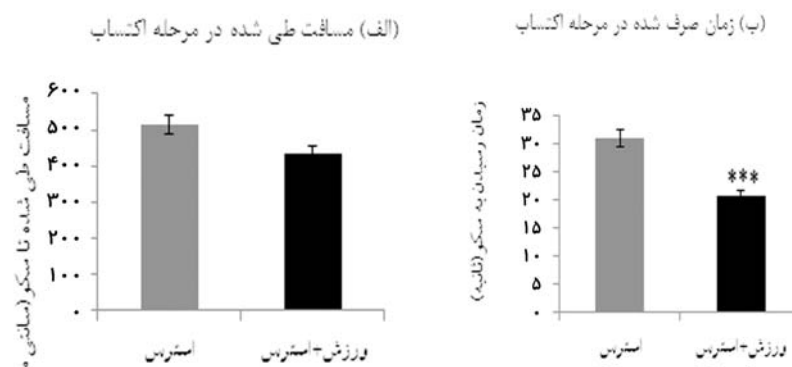
شکل ۳ نیز تأثیر تمرین روزانه را بر یادگیری فضایی نشان می‌دهد. کاهش زمان تأخیر در رسیدن به سکو از روز اول تا چهارم تمرین، نشان می‌دهد که پروتکل تمرین مؤثر بوده و رت‌ها توانایی یادگیری داشتند.



شکل ۳. منحنی یادگیری در طول چهار روز مرحله اکتساب. (الف) تأخیر زمانی در رسیدن به سکو؛ (ب) مجموع مسافت طی شده

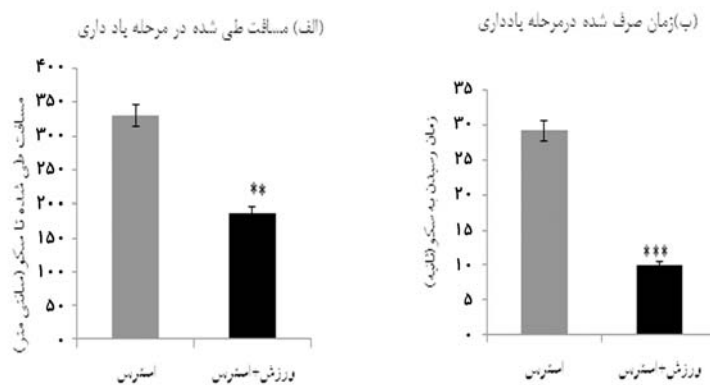
تأثیر حفاظتی ورزش در برابر استرس

مقایسه مسافت طی شده مرحله اکتساب بین گروه‌های استرس و ورزش + استرس تفاوت معناداری را نشان نداد ($P=0/082$)، (شکل ۴-الف)، اما در زمان صرف شده در مرحله اکتساب بین گروه‌های استرس و گروه ورزش + استرس تفاوت معناداری وجود داشت ($P=0/000$) (شکل ۴-ب).



شکل ۴. نمودار اثر ورزش و استرس بر عملکرد شناختی در مرحله اکتساب. (الف) مجموع مسافت طی شده تا سکوی؛ (ب) تأخیر زمانی در رسیدن به سکوی. *** نشان دهنده $P \leq 0/001$. تعداد نمونه‌ها در هر گروه ۸ است. مقادیر ارائه شده بر اساس $M \pm S.E.M$ است.

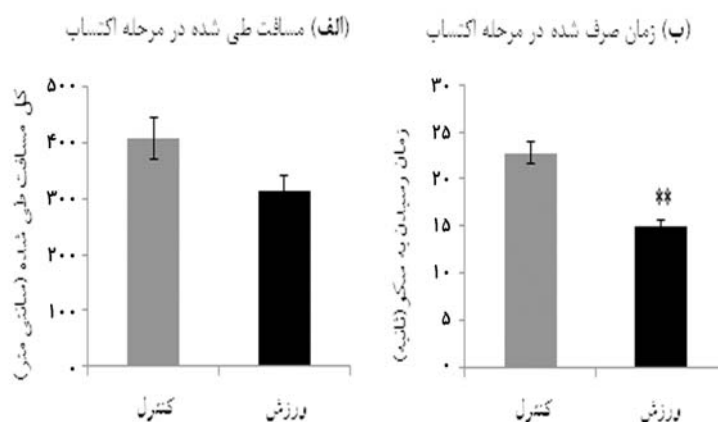
همان‌طور که در شکل ۵-الف مشاهده می‌شود، در مرحله به‌خاطرآوری یا حافظه یافته‌های آزمون در مسافت طی شده ($P=0/009$) و در شکل ۵-ب زمان صرف شده در مرحله به‌خاطرآوری ($P=0/000$) تفاوت معناداری بین گروه استرس و گروه ورزش + استرس وجود داشت.



