Journal of Ilam University of Medical Sciences

P-ISSN: 1563-4728
E-ISSN: 2588-3135

Effect of Swimming Training on Spatial Memory of Maternal Deprived Infants: Inducing Stress by Six Hours Separation per Day

Mohamad Hossein Sattarzadeh[1], **Shahzad Tahmasebi Boroujeni**[1*], **Mehdi Shahbazi**[1]

[1] Dept of Motor Behavior and Sport Psychology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran

Article Info

Article type:
Research article

Article History:
Received: 04 December 2021
Revised: 19 February 2022
Accepted: 12 March 2022
Published Online: 23 July 2022

**** Correspondence to:***
Shahzad Tahmasebi Boroujeni
Dept of Motor Behavior and Sport Psychology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran
Email: shahzadtahmaseb@ut.ac.ir

A B S T R A C T

Introduction: Primary stress can impair the nervous structure including the hippocampus and behavioral functions such as memory; therefore, paying attention to neutralizing the destructive effects of stress on the body has been one of the debatable topics among researchers. Considering the role of physical activity in reducing stress in previous studies, this study aimed to investigate the effect of four weeks of swimming training on learning and spatial memory in neonatal rats separated from their mother.

Material & Methods: In this study, 40 male albino Wistar rats were randomly divided into four groups (separation from mother, separation from mother and swimming training, swimming training, and control). The method of separating the infants from the mothers was used to make stressful conditions. Rats from separation groups were separated from mothers 6 h per day starting from the day after birth for one month. For physical activity, swimming training was performed for four weeks (five sessions per week) incrementally to measure stress and blood glucose level in mice, and the Morris Water Maze test was used to assess the learning and spatial memory.
(Ethic code: IR.UT.SPORT.REC.1399.009)

Findings: The results of the analysis of variance test showed that the blood glucose in the group of rats that were separated from their mothers was significantly higher, compared to the control group (P=0.045), indicating that stress was successfully induced in these rats. Moreover, the results of the multivariate analysis of the variance test showed that although stress had no significant impact on spatial learning, the results of the exploration test showed a significant decrease in the percentage of entering the target quadrant (P=0.05) and the time spent in the target quadrant in the group separated from mother (P=0.029), compared to the control group. Therefore, spatial memory was degraded due to stress in the group of rats that were separated from their mother, compared to the other groups. However, swimming training in the group of rats that was separated from the mother could neutralize the destructive effects of stress on spatial memory and the percentage of entering the target quadrant (P=0.02) as well as the time spent in the target quadrant (P=0.05).

Discussion & Conclusion: The results showed that although stress did not have a negative impact on spatial learning, it had a destructive impact on memory. On the other hand, swimming training as a treatment method could largely neutralize the negative effects of stress and improve memory.

Keywords: Early life stress, Rat, Spatial learning, Spatial memory, Swimming

➢ **How to cite this paper**

Sattarzadeh MH, Tahmasebi Boroujeni SH, Shahbazi M. Effect of Swimming Training on Spatial Memory of Maternal Deprived Infants: Inducing Stress by Six Hours Separation per Day. Journal of Ilam University of Medical Sciences. 2022;30(3): 88-100.

© The Author(s)
Publisher: Ilam University of Medical Sciences

مجله دانشگاه علوم پزشکی ایلام
JIUMS
P-ISSN: ۱۵۶۳-۴۷۲۸
E-ISSN: ۲۵۸۸-۳۱۳۵

تأثیر تمرین شنا بر حافظهٔ فضایی نوزادان محروم از مادر: ایجاد استرس مبتنی بر جداسازی ۶ ساعت در روز

محمدحسین ستارزاده[۱]، شهزاد طهماسبی بروجنی[۱*]، مهدی شهبازی[۱]

[۱] گروه رفتار حرکتی و روان‌شناسی ورزشی، دانشکدهٔ تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۳
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۱۱/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۵/۰۱

نویسنده مسئول:
شهزاد طهماسبی بروجنی
گروه رفتار حرکتی و روان‌شناسی ورزشی، دانشکدهٔ تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
Email: shahzadtahmaseb@ut.ac.ir

چکیده

مقدمه: استرس اولیه می‌تواند ساختار عصبی ازجمله هیپوکامپ و عملکردهای رفتاری مانند حافظه را دچار اختلال کند؛ به همین سبب، توجه به خنثی‌سازی آثار مخرب استرس بر بدن یکی از موضوعات قابل‌بحث در میان پژوهشگران بوده است. با توجه به اینکه در تحقیقات پیشین به نقش فعالیت بدنی در کاهش استرس اشاره‌شده بود؛ بنابراین، هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر چهار هفته تمرین شنا بر یادگیری و حافظهٔ فضایی در موش‌های نوزاد جداشده از مادر بود.

مواد و روش ها: در این تحقیق، ۴۰ سر موش صحرایی نر نژاد آلبینو ویستار به‌طور تصادفی به چهار گروه (جداشده از مادر، جداشده از مادر به همراه تمرین شنا، تمرین شنا و کنترل) تقسیم شدند. از روش جداسازی نوزادان از مادر برای ایجاد شرایط استرس‌زا استفاده گردید. گروه‌های جداشده از مادر از روز پس از تولد به مدت یک ماه، روزانه ۶ ساعت از مادران خود جدا شدند. برای اعمال فعالیت بدنی، تمرین شنا به مدت چهار هفته، هفته‌ای پنج جلسه به‌صورت افزایشی صورت گرفت. برای اندازه‌گیری میزان استرس، میزان گلوکز خون موش‌ها سنجیده و برای سنجش یادگیری و حافظهٔ فضایی از آزمون ماز آبی موریس استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج آزمون آنوا نشان داد که گلوکز خون گروه جداشده از مادر نسبت به گروه کنترل، افزایش معنا داری داشته است (P=0.045) و بنابراین، اطمینان ناشی از اعمال استرس به‌دست آمد؛ همچنین نتایج آزمون مانوا نشان داد که اگرچه استرس تأثیر معناداری بر یادگیری فضایی نداشت؛ اما نتایج آزمون کاوش نشان داد، گروه جداشده از مادر کاهش معناداری در درصد ورود به ربع هدف (P=0.05) و درصد زمان سپری‌شده در ربع هدف (P=0.029) نسبت به گروه کنترل داشتند؛ بنابراین، حافظهٔ فضایی تحت استرس در گروه جداشده از مادر نسبت به سایر گروه‌ها تخریب شد. درنهایت، تمرین شنا همراه با جدایی از مادر توانست آثار مخرب استرس بر حافظهٔ فضایی در درصد ورود به ربع هدف (P=0.02) و درصد زمان سپری‌شده در ربع هدف (P=0.05) را خنثی کند.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که استرس اثر منفی بر یادگیری فضایی ندارد؛ اما حافظه را تخریب می‌کند. از سوی دیگر، تمرین شنا می تواند به‌عنوان یک روش درمانی تا حد بسیاری این آثار منفی را خنثی نماید و باعث بهبود حافظه شود.

