Journal of Motor and Behavioral Sciences 3 (2020) 263-273

مجله علوم حرکتی و رفتاری

Journal of Motor and Behavioral Sciences

Journal homepage: **http://www.jmbs.ir/**

Original Research

Evaluation of the Effect of Interaction Immobility Stress and Forced Running on a Treadmill on Learning and Spatial Memory and Serum Corticosterone Levels in Male Wistar Rats

Akram Molamohammadi[1*], Naser Naghdi[2], Hasan Gharayagh Zandi[3]

[1]Master of Sports Psychology,Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.
[2]Professor, Department of Physiology and Pharmacology, Pasteur Institute of Iran, Tehran, Iran.
[3]Assistant professor, Sport Psychology Department, Faculty of Physical Education, Tehran University, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 2020/04/07
Reviewed: 2020/04/29
Revised: 2020/05/22
Accepted: 2020/06/18

Keyword:
Stress
Learning
Memory
Cortisol
Treadmill

ABSTRACT

Introduction & Purpose: Different types of stress affect acquisition and learning. The aim of this study was to compare the effect of forced exercise with treadmill, immobility stress and imultaneous application of stress + treadmill exercise on learning and spatial memory and serum corticosterone levels.

Methodology: Rats in four groups (10 rats in each group) were randomly exposed to treadmill exercise, immobilization stress, both together or without intervention for four weeks. Assessment of learning and spatial memory Performed using the Morris water maze device. After the last session, direct blood samples were taken from the left ventricle to measure cortisol.

Results: The results showed that in the treadmill training group and also in the stress group, the average distance traveled to reach the platform was higher than the control group ($p < 0.05$), and also between the treadmill and stress + treadmill groups in the average distance traveled. There was also a significant increase in cortisol levels in the treadmill exercise group ($P = 0.02$) and the stress group ($P = 0.02$) compared to the control group and the stress + treadmill group. There was no significant difference between the groups in the exploration stage.

Conclusion: Forced treadmill exercise, such as stress, may increase the distance in the acquisition phase and delay learning by increasing cortisol levels as a stressful reaction for the body. But the stress + exercise interaction was able to reduce cortisol levels as well as its destructive effect on the acquisition phase. However, research interventions did not show a significant effect on memory during the exploration phase.

*** Corresponding Author:** Akram Molamohammadi. Master of Sports Psychology,Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran
Email: *Akrammohamadi65@yahoo.com*

مجله علمی علوم حرکتی و رفتاری

وب سایت: http://www.jmbs.ir/

بررسی تاثیر تعامل استرس محدودیت حرکتی و دویدن روی تردمیل بر یادگیری و حافظه ی فضایی و سطح سرمی کورتیکوسترون رت های صحرایی نر ویستار

اکرم ملامحمدی[۱*]، ناصر نقدی[۲]، حسن غرایاق زندی[۳]

۱- کارشناس ارشد، گروه روانشناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲- استاد، گروه فیزیولوژی و داروسازی، انستیتو پاستور ایران، تهران، ایران.

۳- استادیار روانشناسی ورزشی، گروه رفتار حرکتی و روانشناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۹۹/۰۱/۱۹

داوری مقاله: ۹۹/۰۲/۱۰

بازنگری مقاله: ۹۹/۰۳/۰۲

پذیرش مقاله: ۹۹/۰۳/۲۹

کلید واژگان

استرس

یادگیری

حافظه

کورتیزول

تردمیل

چکیده

مقدمه و هدف: انواع مختلف استرس بر اکتساب و یادگیری، موثراست. هدف از این پژوهش، مقایسه تاثیر تمرین اجباری با تردمیل، اعمال استرس محدودیت حرکتی و اعمال استرس+تمرین باتردمیل بر یادگیری و حافظه‌فضایی و سطح سرمی کورتیکوسترون می‌باشد.

روش‌شناسی: رت‌ها به طور تصادفی در چهار گروه (۱۰ رت در هر گروه) در معرض مداخله های تمرین با تردمیل، استرس محدودیت حرکتی، هر دو باهم و یا بدون مداخله به مدت چهار هفته قرار گرفتند. با استفاده از مازآبی‌موریس، آموزش و آزمون حیوانات طی چند مرحله، انجام گرفت. پس از آخرین جلسه، خونگیری مستقیم از بطن چپ به منظور سنجش کورتیزول انجام شد.

نتایج: نتایج نشان داد در گروه تمرین با تردمیل و نیز گروه استرس، میانگین مسافت طی شده برای رسیدن به سکو بیشتر از گروه کنترل بود ($p<0.05$)، و نیز بین گروه‌های تردمیل و استرس+تردمیل در میانگین مسافت طی شده اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($p<0.05$). همین‌طور افزایش معنی‌داری در سطح کورتیزول در گروه تمرین با تردمیل ($P= 0.02$) و نیز گروه استرس ($P= 0.02$) در مقایسه با گروه کنترل و نیز گروه استرس+تردمیل مشاهده شد. بین هیچ کدام از گروه‌ها، تفاوت معنی‌داری در مرحله کاوش مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: تمرین اجباری تردمیل، مانند اعمال استرس ممکن است به عنوان یک واکنش استرس‌زا برای بدن، با افزایش سطح کورتیزول منجر به افزایش مسافت در مرحله اکتساب و تاخیر یادگیری شود، اما تعامل همزمان استرس و ورزش توانست میزان کورتیزول و نیز اثر تخریبی آن در مرحله اکتساب را کاهش دهد. با این وجود، مداخلات پژوهش، تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر حافظه در مرحله کاوش نشان ندادند.

***نویسنده مسئول:** اکرم ملامحمدی، کارشناس ارشد روانشناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

ایمیل: *Akrammohamadi65@yahoo.com*

مقدمه

یادگیری و حافظه، گاهی به صورت مترادف مورد استفاده قرار می گیرند، اما یادگیری فرایندی است که رفتارهای آتی را تغییر می-دهد، در حالی که حافظه توانایی به خاطر آوردن تجربیات گذشته است (شارما، راکوچی و براون بورگ، ۲۰۱۰). حافظه یک توانایی شناختی فوق العاده حائز اهمیت است، زیرا اساس شناختی یادگیری انسان را تشکیل می دهد؛ و یادگیری فرایندی است که کسب اطلاعات و تغییر رفتار را امکان پذیر می کند (هرگنهان و اُلسون، ۱۳۸۱). به عبارت دیگر مفهوم حافظه شامل توانایی یک موجود زنده برای نگهداری و به یادآوردن دانستنی ها و تجربیاتی است که با دگرگونی رفتار برآمده از یادگیری حاصل می شود(اوکانو ، هیرانو و بالابان، ۲۰۰۰).

