

رشد و یادگیری حرکتی - ورزشی - تابستان ۱۳۹۷
دوره ۱۰، شماره ۲، ص: ۲۵۶-۲۴۳
تاریخ دریافت: ۰۳ / ۰۷ / ۹۶
تاریخ پذیرش: ۲۳ / ۰۵ / ۹۷

تأثیر تمرینات ورزشی اجباری و اختیاری، به‌عنوان یک فاکتور غیر فارماکولوژیک بر رفتارهای تغییر یافته بر اثر استرس جدایی از مادر در موش نژاد ویستار

اتنا یزدان‌شناس^۱ - مقصود پیری^{۲*} - محمدعلی آذربایجانی^۳

۱. دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران
۲ و ۳. استاد، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران

چکیده

در پژوهش حاضر تأثیرات مثبت تمرینات ورزشی اجباری و اختیاری به‌عنوان یک فاکتور غیرفارماکولوژیک بر روی رفتارهای تغییر یافته بر اثر استرس جدایی از مادر بررسی شد. در پژوهش حاضر ۴۸ سر بچه موش نر انتخاب و از روز ۲ تا ۱۴ به مدت ۱۸۰ دقیقه از مادرشان جدا شدند. سپس در روز ۲۱ این موش‌ها به‌صورت تصادفی به چهار گروه قسمت شدند. گروه‌ها شامل با استرس جدا شدن از مادر، کنترل، تردمیل، رانینگ ویل بود. گروه اول از روز ۲ تا ۱۴ جدایی از مادر را تجربه کردند و گروه شاهد از همان ابتدا به‌همراه مادر نگهداری شدند. گروه‌های تمرینی نیز، از روز ۲۱ تولد، شروع به تمرین کردند. سپس بر روی گروه‌ها تست‌های رفتاری اضطراب و افسردگی جوندگان از جمله ای پی ام، اسپلش، اف اس تی و این فیلد انجام گرفت. داده‌های به‌دست‌آمده با روش‌های تی و آنوا در سطح معناداری $P < 0/05$ ، آنالیز آماری شدند. با استفاده از تست‌های رفتاری مشخص شد که استرس جدایی از مادر موجب بروز رفتارهای افسردگی شد. از طرفی ورزش اختیاری در مقایسه با گروه استرس موجب بروز تأثیرات ضدافسردگی شده است، درحالی‌که تغییر معناداری بین اثر ورزش اجباری و گروه استرس دیده نشد. نتایج نشان داد که تمرینات ورزشی به‌خصوص ورزش اختیاری در دوران نوجوانی استرس، رفتارهای افسردگی و اضطراب در بزرگسالی را کاهش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی

افسردگی، اضطراب، تمرین اختیاری، تمرین اجباری.

مقدمه

دوران کودکی و نوجوانی با تکامل رشد مغزی و شکل‌گیری شخصیت و توانایی‌های شناختی همراه است. سیستم عصبی مغز در این دوران حساسیت بالایی به استرس‌های محیطی و روانی دارد، به طوری که مواجهه با استرس می‌تواند پیامدهای نامطلوبی در رفتار و عملکرد شخص در بزرگسالی در پی داشته باشد (۱). حساسیت مغز در این دوران به عوامل مختلفی وابسته است. نوروهای مغز در زمان تکامل نابالغاند و سیستم آنتی‌اکسیدانی ناکارآمدی دارند. مواجهه با استرس همراه با تولید مقادیر زیادی از رادیکال‌های آزاد در سلول‌ها همراه است که خود موجب فعال‌سازی فاکتورهای التهابی، تغییر در میانجی‌های عصبی و در نهایت شکل‌گیری بیماری‌های مغزی می‌شود (۲).

با توجه به زمان مواجهه با استرس، طول مدت مواجهه، محیط، ژنتیک فرد و ماهیت استرس، عوارض و پیامدهای متفاوتی با مکانیسم‌های مختلف در شخص بروز می‌کند. اگر یک تجربه استرس برای مدت طولانی تحمل شود، توانایی ارگانیزم برای انطباق ممکن است شکست بخورد و به افزایش فعال‌سازی محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال (HPA) و در نتیجه، اختلالاتی مانند اضطراب و افسردگی در ادامه زندگی منجر شود (۳). عوارض جانبی قرار گرفتن در معرض عامل استرس‌زای طولانی‌مدت در نوزادان به سبب اینکه مکانیسم‌های واکنش انطباقی آنها به‌طور کامل توسعه نیافته است، تشدید می‌شود. دوران کودکی از مهم‌ترین دوران تکاملی مغز به‌شمار می‌رود که مواجهه با استرس به‌خصوص استرس‌های ناشی از بی‌کفایتی مادر در نگهداری فرزندان موجب بروز اختلالاتی چون افسردگی، اضطراب، یادگیری، پرخاشگری و اعتیاد در دوران بزرگسالی کودک می‌شود (۴، ۳). مطالعات نشان دادند که جدایی از مادر ممکن است سبب افزایش پاسخ غده آدرنال و افزایش ترس در بزرگسالی شود. با توجه به اهمیت دوران کودکی در تکامل مغزی و یافتن مکانیسم‌های درگیر در شکل‌دهی بیماری‌های مغزی بر اثر استرس، از مدل‌های حیوانی مناسبی استفاده می‌شود که مهم‌ترین آنها استرس جدایی از مادر^۱ یا (MS) است (۵، ۶).