واژه‌های کلیدی: استرس اولیه، حافظهٔ فضایی، شنا کردن، موش صحرایی، یادگیری فضایی

استناد: ستارزاده، محمدحسین؛ طهماسبی بروجنی ، شهرزاد؛ شهبازی، مهدی. تأثیر تمرین شنا بر حافظهٔ فضایی نوزادان محروم از مادر: ایجاد استرس مبتنی بر جداسازی ۶ ساعت در روز. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی ایلام، شهریور ۱۴۰۱؛۳۰(۳): ۱۰۰-۸۸

CC BY NC

حق‌مؤلف © نویسندگان

مجله دانشگاه علوم پزشکی ایلام / شهریور ۱۴۰۱، دوره ۳۰، شماره ۳، ۱۰۰-۸۸

مقدمه

جداسازی مادر الگویی است که به‌طور گسترده در تحقیقات جانوری برای اعمال شرایط استرس‌زای اولیه استفاده می‌شود. همواره استرس اولیه یکی از موضوعات موردعلاقهٔ پژوهشگران بوده است؛ زیرا می‌تواند بر حساسیت به چالش‌های بعدی زندگی تأثیر بگذارد و رفتار فرد در ادامهٔ زندگی را تغییر دهد (۱). ازآنجاکه افراد فراوانی در سراسر دنیا، در سال‌های اولیهٔ زندگی، درگیر شرایط استرس‌زایی نظیر فقر، جنگ، از دست دادن والدین، مشکلات اجتماعی و... هستند، همواره دانشمندان به دنبال شناسایی تأثیر استرس اولیه روی ساختارهای عصبی و ویژگی‌های رفتاری افراد در بزرگ‌سالی و درمان آن بوده‌اند. تحقیقات صورت‌گرفتهٔ بسیاری در این زمینه تأیید می‌کند که استرس اولیه بر ساختار مغز، حجم مادهٔ خاکستری و حجم کلی مغز، قشر پیش‌پیشانی و هستهٔ آمیگدال، هیپوکامپ قدامی و حافظه اثر می‌گذارد و موجب آسیب‌های مغزی در بزرگ‌سالی می‌شود (۲)؛ همچنین تحقیقات فراوانی تأثیر منفی استرس اولیه بر ویژگی‌های رفتاری مانند اضطراب، رفتارهای اجتماعی، افسردگی و انواع حافظه را نشان می‌دهد (۱). محققان دلیل تأثیر استرس بر ساختار مغزی و ویژگی‌های رفتاری را تأثیر استرس بر افزایش ترشح غدد درون‌ریز، به‌ویژه هورمون‌های گلوکوکورتیکوئید از غدد آدرنال می‌دانند (۳).

گلوکوکورتیکوئیدها هورمون های استروئیدی هستند که توسط قشر آدرنال تولید می شوند و برای حفظ عملکردهای مختلف متابولیک و هموستاتیک ضروری هستند (۴). تحقیقات نشان می‌دهد که استرس موجب فعال شدن محور هیپوتالاموس هیپوفیز آدرنال می‌گردد و ترشح هورمون گلوکوکورتیکوئید از غدد آدرنال را افزایش می‌دهد. کورتیزول در انسان‌ها و کورتیکوسترون در جانوران به‌عنوان هورمون اضطراب شناخته می‌شوند که نوعی از گلوکوکورتیکوئیدهایی هستند که توسط قشر آدرنال ترشح می‌گردند (۵). پژوهش‌ها نشان داده است که ترشح کورتیزول و کورتیکوسترون، نه‌تنها باعث افزایش اضطراب می‌شود، بلکه ساختار و عملکرد مغزی را نیز با اختلال مواجه می‌کند (۶). هیپوکامپ یکی از بخش‌های مهم مغز است که تحت تأثیر گلوکوکورتیکوئیدها قرار می‌گیرد (۷).

هیپوکامپ یک ساختار مغزی کوچک، داخلی و زیرقشری و محل یادگیری و حافظه در مغز است، به‌طوری‌که تغییرات حجمی در آن با اختلالات روان‌پزشکی ازجمله بیماری آلزایمر ارتباط دارد (۸). یادگیری و حافظهٔ فضایی یکی از انواع یادگیری و حافظه است که با هیپوکامپ مرتبط است و نقش مهمی در بقای موجودات دارد. یادگیری فضایی به تغییرات نسبتاً پایدار در توانایی کدگذاری و بازشناسی اطلاعات مربوط به جهت‌یابی و موقعیت فضایی در محیط گفته می‌شود (۹) و حافظهٔ فضایی توانایی به‌دست آوردن و نگه‌داری این اطلاعات است (۱۰). حافظهٔ فضایی مانند یک نقشهٔ ذهنی عمل می‌کند که در انسان‌ها به پیش بینی آینده و در حیوانات به قرارگیری کمتر در موقعیت‌های خطرناک و همچنین یادآوری محل غذا یاری می‌رساند و نقشی حیاتی در بقا دارد (۱۱). با توجه به نقش مهم انواع حافظه در زندگی بشر، پژوهشگران همواره به دنبال شناسایی عواملی بودند که بر هیپوکامپ و ظرفیت حافظه آثار منفی دارند و عملکرد آن را مختل می‌کنند. استرس یکی از مهم‌ترین عواملی است که باعث تخریب هیپوکامپ می شود (۱۲).

تحقیقات نشان می‌دهد که هیپوکامپ به‌عنوان یکی از اجزای اصلی حافظه، در برابر استرس و متعاقباً افزایش گلوکوکورتیکوئیدها تا حد بسیاری آسیب‌پذیر است و کارایی خود را از دست می‌دهد (۷). ازآنجاکه قرار گرفتن در معرض استرس امری اجتناب‌ناپذیر است و با توجه به اینکه که مشکل حافظه، یک مشکل اساسی در زندگی افراد است، راهکارهای گوناگونی برای خنثی سازی این آثار منفی و بهبود حافظه بررسی‌شده است. برخی محققان تأثیرات تمرینات نوروفیدبک و

تحریکات غیرتهاجمی مغزی بر هیپوکامپ را روی انسان‌ها بررسی کردند و نشان دادند که ۱۳ دقیقه تحریک عصبی به‌وسیلهٔ TDCS می‌تواند حافظهٔ بصری افراد را بهبود ببخشد (۱۳). در تحقیق دیگری که نقش فعالیت‌های شناختی بر هیپوکامپ و حافظهٔ ۴۸ زن سالمند را بررسی کرده بود، نیز نشان داده شد که هشت هفته تمرینات شناختی به‌وسیلهٔ رایانه سبب تأثیر مثبت بر حافظهٔ سالمندان می‌شود (۱۴). با وجود این، دربارهٔ نقش فعالیت بدنی به‌عنوان یک روش درمانی و تأثیر آن بر بهبود عملکرد حافظه و هیپوکامپ نتایج متناقضی وجود دارد (۱۵).

مزایای فعالیت بدنی به‌عنوان روشی برای کاهش بیماری‌های مزمن، مانند بیماری‌های قلبی عروقی مغز، دیابت، چاقی، فشارخون بالا و... تأییدشده است (۱۶). در یک مقالهٔ مروری که ۱۶ مقاله با مجموع ۱۶۳۷۹۷ شرکت‌کنندهٔ سالمند را بررسی کرده است، نشان داده شد که انواع فعالیت بدنی باعث جلوگیری از زوال حافظه و احتمال ابتلا به آلزایمر در کهن‌سالی می‌شود؛ همچنین با توجه به نقش گلوکوکورتیکوئیدها در زوال مغزی، تحقیقات نشان‌دهندهٔ رابطهٔ معکوس میان فعالیت بدنی و سطح گلوکوکورتیکوئید ترشح‌شده از غدد آدرنال است که نکتهٔ مثبتی برای بهبود عملکرد مغزی به‌شمار می‌رود (۱۷). با وجود این، بعضی از تحقیقات تأثیر نداشتن فعالیت بدنی در بهبود حافظه را نشان داده است (۱۸)؛ برای مثال، نتایج تحقیقی که روی ۵۰ موش صحرایی نژاد آلبینو ویستار انجام شد، نشان داد که دویدن به روی تردمیل تأثیری بر عملکرد حافظهٔ بازیابی موش‌ها ندارد (۱۸) و یا در تحقیقی که به بررسی تأثیر تمرین شنا بر حافظهٔ موش‌های صحرایی پرداخته بود، نشان داده شد که تمرین شنا باعث کاهش بیان BDNF در هیپوکامپ می‌شود و متعاقباً حافظه را کاهش می‌دهد (۱۹). ازآنجاکه مواجهه با شرایط استرس‌زا امری غیرقابل‌اجتناب است و با توجه به آثار منفی‌ای که استرس بر ساختار مختلف مغزی و متعاقباً ویژگی‌های شناختی و رفتاری ازجمله یادگیری و حافظه دارد، به نظر می‌رسد که یافتن یک روش درمانی برای خنثی کردن آثار مخرب استرس امری ضروری در بهبود سلامت بشر است. با توجه به پژوهش‌های پیشین که به نقش مهم فعالیت بدنی بر ویژگی‌های جسمانی و ساختار مغزی اشاره نموده‌اند، اما نتایج متناقضی را در زمینهٔ تأثیر فعالیت بدنی بر حافظه گزارش کرده‌اند، تصمیم بر این شد که تأثیر استرس جدایی از مادر با استفاده از یک دستورالعمل جدید ۶ ساعته را بر یادگیری و حافظهٔ فضایی موش‌های صحرایی بررسی و در صورت تأیید، نقش تمرین شنا به‌عنوان یک روش درمانی در بهبود و خنثی‌سازی آثار مخرب استرس بر یادگیری و حافظهٔ فضایی این موش‌ها را ارزیابی کنیم.