پژوهشگران نشان داده اند که یکی از عوامل مؤثر بر اکتساب و یادگیری، انواع مختلف استرس است. موریلاک (۲۰۰۵) معتقد است که استرس می‌تواند واقعی یا ادراکی بوده و به عنوان هرگونه تهدید برای هموستاز یک ارگانیسم تعریف شود (موریلاک و همکاران، ۲۰۰۵). هورمون های استرس یا گلوکوکورتیکوئیدها بر ساختارهای مختلف مغز، به ویژه هیپوکمپ تاثیر می‌گذارند. هیپوکمپ ناحیه‌ای از مغز است که نقش محوری در فرآیندهای یادگیری و حافظه داشته و بالاترین تراکم گیرنده‌های گلوکوکورتیکوئید را در مغز داراست، که این ویژگی ممکن است آن را مستعد آسیب‌های ناشی از استرس نماید (کیرالی و کیرالی، ۲۰۰۵؛ یو و همکاران، ۲۰۰۹). برخی پژوهش ها به خوبی نشان داده اند که سطوح بالای کورتیزول در طولانی مدت، فعالیت نورون ها را در هیپوکمپ مهار میکند (گولد، کامرون، دانیلز، وولی و مک ایون، ۱۹۹۲؛ ساپولسکی، ۱۹۹۳).

به طور کلی در پژوهش های پیشین نشان داده شده است، استرس مزمن از نوع متوسط تا شدید، یادگیری فضایی در ماز آبی موریس را مختل می‌کند، که این امر می‌تواند بوسیله دوره و شدت استرسور، نژاد رت، و شرایط موثر بر انگیختگی، تعدیل شود. استرس مزمن حاصل از ۵ ماه شرایط نگهداری ناپایدار(بودنوف و همکاران، ۱۹۹۵)، یک ماه استرس غیرمنتظره (سوزا، لوکویانوف، مادیرا، آلمیدا و پائولا-باربوسا، ۲۰۰۰)، یا محدودیت حرکتی به مدت ۲۱ روز (رایت و کنراد، ۲۰۰۸)، و یا ۷ روز (باروک، سوئین و هلمستر، ۲۰۰۴)، یادگیری را مختل کرد. در مقابل، استرس مزمن ناشی از نور مداوم به مدت ۲۱ روز (ما و همکاران ۲۰۰۷)، استرس غیرمنتظره‌ای برای ۱۰ روز (گوراند و ماتوسویچ، ۲۰۰۵)، یا ریکاوری پس از یک ماه استرس غیرمنتظره (سوزا و همکاران، ۲۰۰۰)، یادگیری را تسهیل کرد. همچنین، استرس مزمن محدودیت حرکتی (روزانه۶ ساعت/۲۱ روز)، هیچ تاثیری را نشان نداد (رایت و کنراد، ۲۰۰۸). تفسیر احتمالی نتایج مختلف این است که نوع عامل استرس زا و طول دوره، عاملی موثر است. هم چنین می توان نتایج متناقض را به متغیرهای زیادی مانند ماهیت، طول دوره یا آزارنده بودن عوامل استرس زا، ماهیت تکلیف، و ویژگی های آزمودنی مانند سن و جنسیت نسبت داد(لی، فن، وانگ و تانگ، ۲۰۱۲).

برخی مطالعات نشان داده اند که فعالیت جسمانی می تواند منجر به کاهش اختلالات استرس به طور مؤثرشود (رحمانی، شیخ، حمایت طلب و نقدی ۲۰۱۳) و بر یادگیری و حافظه نیز تأثیر مثبت داشته باشد (را و همکاران، ۲۰۰۲؛ ون پراگ، کمپرمن و گاج، ۱۹۹۹؛ وو و همکاران، ۲۰۰۷؛ یاپ و دیویس، ۲۰۰۸). اگرچه بیشتر این تحقیقات دریافته‌اند که فعالیت بدنی اثرات سودمندی بر اعمال شناختی به ویژه یادگیری و حافظه دارد، اما توجه به این نکته مهم است که بعضی تحقیقات ارتباطی بین آمادگی بدنی و شناخت یا اختلال مشاعر مشاهده نکردند (فابن، ماریوتی، مورا، چاکیرا و زانکانارو، ۲۰۰۸؛ استورمن و همکاران، ۲۰۰۵) همچنین، ملو و همکاران (۲۰۰۸) اثرات فعالیت بدنی حاد (۲ هفته) و فعالیت بدنی طولانی مدت (۸ هفته) بر روی تردمیل و استرس روزانه (به دلیل اینکه فعالیت بدنی اجباری مقداری استرس به همراه دارد) بر انواع مختلف حافظه در رت‌ها را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که نه استرس و نه فعالیت بدنی (حاد یا مزمن) تاثیری بر اکتساب و یادداری نداشتند (ملو، بنتی، کاماروتا و ایزکیردو، ۲۰۰۸).

با توجه به نتایج متناقض در تحقیقات گذشته در زمینهٔ تاثیر ورزش و استرس بر یادگیری و حافظه به نظر می رسد، بررسی های بیشتری در این زمینه ضرورت داشته باشد. به علاوه در بیشتر تحقیقات از الگوی ورزش اختیاری استفاده شده و اثر ورزش اجباری، ممکن است بسیار شبیه به تمرین ورزشی روی نمونه های انسانی باشد، از این رو این فرایند و نیز تاثیر تعاملی استرس محدودیت حرکتی و فعالیت ورزشی اجباری (دویدن روی تردمیل) در تحقیق حاضر مورد توجه قرار گرفته است. هدف از این پژوهش، بررسی و مقایسه تاثیر فعالیت هوازی تمرین با تردمیل و اعمال استرس محدودیت حرکتی بر یادگیری و حافظه ی فضایی و سطح سرمی کورتیکوسترون، و نیز بررسی اثر تعاملی استرس و ورزش بر این فاکتورها می باشد.

روش شناسی

طرح تحقیق حاضر از نوع آزمایشگاهی است.

جامعه و نمونهٔ آماری

جامعهٔ آماری پژوهش حاضر را رت های صحرایی بالغ از نژاد آلبینو-ویستار با وزن۲۵۰-۲۰۰ گرم تهیه شده از بخش پرورش حیوانات آزمایشگاهی انستیتو پاستور ایران، تشکیل دادند. ۴۰ سر رت با مشخصات مورد نظر به صورت تصادفی در چهار گروه کنترل، تمرین با تردمیل، استرس محدودیت حرکتی و اعمال همزمان استرس محدودیت حرکتی و تمرین با تردمیل قرار گرفتند. کلیهٔ آزمایش ها براساس اصول کمیتهٔ اخلاق انستیتو پاستور ایران و مطابق با مقررات نگهداری و استفاده از حیوانات آزمایشگاهی، انجام گرفت. محل نگهداری حیوانات دارای دورهٔ روشنایی - تاریکی ۱۲ ساعت (شروع تاریکی ۷بعدازظهر)، و دمای۲± ۲۵ سانتی گراد بود.

آب و غذا به مقدار کافی در اختیار حیوانات قرار داشت و قبل از هرگونه دستکاری و اجرای پروتکل، حیوانات به منظور سازگاری با شرایط به مدت یک هفته در محل جدید نگهداری شدند.