از طرفی نقش تمرینات ورزشی و فعالیت بدنی منظم در سلامتی و تعدیل بسیاری از اختلالات ناشی از استرس در مغز به اثبات رسیده است (۸، ۷). تأثیرات مثبت ورزش بر عملکرد سیستم عصبی بیشتر به تغییرات ناشی از فاکتورهای رشد نورونی، تقویت سیستم ایمنی و آنتی‌اکسیدانی و همچنین

1. Maternal Separation

تعدیل میانجی‌های عصبی نسبت داده می‌شود (۹، ۱۰). در مدل‌های حیوانی، برخلاف تردمیل که در آن تمرین ورزشی به‌صورت اجبار و همراه با استرس ناشی از شوک است، تمرینات با رانینگ ویل^۱ (RW) نه‌تنها استرس و اجباری برای حیوان به‌حساب نمی‌آید، بلکه حیوان با علاقه‌مندی و لذت به تمرین ورزشی می‌پردازد (۱۱). از این‌رو این پژوهش در نظر دارد تا تأثیر تمرینات ورزشی اختیاری و اجباری در دوران نوجوانی را بر روی رفتار اضطراب و افسردگی ناشی از استرس دوران کودکی مطالعه کند.

مواد و روش کار

در این مطالعه ۱۵ موش ماده باردار نژاد ویستار به‌طور جداگانه در قفس قرار گرفتند. پس از وضع حمل ۶۰ بچه موش نر به‌عنوان آزمودنی‌های تحقیق انتخاب شدند و از روز ۲ تا ۱۴ به مدت ۱۸۰ دقیقه از مادرشان جدا شدند. در روز ۲۱ موش‌ها به‌صورت تصادفی به چهار گروه تجربی و کنترل تقسیم شدند و به‌صورت ۴ تایی تا روز ۲۸ در قفس نگهداری شدند. گروه‌ها شامل کنترل، با استرس جدا شدن از مادر، تردمیل و رانینگ ویل بودند. در طول تحقیق، حیوانات در قفس‌ها با دمای $22 \pm 2^\circ\text{C}$ و رطوبت $50 \pm 5\%$ در شرایط کنترل‌شده نور (۱۲ ساعت تاریکی: ۱۲ ساعت روشنایی) نگهداری شدند و آزادانه به آب و غذای استاندارد (۱۰ گرم به ازای ۱۰۰ گرم وزن بدن) ساخت شرکت بهپور به شکل پلت دسترسی داشتند. همچنین به‌منظور ارزیابی تست‌های رفتاری جهت سنجش میزان افسردگی و اضطراب ۲۴ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین بدنی تست‌های رفتاری اف اس تی^۲، اسپلش تست^۳، ای پی ام^۴، اپن فیلد^۵ در سه روز متوالی توسط محقق اندازه‌گیری شد.

پروتکل تمرین اختیاری

در روز ۲۱ پس از تولد موش‌های گروه رانینگ ویل (۱۲ سر) به‌منظور سازگاری با دستگاه رانینگ ویل به مدت یک هفته درون دستگاه قرار گرفتند. پروتکل تمرین رانینگ ویل براساس روشی که قبلاً توسط میلادی-گرچی و همکاران استفاده شده بود، به‌کار گرفته شد (۱۲). موش‌های (MS) به‌صورت جفت‌های دوتایی در قفس تمرین نگهداری شدند. موش‌ها دسترسی آزاد به چرخ فعالیت ۲۴ ساعت

1. Running Wheel
2. Forced swimming test (FST)
3. Splash test
4. Elevated plus maze (EPM)
5. Open-field

شبانه‌روز برای ۳۲ روز داشتند که تا روز ۶۰ پس از تولد طول کشید و مسافت طی‌شده روزانه تمرین (کیلومتر) ثبت شد.