مواد و روش ها

حیوانات: پژوهش حاضر از نوع تجربی و به لحاظ هدف کاربردی و طرح تحقیق نیز به‌صورت درون/بین گروهی است. در این مطالعه، ابتدا ۱۰ موش ماده با ۵ موش نر، به‌صورت ۲ به ۱، به مدت ۵ روز جفت شدند. با مشاهدهٔ پلاک واژنی، بارداری موش‌ها تأیید گردید. در طول دورهٔ بارداری، موش های ماده در قفسهای استاندارد موش (به ابعاد ۴۲ سانتی‌متر × ۲۷ سانتی‌متر × ۱۸ سانتی‌متر) با دسترسی آزاد به آب و غذای آزمایشگاهی و تحت شرایط آزمایشگاهی استاندارد (در شرایط محیطی ۲±۲۲ درجهٔ سلسیوس، رطوبت ۵±۴۵ درصد و تحت ریتم شبانه‌روزی ۱۲ ساعت روز و ۱۲ ساعت شب به‌طوری‌که ساعت ۷ شب چراغ‌ها به‌صورت خودکار خاموش شوند)، در آزمایشگاه مرکز بافت و ژن پاسارگاد تهران نگه‌داری شدند. حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار G*power با اندازهٔ اثر ۰/۲۵، ضریب اطمینان ۵ درصد و توان ۰/۸، برای روش آماری تحلیل واریانس همراه با اندازه‌گیری مکرر، ۳۲ سر موش صحرایی تعیین گردید که به‌منظور جلوگیری از ریزش ۲ سر به هر گروه اضافه شد. درنهایت، ۴۰ موش صحرایی نر (۱۰ موش در هر گروه)، از هر مادر دو نوزاد به‌عنوان نمونه تعیین گردید.

از روز پس از تولد، موش‌ها به چهار گروه تقسیم شدند: ۱. گروه جداشده از مادر (SM)، ۲. گروه جداشده از مادر به همراه تمرین شنا (SM+S)، ۳. گروه تمرین شنا (S) و ۴. گروه کنترل (CON). گفتنی است که همهٔ مراحل تحقیق به لحاظ اخلاقی در کمیتهٔ پژوهش‌های زیست‌پزشکی دانشکدهٔ تربیت‌بدنی دانشگاه تهران با کد مصوبهٔ اخلاق IR.UT.SPORT.REC.1399.009 تأیید گردید.

روش اجرا: یک روز پس از تولد که موش‌ها به‌صورت تصادفی در چهار گروه تقسیم‌بندی شدند، موش‌های SM و SM+S روزانه به مدت ۶ ساعت، از ساعت ۸ صبح تا ۲ ظهر از مادران خود جدا و در قفس مجزا نگهداری گردیدند. پس از ۶ ساعت جداسازی، نوزادان به قفسی که به مادران و آب و غذا دسترسی داشت، برگردانده می‌شدند و تا روز بعد در کنار مادر خود قرار داشتند. این دستورالعمل به مدت ۳۰ روز ادامه یافت؛ همچنین از روز ۲۵ پس از تولد، موش‌های SM+S و S به مدت ۵ روز، به‌صورت روزانه ۱ ساعت در آب کم‌عمق با دمای ۱±۳۲ سانتی‌گراد قرار گرفتند که هدف از این کار، انطباق و کاهش اضطراب موش ها در هنگام شنا بود (۲۰). تمرین شنا شامل ۴ هفته تمرین به‌صورت ۵ روز در هفته، به‌صورت یک جلسه در روز بود که در هفتهٔ اول موش ها روزی ۱۰ دقیقه، هفتهٔ دوم روزی ۱۵ دقیقه و هفتهٔ سوم و چهارم روزی ۲۰ دقیقه تمرین شنا را انجام دادند. در روز ۶۰ پس از تولد و بعد از پایان ۴ هفته تمرین شنا، موش‌ها به مدت ۲۴ ساعت استراحت کردند تا خستگی ناشی از تمرین شنا از بین برود و پس از آن، در روز ۶۲ پس از تولد، آزمون رفتاری ماز آبی موریس از موش‌ها گرفته شد. آزمون رفتاری ماز آبی موریس به مدت ۸ روز، شامل چهار مرحلهٔ اکتساب، کاوش، بینایی و یادداری برای سنجش یادگیری و حافظهٔ فضایی انجام گرفت. ابتدا از موش‌ها در مرحلهٔ اکتساب، برای سه روز و هرروز شامل دو بلوک چهار کوششی و فاصلهٔ استراحت سه‌دقیقه‌ای بین دو بلوک آزمون گرفته شد. میان هر کوشش، ۳۰ ثانیه فاصلهٔ زمانی وجود داشت تا موش با ایستادن روی سکو و توجه به نشانه‌های محیطی، در کوشش‌های بعدی بتواند از آن برای پیدا کردن سکو استفاده کند. زمان پیدا کردن سکو در هر کوشش حداکثر ۶۰ ثانیه بود و اگر در کوششی موش قادر به پیدا کردن سکو نبود، موش توسط آزمونگر به روی سکو انتقال داده می‌شد تا مکان سکو شناسانده شود. پس از سه روز مرحلهٔ اکتساب، در روز چهارم آزمون کاوش اجرا گردید. در آزمون کاوش، سکو از درون حوضچه خارج و حذف شد و موش به مدت ۶۰ ثانیه در درون حوضچه قرار گرفت. در آزمون کاوش، مدت‌زمان چرخیدن و تعداد ورود موش‌ها به ربعی که در مرحلهٔ اکتساب سکو درون آن قرار داشته است، به‌عنوان معیار برای سنجش حافظهٔ فضایی در نظر گرفته شد؛ همچنین در روز چهارم، آزمون سکوی آشکار انجام گرفت که شامل یک بلوک ۴ کوششی بود. در آزمون سکوی آشکار، سکو در ربعی متفاوت با مراحل پیشین قرار گرفت، به این صورت که از آب بیرون و به‌وسیلهٔ فویل کاملاً مشخص بود. آزمون سکوی آشکار در مراحل ماز آبی موریس جنبهٔ یادگیری و حافظه‌ای نداشت و صرفاً برای سنجش بینایی و توانایی شنای موش بود. پس از سه روز فاصلهٔ یادداری، در روز هشتم سکو در ربعی قرار داده شد که در مرحلهٔ اکتساب نیز در همان ربع قرار داشت و همانند مرحلهٔ اکتساب با دو بلوک چهار کوششی، از موش آزمون یادداری به‌عمل آمد. بهبود در روند پیدا کردن سکو، طی سه روز مرحلهٔ اکتساب و آزمون یادداری، به‌عنوان معیاری برای بهبود یادگیری فضایی موش‌ها در نظر گرفته شد (۲۱).

ماز آبی موریس: از این آزمون برای بررسی یادگیری و حافظهٔ فضایی موش‌های صحرایی استفاده می‌شود. تجهیزات این آزمون شامل یک استخر دایره‌ای شکل با قطر ۱۳۰ سانتی‌متر، یک سکوی نجات و یک دوربین در بالای استخر است که برای ثبت فعالیت موش به نرم‌افزار Etho Vision XT اتصال پیدا می‌کند. از زمان رسیدن به سکو، مسافت طی‌شده برای رسیدن به سکو و میانگین

سرعت موش‌ها برای سنجش یادگیری فضایی و از درصد ورود به ربع هدف و درصد زمان سپری‌شده در ربع هدف به‌منظور سنجش حافظهٔ فضایی استفاده می‌گردد (۲۲).