پروتکل دویدن روی تردمیل

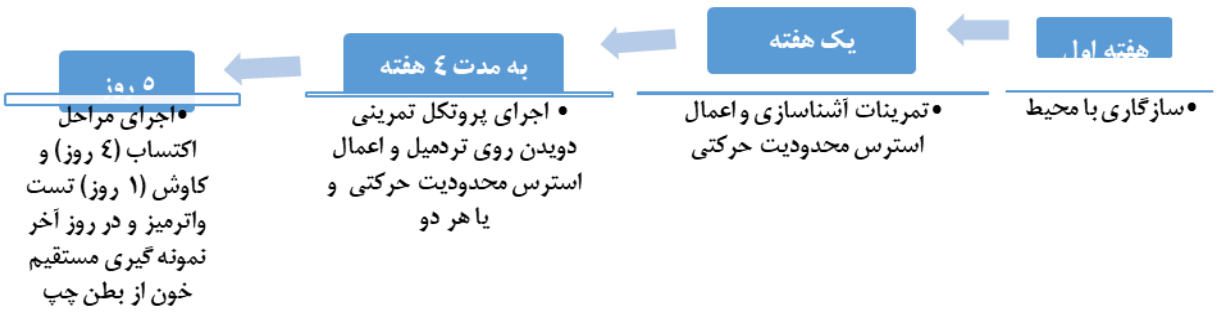
تمرینات آشناسازی گروه تمرین با تردمیل شامل راه رفتن و دویدن روی نوار گردان با سرعت ۸-۱۰ متر در دقیقه و به مدت ۱۰-۳۰ دقیقه در طول هفته اول بود به گونه ای که تمرین در روز اول آشناسازی با ۱۰ دقیقه دویدن آرام شروع شد و در انتهای هفته به ۳۰ دقیقه و با سرعت ۱۰-۸ متر در دقیقه افزایش یافت رت های گروه تمرین با تردمیل ۳۰ دقیقه در روز و ۳ مرتبه در هفته، به مدت چهار هفته روی تردمیل تمرین کردند. زمان شروع تمرین روزانه حدود ساعت۱۰ تا ۱۱ صبح بود. بار تمرینی شامل دویدن بر روی شیب صفر درجه در سه سرعت مختلف بود. ابتدا در ۱۰ دقیقه اول سرعت ۱۰ m/min تنظیم می شد. در ۱۰ دقیقه دوم سرعت به ۱۳ m/min افزایش می یافت و در نهایت در ۱۰ دقیقه سوم به ۱۶ m/min می رسید. این نوع دویدن برای رت ها، تمرین از نوع متوسط است(دروست و همکاران ۲۰۰۳).

جدول ۱. پروتکل تمرین دویدن روی تردمیل

مرحله	سرعت	مدت
۱	۱۰متر بر دقیقه	۱۰ دقیقه
۲	۱۳ متر بر دقیقه	۱۰ دقیقه
۳	۱۶متر بر دقیقه	۱۰ دقیقه

روش اعمال استرس محدودیت حرکتی

برای ایجاد استرس بی حرکتی حیوانات در محدود کننده های پلاستیکی به صورت وارونه قرار گرفتند. اعمال استرس روزی ۲ ساعت و به مدت ۷ روز انجام شد. این نوع استرس (۲ ساعت در روز * ۷ روز) موجب فعال شدن محور هیپوتالاموس- هیپوفیز- آدرنال می گردد (دیاموند، بنت، فلشنر و رز ۱۹۹۲؛ پاولیدس، واتانابه، ماگارین و مک ایون ۱۹۹۵). روند اعمال استرس محدودیت حرکتی در طول چهار هفته دیگر نیز که پروتکل ورزشی دویدن اجرا می شد ادامه پیدا کرد. هم چنین در گروه "تمرین با تردمیل+استرس" هر دو مداخله (دویدن روی تردمیل و اعمال استرس محدودیت حرکتی) در طول چهار هفته انجام گرفت.



شکل ۱. روند انجام پژوهش

آزمون های رفتاری

دستگاه ماز آبی موریس (سنجش یادگیری و حافظهٔ فضایی)

مرحله اکتساب یا آموزش

پروتکل آموزش شامل یک بلاک ۴ کوششی در روز، به مدت ۴ روز بود. در هر کوشش، رت به شکل رو به دیواره ماز ، از یکی از ۴ نقطه شروع (شمال شرق، شمال غرب، جنوب شرق، جنوب غرب) به داخل آب رها می شود. ترتیب ناحیه رها شدن به صورت تصادفی و توسط قرعه مشخص می شد. پس از دستیابی به سکو به رت اجازه داده میشد که به مدت ۲۰ ثانیه روی آن باقی بماند. این زمان این امکان را به رت میدهد که با توجه به نشانه های فضایی خارج از ماز ، محل سکو را به خاطر بسپارد. در صورتی که موش پس از گذشت ۹۰ ثانیه قادر به پیدا کردن سکو نباشد، توسط آزمونگر به سمت سکو هدایت شده، به مدت ۲۰ ثانیه روی آن استراحت میکند. حرکت حیوان از طریق دوربین مجهز به اشعهٔ مادون قرمز، که در بالای ماز قرار داشت، به کامپیوتر مجهز به نرم افزار Etho-vision ارسال میشد. این نرم افزار حرکات

حیوان در ماز را ردیابی و بررسی میکند. پس از پایان هر جلسه آموزش، حیوانات خشک شده و به قفس برگردانده می شدند.

آزمون بدون سکو (پروب)

۲۴ ساعت بعد از مرحله آموزش، آزمون به خاطر آوری (probe) انجام میشد که شامل یک دوره ۶۰ ثانیه ای شنای بدون سکو بود. این آزمون جهت اندازه گیری میزان ذخیره سازی حافظه انجام می شود و در آن پارامترهایی چون درصد زمان سپری شده، و درصد مسافت طی شده در ربع دایره هدف، اندازه گیری شد.

سنجش هورمون کورتیزول

به دلیل وجود ریتم شبانه روزی در ترشح هورمون کورتیزول کلیهٔ نمونه ها از ساعت ۱۲ تا ۲ ظهر گرفته شد. به منظور انجام سنجش هورمونی نمونه ها توسط اتر بیهوش شدند و خونگیری مستقیم از بطن چپ قلب انجام شد. نمونه های خون به سرعت در لوله های آزمایش حاوی آپروتینین جمع آوری شده و در ۳۵۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شدند و سرم خون تهیه گردید. متعاقبا غلظت هورمون کورتیزول به روش الایزا با استفاده از کیت مربوط به سنجش کورتیزول ساخت شرکت مونوبایند (Monobind Inc. Lake Forest, CA92627, USA) مورد اندازه گیری قرار گرفت.