پروتکل تمرین اجباری

در روز ۲۱ پس از تولد موش‌های گروه تردمیل^۱ (TM) به‌منظور سازگاری با تردمیل یک هفته تمرینات سازگاری را انجام دادند. روز ۲۸ پس از تولد، موش‌ها به تمرین ورزشی با تردمیل براساس پروتکلی که قبلاً توسط رحمانی و همکاران منتشر شده بود، پرداختند (۱۳). به‌طور خلاصه، موش‌ها، تمرین تردمیل (شیب صفر درصد) را در طول روز بین ساعات ۹:۰۰-۱۵:۰۰ و به مدت ۴ هفته و ۵ روز در هفته انجام دادند. پروتکل تمرین (TM) به شرح زیر بود: ۳۰ دقیقه در ۲ هفته اول (سرعت ۱۰ متر / دقیقه)، ۴۵ دقیقه در هفته سوم (سرعت ۱۵ متر / دقیقه) و ۶۰ دقیقه در هفته چهارم (سرعت ۱۵ متر / دقیقه). هر ۱۵ دقیقه در هر جلسه ورزش، یک استراحت ۵ دقیقه‌ای داده شد. در مورد گروه کنترل پروتکل مشابه موش (MS) بود، درحالی‌که موش بر روی تردمیل بدون تمرین قرار می‌گرفت (سرعت صفر متر / دقیقه).

آزمون‌های رفتاری

تست شنای اجباری

این تست به‌منظور بررسی رفتار یأس و ناامیدی مترادف در انسان در جوندگان استفاده می‌شود (۱۴). در این تست از یک استوانه شیشه‌ای به ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر و دهانه ۲۰ سانتی‌متر استفاده می‌شود که تا ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری از آب با دمای 23 ± 1 سانتی‌گراد پر می‌شود. ابتدا حیوان به مدت ۱۵ دقیقه در استوانه انداخته می‌شود و سپس بیرون آورده شده و خشک می‌گردد. ۲۴ ساعت بعد حیوان به مدت ۵ دقیقه در استوانه انداخته می‌شود و از نظر رفتار بی‌حرکتی^۲ بررسی می‌شود. این رفتار حالتی است که حیوان حداقل تلاش را صرفاً برای نگه‌داشتن سر خود بالای سطح آب انجام می‌دهد که نمادی از افسردگی است.

تست اسپلش^۳

این تست به‌منظور بررسی رفتار بی‌انگیزگی و عدم اهمیت فردی مترادف در انسان استفاده می‌شود (۱۵). حیوان ۱ ساعت پیش از تست در قفس جداگانه قرار می‌گیرد و سپس محلول ساکارز ۱۰ درصد

1. treadmill
2. Immobility time
3. Splash test

بر سطح پشتی حیوان اسپری می‌شود. مدت زمان لیسیدن و تمیز کردن حیوان در ۵ دقیقه بررسی می‌شود که نمادی از پاسخ حیوان به اهمیت فردی و علاقه به شیرینی یا همان انگیزه لذت است.

تست ای پی ام^۱

این تست تستی معتبر در زمینه بررسی رفتارهای اضطرابی در جوندگان است (۱۶). دستگاه از جنس چوب بوده و به‌صورت علامت به‌علاوه (+) متقاطع است. طول هر محور ۵۰ سانتی‌متر در ۱۰ سانتی‌متر است و محور بسته دارای دیواره‌ای به ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر است. این دستگاه در ارتفاع ۶۰ سانتی‌متری از سطح زمین قرار دارد. ۲۴ ساعت قبل از تست هر حیوان به مدت ۵ دقیقه در محیط اتاق آزمایش گذاشته می‌شود و حرکت آزاد دارد. سپس در روز تست به مدت ۵ دقیقه در دستگاه قرار داده می‌شود. تعداد ورود به بازوهای باز (هر ۴ دست و پا) و زمان صرف‌شده در بازوها ثبت می‌شود که اندکسی از رفتار اضطرابی است.

تست اپن فیلد^۲

جعبه مکعبی روباز با ابعاد ۶۰ در ۶۰ در ۴۰ سانتی‌متر از جنس پلکسی گلس است که کف آن به ۲۵ مربع مساوی تقسیم شده است. از این وسیله برای ارزیابی اضطراب (مدت زمان صرف‌شده در فضای مرکزی^۳) و عملکرد حرکتی^۴ حیوان استفاده می‌شود. حیوان به مدت ۵ دقیقه در آن قرار می‌گیرد و تعداد مربع‌های طی شده ثبت می‌شود (۱۷).

شایان ذکر است که این رفتارها یک‌بار پیش از استرس حاد^۵ و یک بار پس از آن انجام می‌گیرد تا میزان پاسخ واکنشی حیوان و اثر (MS) و دارو یا ورزش بهتر مشخص شود.