آزمون بیوشیمیایی: با توجه به نقش هورمون‌های گلوکوکورتیکوئید در افزایش گلوکونئوژنز عضلات که متعاقباً باعث افزایش قند خون می‌شود (۲۳)، غلظت گلوکز خون موش‌ها به‌عنوان شاخص ترشح هورمون کورتیکوسترون بررسی گردید؛ ازاین‌رو، پس از انجام آزمون‌های رفتاری، شش موش از هر گروه، به‌وسیلهٔ گاز CO2 بی‌هوش (۲۴) و خون قلب آن‌ها به‌طور کامل استخراج شد تا قند خون موش‌ها به‌عنوان شاخصی برای تأیید تأثیر استرس بر افزایش کورتیکوسترون بررسی گردد.

آنالیز آماری: همهٔ اطلاعات به‌صورت میانگین و انحراف معیار بیان شد. در ابتدا به‌منظور سنجش طبیعی بودن داده‌ها، از آزمون شاپیرو–ویلک استفاده گردید. از آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه برای اندازه‌گیری تفاوت‌های بین‌گروهی غلظت قند خون موش‌ها، از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری و پس از تأیید اختلاف، از آزمون تعقیبی بونفرونی برای بررسی تفاوت‌های درون‌گروهی عملکرد موش‌ها در مرحلهٔ اکتساب و یادداری آزمون ماز آبی موریس و از آزمون MANOVA برای بررسی تفاوت بین‌گروهی مرحلهٔ اکتساب و آزمون یادداری و آزمون کاوش ماز آبی موریس استفاده شد. برای تحلیل آماری از نرم‌افزار SPSS vol.16 استفاده گردید. سطح معنی‌داری در همهٔ تحلیل‌ها $P\leq0.05$ در نظر گرفته‌شده است.

یافته ها

در ابتدا به‌منظور اطمینان از تأثیر جدایی از مادر به‌عنوان یک شرایط استرس‌زا بر موش‌ها، غلظت گلوکز خون آن‌ها ارزیابی گردید. نتایج تحلیل آنوای یک‌راهه با استفاده از آزمون تعقیبی بونفرونی در سنجش مقدار غلظت گلوکز خون نشان داد (جدول شمارهٔ ۱) که گلوکز خون موش‌های SM در مقایسه با موش‌های SM+S (P=0.029)، S (P=0.015) و CON (P=0.045)، به‌طور معنی‌داری بیشتر بود؛ اما اختلاف معنی‌داری میان سایر گروه‌ها مشاهده نشد.

برای بررسی اختلافات درون‌گروهی مرحلهٔ اکتساب و یادداری آزمون ماز آبی موریس، نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری نشان داد، تفاوت

جدول شمارهٔ ۱. مقایسه بین‌گروهی غلظت گلوکز خون موش‌ها

	مقایسهٔ دوبه‌دو گروه‌ها	میانگین تفاوت‌ها	خطای استاندارد	سطح معنی‌داری	فاصلهٔ حد پایین	اطمینان ۹۵ درصد حد بالا
غلظت گلوکز خون موش‌ها	CON S	-۱/۶۶۶	۳/۴۱۹	۱/۰۰۰	-۱۱/۶۷۵	۸/۳۴۲
	SM+S	-۱/۰۰۰	۳/۴۱۹	۱/۰۰۰	-۱۱/۰۰۸	۹/۰۰۸
	SM	-۱۱/۸۳۳	۳/۴۱۹	۰/۰۱۵	-۲۱/۸۴۲	-۱/۸۲۴
	S CON	۱/۶۶۶	۳/۴۱۹	۱/۰۰۰	-۸/۳۴۲	۱۱/۶۷۵
	SM+S	۰/۶۶۶	۳/۴۱۹	۱/۰۰۰	-۹/۳۴۲	۱۰/۶۷۵
	SM	-۱۰/۱۶۶	۳/۴۱۹	۰/۰۴۵	-۲۰/۱۷۵	-۰/۱۵۷
	S SM+S	۱/۰۰۰	۳/۴۱۹	۱/۰۰۰	-۹/۰۰۸	۱۱/۰۰۸
	CON	-۰/۶۶۶	۳/۴۱۹	۱/۰۰۰	۱۰/۶۷۵	۹/۳۴۲
	SM	-۱۰/۸۳۳	۳/۴۱۹	۰/۰۲۹	-۲۰/۸۴۲	۰/۸۲۴
	SM S	۱۱/۸۳۳	۳/۴۱۹	۰/۰۱۵	۱/۸۲۴	۲۱/۸۴۲
	CON	۱۰/۱۶۶	۳/۴۱۹	۰/۰۴۵	۰/۱۵۷	۲۰/۱۷۵
	SM+S	۱۰/۸۳۳	۳/۴۱۹	۰/۰۲۹	۰/۸۲۴	۲۰/۸۴۲

جدول شمارهٔ ۲. مقایسهٔ درون‌گروهی موش‌ها در بخش‌های مدت‌زمان رسیدن به سکو و مسافت طی‌شده تا رسیدن به سکو در مرحلهٔ اکتساب و یادداری

	مقایسهٔ دوبه‌دو گروه‌ها	میانگین تفاوت‌ها	خطای استاندارد	سطح معنی‌داری	فاصلهٔ حد پایین	اطمینان ۹۵ درصد حد بالا
زمان رسیدن به سکو	روز اول، روز دوم	۱۳/۴۸۶	۲/۵۴۵	۰/۰۰۱	۸/۳۲۴	۱۸/۶۴۸
	روز سوم	۲۱/۵۶۴	۱/۸۶۷	۰/۰۰۱	۱۷/۷۷۷	۲۵/۳۵۱
	آزمون یادداری	۲۲/۷۹۷	۱/۷۶۳	۰/۰۰۱	۱۹/۲۲۲	۲۶/۳۷۲
	روز دوم، روز اول	-۱۳/۴۸۶	۲/۵۴۵	۰/۰۰۱	-۱۸/۶۴۸	-۸/۳۲۴
	روز سوم	۸/۰۷۸	۱/۲۶۷	۰/۰۰۱	۵/۵۰۸	۱۰/۶۴۸
	آزمون یادداری	۹/۳۱۱	۱/۳۸۷	۰/۰۰۱	۶/۴۹۸	۱۲/۱۲۳
	روز سوم، روز اول	-۲۱/۵۶۴	۱/۸۶۷	۰/۰۰۱	-۲۵/۳۵۱	-۱۷/۷۷۷
	روز دوم	-۸/۰۷۸	۱/۲۶۷	۰/۰۰۱	-۱۰/۶۴۸	-۵/۵۰۸
	آزمون یادداری	۱/۲۳۳	۰/۷۲۰	۰/۰۹۵	-۰/۲۲۷	۲/۶۹۲
	آزمون یادداری روز اول	-۲۲/۷۹۷	۱/۷۶۳	۰/۰۰۱	-۲۶/۳۷۲	-۱۹/۲۲۲
	روز دوم	-۹/۳۱۱	۱/۳۸۷	۰/۰۰۱	-۱۲/۱۲۳	-۶/۴۹۸
	روز سوم	-۱/۲۳۳	۰/۷۲۰	۰/۰۹۵	-۲/۶۹۲	۰/۲۲۷
مسافت طی شده تا رسیدن به سکو	روز اول، روز دوم	۱۳۳/۳۳۲	۴۰/۶۸۹	۰/۰۰۲	۵۰/۸۱۱	۲۱۵/۸۵۳
	روز سوم	۲۸۳/۴۵۶	۳۶/۰۰۰	۰/۰۰۱	۲۱۰/۴۴۴	۳۵۶/۴۶۷
	آزمون یادداری	۳۲۷/۸۳۵	۳۵/۰۷۸	۰/۰۰۱	۲۵۶/۶۹۳	۳۹۸/۹۷۷
	روز دوم، روز اول	-۱۳۳/۳۳۲	۴۰/۶۸۹	۰/۰۰۲	-۲۱۵/۸۵۳	-۵۰/۸۱۱
	روز سوم	۱۵۰/۱۲۴	۲۵/۱۱۳	۰/۰۰۱	۹۹/۱۹۳	۲۰۱/۰۵۵
	آزمون یادداری	۱۹۴/۵۰۳	۲۴/۱۸۲	۰/۰۰۱	۱۴۵/۴۵۹	۲۴۳/۵۴۸
	روز سوم، روز اول	-۲۸۳/۴۵۶	۳۶/۰۰۰	۰/۰۰۱	-۳۵۶/۴۶۷	-۲۱۰/۴۴۴
	روز دوم	-۱۵۰/۱۲۴	۲۵/۱۱۳	۰/۰۰۱	-۲۰۱/۰۵۵	-۹۹/۱۹۳
	آزمون یادداری	۴۴/۳۸۰	۲۲/۲۵۳	۰/۰۵۴	-۰/۷۵۱	۸۹/۵۱۱
	آزمون یادداری روز اول	۳۲۷/۸۳۵	۳۵/۰۷۸	۰/۰۰۱	-۳۹۸/۹۷۷	۲۵۶/۶۹۳
	روز دوم	-۱۹۴/۵۰۳	۲۴/۱۸۲	۰/۰۰۱	-۲۴۳/۵۴۸	-۱۴۵/۴۵۹
	روز سوم	-۴۴/۳۸۰	۲۲/۲۵۳	۰/۰۵۴	-۸۹/۵۱۱	۰/۷۵۱