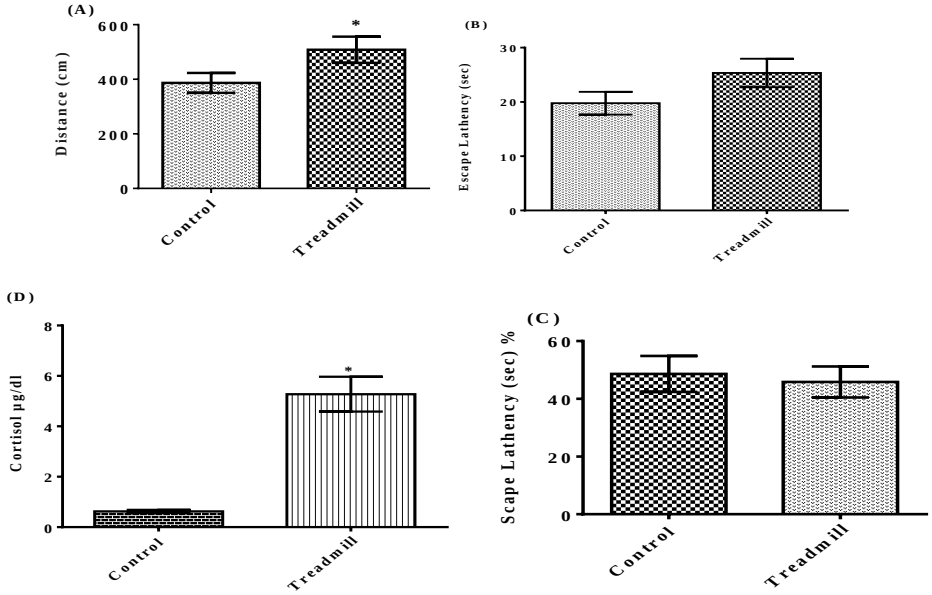
روشهای آماری

برای بررسی طبیعی بودن داده ها از آزمون کلموگرف- اسمیرنوف استفاده شد. در این پژوهش میانگین اطلاعات (M±SEM) ارائه شده است. آزمون های آماری این تحقیق شامل مقایسه های دوگروهی و چندگروهی است . به همین دلیل، از آزمون های تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) و t مستقل و در داده های ناپارامتریک از آزمون های کروسکال-والیس و من-ویتنی استفاده شده است. عملیات آماری با استفاده از نرم افزارهای GraphPad Prism 6 و SPSS 22 انجام شد.

یافته ها

تاثیر چهار هفته دویدن روی تردمیل بر یادگیری و حافظه ی فضایی و سطح سرمی کورتیکوسترون

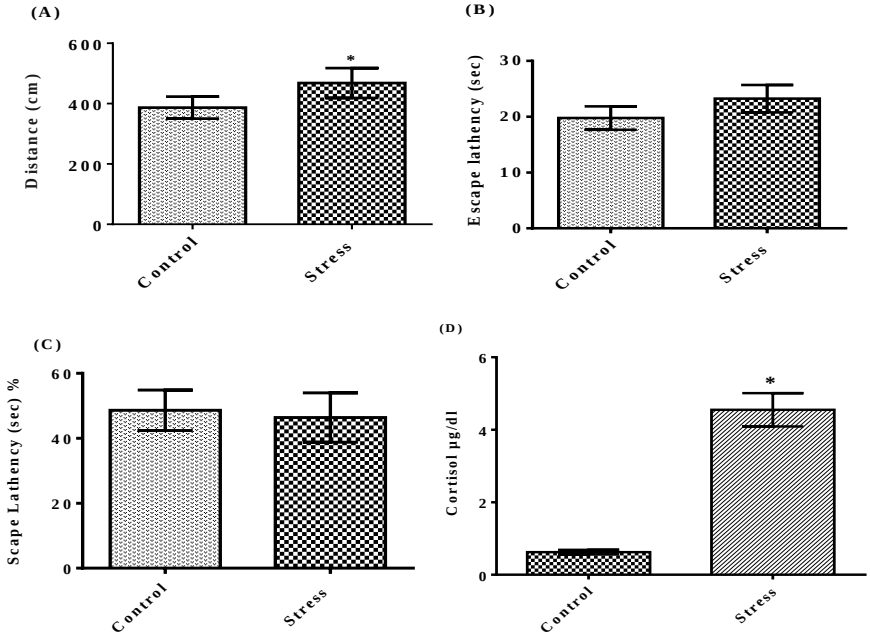
سنجش تاثیر دویدن روی تردمیل بر یادگیری و حافظه ی فضایی با استفاده از دستگاه ماز آبی موریس انجام شد. بررسی داده ها نشان داد گروه تمرین تردمیل با افزایش ۳۵ درصدی و معنی دار میانگین مسافت طی شده برای رسیدن به سکو در روند یادگیری نسبت به گروه کنترل تاخیر داشته است(p= ۰,۰۳۷)(نمودار ۱A). در میانگین مدت زمان رسیدن به سکو نیز گروه تردمیل افزایش ۲۸ درصدی داشته که در این مورد اختلاف معنی دار نبوده است (p>۰,۰۵) (نمودارB ۱). در مرحله کاوش نیز تفاوت معنی داری بین دو گروه کنترل و تردمیل در درصد زمان سپری شده در ربع هدف (نمودار ۱C) و نیز تعداد دفعات ورود به ربع هدف و ربع مقابل هدف وجود نداشته است (p>۰,۰۵). هم‌چنین طبق نتایج بدست آمده از آزمون یومن ویتنی در این پژوهش چهار هفته تمرین اجباری هوازی با تردمیل منجر به افزایش معنی دار سطح سرمی کورتیزول در گروه تمرینی تردمیل نسبت به گروه کنترل شده است (p=۰,۰۲) (نمودار ۱ D).



نمودار ۱. (A) تاثیر چهار هفته ورزش اجباری هوازی با تردمیل بر میانگین مسافت طی شده تا رسیدن به سکو (سانتی متر) در چهار روز آموزش، (B) تأثیر چهار هفته ورزش اجباری هوازی با تردمیل بر میانگین مدت زمان رسیدن به سکو (ثانیه) در چهار روز آموزش، (C) مقایسه ی درصد زمان سپری شده در ربع هدف بین گروه تمرین با تردمیل و گروه کنترل در مرحله کاوش، (D) تاثیر چهار هفته ورزش اجباری هوازی با تردمیل بر سطح کورتیزول، سرمی، * نشان دهنده ی P<0.05 است، مقادیر ارائه‌شده بر اساس M±SEM است

تاثیر اعمال استرس محدودیت حرکتی بر یادگیری و حافظه ی فضایی و سطح سرمی کورتیکوسترون

برای ارزیابی تاثیر استرس محدودیت حرکتی بر یادگیری و حافظه ی فضایی از دستگاه ماز آبی موریس استفاده شد. در مرحله اکتساب میانگین مسافت طی شده برای رسیدن به سکو در گروه استرس به میزان ۲۱ درصد افزایش داشته است که از نظر آماری در دامنه ی معنی داری قرار دارد (p=۰,۰۴۳) (نمودار A ۲). اما از نظر میانگین مدت زمان صرف شده برای رسیدن به سکو در مرحله اکتساب (نمودار B ۲) و نیز درصد زمان سپری شده در ربع هدف (نمودار C ۲) و تعداد دفعات ورود به ربع هدف و ربع مقابل هدف در مرحله کاوش تفاوت معناداری وجود نداشته است (p>۰,۰۵). نتایج نشان داد اعمال استرس محدودیت حرکتی منجر به افزایش حدود ۶ برابری سطح سرمی کورتیکوسترون در نمونه های مورد آزمایش شد (p=۰,۰۲) (نمودار D ۲).