آزمون ترجیح ساکارز^۶

در این تحقیق از آزمون ترجیح ساکارز به‌منظور ارزیابی وضعیت لذت در حیوانات با استفاده از پروتکلی که قبلاً توسط والاس^۷ و همکاران (۱۸) توصیف شده است، استفاده می‌شود. در این آزمون حیوانات با دو ظرف آب که در قفس هر موش در دو روز اول قرار داده می‌شود، آشنا می‌شوند. یکی از دو بطری با یک بطری حاوی محلول ساکارز ۱ درصد در جریان روز دوم جایگزین می‌شود. در روز تست

1. Elevated plus maze or EPM
2. Open-field test or OFT
3. Central zone
4. Locomotion
5. Restraint Stress 2hr
6. Sucrose preference test (SPT)
7. Wallace

حیوانات از غذا و آب به مدت ۸ ساعت محروم می‌شوند و ترجیح ساکارز در طول یک ساعت از مصرف مایع با استفاده از دو بطری محلول ساکارز ۱ درصد و آب انجام می‌گیرد. آزمون ترجیح ساکارز با استفاده از معادله زیر که نسبت محلول ۱ درصد ساکارز مصرف‌شده به کل مایع مصرف‌شده را ارزیابی می‌کند، اندازه‌گیری می‌شود:

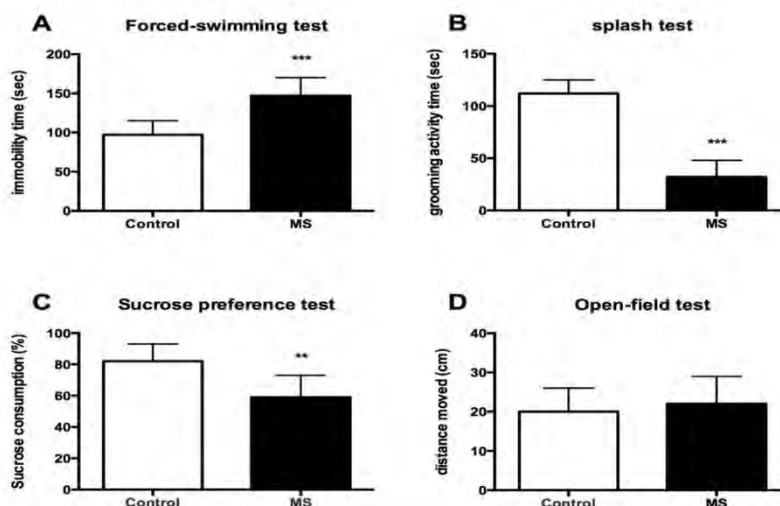
$$\text{ساکارز مصرف‌شده} + \text{آب مصرف‌شده} / \text{ساکارز مصرف‌شده} = \text{ترجیح ساکارز}$$

بررسی کمی داده‌ها (رفتاری) بین گروه‌ها با استفاده از تی تست^۱ و آنوا^۲ با استفاده از نرم‌افزار گراف پد^۳ صورت گرفت. سطح معناداری برای تمام محاسبات $P < 0.05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

با استفاده از تست‌های (FST)، (SPT) و (splash test) و روش آماری تی تست مشخص شد که استرس (MS) به‌صورت معناداری موجب بروز رفتارهای افسردگی در حیوانات شد. در تست (OF) استرس دوران کودکی موجب تغییرات معناداری با گروه کنترل نشد ($P < 0.05$). استرس دوران کودکی موجب افزایش زمان بی‌حرکتی در تست (FST) شد که به معنای رفتار افسردگی، یاس و ناامیدی است (شکل ۱ A). $t = 4/842$, $df = 14$, $P < 0.001$. همچنین (MS) موجب کاهش پاسخ رت‌های بالغ به ساکارز ۱۰ درصد در تست (splash test) شد. کاهش پاسخ در این تست بیانگر کاهش انگیزه و عدم تطابق با رفتارهای با انگیزه شخصی است که از علائم مشخصه افسردگی در انسان است (شکل ۱ B). $P < 0.001$. از طرفی تست (SPT) بیانگر فقدان احساس لذت^۴ بوده که از علائم اصلی افسردگی است. در حقیقت کاهش علاقه حیوان به مصرف ساکارز ۱ درصد به‌عنوان یک فعالیت دارای پاداش مغزی اندیکسی از افسردگی است. در این تحقیق (MS) به‌صورت معناداری موجب کاهش مصرف ساکارز درصد توسط رت‌های گروه استرس شد (شکل ۱ C). $t = 3/654$, $df = 14$, $P < 0.01$. همان‌طور که گفته شد استرس دوران کودکی تغییر چشمگیری در فعالیت حرکتی حیوانات در مقایسه با گروه کنترل به‌وجود نیاورد (شکل ۱ D). $t = 0/6136$, $df = 14$, $P < 0.05$.