معناداری میان روزهای آزمون در دو عامل زمان سپری‌شده تا رسیدن به سکو و مسافت طی‌شده تا رسیدن به سکو وجود دارد (جدول شمارهٔ ۲).

نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد، زمان سپری‌شده تا رسیدن به سکو از اولین روز اکتساب تا آزمون یادداری در همهٔ گروه‌ها کاهش پیدا کرده است که این تفاوت میان همهٔ روزها معنادار بود (P<0.001) و تنها بین روز سوم و آزمون یادداری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P=0.95). آزمون تعقیبی بونفرونی در زمینهٔ مسافت طی‌شده تا رسیدن به سکو نیز نشان داد، مسافت طی‌شده تا رسیدن به سکو از روز اول اکتساب تا آزمون یادداری کاهش پیدا کرده است که این تفاوت نیز بین روز اول و دوم (P=0.002) و سایر روزها (P<0.001) معنادار بود و تنها بین روز سوم و آزمون یادداری (P=0.054) معنی‌دار نیست.

در بررسی بین‌گروهی در مرحلهٔ اکتساب و یادداری ماز آبی موریس، نتایج آزمون مانوا با اصلاح بونفرونی (P=0.25) نشان داد که گروه‌ها در متغیر مدت‌زمان رسیدن به سکو و همچنین در مسافت طی‌شده تا رسیدن به سکو،

اختلاف معناداری با یکدیگر داشتند. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی در مدت‌زمان رسیدن به سکو نشان داد که موش‌های S نسبت به موش‌های SM، به‌طور معنی‌داری زمان کمتری را برای پیدا کردن سکو سپری کردند (P=0.009)؛ اما اختلاف میان سایر گروه‌ها معنی‌دار نبود. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی در مسافت طی‌شده تا رسیدن به سکو نیز نشان داد، موش‌های S نسبت به موش‌های SM، به‌طور معنی‌داری مسافت کمتری را طی کردند (P=0.016)؛ اما این اختلاف میان سایر گروه‌ها معنادار نبود. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی مانوا در بخش‌های مدت‌زمان رسیدن به سکو و مسافت طی‌شده تا رسیدن به سکو در مراحل اکتساب و یادداری در جدول شمارهٔ ۳ نشان داده‌شده است.

نتایج آزمون مانوا با اصلاح بونفرونی (P<0.25) در زمینهٔ بررسی تفاوت‌های بین‌گروهی در مرحلهٔ کاوش نشان داد، گروه‌ها در متغیر درصد ورود به ربع هدف و همچنین درصد زمان سپری‌شده در ربع هدف اختلاف معنی‌داری داشتند. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی در درصد ورود به ربع هدف نشان داد که موش‌های SM درصد ورود کمتری را نسبت به موش‌های SM+S (P=0.005)، S (P<0.001) و CON (P=0.029) به ربع هدف داشتند؛ اما اختلاف میان سایر گروه‌ها معنی‌دار

جدول شمارهٔ ۳. مقایسهٔ بین‌گروهی موش‌ها در بخش‌های مدت‌زمان رسیدن به سکو و مسافت طی‌شده تا رسیدن به سکو در مرحلهٔ اکتساب و یادداری

	مقایسهٔ دوبه‌دو گروه‌ها	میانگین تفاوت‌ها	خطای استاندارد	سطح معنی‌داری	فاصلهٔ حد پایین	اطمینان ۹۵ درصد حد بالا
زمان رسیدن به سکو	CON S	-۳/۳۲۴	۲/۶۸۹	۱/۰۰۰	-۱۰/۵۱۱	۳/۸۶۳
	SM+S	-۶/۶۱۷	۲/۶۸۹	۰/۰۹۰	-۱۳/۸۰۵	۰/۵۷۰
	SM	-۸/۷۲۱	۲/۶۸۹	۰/۰۰۹	-۱۵/۹۰۸	-۱/۵۳۳
	S CON	۳/۳۲۴	۲/۶۸۹	۱/۰۰۰	-۳/۸۶۳	۱۰/۵۱۱
	SM+S	-۳/۲۹۳	۲/۶۸۹	۱/۰۰۰	-۱۰/۴۸۰	۳/۸۹۴
	SM	-۵/۳۹۷	۲/۶۸۹	۰/۲۷۹	-۱۲/۵۸۴	۱/۷۹۰
	S SM+S	۶/۶۱۷	۲/۶۸۹	۰/۰۹۰	-۰/۵۷۰	۱۳/۸۰۵
	CON	۳/۲۹۳	۲/۶۸۹	۱/۰۰۰	-۳/۸۶۴	۱۰/۴۸۰
	SM	-۲/۱۰۳	۲/۶۸۹	۱/۰۰۰	-۹/۲۹۱	۵/۰۸۳
	SM S	۸/۷۲۱	۲/۶۸۹	۰/۰۰۹	۱/۵۳۳	۱۵/۹۰۸
	CON	۵/۳۹۷	۲/۶۸۹	۰/۲۷۹	-۱/۷۹۰	۱۲/۵۸۴
	SM+S	۲/۱۰۳	۲/۶۸۹	۱/۰۰۰	-۵/۰۸۳	۹/۲۹۱
مسافت طی‌شده تا رسیدن به سکو	CON S	-۱۸/۲۵۱	۴۴/۳۵۵	۱/۰۰۰	-۱۳۶/۷۸۳	۱۰۰/۲۸۱
	SM+S	-۹۴/۹۳۸	۴۴/۳۵۵	۰/۲۰۳	-۲۱۳/۴۷۰	۲۳/۵۹۴
	SM	-۱۳۵/۸۴۳	۴۴/۳۵۵	۰/۰۱۶	-۲۵۴/۳۷۵	۱۷/۳۱۱
	S CON	۱۸/۲۵۱	۴۴/۳۵۵	۱/۰۰۰	-۱۰۰/۲۸۱	۱۳۶/۷۸۳
	SM+S	-۷۶/۶۸۷	۴۴/۳۵۵	۰/۵۱۵	-۱۹۵/۲۱۹	۴۱/۸۴۵
	SM	-۱۱۷/۵۹۲	۴۴/۳۵۵	۰/۰۵۳	-۲۳۶/۱۲۴	۰/۹۳۹
	S SM+S	۹۴/۹۳۸	۴۴/۳۵۵	۱/۲۰۳	-۲۳/۵۹۴	۲۱۳/۴۷۰
	CON	۷۶/۶۸۷	۴۴/۳۵۵	۰/۵۱۵	-۴۱/۸۴۵	۱۹۵/۲۱۹
	SM	-۴۰/۹۰۵	۴۴/۳۵۵	۱/۰۰۰	-۱۵۹/۴۳۷	۷۷/۶۲۷
	SM S	۱۳۵/۸۴۳	۴۴/۳۵۵	۰/۰۱۶	-۱۷/۳۱۱	۲۵۴/۳۷۵
	CON	۱۱۷/۵۹۲	۴۴/۳۵۵	۰/۰۵۳	۰/۹۳۹	۲۳۶/۱۲۴
	SM+S	۴۰/۹۰۵	۴۴/۳۵۵	۱/۰۰۰	-۷۷/۶۲۷	۱۵۹/۴۳۷