شکل ۵. اثر ورزش بر عملکرد شناختی در شرایط استرس. (الف) مجموع مسافت طی شده تا سکوی؛ (ب) تأخیر زمانی در رسیدن به سکوی. * نشان دهنده $P \leq 0/01$ ، ** نشان دهنده $P \leq 0/001$. مقادیر ارائه شده بر اساس $M \pm S.E.M$ است.

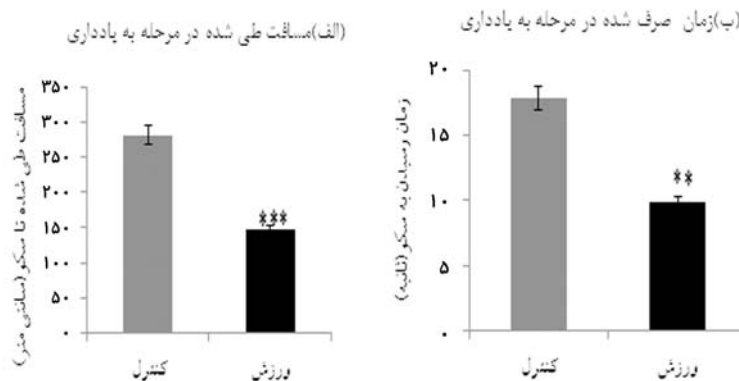
تأثیر ورزش بر یادگیری و حافظه فضایی

یافته‌ها نشان داد که سه هفته تمرین دویدن روی ترمیم موجب تفاوت معنادار در زمان رسیدن به سکو بین گروه کنترل و گروه ورزش می‌شود ($P=0/005$) (شکل ۶-ب)، ولی در مسافت طی شده عدم تفاوت معنادار مشاهده شد (شکل ۶-الف)؛ یعنی در مسافت شنا بین گروه کنترل و گروه ورزش تفاوت معناداری وجود نداشت ($P=0/059$). به عبارت دیگر ورزش در بهبود مسافت طی شده در مرحله اکتساب نقشی ندارد.



شکل ۶. اثر ورزش بر عملکرد شناختی در مرحله اکتساب. (الف) مجموع مسافت طی شده تا سکو؛ (ب) تأخیر زمانی در رسیدن به سکو. ** نشان‌دهنده $P \leq 0/01$. تعداد نمونه‌ها در هر گروه ۸ است. مقادیر ارائه شده براساس $M \pm S.E.M$ است.

در مرحله به‌خاطرآوری یا حافظه یافته‌ها حاکی از آن بود که بین مسافت طی شده در گروه کنترل و گروه ورزش تفاوت معناداری وجود داشت ($P=0/000$) (شکل ۷-الف). همچنین بین زمان رسیدن به سکو در مرحله به‌خاطرآوری بین دو گروه کنترل و ورزش تفاوت معناداری وجود دارد ($P=0/006$) (شکل ۷-ب). به عبارت دیگر ورزش تأثیر مثبتی بر حافظه دارد.



شکل ۷. اثر استرس بر عملکرد شناختی در مرحله یادداری. (الف) مجموع مسافت طی شده تا سکو؛ (ب) تأخیر زمانی در رسیدن به سکو. ** نشان دهنده $P \leq 0/01$ ، *** نشان دهنده $P \leq 0/001$. تعداد نمونه‌ها در هر گروه ۸ است. مقادیر ارائه شده بر اساس $M \pm S.E.M$ است.