1. t-test
2. one way ANOVA
3. Graph-pad prism
4. Anhedonia



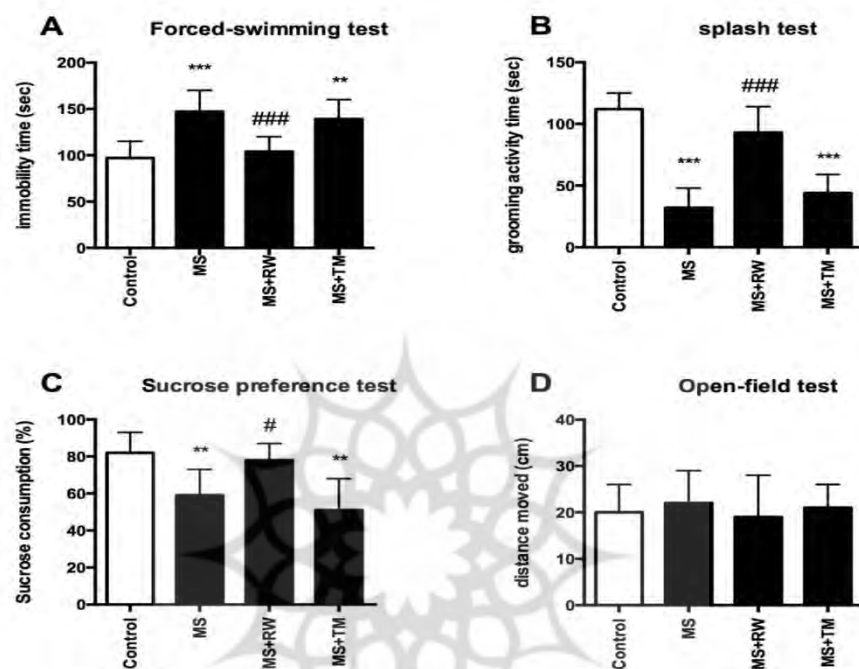
شکل ۱. تست‌های رفتاری آزمودنی‌ها: به ترتیب A شنای اجباری، B اسپلش تست، C ساکارز پرفرنس تست، D این فیلد تست در گروه‌های کنترل و استرس جدایی از مادر

در تست ورزش اختیاری در مقایسه با گروه کنترل موجب کاهش زمان بی‌حرکتی شد (شکل ۲ A، $F(4,35)=10/43$ ، $P<0/001$). نتایج مشابه در مورد (Splash test) (شکل ۲ B، $F(4,35)=9/071$ ، $P<0/001$) مشاهده شد. بررسی آماری تکمیلی با تست توکی^۱ مشخص کرد که ورزش اختیاری (RW) در مقایسه با گروه استرس (MS) موجب بروز اثرات ضدافسردگی در تست (FST) شده است (شکل ۲ A، $### P<0/001$). نتایج مشابه در مورد (Splash test) (شکل ۲ B، $### P<0/001$) و پاسخ به محلول ساکارز ۱ درصد در تست (SPT) (شکل ۲ C، $### P<0/05$) به‌دست آمد. درحالی‌که تغییر معناداری بین اثر ورزش اجباری (TM) و گروه استرس (MS) دیده نشد ($P<0/05$).

شکل ۲ نشان داد که بین گروه کنترل مثبت (MS) با گروه تمرین اختیاری تفاوت معناداری وجود دارد، ولی در مقایسه با گروه تمرین اجباری تردمیل (TM) تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P<0/05$). با توجه به نتایج ارائه‌شده در جدول ۱ و شکل ۳ و سطح معناداری به‌دست‌آمده مشخص می‌شود که بین میانگین به‌دست‌آمده گروه‌ها تفاوت معناداری وجود دارد، بنابراین فرض صفر رد می‌شود، از این‌رو با

1. Tukey's post

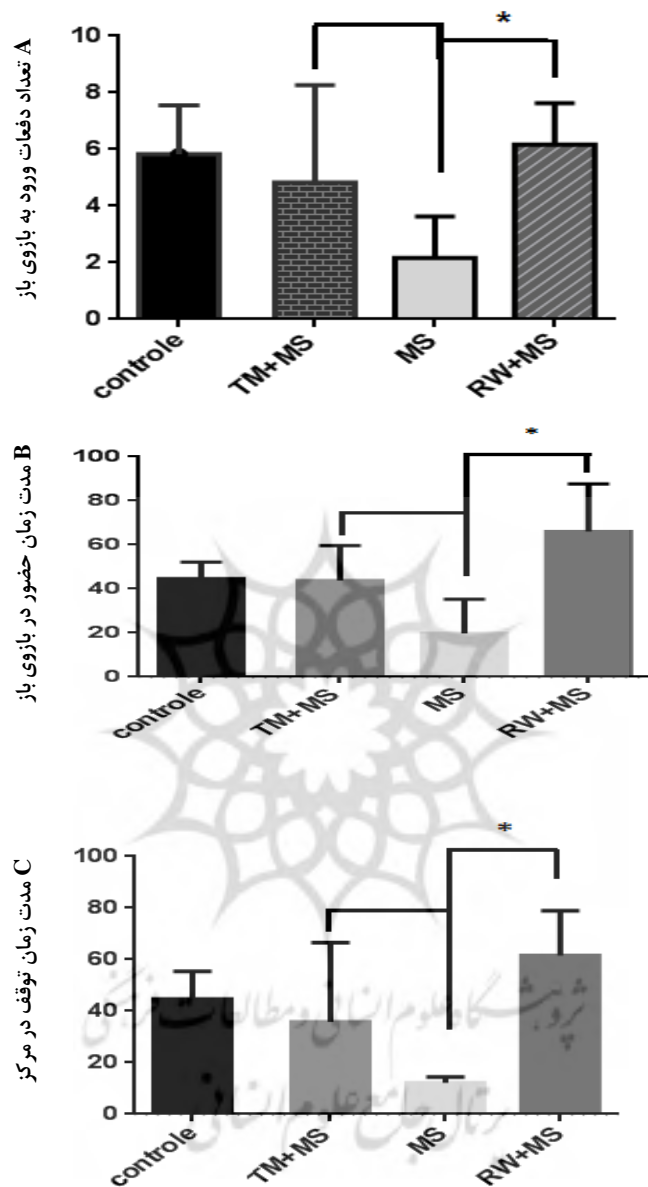
توجه به برابر نبودن واریانس نمونه‌ها^۱ ($P < 0/05$) از آزمون تعقیبی توکی برای یافتن جایگاه معناداری استفاده شد.