جدول شمارهٔ ۴. مقایسهٔ بین‌گروهی موش‌ها در بخش‌های درصد ورود به ربع هدف و درصد زمان سپری‌شده در ربع هدف در مرحلهٔ آزمون کاوش

	مقایسهٔ دوبه‌دو گروه‌ها	میانگین تفاوت‌ها	خطای استاندارد	سطح معنی داری	فاصلهٔ حد پایین	اطمینان ۹۵ درصد حد بالا
درصد ورود به ربع هدف	CON S	۲/۶۲۲	۱/۷۶۷	۰/۸۸۰	−۲/۳۱۲	۷/۵۵۶
	SM+S	۱/۴۵۳	۱/۷۶۷	۱/۰۰۰	−۳/۴۸۱	۶/۳۸۷
	SM	۷/۹۳۶	۱/۷۶۷	۰/۰۰۱	۳/۰۰۱	۱۲/۸۷۰
	S CON	−۲/۶۲۲	۱/۷۶۷	۰/۸۸۰	−۷/۵۵۶	۲/۳۱۲
	SM+S	−۱/۱۶۹	۱/۷۶۷	۱/۰۰۰	−۶/۱۰۳	۳/۷۶۵
	SM	۵/۳۱۴	۱/۷۶۷	۰/۰۲۹	۰/۳۷۹	۱۰/۲۴۸
	S SM+S	−۱/۴۵۳	۱/۷۶۷	۱/۰۰۰	−۶/۳۸۷	۳/۴۸۳
	CON	۱/۱۶۹	۱/۷۶۷	۱/۰۰۰	−۳/۷۶۵	۶/۱۰۳
	SM	۶/۴۸۳	۱/۷۶۷	۰/۰۰۵	۱/۵۴۸	۱۱/۴۱۷
	SM S	−۷/۹۳۶	۱/۷۶۷	۰/۰۰۱	−۱۲/۸۷۰	−۳/۰۰۱
	CON	−۵/۳۱۴	۱/۷۶۷	۰/۰۲۹	−۱۰/۲۴۸	−۰/۳۷۶
	SM+S	−۶/۴۸۳	۱/۷۶۷	۰/۰۰۵	−۱۱/۴۱۷	−۱/۵۴۸
درصد زمان سپری‌شده در ربع هدف	CON S	−۱/۷۹۶	۳/۸۵۳	۱/۰۰۰	−۱۲/۵۵۴	۸/۹۶۲
	SM+S	۰/۲۸۶	۳/۸۵۳	۱/۰۰۰	−۱۰/۵۰۲	۱۱/۰۱۴
	SM	۱۲/۳۴۶	۳/۸۵۳	۰/۰۱۷	۱/۵۸۷	۲۳/۱۰۴
	S CON	۱/۷۹۶	۳/۸۵۳	۱/۰۰۰	−۸/۹۶۰	۱۲/۵۵۴
	SM+S	۲/۰۵۲	۳/۸۵۳	۱/۰۰۰	−۸/۷۷۰۶	۱۲/۸۱۰
	SM	−۱۴/۱۴۲	۳/۸۵۳	۰/۰۰۵	۳/۳۸۳	۲۴/۹۰۰
	S SM+S	۰/۲۵۶	۳/۸۵۳	۱/۰۰۰	−۱۱/۰۱۴	۱۰/۵۰۲
	CON	−۲/۰۵۲	۳/۸۵۳	۱/۰۰۰	−۱۲/۸۱۰	۸/۷۰۶
	SM	۱۲/۰۹۰	۳/۸۵۳	۰/۰۲۰	۱/۳۳۱	۲۲/۸۴۸
	SM S	−۱۲/۳۴۶	۳/۸۵۳	۰/۰۱۷	−۲۳/۱۰۴	−۱/۵۸۷
	CON	−۱۴/۱۴۲	۳/۸۵۳	۰/۰۰۵	−۲۴/۹۰۰	−۳/۳۸۳
	SM+S	−۱۲/۰۹۰	۳/۸۵۳	۰/۰۲۰	−۲۲/۸۴۸	−۱/۳۳۱

نبود. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی در درصد زمان سپری‌شده در ربع هدف نیز نشان داد که موش‌ها SM درصد زمان کمتری را نسبت به موش‌های SM+S (P=0.020)، S (P=0.017) و CON (P=0.005) در ربع هدف سپری کردند؛ اما اختلاف میان سایر گروه‌ها معنادار نبود (جدول شمارهٔ ۴).

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه، تأثیر استرس جدایی از مادر به مدت ۶ ساعت در روز، روی یادگیری و حافظهٔ فضایی به‌صورت رفتاری با آزمون ماز آبی موریس بررسی شد؛ همچنین نقش شنا به‌عنوان یک روش درمانی در کاهش آثار منفی استرس بررسی گردید که به نظر می‌رسد نقش ورزش به‌عنوان یک روش درمانی در افزایش یادگیری و حافظهٔ فضایی با این دستورالعمل، برای اولین بار بررسی شده است. نتایج نشان داد، ۱. استرس اولیه اثر مخربی روی یادگیری موش‌ها داشت؛ اما این تأثیر معنی‌دار نبود؛ ۲. استرس اولیه موجب کاهش حافظهٔ فضایی موش‌ها شد؛ ۳. فعالیت بدنی توانست باعث افزایش یادگیری شود؛ اما در خنثی‌سازی آثار مخرب استرس ناتوان بود و ۴. فعالیت

بدنی به‌عنوان یک مداخلهٔ درمانی توانست حافظهٔ فضایی موش‌ها را به‌طور معناداری افزایش دهد.

در پژوهش‌های گذشته دربارهٔ تأثیر استرس بر یادگیری و حافظهٔ فضایی و تأثیر فعالیت بدنی بر آن، نتایج متناقضی به‌دست‌آمده است. نتایج تحقیق ما دربارهٔ تأثیر استرس بر یادگیری و حافظهٔ فضایی، با پژوهش‌های زیادی همسو است. در پژوهشی با عنوان «آثار جدایی از مادر و محیط غنی سازی‌شده بر روی رفتار موش‌های صحرایی بزرگ‌سال» تائید شد که جدایی از مادر به مدت ۲۴ ساعت، به افزایش اضطراب و کاهش حافظهٔ فضایی در بزرگ‌سالی منجر می‌شود که علت این امر اثر استرس جدایی از مادر بر اضطراب موش‌ها بیان شد (۲۵)؛ همچنین رشتنکوف و همکاران تأیید کردند که استرس اولیه به مدت ۱۳ روز به‌صورت روزانه ۳ ساعت، بر انعطاف‌پذیری عصبی سلول‌های هیپوکامپ اثر می‌گذارد و حافظهٔ فضایی را مختل می‌کند (۲۶). در پژوهشی که به بررسی آثار درمان نوروفیدبک در جلوگیری از افت شناختی و حافظهٔ موش‌های مواجه‌شده با استرس خفیف به مدت ۵۶ روز پرداخت، نتایج نشان داد که استرس باعث کاهش بیان BDNF در هیپوکامپ می‌گردد و متعاقباً موجب کاهش عملکرد شناختی و حافظهٔ فضایی می‌شود (۲۷). با وجود تحقیقات بسیاری که تأثیر استرس بر حافظهٔ فضایی را تأیید می‌کنند، بعضی تحقیقات نتایج مغایری را نشان می‌دهند؛ برای مثال، در پژوهشی، تأثیر استرس جدایی زودهنگام مادر بر توجه، یادگیری فضایی و رفتار متقابل اجتماعی را بررسی کردند که یافته‌ها نشان داد که استرس اولیه نه‌تنها حافظهٔ فضایی را کاهش نداد، بلکه باعث افزایش حافظهٔ فضایی شد (۲۸). توجیه این تحقیق افزایش حجم هیپوکامپ ناشی از جدایی از مادر اولیه بود؛ اما به نظر می رسد علت مغایر بودن این تحقیق مدت‌زمان کوتاه جدایی از مادر (از روز ۴ تا ۱۰ پس از تولد) بود.