بحث و نتیجه گیری

یافته‌های این تحقیق نشان داد که استرس به‌طور معناداری موجب تخریب یادگیری می‌شود. این نتیجه به‌وسیله افزایش در زمان و مسافت رسیدن به سکو در گروه استرس تأیید شد. در این راستا، تحقیقات نشان می‌دهند که به‌دلیل تجمع زیاد گیرنده‌های گلوکوکورتیکوئیدی در هیپوکمپ، این ساختار مغزی می‌تواند دستخوش تغییرات ناشی از افزایش گلوکوکورتیکوئیدها شود. هورمون‌های آدرنال تولیدشده به‌وسیله استرس می‌توانند بر ساختار هیپوکمپ تأثیر بگذارند (۱۶، ۲۱). قرار گرفتن بلندمدت در معرض استرس یا گلوکوکورتیکوئیدها موجب تغییرات زیادی در ساختار هیپوکمپ از جمله تغییر نوروشیمیایی، تحریک‌پذیری، نورونز، مورفولوژی نورونی و حتی مرگ سلولی می‌شود (۵). سایر شواهد حاکی است که استرس و قرار گرفتن در معرض گلوکوکورتیکوئیدها موجب آتروفی دندریتی و آسیب عصبی به‌همراه کاهش نورونز در هیپوکمپ می‌شود (۹، ۳۴) و در تغییرات شکل‌پذیری عصبی دخیل است (۴۲). این‌گونه تغییرات در هیپوکمپ به‌عنوان سازوکار زیربنایی اختلالات شناختی ناشی از استرس معرفی شده و اغلب به تغییرات در کورتیکوسترون نسبت داده شده است.

در میان مطالعاتی که اثر استرس را بر یادگیری فضایی در MWM گزارش کرده‌اند، به دلایل گوناگون، استرس مزمن آثار چندگانه‌ای داشته است. استرس مزمن حاصل از پنج ماه شرایط نگهداری

ناپایدار^۱ (۴)، یک ماه استرس غیرمنتظره (۴۴)، یا ۲۱ روز (۳۹، ۴۹)، یا ۷ روز (۲۸)، یادگیری را مختل کرد. در مقابل، استرس مزمن ناشی از نور مداوم به مدت ۲۱ روز (۲۶)، استرس غیرمنتظره برای ۱۰ روز (۱۳)، یا ریکاوری پس از یک ماه استرس غیرمنتظره (۴۴)، یادگیری را تسهیل کرد. همچنین استرس مزمن محدودیت حرکتی (روزانه ۶ ساعت / ۲۱ روز)، تأثیری نداشت (۴۹). تفسیر احتمالی نتایج مختلف این است که نوع عامل استرس‌زا و طول دوره عاملی مؤثر است. از طرف دیگر نژاد حیوانات نیز می‌تواند در پاسخ به استرس تأثیر بگذارد. علاوه بر تأثیر منفی استرس در مرحله اکتساب، در این تحقیق تأثیر تخریبی استرس بر حافظه نیز مشاهده شد. برای سنجش حافظه فضایی در ماز آبی موریس، آثار استرس مزمن مبهم است. از چهارده تحقیقی که اثر استرس بر حافظه را (در ماز آبی موریس) گزارش داده‌اند، نتیجه تحقیق حاضر با برخی مطالعات گذشته که تخریب حافظه را مشاهده کرده‌اند (۲۸، ۲۶، ۲۲، ۱۴، ۸، ۲، ۳۷، ۴۳، ۴۵)، همخوانی دارد و با تعدادی از آنها که عدم تأثیر را گزارش کرده‌اند، مغایر است (۲، ۳۹، ۴۴، ۴۹). این نتایج متناقض را می‌توان به متغیرهای زیادی مانند ماهیت، طول دوره یا آزارنده بودن عوامل استرس‌زا، ماهیت تکلیف، و ویژگی‌های آزمودنی مانند سن و جنسیت نسبت داد (۲۴).