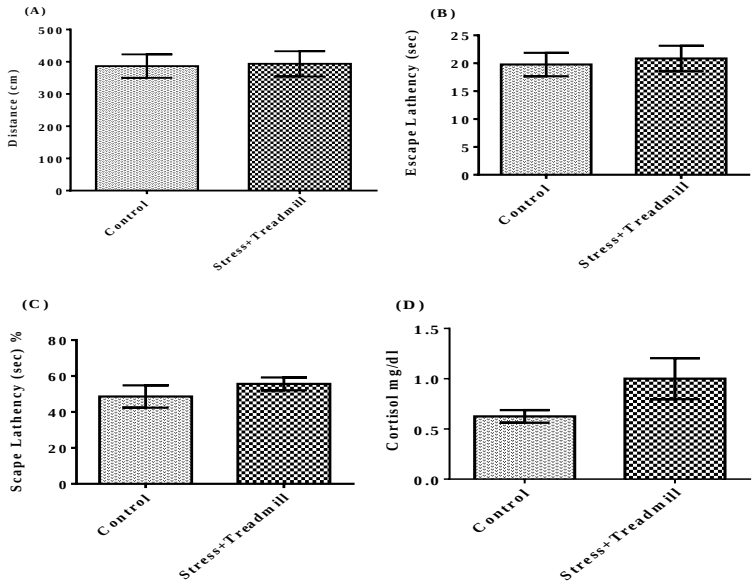
نمودار ۲. (A) تاثیر اعمال استرس محدودیت حرکتی بر میانگین مسافت طی شده تا رسیدن به سکو (سانتی متر) در چهار روز آموزش، (B) تأثیر اعمال استرس محدودیت حرکتی بر میانگین مدت زمان رسیدن به سکو (ثانیه) در چهار روز آموزش، (C) مقایسه ی درصد زمان سپری شده در ربع هدف بین گروه استرس و گروه کنترل در مرحله کاوش ، (D) تاثیر چهار هفته استرس محدودیت حرکتی بر سطح سرمی کورتیکوسترون، * نشان دهنده ی P<0.05 است، مقادیر ارائه‌شده بر اساس M±SEM است

تاثیر اعمال استرس محدودیت حرکتی همراه با دویدن روی تردمیل بر یادگیری و حافظه ی فضایی و سطح سرمی کورتیکوسترون

تجزیه تحلیل داده ها نشان داد هیچ گونه تفاوت معنی دار در مرحله اکتساب در میانگین مسافت (نمودار A ۳) و زمان (نمودار B ۳) طی شده تا سکو وجود ندارد (p>۰,۰۵). همچنین در مرحله کاوش، در درصد زمان سپری شده در ربع هدف (نمودار C ۳) و تعداد دفعات ورود به ربع هدف و ربع مقابل هدف تفاوت معناداری وجود نداشته است (p>۰,۰۵). هم چنین طبق نتایج حاصل از آنالیز داده ها و آزمون یومن ویتنی اعمال استرس+تمرین با تردمیل تفاوت معناداری در سطح سرمی کوتیکوسترون رت ها ایجاد نکرد(p=۰,۰۵۸) (نمودار D ۳).

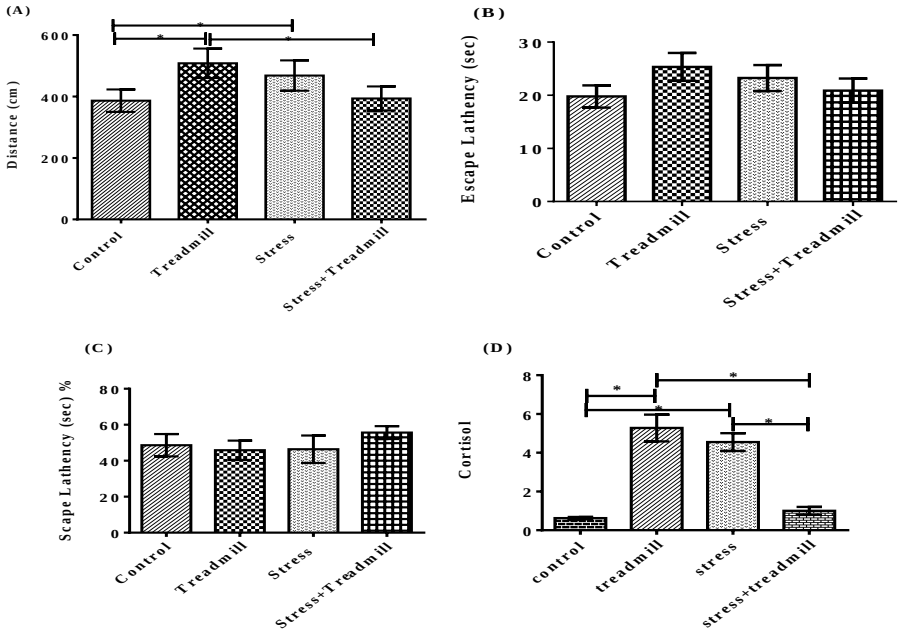
مقایسه تاثیر تمرین با تردمیل، اعمال استرس محدودیت حرکتی و تعامل همزمان استرس و تمرین با تردمیل بر یادگیری و حافظه ی فضایی و سطح سرمی کورتیکوسترون رت ها

بر اساس آنالیز آماری داده ها و آزمون کروسکال والیس در مقایسه گروه های استرس، تمرین با تردمیل، استرس+تمرین با تردمیل و کنترل در میانگین مسافت طی شده تا رسیدن به سکو تفاوت معنی داری بین گروه های تردمیل و کنترل، استرس و کنترل، و نیز تردمیل و استرس+تردمیل مشاهده شد (p=۰,۰۳) (نمودار A ۴)، اما درمیانگین زمان طی شده تا رسیدن به سکو (p=۰,۵۱) (نمودارB ۴) تفاوت معنی داری وجود نداشت. هم چنین در مرحله کاوش، تجزیه تحلیل آماری داده ها با آزمون تحلیل واریانس یک طرفه، نشان داد تفاوت معنی داری در درصد زمان سپری شده در ربع هدف (نمودار C ۴) و نیز تعداد دفعات ورود به ربع هدف و ربع مقابل هدف وجود نداشت (P>0.05).