با وجود این موارد، نتایج تحقیق حاضر نشان داد، در حافظهٔ فضایی موش‌هایی که در ابتدای زندگی شرایط جدایی از مادر را به‌عنوان یک شرایط استرس‌زا تجربه کرده بودند، کاهش معناداری مشاهده شد. نگاهی کلی به پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد که استرس موجب اختلال در رشد محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال می‌شود و بر ترشح غدد درون‌ریز تأثیر می‌گذارد (۳۰، ۲۹). تحقیقات نشان می‌دهد که استرس باعث فعال شدن دستگاه عصبی اتونوم می‌گردد و فعال شدن دستگاه عصبی اتونوم موجب رهاسازی هورمون آزادکنندهٔ کورتیکوتروپین در هستهٔ پاراونتیکولار هیپوتالاموس می‌شود و همین موضوع باعث فعال شدن محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال می‌گردد که فعال شدن این محور باعث افزایش ترشح گلوکوکورتیکوئیدها از قشر غدد آدرنال می‌شود (۵). تحقیقات نشان داده است که ترشح گلوکوکورتیکوئیدها بر ساختار و عملکرد مغزی مانند هیپوکامپ تأثیر دارند و عملکرد را با اختلال مواجه می‌کنند (۷، ۶). به نظر می‌رسد ازآنجاکه هیپوکامپ محل حافظه در مغز است (۸)، علت تأثیر استرس بر حافظهٔ فضایی، افزایش ترشح گلوکوکورتیکوئیدها ناشی از استرس و تأثیر آن‌ها بر مغز است.

دربارهٔ تأثیر فعالیت بدنی بر ساختار و عملکرد مغز و همچنین تأثیر آن بر حافظهٔ فضایی نیز نتایج متفاوتی وجود دارد. در پژوهشی که تأثیر فعالیت بدنی بر حافظهٔ فضایی زنان، با استفاده از پرسش‌نامهٔ سطح فعالیت سالمندان (PASE) سنجیده بود، یافته‌ها نشان داد که فعالیت باعث بهبود حافظه می‌شود (۲۹). در مطالعه‌ای که به بررسی تأثیر دویدن روی تردمیل به مدت ۲۱ روز، روزانه ۳۰ دقیقه و با شدت متوسط به‌عنوان فعالیت بر خنثی‌سازی آثار منفی استرس ناشی از بی‌تحرکی بر ۳۲ سر موش صورت گرفت، یافته‌ها نشان داد که فعالیت بدنی دویدن روی تردمیل می‌تواند این آثار را تا حد فراوانی خنثی کند (۳۰). در مطالعهٔ مروری دیگر نشان داده شد که فعالیت بدنی می‌تواند تا ۲۸ درصد زوال عقل و تا ۴۵ درصد آلزایمر را در افراد کاهش دهد. پژوهشی دیگر تأیید کرد که دویدن روی تردمیل به مدت ۲ هفته به‌صورت روزانه ۳۰ دقیقه می‌تواند نقایص رفتاری ناشی از استرس

طولانی‌مدت را کاهش دهد و باعث بهبود حافظه شود (۳۱). در مقالهٔ دیگری تأیید شد که دویدن داوطلبانه به‌صورت طولانی‌مدت، باعث تأثیر بر عروق مغزی می‌گردد و حافظهٔ فضایی را بهبود می‌بخشد (۳۲). با توجه به اینکه در تحقیقات گذشته به نقش فعالیت بدنی بر کاهش قند خون و متعاقباً استرس اشاره شده (۳۳) و همچنین تحقیقاتی که به نقش منفی استرس در تخریب ساختار مغزی ازجمله هیپوکامپ اشاره کرده بودند (۲۷–۲۵)، به نظر می‌رسید که علت به وجود آمدن نتایج همسو با تحقیقات گذشته، نقش فعالیت بدنی شنا در خنثی‌سازی آثار مخرب استرس بر ساختار مغزی ازجمله هیپوکامپ بوده است. با وجود تأیید تأثیر فعالیت بدنی بر حافظه در بیشتر تحقیقات، نتایج مغایر در بعضی از تحقیقات مشاهده‌شده است. در تحقیقی که روی ۵۰ موش صحرایی نژاد آلبینو ویستار صورت گرفت، نشان داده شد که فعالیت بدنی تأثیری بر عملکرد حافظهٔ بازیابی ندارد (۱۸) که علت آن می‌تواند اجباری بودن ورزش روی تردمیل و ایجاد استرس مضاعف به‌وسیلهٔ اعمال شوک باشد. در تحقیق دیگری که به دنبال نقش تمرین شنا بر خنثی‌سازی آثار مخرب استرس بر حافظه بود، یافته‌ها نشان داد که تمرین شنا نمی‌تواند آثار مخرب استرس را کاهش دهد (۱۹) که به نظر می‌رسد علت این امر استفاده از تمرین شنا بدون دستورالعمل آشناسازی با آب و ویژگی آب‌گریزی ذاتی موش‌ها بوده است که خود موجب افزایش اضطراب موش‌ها می‌شود.

نتایج تحقیق بیان کرد که استرس طولانی‌مدت می تواند حافظه را دچار اختلال کند و در مقابل، تمرین شنا به‌عنوان یک روش درمانی می‌تواند آثار مخرب استرس بر هیپوکامپ را خنثی نماید و باعث بهبود حافظه شود. به نظر می‌رسد علت این اتفاق تأثیر فعالیت بدنی بر ترشح غدد درون‌ریز باشد. شواهد نشان می‌دهد که انواع فعالیت بدنی، فعالیت محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال را کاهش می‌دهد و متعاقباً ترشح گلوکوکورتیکوئیدها از غدد آدرنال را پایین می‌آورد (۱۷). با توجه به تأثیر منفی گلوکوکورتیکوئیدها بر عملکرد مغز، به‌ویژه هیپوکامپ و حافظه (۷)، به نظر می‌رسد علت بهبود حافظهٔ فضایی تأثیر تمرین شنا به‌عنوان یک فعالیت بدنی بر کاهش عملکرد محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال و درنتیجه، کاهش ترشح هورمون‌های گلوکوکورتیکوئیدی از غدد آدرنال است که عملکرد مغز را مختل می‌کنند. با توجه به اینکه قرارگیری در شرایط استرس‌زا سبب تخریب حافظه می‌شود و فرد را مستعد ابتلا به بیماری‌هایی نظیر آلزایمر می‌کند، نتایج این تحقیق تأیید می‌کند که می‌توان از تمرین شنا عنوان یک روش درمانی برای خنثی‌سازی آثار مخرب استرس استفاده کرد و از تخریب حافظه و ابتلا به فراموشی در بلندمدت جلوگیری نمود. گفتنی است محدودیت تحقیق حاضر، محرومیت موش‌ها از غذا و آب در طول شش ساعت جدایی از مادر بود که می‌تواند آثار فیزیولوژیکی بر روی حافظه داشته باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پایان‌نامهٔ ارشد رفتار حرکتی دانشکدهٔ تربیت‌بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران است. محققان برخورد لازم می‌دانند از کادر مجموعهٔ بافت و ژن پاسارگاد تهران برای تحقق این پژوهش تشکر کنند.

تعارض منافع

همه نویسندگان اعلام می کنند که هیچ تضاد منافعی ندارند.