مشاهدات ما نشان داد که در عملکرد گروه‌های استرس، و ورزش + استرس در مراحل اکتساب و یادداری تفاوت معناداری وجود دارد. به عبارت دیگر، ورزش از تأثیرات منفی استرس بر یادگیری و حافظه پیشگیری کرده است. این یافته با نتایج تحقیقات رئیسی، اعلائی، ببری، شریفی، محدث^۲ (۲۰۰۹) و کیم، کیم و لیم^۳ (۲۰۱۱) همخوانی دارد (۱۹، ۳۸). براساس این گزارش‌ها، دویدن از طریق افزایش میزان نیروتنز در شکنج دندانهای (D.G) هیپوکمپ، اختلال عملکرد شناختی ناشی از استرس، را تقلیل می‌دهد (۱۷، ۲۹، ۵۲) و با آثار استرس مقابله می‌کند (۱۵). چندین مطالعه نیز نشان داده‌اند که در افراد مبتلا به آسیب مغزی، ورزش بازگشت عملکرد به حالت اولیه را بهبود می‌بخشد (۱۵، ۳۲). برخلاف یافته تحقیق حاضر، کیم و همکاران (۲۰۱۱) تفاوت معناداری را بین گروه‌های استرس، و استرس - ورزش مشاهده نکردند (۱۹). ولی نکته قابل تأمل در کار کیم و همکاران این است که پروتکل ورزش آنها از لحاظ مدت (۸ هفته دویدن روی تردمیل) و شدت، بیشتر از تحقیق حاضر بود. در این مورد

-
1. Unstable housing
 2. Reisi P, Alaei H, Babri S, Sharifi MR, Mohaddes G
 3. Kim BS, Kim MY, Leem YH

تحقیقات نشان داده‌اند که در رت‌ها با افزایش دوره تمرین (از ۹ به ۳۰ روز)، فعالیت محور HPA به تدریج افزایش می‌یابد (۱۰،۳۰). از این رو افزایش مقدار کورتیکوسترون در کار کیم را می‌توان به طولانی بودن دوره تمرین نسبت داد. با این حال به نظر می‌رسد که اولاً عملکرد طبیعی یادگیری و حافظه فضایی، که در اثر استرس دچار اختلال می‌شود، ممکن است به فعالیت جسمانی وابسته باشد؛ ثانیاً در نقش حفاظتی ورزش در برابر آثار تخریبی استرس، کورتیکوسترون می‌تواند به‌عنوان واسطه مطرح شود.

در این تحقیق سه هفته برنامه تمرینی دویدن روی تردمیل بر یادگیری فضایی در مرحله اکتساب تأثیر داشت. این یافته با نتایج پژوهش‌های اکالافان، اهله و کلی و همکاران^۱ (۲۰۰۷) که نشان دادند یادگیری فضایی در ماز آبی تحت تأثیر دویدن قرار نمی‌گیرد، همسو نیست (۳۱،۳۸). در مقابل، بسیاری از تحقیقات گزارش کرده‌اند که ورزش اختیاری و اجباری، شکل‌پذیری سیناپسی^۲ در هیپوکمپ (۳۱، ۴۷) و یادگیری فضایی را بهبود می‌بخشد (۲۷، ۴۱). این تناقض ممکن است به علت تفاوت در طول و شدت پروتکل ورزش باشد. همچنین تحقیقات نشان داده‌اند که انواع مختلف ورزش می‌تواند پروتئین‌های مربوط به شکل‌پذیری عصبی در نواحی مختلف ارتباطی مغز را تنظیم کند که متعاقباً آثار گوناگونی بر قابلیت‌های یادگیری و حافظه دارد (۲۵). از طرفی برخی از پژوهش‌ها نیز خاطر نشان کرده‌اند که نوع آزمون یادگیری هم می‌تواند در کسب نتایج متفاوت اثرگذار باشد (۴۰).

در این تحقیق نیز ورزش از تخریب یادگیری فضایی ناشی از استرس بی‌حرکتی جلوگیری کرد. از این رو، پرواضح است که ورزش می‌تواند آثار مثبتی بر عملکرد مغز داشته باشد. در نتیجه، مشاهده تأثیر معنادار ورزش بر اکتساب یادگیری را ممکن است بتوان چنین استدلال کرد که، در زمانی که تخریب زیادی در یادگیری وجود داشته باشد، تأثیرات مثبت ورزش چشمگیرتر و معنادارتر است. برای مثال تحقیقات اغلب نشان می‌دهند که حیوانات سالمند یا حیواناتی که دستخوش آسیب مغزی در آزمایشگاه شده‌اند، دچار افت یادگیری فضایی می‌شوند، و تأثیر بالقوه ورزش در تخفیف این نوع افت عملکرد، نشان‌دهنده تأثیرات حفاظت عصبی ورزش است. همچنین تخریب یادگیری در ماز آبی در اثر تجویز کاینیک اسید (۱۲) یا مرگ سلولی ناشی از کاینیک اسید و استرس محدودیت حرکتی (۱۹)، از طریق ورزش اولیه سرکوب می‌شود.