نمودار ۳. (A) تاثیر اعمال استرس محدودیت حرکتی+تمرین با تردمیل بر میانگین مسافت طی شده تا رسیدن به سکو (سانتی متر) در چهار روز آموزش، (B) تأثیر اعمال استرس محدودیت حرکتی+تمرین با تردمیل بر میانگین مدت زمان رسیدن به سکو (ثانیه) در چهار روز آموزش، (C) مقایسه ی درصد زمان سپری شده در ربع هدف بین گروه استرس+تردمیل و گروه کنترل در مرحله کاوش، (D) تاثیر چهار هفته استرس محدودیت حرکتی+ تمرین با تردمیل بر سطح سرمی کورتیکوسترون، مقادیر ارائه‌شده بر اساس M±SEM است

با توجه به نتایج حاصل از آنالیز آماری داده ها و آزمون کروسکال والیس، شاهد افزایش معنادار سطح سرمی کورتیکوسترون در گروه های استرس و تمرین با تردمیل نسبت به گروه کنترل هستیم. هم چنین هر دو گروه تمرین با تردمیل و استرس افزایش معناداری در سطح سرمی کورتیکوسترون نسبت به گروه استرس+تردمیل نشان دادند (p=۰،۰۰۶) (نمودار D ۴).



نمودار ۴. (A) مقایسه تاثیر اعمال استرس محدودیت حرکتی، دویدن با تردمیل و استرس +تردمیل بر میانگین مسافت طی شده تا رسیدن به سکو (سانتی متر) در چهار روز آموزش، (B) مقایسه تاثیر اعمال استرس محدودیت حرکتی، دویدن با تردمیل و استرس +تردمیل بر میانگین مدت زمان رسیدن به سکو (ثانیه) در چهار روز آموزش، (C) مقایسه ی درصد زمان سپری شده در ربع هدف بین گروه استرس، گروه تمرین با تردمیل، گروه استرس+تردمیل و گروه کنترل، (D) مقایسه تاثیر اعمال استرس محدودیت حرکتی، دویدن روی تردمیل و استرس+تمرین با تردمیل بر سطح سرمی کورتیکوسترون، * نشان دهنده ی P<0.05 است، مقادیر ارائه‌شده بر اساس M±SEM است

جدول ۲. نتیجه ی آزمون کروسکال-واریس در مقایسه ی گروه های کنترل، استرس، تمرین با تردمیل و استرس+تردمیل از نظر سطح سرمی کورتیزول

	کورتیزول
مقدار شاخص خی ۲	۱۲/۶۱
درجه آزادی	۳
سطح معنی داری	۰/۰۰۶

بحث

بر اساس نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر، ورزش اجباری با تردمیل با شدت متوسط و نیز اعمال استرس محدودیت حرکتی به طور معنی داری منجر به افزایش سطح سرمی کورتیزول در رت ها شده است. همین طور در مرحله اکتساب تست موریس واتر میز شاهد افزایش در میانگین زمان و مسافت طی شده برای یافتن سکوی پنهان بودیم، هر چند این افزایش ها فقط برای میانگین مسافت طی شده تا سکو معنی دار بود. همین طور تفاوت قابل ملاحظه ای بین گروه های استرس و تردمیل در فاکتورهای گوناگون مورد ارزیابی مشاهده نشد. در گروه استرس+تردمیل که می تواند شبیه به تاثیر ترکیبی از عوامل استرس زا در زندگی انسان تلقی شود، شاهد تفاوت معنی دار در هیچ یک از فاکتورهای مورد ارزیابی در این پژوهش با گروه کنترل نبودیم. اما در مقایسه بین گروهی تفاوت های معناداری در میانگین مسافت طی شده تا سکو در مرحله اکتساب و نیز سطح سرمی کورتیکوسترون رت ها مشاهده شد. این گونه به نظر می رسد که اثر تعاملی القای استرس همراه با ورزش میتواند اثر مخرب استرس محدودیت حرکتی و یا استرس ناشی از ورزش اجباری را خنثی کرده و علاوه بر کاهش معنی دار سطح سرمی کورتیکوسترون در گروه استرس+تردمیل شاهد بهبود قابل توجه در این گروه در میانگین مسافت طی شده در مرحله اکتساب نسبت به دو گروه دیگر نیز هستیم. علاوه بر این ها به طور کلی هیچ گونه تفاوت معنی داری در مرحله کاوش بین گروه های مختلف مشاهده نشد.

انسان در زندگی روزمره انواع مختلفی از عوامل استرس‌زا را تجربه می‌کند. سیستم استرس، سیستم هشداردهندهٔ 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، پیش بینی ناپذیر بودن یا نیازمندی های روان-شناختی، همگی می توانند پاسخ های استرس را تولید کنند(دی کلوت، جولز و هولسبور، ۲۰۰۵). هورمون‌های استرس می‌توانند یادگیری و حافظه را نیز به طرق مختلف تحت تاثیر قرار دهند (روزندال، ۲۰۰۲؛ گرگ، ۲۰۰۸). زیرا گلوکوکورتیکوئیدها می‌توانند به سادگی از سد خونی- مغزی عبور کرده و به مغز دسترسی پیدا کنند، جایی که در آنجا با گیرنده‌ها پیوند حاصل می‌کنند (کیرالی و کیرالی، ۲۰۰۵؛ لوپین و همکاران، ۲۰۰۶). فعالیت ورزشی ممکن است به عنوان یک واکنش استرس زا برای بدن به افزایش سطوح کورتیزول منجر شود. افزایش کورتیزول ناشی از فعالیت ورزشی در پژوهش حاضر همسو با پژوهش های ادلارد و کاتمن(۲۰۰۴) و سویا و همکاران (۲۰۰۷) است. نتایج پژوهش سویا و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که ۳۰ دقیقه فعالیت ورزشی روی نوار گردان با شدت متوسط(۲۵ متر بر دقیقه) سطوح کورتیکوسترون ها را به طور معناداری افزایش داد و پس از حدود ۱ ساعت پس از قطع تمرین به سطوح استراحتی خود بازگشت، ولی دویدن با شدت کم (۱۵ متر بر دقیقه) تغییر معناداری روی سطوح کورتیکوسترون ها نداشت (سویا و همکاران، ۲۰۰۷). گزارش شده است که سطوح کورتیکوسترون سرم پس از ۶۰ دقیقه به سطوح پایه خود بازمیگردد، ولی به طور کلی سطوح کورتیزول نزد آزمودنی های تمرین کرده نسبت به آزمودنی های تمرین نکرده بالاتر است (هوانگ و همکاران، ۲۰۰۶). در پژوهش رواسی و همکاران (۲۰۱۳) نیز اینگونه عنوان شده است که همانطور که انتظار می رفت، سطوح کورتیزول در موش های گروه تمرین مقاومتی و استقامتی بالاتر از گروه کنترل بود (رواسی، پورنعمتی، کردی و هدایتی، ۲۰۱۳). به دلیل استرس ذاتی نهفته در ورزش اجباری، فرض بر این است که این نوع ورزش ممکن است در مرحله اکتساب اثرات مفیدی را القاء نکند. اما این فرضیه تا حدی چالش برانگیز است، برخی گزارش ها حاکی است که تمرین تردمیل با شدت ملایم می‌تواند یادگیری فضایی را در رت‌های سالمند بهبود بخشد (یاو، لاو و سو، ۲۰۱۱).