کد اخلاق: IR.UT.SPORT.REC.1399.009

References

1. Alves RL, Portugal CC, Summavielle T, Barbosa F, Magalhães A. Maternal separation effects on mother rodents' behaviour: A systematic review. Neurosci Biobehav Rev 2020;117:98–109. doi: 10.1016/j.neubiorev.2019.09.008
2. Kaul D, Schwab SG, Mechawar N, Matosin N. How stress physically re-shapes the brain: Impact on brain cell shapes, numbers and connections in

psychiatric disorders. Neurosci Biobehav Rev 2021;124:193–215. doi:10.1016/j.neubiorev.2021.01.025
3. Belleau EL, Treadway MT, Pizzagalli DA. The Impact of Stress and Major Depressive Disorder on Hippocampal and Medial Prefrontal Cortex Morphology. Biol Psychiatry 2019;85:443–53. doi:10.1016/j.biopsych.2018.09.031
4. Akalestou E, Genser L, Rutter GA. Glucocorticoid Metabolism in Obesity and Following Weight Loss. Front Endocrinol (Lausanne) 2020;11:1–9. doi:10.3389/fendo.2020.00059
5. Sepehrinezhad A, Momeni J, Gorji A, Sahab Negah S. Stress-Induced Immune Dysfunction: Implications for Intrapersonal and Interpersonal Processes. Neurosci J Shefaye Khatam 2020;8:93–106. doi:10.29252/shefa.8.2.93
6. Madalena KM, Lerch JK. The Effect of Glucocorticoid and Glucocorticoid Receptor Interactions on Brain, Spinal Cord, and Glial Cell Plasticity. Plasticity. Neural Plast 2017;2017:8640970. doi: 10.1155/2017/8640970
7. Steffke EE, Kirca D, Mazei-Robison MS, Robison AJ. Serum- and glucocorticoid-inducible kinase 1 activity reduces dendritic spines in dorsal hippocampus. Neurosci Lett 2020;725:134909. doi:10.1016/j.neulet.2020.134909
8. Carmo D, Silva B, Yasuda C, Rittner L, Lotufo R. Hippocampus segmentation on epilepsy and Alzheimer's disease studies with multiple convolutional neural networks. Heliyon 2021;7:e06226. doi:10.1016/j.heliyon.2021.e06226
9. Hunsaker MR, Kesner RP. Unfolding the cognitive map: The role of hippocampal and extra-hippocampal substrates based on a systems analysis of spatial processing. Neurobiol Learn Mem 2018;147:90-119. doi: 10.1016/j.nlm.2017.11.012.
10. Fagan WF, Lewis MA, Auger-Méthé M, Avgar T, Benhamou S, Breed G, et al. Spatial memory and animal movement. Ecol Lett 2013;16:1316-29. doi: 10.1111/ele.12165
11. Sonnenberg BR, Branch CL, Pitera AM, Bridge E, Pravosudov V V. Natural Selection and Spatial Cognition in Wild Food-Caching Mountain Chickadees. Curr Biol 2019;29:670-76.e3. doi: 10.1016/j.cub.2019.01.006.
12. Maghami S, Zardooz H, Khodagholi F, Binayi F, Ranjbar Saber R, Hedayati M, et al. Maternal separation blunted spatial memory formation independent of peripheral and hippocampal insulin content in young adult male rats. PLoS One 2018;13:e0204731. doi: 10.1371/journal.pone.0204731.
13. Chi RP, Fregni F, Snyder AW. Visual memory improved by non-invasive brain stimulation. Brain Res 2010;1353:168-75. doi: 10.1016/j.brainres.2010.07.062.
14. Yousefshahi M, Mohammadzadeh H. The Effect of Cognitive, Motor and Motor-Cognitive Exercises on Explicit motor memory, balance and walking of Elderly Women. Sci J Rehabil Med 2020;0:124–34. doi:10.22037/JRM.2020.113215.2333
15. Hamer M, Chida Y. Physical activity and risk of neurodegenerative disease: a systematic review of prospective evidence. Psychol Med 2009;39:3-11. doi: 10.1017/S0033291708003681.1
16. Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, Duncan PW, Judge JO, King AC, et al. Physical Activity and Public Health in Older Adults. Circulation 2007;116:1094–105. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.185650
17. Hillman CH, Erickson KI, Kramer AF. Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. Nat Rev Neurosci 2008;9:58–65. doi: 10.1038/nrn2298
18. Saadati H, Babri S, Ahmadiasl N, Mashhadi M. Effects of Exercise on Memory Consolidation and Retrieval of Passive Avoidance Learning In Young Male Rats. Asian J Sports Med 2010 ;1:137–42. doi: 10.5812/asjsm.34858
19. E Dief A, M Samy D, I Dowedar F. Impact of exercise and vitamin B1 intake on hippocampal brain-derived neurotrophic factor and spatial memory performance in a rat model of stress. J Nutr Sci Vitaminol 2015;61 :1-7. doi: 10.3177/jnsv.61.1
20. Lima DD de, Dal Magro DD, Cruz JN da, Pereira da Cruz JG. The effects of swimming exercise on recognition memory for objects and conditioned fear in rats. Acta Sci Heal Sci 2012;34:163–9. doi: 10.4025/actascihealthsci.v34i2.4378
21. DastAmooz S, Tahmasebi Boroujeni S, Shahbazi M, Vali Y. Physical activity as an option to reduce adverse effect of EMF exposure during pregnancy. Int J Dev Neurosci 2018;71:7-10 doi:10.1016/j.ijdevneu.2018.07.009
22. Tucker LB, Velosky AG, McCabe JT. Applications of the Morris water maze in translational traumatic brain injury research. Neurosci Biobehav Rev 2018;88:187–200. doi:10.1016/j.neubiorev.2018.03.010
23. Farrell P, J. Joyner M, J. Caiozzo V. Advanced Exercise Physiology. Wolters Kluwer Health Adis (ESP); 2012.
24. Kohler I, Meier R, Busato A, Neiger-Aeschbacher G, Schatzmann U. Is carbon dioxide (CO 2) a useful short acting anaesthetic for small laboratory animals? Lab Anim 1999;33:155–61. doi: 10.1258/002367799780578390
25. Akillioglu K, Yilmaz MB, Boga A, Binokay S, Kocaturk-Sel S. Environmental enrichment does not reverse the effects of maternal deprivation on NMDAR and Balb/c mice behaviors. Brain Res 2015 ;1624:479–88. doi: 10.1016/j.brainres.2015.08.009
26. Reshetnikov VV, Kovner AV, Lepeshko AA, Pavlov KS, Grinkevich LN, Bondar NP. Stress early in life leads to cognitive impairments, reduced numbers of CA3 neurons and altered maternal behavior in adult female mice. Genes, Brain Behav 2020;19:1–14. doi: 10.1111/gbb.12541
27. Şahin TD, Karson A, Balcı F, Yazır Y, Bayramgürler D, Utkan T. TNF-alpha inhibition prevents cognitive decline and maintains hippocampal BDNF levels in the unpredictable chronic mild stress rat model of depression. Behav Brain Res 2015;292:233-40. doi: 10.1016/j.bbr.2015.05.062
28. Kambali MY, Anshu K, Kutty BM, Muddashetty RS, Laxmi TR. Effect of early maternal separation stress on attention, spatial learning and social interaction behaviour. Exp Brain Res 2019;237:1993-2010. doi: 10.1007/s00221-019-05567-2.

29. Nagamatsu LS, Chan A, Davis JC, Beattie BL, Graf P, Voss MW, et al. Physical Activity Improves Verbal and Spatial Memory in Older Adults with Probable Mild Cognitive Impairment: A 6-Month Randomized Controlled Trial. J Aging Res 2013;2013:861893. doi: 10.1155/2013/861893.
30. Afshari N, TahmasebiBoroujeni S, Naghdi N, HemayatTalab R. The Effect of Immobilization Stress on Learning and Spatial Memory and the Protective Role of Physical Activity in Male Rats (In Persian). J Dev Mot Learn 2014;6:327–45. doi:10.22059/JMLM.2014.51872
31. Patki G, Li L, Allam F, Solanki N, Dao AT, Alkadhi K, et al. Moderate treadmill exercise rescues anxiety and depression-like behavior as well as memory impairment in a rat model of posttraumatic stress disorder. Physiol Behav 2014;130:47–53. doi:10.1016/j.physbeh.2014.03.016
32. Maliszewska-Cyna E, Vecchio LM, Thomason LAM, Oore JJ, Steinman J, Joo IL, et al. The effects of voluntary running on cerebrovascular morphology and spatial short-term memory in a mouse model of amyloidosis. Neuroimage 2020;222:117269. doi:10.1016/j.neuroimage.2020.117269
33. Matinfar P, Peeri M, Azarbayjani MA. Swimming exercise attenuates anxiety-like behavior by reducing brain oxidative stress in type 2 diabetic mice. Physiol Behav 2021;237:113449. doi:10.1016/j.physbeh.2021.113449