شکل ۲. تست‌های رفتاری آزمودنی‌ها: به ترتیب A شنای اجباری، B اسپلش تست، C ساکارز پرفرنس تست، D این فیلد تست در گروه‌های کنترل، استرس جدایی از مادر (MS)، رانینگ ویل و (MS)، تردمیل و (MS)

نتایج بررسی بین‌گروهی حاصل از این آزمون که در جدول ۲ ارائه شده است، نشان می‌دهد ($P < 0/05$) بین گروه کنترل مثبت (MS) با گروه تمرین اختیاری تفاوت معناداری وجود دارد، ولی در مقایسه با گروه تمرین اجباری تردمیل (TM) تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P < 0/05$).

1. Homogeneity of Variance



شکل ۳. A. دفعات عبور از بازوی باز، B. مدت زمان توقف در بازوی باز و C. مدت زمان توقف در مرکز آزمون (EPM)، در گروه‌های تحقیق که نشان‌دهنده وضعیت تفاوت میانگین بین گروه‌های تحقیق است ($P < 0.05$). (MS) جداسازی از مادر، C کنترل، (TM) تردمیل، (RW) رانینگ ویل

جدول ۱. نتایج تحلیل واریانس یکطرفه دفعات عبور از بازوی بازآزمون (EPM)، در گروه‌های تحقیق که نشان‌دهنده وضعیت تفاوت میانگین بین گروه‌های تحقیق است ($P < 0.05$)

سطح معناداری P	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	
۰/۰۱۴*	۳/۸۷	۱۵/۸۰	۴	۶۳/۲۰	بین گروهی
		۴/۱۰	۲۵	۱۰۲/۶۶	درون گروهی
			۲۹	۱۸۵/۶۶	کل

جدول ۲. نتایج آزمون تعقیبی توکی برای تعداد دفعات ورود به بازوی باز در آزمون (EPM)

ارزش P	خطای استاندارد	میانگین اختلاف	گروه	گروه
۰/۶۰	۱/۵۲	-۲/۶۶	TM	MS
۰/۰۰۷*	۰/۸۴	-۴/۰۰	RW	MS

سطح معناداری، ۰/۰۵ است.

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان داد که استرس جدایی از مادر خود در مراحل اولیه (MS) موجب بروز رفتارهای اضطرابی و افسردگی می‌شود. همچنین نتایج بیانگر این بود که ورزش اختیاری و اجباری می‌تواند افسردگی و رفتار شبه‌اضطرابی را در حیوانات بهبود بخشد.

بسیاری از شواهد نشان داده است که حوادث استرس‌زا در اوایل زندگی می‌تواند تأثیرات مخربی بر مغز و خلق‌وخوی بگذارد (۱). از طرفی نتایج ما، براساس گزارش مطالعات انجام‌گرفته نشان می‌دهد (MS) می‌تواند تحریکات لازم برای رفتارهای افسردگی در حیواناتی مانند چوندگان را ایجاد کند. یکی از علائم افسردگی در چوندگان افزایش در زمان بی‌حرکی در آزمون (FST) است (۱۴). تمرین اختیاری زمان بی‌حرکی را در موش‌های (MS) کاهش می‌دهد. محققان از (SPT) برای ارزیابی یأس انگیزی که از علائم اصلی افسردگی است، استفاده کردند (۲۰، ۱۹).

نتایج این مطالعه نشان داد که تمرین داوطلبانه (RW) می‌تواند سبب فقدان لذت و یأس انگیزی خلق‌وخو و افزایش حس لذت در روی موش مبتلا به افسردگی شود که از طریق استرس جدایی از مادر ایجاد شده است. همچنین مشخص شد که ورزش ارادی (TM) علائم افسردگی در بزرگسالی را کاهش می‌دهد (۲۱). نتایج تست (EPM) در این مطالعه نشان داد که حیوانات دچار استرس دارای اضطراب‌اند.