هیل و مک موریس (۲۰۱۵) در مروری به روش متاآنالیز به نتایج قابل توجهی رسیدند؛ آنها خاطرنشان کردند که تمرین های ورزشی با بار ۷۹-۴۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی نه تنها باعث بهبود عملکرد شناختی می شود، بلکه به بروز تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی می انجامد .بااین حال، تغییرات محیطی و استرس بر عملکرد مغز را باید در پژوهش های آینده همچنان مد نظر داشت (مک موریس و هیل، ۲۰۱۵). تیمال و همکاران (۲۰۰۹)، پس از بررسی اثر ورزش بر استرس و نروژنز، اعلام کردند که ورزش استرس را در حیوانات سالمند کاهش داده و تکثیر سلول را در هیپوکمپ افزایش می‌دهد. اما در حیوانات جوان تاثیری ندارد (کانانگارا و همکاران، ۲۰۱۱). ملو، بلتی، کاماروتا و ایزکیردو (۲۰۰۸) نیز در تحقیق خود گزارش کردند که ورزش اثرات کمی در بهبود حافظه داشته و بر تکلیف بازشناسی شیء اثری ندارد (ملو و همکاران، ۲۰۰۸).

به طور کلی، ایجاد پاسخ کورتیزول به تمرین، به عواملی همانند درگیری توده عضلانی بزرگ، شدت و حجم بالای تمرین نیز

بستگی دارد .با این حال، در تفسیر نتایج عوامل تعدیل کننده ای مثل نوع تمرین، شدت، مدت، تغییر متابولیت ها، شرایط محیطی و توده عضلانی را نباید نادیده گرفت (نورشاهی، هوانلو و اربابی، ۲۰۰۸). به نظر می رسد فعالیت ورزشی هوازی اختیاری با شدت و مدت متوسط تغییری در سطوح کورتیزول موجود در گردش خون به وجود نمی آورد، اگرچه برخی پژوهش ها کاهش کورتیزول را گزارش کرده اند. در مقابل فعالیت ورزشی طولانی تر و با شدت بیشتر موجب افزایش سطوح کورتیزول موجود در خون می شود (گولد، تاناپات، ریدل و هاستینگز، ۲۰۰۰ ؛ مدیسین، ۲۰۰۶). بر اساس نتایج این پژوهش، علاوه بر موارد فوق، اجباری یا اختیاری بودن فعالیت ورزشی در میزان پاسخ کورتیزول و همین طور بر اثر تعاملی استرس+ورزش، در مرحله اکتساب و یادگیری بی تاثیر به نظر نمی رسد. در پژوهش های آینده تغییرات محیطی و استرس بر عملکرد مغز باید بیشتر مدنظر قرار بگیرد.

References

Adlard, P., & Cotman, C. (2004). Voluntary exercise protects against stress-induced decreases in brain-derived neurotrophic factor protein expression. *Neuroscience, 124*(4), 985-992 .

Antunes, H. K., Santos, R. F., Cassilhas, R., Santos, R. V., Bueno, O. F & ,Mello, M. T. d. (2006). Reviewing on physical exercise and the cognitive function. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte, 12*(2), 108-114 .

Baruch, D. E., Swain, R. A., & Helmstetter, F. J. (2004). Effects of exercise on Pavlovian fear conditioning. *Behavioral neuroscience, 118*(5), 1123 .

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. *Journal of Neuroscience, 15*(1), 61-69 .

De Kloet, E. R., Joëls, M., & Holsboer, F. (2005). Stress and the brain: from adaptation to disease. *Nature reviews neuroscience, 6*(6), 463-475 .

de Quervain, D. J., Roozendaal, B., & McGaugh, J. L. (1998). Stress and glucocorticoids impair retrieval of long-term spatial memory. *Nature, 394*(6695), 787 .

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), 421-430 .

Droste, S. K., Gesing, A., Ulbricht, S., Müller, M. B., Linthorst, A. C., & Reul, J. M. (2003). Effects of long-term voluntary exercise on the mouse hypothalamic-pituitary-adrenocortical axis. *Endocrinology, 144*(7), 3012-3023 .

Fabene, P., Mariotti, R., Mora, G. N., Chakir, A., & Zancanaro, C. (2008). Forced mild physical training-induced effects on cognitive and locomotory behavior in old mice. *The journal of nutrition, health & aging, 12*(6), 388-390 .

Gouirand, A. M., & Matuszewich, L. (2005). The effects of chronic unpredictable stress on male rats in the water maze. *Physiology & behavior, 86*(1), 21-31 .

Gould, E., Cameron, H. A., Daniels, D. C ,.Woolley, C. S., & McEwen, B. S. (1992). Adrenal hormones suppress cell division in the adult rat dentate gyrus. *Journal of Neuroscience, 12*(9), 3642-3650 .

Gould, E., Tanapat, P., Rydel, T., & Hastings, N. (2000). Molecular and cellular hypotheses of antidepressant action: regulation of hippocampal neurogenesis in adulthood. *Nat. Neurosci, 3223*, 715-720 .

Grootendorst, J., De Kloet, E., Vossen, C., Dalm, S., & Oitzl, M. (2001). Repeated exposure to rats has persistent genotype-dependent effects on learning and locomotor activity of apolipoprotein E knockout and C57Bl/6 mice. *Behavioural brain research, 125*(1), 249-259 .

Huang, A.-M., Jen, C., Chen, H., Yu, L., Kuo, Y.-M., & Chen, H.-I. (2006). Compulsive exercise acutely upregulates rat hippocampal brain-derived neurotrophic factor. *Journal of neural transmission, 113*(7), 803-811 .

Kannangara, T. S., Lucero, M. J., Gil-Mohapel, J., Drapala, R. J., Simpson, J. M., Christie, B. R., & van Praag, H. (2011). Running reduces stress and enhances cell genesis in aged mice. *Neurobiology of aging, 32*(12), 2279-2286 .

Kiraly, M. A., & Kiraly, S. J. (2005). The effect of exercise on hippocampal integrity: review of recent research. *The International Journal of Psychiatry in Medicine, 35*(1), 75-89 .

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. *Behavioural brain research, 227*(1), 199-207 .

Luine, V., Martinez, C., Villegas, M ,.Magariños, A. M., & McEwen, B. S. (1996). Restraint stress reversibly enhances spatial memory performance. *Physiology & behavior, 59*(1), 27-32 .