1. O'Callaghan RM, Ohle R, Kelly AM & et al

2. Synaptic Plasticity

در این تحقیق، بعد از چهار روز وقفه در مرحله یادآوری، حیوانات گروه ورزش به‌طور معناداری عملکرد بهتری نسبت به گروه کنترل داشتند. این یافته‌ها با نتایج تحقیقات رئیسی و همکاران (۲۰۰۹)، اکالاقان و همکاران (۲۰۰۷)، و سعادت، بیری، احمدی اصل، مشهد (۲۰۱۰)، که عدم تأثیر ورزش را بر حافظه گزارش کردند (۳۱،۳۸،۴۱)، مغایرت دارد. اما نکته شایان ملاحظه این است که در تحقیقات رئیسی و اکالاقان از آزمون یادداری کاوش یا پروب^۱ استفاده شد. این آزمون ۲۴ ساعت بعد از مرحله اکتساب اجرا می‌شود. در پژوهش سعادت نیز عملکرد شناختی در یادگیری اجتنابی سنجیده شده است. تفاوت در نوع تست مورد استفاده به‌منظور بررسی تأثیر ورزش بر حافظه می‌تواند موجب تفاوت در نتایج شود (۴۰). پروتکل‌های مختلف تمرین ورزشی با شدت‌های مختلف نیز می‌تواند موجب مشاهده آثار متفاوتی بر عملکرد عصبی شود (۲۰). به‌علاوه، همان‌طور که پیشتر نیز اشاره شد، با توجه به تعریف یادگیری، یکی از جنبه‌های یادگیری تغییرات نسبتاً پایدار در رفتار است، و نظر به اینکه در تحقیق حاضر طول تأخیر زمانی بین مرحله اکتساب و به‌یادآوری (۴روز)، بسیار طولانی‌تر از دوره تأخیر در سایر تحقیقات (۲۴ ساعت) بود، این مسئله قرابت بیشتری با مفهوم یادگیری دارد و بدیهی است که توانایی به‌خاطر آوردن تجربیات گذشته در درازمدت، منطبق با هدف و ماهیت یادگیری بوده، و دلیلی بر حافظه بهتر و کارآمدی بیشتر شناختی در مقایسه با دوره‌های یادداری کوتاه‌تر است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که ورزش در یادآوری تجربیات نقش بیشتری دارد تا در اکتساب آنها. با نگاهی به پروتکل اجراشده در پژوهش حاضر در می‌یابیم که آزمون یادداری، ۱۰ روز پس از پایان پروتکل ورزش اجرا شد، یعنی بین توقف ورزش و اجرای آزمون یادداری ۱۰ روز تأخیر زمانی وجود داشت. این نتیجه با یافته‌های برچتلد، کاستلو و کوتمن^۲ (۲۰۱۰) همخوانی دارد. آنها نشان دادند که تأثیرات مفید ورزش بر عملکرد شناختی حتی پس از توقف تمرین نیز ادامه می‌یابد. تأثیر ورزش بر مراحل مختلف شناختی، ممکن است به عواملی همچون طول دوره، نوع ورزش (مثلاً اجباری یا اختیاری)، پیچیدگی تکلیف، یا سایر عواملی وابسته باشد که تاکنون شناخته نشده‌اند. این امکان نیز وجود دارد که ورزش، همزمان یا با فاصله کوتاهی از دوره آزمون شناختی بتواند برخی از آثار حاد را بر عملکرد شناختی ایجاد کند که اکتساب تکلیف را آهسته کند، اما موجب عملکرد قوی‌تر در حافظه حیوانات شود (۳، ۳۶).

1. Probe

2. Berchtold NC, Castello N, Cotman CW

در مجموع با توجه به نتایج پژوهش می‌توان نتیجه گرفت ورزش و فعالیت بدنی می‌تواند از آثار مخرب استرس بر یادگیری و حافظه فضایی جلوگیری کند و راهبرد مناسبی برای بهبود عملکرد شناختی است.

سیاسگزاری

با توجه به همکاری‌های صمیمانه همکاران بخش فیزیولوژی و فارماکولوژی انستیتو پاستور ایران در اجرای این پژوهش، از تمامی آنها به‌ویژه سرکار خانم چوپانی تقدیر و تشکر می‌شود.