کاهش دفعات ورود حیوان به بازوهای باز در (EPM) نمایانگر وجود رفتارهای اضطرابی در حیوان است. در حقیقت حیوان مضطرب از حضور در فضایی باز و بدون دیوار هراس و اضطراب دارد و ترجیح می‌دهد در بازوهای بسته باقی بماند. از طرفی کاهش دفعات ورود حیوان به بازوهای باز در گروه استرس با کاهش زمان حضور آنها همراه بود که خود شاخصی برای وجود رفتارهای اضطرابی در موش‌هاست. با این اوصاف، ورزش اختیاری قادر به کاهش این رفتارهای اضطرابی در حیوان شد و اثر حفاظتی از خود نشان داد. حضور نداشتن در فضای مرکزی دستگاه (EPM) بر این دلالت دارد که حیوان از حضور در فضای باز دچار اضطراب و هراس است، البته ورزش (نوع اختیاری بهتر) اختلال در این رفتار را نیز بهبود بخشید.

براساس این نتایج ورزش داوطلبانه منافع بیشتری از ورزش اجباری دارد که می‌تواند فاکتوری اساسی در درمان غیردارویی در موش‌های بالغ و عاملی در جهت غنی‌سازی زیست‌محیطی باشد (۲۳)، (۲۲).

برخی مطالعات به نقش مهم رفتار در موش‌های بالغ اشاره کرده و بیان داشته‌اند که (MS) در شکل‌گیری مدارهای عصبی مرتبط با انگیزه و رفتار اجتماعی نقش مهمی بازی می‌کند (۲۵، ۲۴). بر این اساس، در این سن ممکن است در موش حوادث استرس‌زا در اوایل زندگی از طریق اثر بر روی ویژگی‌های رفتاری و شکل‌گیری اعصاب رخ دهد. مطالعات پیشین تفاوت‌های اساسی تمرین اجباری و اختیاری را در بروز ویژگی‌های رفتاری تأیید کرده‌اند (۲۴-۲۲). اگرچه تأثیرات مفید تمرین اجباری در موقعیت‌های استرس‌زا نشان داده شده، با این حال در این مورد به یک تمرین اجباری در کاهش پاسخ استرس به محرک استرس‌زای جدید اشاره شده است. از سوی دیگر، نباید استرس دویدن روی تردمیل را که ناشی از شوک الکتریکی است، فراموش کنیم (۲۸-۲۶). از آنجا که (MS) با پاسخ‌های استرسی اولیه در حیوان همراه است، اجبار به تمرین بر روی تردمیل نمی‌تواند در کاهش رفتارهای شبه‌افسردگی مؤثر واقع شود و احتمالاً به‌سبب ذات استرس‌زای تمرین است.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمرینات ورزشی به‌خصوص تمرین اختیاری به‌عنوان درمان غیردارویی در دوران نوجوانی نقش مؤثری در تعدیل رفتارهای ناشی از استرس جدایی از مادر دارد و به تغییرات رفتاری و خلق‌وخو منجر می‌شود که می‌تواند در کاهش آسیب‌های اجتماعی و شخصی افراد مؤثر باشد.

با عنایت به اینکه این پژوهش بر روی حیوانات آزمایشگاهی صورت گرفت، فعالیت بدنی شاید بتواند به‌عنوان راهکاری مؤثر و بدون عارضه در برابر تأثیرات منفی داروهای ضد اضطراب مورد توجه پزشکان در درمان اضطراب این آزمودنی‌ها مورد توجه قرار گیرد و فعالیت بدنی شاید بتواند به‌عنوان روشی مطمئن و بی‌خطر تأثیرات مطلوبی را در بهبود رفتارهای اجتماعی در بهبود عملکرد مطلوب در مواجهه با شرایط استرس‌زا داشته باشد. البته تعمیم آن به انسان و انتخاب نوع ورزش از نظر اجباری یا اختیاری بودن نیز به بررسی‌های بیشتر نیاز دارد.

منابع و مأخذ

1. Lupien, J S. (2009). "Effects of stress throughout the lifespan on the brain, behaviour and cognition". *Nature Reviews Neuroscience* 10(6): 45-434.
2. Hagberg, Henrik. (2014). "Mitochondria: hub of injury responses in the developing brain". *The Lancet Neurology*;13(2): 32-217.
3. McCrory Eamon, Stephane A, De Brito, Essi Viding. (2010). "Research review: the neurobiology and genetics of maltreatment and adversity". *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 95-1079.
4. Goodman Sherryl H, et al. (2011). "Maternal depression and child psychopathology: a meta-analytic review". *Clinical child and family psychology review*. 27-114.
5. Nishi Mayumi, et al. (2013). "Effects of early life stress on brain activity: implications from maternal separation model in rodents". *General and comparative endocrinology*. 9-181:306.
6. O'Mahony, M S. (2011). "Maternal separation as a model of brain-gut axis dysfunction". *Psychopharmacology* 214(1): 88-71.
7. Harris E, Baune BT. (2012). "Neuroimmunological effects of physical exercise in depression". *Brain, behavior, and immunity* 26(2): 66-251.
8. Moylan S, et al. (2013). "Exercising the worry away: how inflammation, oxidative and nitrogen stress mediates the beneficial effect of physical activity on anxiety disorder symptoms and behaviours". *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 84-573.
9. Radak Zsolt, et al. (2008). "Exercise, oxidative stress and hormesis". *Ageing research reviews* 42-34.
10. Vaynman Shoshanna, Zhe Ying, Fernando Gomez-Pinilla. (2004). "Hippocampal BDNF mediates the efficacy of exercise on synaptic plasticity and cognition". *European Journal of Neuroscience*;90-2580.
11. Burghardt, R P. (2004). "The effects of chronic treadmill and wheel running on behavior in rats". *Brain research* 1019(1): 96-84.