Luine, V. N., Spencer, R. L., & McEwen, B. S. (1993). Effects of chronic corticosterone ingestion on spatial memory performance and hippocampal serotonergic function. *Brain research, 616*(1), 65-70 .

Lupien, S. J., Ouellet-Morin, I., Hupbach, A., Tu, M. T., Buss, C., Walker, D., . . . McEwen, B. S. (2006). Beyond the stress concept: Allostatic load--a developmental biological and cognitive perspective .

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* ۲۳۰-۲۲۴ ,(۲)

McLaughlin, K. J., Gomez, J. L., Baran, S. E., & Conrad, C. D. (2007). The effects of chronic stress on hippocampal morphology and function: an evaluation of chronic restraint paradigms. *Brain research, 1161*, 56-64 .

McMorris, T., & Hale, B J. (2015). Is there an acute exercise-induced physiological/biochemical threshold which triggers increased speed of cognitive functioning? A meta-analytic investigation. *Journal of Sport and Health Science, 4*(1), 4-13 .

McMorris T, T. P., Audiffren M, ebrary I. (2009). *Exercise and cognitive function*: Wiley Online Library.

Medicine, A. C. o. S. (2006). *ACSM's advanced exercise physiology* (Vol. 143): Lippincott Williams & Wilkins.

Mello, P. B., 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 Ciências, 80*(2), 301-309 .

Morilak, D. A., Barrera, G., Echevarria, D. J., Garcia, A. S., Hernandez, A., Ma, S., & Petre, C. O. (2005 .(Role of brain norepinephrine in the behavioral response to stress. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry, 29*(8), 1214-1224 .

Nourshahi, M., Hovanloo, F., & Arbabi, A. (2008). Effect of exercise with moderate intensity in the morning on some factors of immune systems in adults. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism, 10*(3), 241-245 .

Okano, H., Hirano, T., & Balaban, E. (2000). Learning and memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 97*(23), 12403-12404 .

Pavlides, C., Watanabe, Y., Magarin, A., & McEwen, B. (1995). Opposing roles of type I and type II adrenal steroid receptors in hippocampal long-term potentiation. *Neuroscience, 68*(2), 387-394 .

Ra, S.-M., Kim, H., Jang, M.-H., Shin, M.-C., Lee, T.-H., Lim ,B.-V., . . . Kim, S.-S. (2002). Treadmill running and swimming increase cell proliferation in the hippocampal dentate gyrus of rats. *Neuroscience Letters, 333*(2), 123-126 .

Rahmani, A., Sheikh, M., Hemayat Talab, R., & Naghdi, N. (2013). The Effect of Exercise Training on Stress-Induced Changes in Learning. *Journal of Arak University of Medical Sciences, 16*(1), 52-64 .

Roozendaal, B. (2002). Stress and memory: opposing effects of glucocorticoids on memory consolidation and memory retrieval. *Neurobiology of learning and memory, 78*(3), 578-595 .

Sapolsky, R. M. (1993). Potential behavioral modification of glucocorticoid damage to the hippocampus. *Behavioural brain research, 57*(2), 175-182 .

Sharma, S., Rakoczy, S., & Brown-Borg, H. (2010). Assessment of spatial memory in mice. *Life sciences, 87*(17), 521-536 .

Sousa, N., Lukoyanov, N., Madeira, M., Almeida, O., & Paula-Barbosa, M. (2000). Reorganization of the morphology of hippocampal neurites and synapses after stress-induced damage correlates with behavioral improvement. *Neuroscience, 97*(2), 253-266 .

Soya, H., Mukai, A., Deocaris, C. C., Ohiwa, N., Chang, H., Nishijima, T., . . . Saito, T. (2007). Threshold-like pattern of neuronal activation in the hypothalamus during treadmill running: establishment of a minimum running stress (MRS) rat model. *Neuroscience research, 58*(4), 341-348 .

Soya, H., Nakamura, T., Deocaris, C. C., Kimpara, A., Iimura, M., Fujikawa, T., . . . Nishijima, T. (2007). BDNF induction with mild exercise in the rat hippocampus. *Biochemical and biophysical research communications, 358*(4), 961-967 .

Sturman, M. T., Morris, M. C., de Leon, C. F. M., Bienias, J. L., Wilson, R. S., & Evans, D. A. (2005). Physical activity, cognitive activity, and cognitive decline in a biracial community population. *Archives of Neurology, 62*(11), 1750-1754 .

Van Praag, H., Kempermann, G., & Gage, F. H. (1999). Running increases cell proliferation and neurogenesis in the adult mouse dentate gyrus. *Nature neuroscience, 2*(3), 266-270 .

Wolf, O. T. (2008). The influence of stress hormones on emotional memory: relevance for psychopathology. *Acta psychologica, 127*(3), 513-531 .

Wright, R. L., & Conrad, C. D. (2008). Enriched environment prevents chronic stress-induced spatial learning and memory deficits. *Behavioural brain research, 187*(1), 41-47 .

Wu, C. W., Chen, Y. C., Yu, L., Chen, H. i., Jen, C. J., Huang, A. M., . . . Kuo, Y. M. (2007). Treadmill exercise counteracts the suppressive effects of peripheral lipopolysaccharide on hippocampal neurogenesis and learning and memory. *Journal of neurochemistry, 103*(6), 2471-2481 .

Yap, T. L., & Davis, L. S. (2008). Physical activity: the science of health promotion through tailored messages. *Rehabilitation Nursing, 33*(2), 55-62 .

Yau, S.-Y., Lau, B. W.-M., & So, K-F. (2011). Adult hippocampal neurogenesis: a possible way how physical exercise counteracts stress. *Cell transplantation, 20*(1), 99-111 .

You, J.-M., Yun, S.-J., Nam, K. N., Kang, C., Won, R., & Lee, E. H. (2009). Mechanism of glucocorticoid-induced oxidative stress in rat hippocampal slice cultures. *Canadian journal of physiology and pharmacology, 87*(6), 440-447 .

رواسی, پورنعمتی, کردی, & هدایتی. (۲۰۱۳). تأثیر دو نوع برنامهٔ تمرین مقاومتی و استقامتی بر سطوح BDNF و کورتیزول موش های صحرایی نر جوان. نشریه علوم زیستی ورزشی, ۱(۱۶), ۴۹-۷۸.
هرگنهان, ب. آ., & اُلسون, م. ا. (۱۳۸۱). نظریه های یادگیری (د. ع. ا. سیف, Trans.). تهران: نشر دوران.

ارجاع: ملامحمدی اکرم، نقدی ناصر، غرایاق زندی حسن، بررسی تاثیر تعامل استرس محدودیت حرکتی و دویدن روی تردمیل بر یادگیری و حافظه ی فضایی و سطح سرمی کورتیکوسترون رت های صحرایی نر ویستار، مجله علوم حرکتی و رفتاری، دوره ۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، صفحات ۲۷۳-۲۶۳.