منابع و مأخذ

۱. رحمانی، احمد. شیخ، محمود. حمایت‌طلب، رسول. نقدی، ناصر. (۱۳۹۱). "تأثیر ورزش بر تغییرات یادگیری متعاقب استرس". *مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اراک*، ۱۶(۱) ص: ۶۴-۵۲.
2. Abidin, I. Yargicoglu, P. Agar, A. Gumuslu, S. Aydin, S. Aydin, S. & Sahin, E. (2004). "The effect of chronic restraint stress on spatial learning and memory: relation to oxidant stress". *International journal of neuroscience*, 114(5), pp:683-699.
3. Berchtold NC, Castello N, Cotman CW. (2010). "Exercise and time-dependent benefits to learning and memory". *Neuroscience*. 167(3): pp:588-597
4. Bodnoff, S. R., Humphreys, A. G., Lehman, J. C., Diamond, D. M., Rose, G. M., & Meaney, M. J. (1995). "Enduring effects of chronic corticosterone treatment on spatial learning, synaptic plasticity, and hippocampal neuropathology in young and mid-aged rats". *The Journal of Neuroscience*, 15(1), pp:61-69.
5. Conrad, C. D. (2010). "A critical review of chronic stress effects on spatial learning and memory". *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 34(5), pp:742-755.
6. De Kloet, E.R., Joëls, M., Holsboer, F. (2005). "Stress and the brain: from adaptation to disease". *Nat Rev Neurosci*, 6(6): pp:463-475.
7. Diamond, D. M., Bennett, M. C., Fleshner, M., & Rose, G. M. (1992). "Inverted-U relationship between the level of peripheral corticosterone and

- the magnitude of hippocampal primed burst potentiation". *Hippocampus*, 2(4), pp:421-430.
8. Dimeo F, Bauer M, Varahram I, Proest G, Halter U. (2001). "Benefits from aerobic exercise in patients with major depression: a pilot study". *British Journal of Sports Medicine*, 35(2): pp:114-121.
 9. Drapeau E, Mayo W, Arousseau C, Le Moal M, Piazza PV, Abrous DN. (2003). "Spatial memory performances of aged rats in the water maze predict levels of hippocampal neurogenesis". *Proc Natl Acad Sci U S A*. Nov 25; 100(24): pp:14385-14390.
 10. Droste SK, Gesing A, Ulbricht S, Muller MB, Linthorst ACE, Reul JM. (2003). "Effects of long term voluntary exercise on the mouse hypothalamic-pituitary-adrenocortical axis". *Endocrinology* 23; 3012(7): pp: 144-156.
 11. Fordyce D, Farrar R. (1991). "Physical activity effects on hippocampal and parietal cortical cholinergic function and spatial learning in F344 rats". *Behavioral brain research*. 43(2): pp:115-123.
 12. Gobbo OL, O'Mara SM. (2005). "Exercise, but not environmental enrichment, improves learning after kainic acid-induced hippocampal neurodegeneration in association with an increase in brain-derived neurotrophic factor". *Behav Brain Res*. 159(1): pp:21-26.
 13. Gouirand, A. M., & Matuszewich, L. (2005). "The effects of chronic unpredictable stress on male rats in the water maze". *Physiology & behavior*, 86(1), pp:21-31.
 14. Haack D, Luu H, Cho J, Chen MJ, Russo-Neustadt A. (2008). "Exercise reverses chronic stress-induced Bax oligomer formation in the cerebral cortex". *Neuroscience Letters*. 438(3): pp:290-294.
 15. Johansson BB, Ohlsson AL. (1996). "Environment, social interaction, and physical activity as determinants of functional outcome after cerebral infarction in the rat". *Experimental neurology*. 139(2): pp:322-327
 16. Jung-Man You, J., Yun, SJYSJ, Nam KNNKN, Kang CKC, Won RWR, & Lee, EHLEH. (2009). "Mechanism of glucocorticoid-induced oxidative stress in rat hippocampal slice cultures". *Canadian journal of physiology and pharmacology*. 87(6): pp:440-447.