12. gorji a, mirdar s, nazari s, hedayati m. (2012). "The effect of endurance training and curcumin supplement on lung HIF- α levels in rat exposed to lead acetate ". *sport physiology and physical activity*; 34-7,523 :in persian.
13. Rahmani A, Sheikh M ,Hemayat TR, Naghdi N. (2013). "The effect of exercise training on stress-induced changes in learning". *Arak Medical University Journal*;16(70): 64-52.
14. Cryan JohnF, Athina Markou, Irwin Lucki. (2002). "Assessing antidepressant activity in rodents: recent developments and future needs". *Trends in pharmacological sciences*;23(5): 45-238.
15. Marrocco Jordan, et al. (2014). "The effects of antidepressant treatment in prenatally stressed rats support the glutamatergic hypothesis of stress-related disorders". *The Journal of Neuroscience*;34(6) 24-2015.
16. Pellow Sharon, et al. (1986). "Validation of open: closed arm entries in an elevated plus-maze as a measure of anxiety in the rat". *Journal of neuroscience methods* 14(3) 67-149.
17. Katz R J, KA Roth, BJ. Carroll. (1981). "Acute and chronic stress effects on open field activity in the rat: implications for a model of depression". *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 5(2):51-247.
18. Wallace DL, Vialou V, Rios L, Carle-Florence TL, Chakravarty S, Kumar A, et al . " (THE INFLUENCE OF Δ FOSB IN THE NUCLEUS ACCUMBENS ON NATURAL REWARD-RELATED BEHAVIOR". *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*;28(41):7-10272.
19. Amiri S, Amini-Khoei H, Haj-Mirzaian A, Rahimi-Balaei M ,Naserzadeh P, Dehpour A, et al. (2015). "Tropisetron attenuated the anxiogenic effects of social isolation by modulating nitrenergic system and mitochondrial function". *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*;1850(12):75-2464.
20. Amiri S, Haj-Mirzaian A, Rahimi-Balaei M, Razmi A, Kordjazy N, Shirzadian A, et al. (2015). "Co-occurrence of anxiety and depressive-like behaviors following adolescent social isolation in male mice; possible role of nitrenergic system". *Physiology & behavior*;44-38.
21. Daniels WM. (2012). "Exercise normalizes altered expression of proteins in the ventral hippocampus of rats subjected to maternal separation". *Experimental physiology*;97(2): 47-239.
22. Bekinschtein P, Oomen CA, Saksida LM, Bussey TJ. (2011). "Effects of environmental enrichment and voluntary exercise on neurogenesis, learning and memory, and pattern separation: BDNF as a critical variable?". *Seminars in cell & developmental biology*;22(5):42-536.
23. Olson AK. (2006). " Environmental enrichment and voluntary exercise massively increase neurogenesis in the adult hippocampus via dissociable pathways". *Hippocampus*;16(3): 60-250.
24. Ernst M, Romeo RD, Andersen SL. (2009). "Neurobiology of the development of motivated behaviors in adolescence: a window into a neural systems model". *Pharmacology Biochemistry and Behavior*;93(3):211-199.

25. Morley-Fletcher S. (2003). "Environmental enrichment during adolescence reverses the effects of prenatal stress on play behaviour and HPA axis reactivity in rats". *European Journal of Neuroscience*; 18(12):74-3367.
26. Dishman RK, Renner KJ, White-Welkley JE, Burke KA, Bunnell BN. (2000). "Treadmill exercise training augments brain norepinephrine response to familiar and novel stress". *Brain research bulletin*;52(5):42-337.
27. Patki G. (2014). "Novel mechanistic insights into treadmill exercise based rescue of social defeat-induced anxiety-like behavior and memory impairment in rats". *Physiology & behavior*;44-130.
28. Patki G, Li L, Allam F, Solanki N, Dao AT, Alkadhi K, et al. (2014). "Moderate treadmill exercise rescues anxiety and depression-like behavior as well as memory impairment in a rat model of posttraumatic stress disorder". *Physiology & behavior*;53-130.