17. Kannangara TS, Lucero MJ, Gil-Mohapel J, Drapala RJ, Simpson JM, Christie BR, et al. (2011). "Running reduces stress and enhances cell genesis in aged mice. *Neurobiology of aging*". [doi:10.1016/j.neurobiolaging.32(12): pp:2279-2286.
18. Kasar, M., Mengi, M., Yildirim, E. A., & YURDOKOS, E. (2009). "Different effects of tianeptine pretreatment in rats exposed to acute stress and repeated severe stress". *Methods and findings in experimental and clinical pharmacology*, 31(3), pp:157-163.
19. Kim BS, Kim MY, Leem YH. (2011). "Hippocampal neuronal death induced by kainic acid and restraint stress is suppressed by exercise". *Neuroscience*. 194: pp:291-301.
20. Kim YP, Kim HB, Jang MH, Lim BV, Kim YJ, Kim H, et al. (2003). "Magnitude and time-dependence of the effect of treadmill exercise on cell proliferation in the dentate gyrus of rats". *Int J Sports Med*. 24(2): pp:114-17.
21. Kiraly MA, Kiraly SJ. (2005). "The effect of exercise on hippocampal integrity: review of recent research". *The International Journal of Psychiatry in Medicine*. 35(1): pp:75-89.
22. KITRAKI, E., KREMMYDA, O., YOULATOS, D., ALEXIS, M., & KITTAS, C. (2004). "Spatial Performance and Corticosteroid Receptor Status in the 21-Day Restraint Stress Paradigm". *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1018(1), pp:323-327.
23. Li J, Ding YH, Rafols JA, Lai Q, McAllister I, James P, et al. (2005). "Increased astrocyte proliferation in rats after running exercise". *Neuroscience Letters*, 386(3): pp:160-164.
24. Li S, Fan Y-X, Wang W, Tang Y-Y. (2012). "Effects of acute restraint stress on different components of memory as assessed by object-recognition and object-location tasks in mice". *Behavioral Brain Research*. [10.1016/j.bbr.2011.10.007]. 227(1): pp:199-207.
25. Liu YF, Chen HI, Wu CL, Kuo YM, Yu L, Huang AM, et al. (2009). "Differential effects of treadmill running and wheel running on spatial or aversive learning and memory: roles of amygdalar brain-derived

- neurotrophic factor and synaptotagmin I". *J Physiol.* 587(Pt 13): pp:3221-3231.
26. Ma, W. P., Cao, J., Tian, M., Cui, M. H., Han, H. L., Yang, Y. X., & Xu, L. (2007). "Exposure to chronic constant light impairs spatial memory and influences long-term depression in rats". *Neuroscience research*, 59(2), pp:224-230.
27. Mello PB, Benetti F, Cammarota M, Izquierdo I. (2008). "Effects of acute and chronic physical exercise and stress on different types of memory in rats". *Anais da Academia Brasileira de Cienias.* 80(2): pp:301-309.
28. Moosavi M, Naghdi N, Maghsoudi N, Zahedi Asl S. (2007). "Insulin protects against stress-induced impairments in water maze performance". *Behavioural brain research.* 176(2): pp:230-236.
29. Nakajima S, Ohsawa I, Ohta S, Ohno M, Mikami T. (2010). "Regular voluntary exercise cures stress-induced impairment of cognitive function and cell proliferation accompanied by increases in cerebral IGF-1 and GST activity in mice". *Behavioural brain research.* 211(2): pp:178-184.
30. Naylor AS, Persson AI, Eriksson PS, Jonsdottir IH, Thorlin T. (2005). "Extended voluntary running inhibits exercise-induced adult hippocampus progenitor proliferation in the spontaneously hypertensive rat". *Journal of neurophysiology.* 93(5): pp:2406-2414.
31. O'Callaghan RM, Ohle R, Kelly AM. (2007). "The effects of forced exercise on hippocampal plasticity in the rat: A comparison of LTP, spatial and non-spatial learning". *Behavioural brain research.* 176(2): pp:362-366.
32. Ohlsson AL, Johansson BB. (1995). "Environment influences functional outcome of cerebral infarction in rats". *Stroke.* 26(4): pp:644-649.
33. Pavlides, C., Watanabe, Y., & McEwen, B. S. (1995). "Opposing roles of type I and type II adrenal steroid receptors in hippocampal long-term potentiation". *Neuroscience,* 68(2), pp:387-394.
34. Pham K, Nacher J, Hof PR, McEwen BS. (2003). "Repeated restraint stress suppresses neurogenesis and induced biphasic PSA-NCAM expression in the adult rat dentate gyrus". *European Journal of Neuroscience.* 17(4): pp:879-886.

35. Ra SM, Kim H, Jang MH, Shin MC, Lee TH, Lim BV, et al. (2002). "Treadmill running and swimming increase cell proliferation in the hippocampal dentate gyrus of rats". *Neuroscience Letters*, 333(2): pp:123-126.
36. Radak Z, Toldy A, Szabo Z, Siamilis S, Nyakas C, Silye G, et al. (2006). "The effects of training and detraining on memory, neurotrophins and oxidative stress markers in rat brain". *Neurochemistry international*. ;49(4): pp:387-392
37. Radecki, D. T., Brown, L. M., Martinez, J., & Teyler, T. J. (2005). "BDNF protects against stress induced impairments in spatial learning and memory and LTP". *Hippocampus*, 15(2), pp:246-253.
38. Reisi P, Alaei H, Babri S, Sharifi MR, Mohaddes G. (2009). "Effects of treadmill running on spatial learning and memory in streptozotocin-induced diabetic rats". *Neuroscience letters*. 455(2): pp:79-83.
39. Ryan L. Wright CDC. (2008). "Enriched environment prevents chronic stress-induced spatial learning and memory deficits". *Behavioural Brain Research*. [Research report]. 7: pp:187-191.
40. Saadati H. (2012). "Effects of exercise on memory retrieval in passive avoidance learning in young male wistar rats". *Qom University of Medical sciences Journal*. 3(1): pp:234-242.
41. Saadati H, Babri S, Ahmadiasl N, Mashhadi M. (2010). "Effects of exercise on memory consolidation and retrieval of passive avoidance learning in young male rats". *Asian J Sports Med*. 1(3): pp:137-142.
42. Sapolsky RM. (2003). "Stress and plasticity in the limbic system". *Neurochemical Research*. 28(11): pp:1735-1742.
43. Song, L., Che, W., Min-Wei, W., Murakami, Y., & Matsumoto, K. (2006). "Impairment of the spatial learning and memory induced by learned helplessness and chronic mild stress". *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 83(2), pp:186-193.
44. Sousa, N., Lukoyanov, N. V., Madeira, M. D., Almeida, O. F. X., & Paula-Barbosa, M. M. (2000). "Reorganization of the morphology of hippocampal neurites and synapses after stress-induced damage correlates with behavioral improvement". *Neuroscience*. 97(2): pp:253-266.

45. Touyarot, K., Venero, C., & Sandi, C. (2004). "Spatial learning impairment induced by chronic stress is related to individual differences in novelty reactivity: search for neurobiological correlates". *Psychoneuroendocrinology*. 29(2): pp:290-305.
46. Van Praag H, Kempermann G, Gage FH. (1999). "Running increases cell proliferation and neurogenesis in the adult mouse dentate gyrus". *Nature neuroscience*. 2(3): pp:266-270.
47. Van Praag H, Shubert T, Zhao C, Gage FH. (2005). "Exercise enhances learning and hippocampal neurogenesis in aged mice". *The Journal of Neuroscience*. 25(38): pp:8680-8685.
48. Walesiuk, A., Trofimiuk, E., & Braszko, J. J. (2005). "Gingko biloba extract diminishes stress-induced memory deficits in rats". *Pharmacol Rep*. 57(2): pp:176-187.
49. Wright, R. L., & Conrad, C. D. (2008). "Enriched environment prevents chronic stress-induced spatial learning and memory deficits". *Behavioural brain research*. 187(1): pp:41-47.
50. Wu CW, Chen YC, Yu L, Chen H, Jen CJ, Huang A. (2007). "Treadmill exercise counteracts the suppressive effects of peripheral lipopolysaccharide on hippocampal neurogenesis and learning and memory". *Journal of neurochemistry*. 103(6): pp:2471-2481.
51. Yap T, Davis L. (2008). "Physical activity: the science of health promotion through tailored messages". *Rehabilitation nursing: the official journal of the Association of Rehabilitation Nurses*. 33(2): pp:55-59.
52. Yau SY, Lau BW, So KF. (2011). "Adult hippocampal neurogenesis: a possible way how physical exercise counteracts stress". *Cell Transplant*. 20(1): pp:99-111.