

Simultaneous effect of aerobic exercise and nanocurcumin supplementation on the expression of BDNF and NGF genes in rats with brain tumor

Salmah mohamadi ¹ , Hosein Shirvani ^{2*} , Mehdi Roozbahani ³ , Masoud Rahmati ⁴ 

¹Dept of Exercise Physiology, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Borujerd, Iran

²Exercise Physiology Research Center, Lifestyle Institute, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran

³Dept of Motor Behavior, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Borujerd, Iran

⁴Dept of Sports Science, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, Khorramabad, Iran

Article Info

Article type:
Research article

Article History:

Received: Jun. 06, 2023

Revised: Nov. 18, 2023

Accepted: Jan. 10, 2024

Published Online: Jun. 15, 2024

* Correspondence to:

Hosein Shirvani

Exercise Physiology Research
Center, Lifestyle Institute,
Baqiyatallah University of
Medical Sciences, Tehran,
Iran

Email:

shirvani.h2006@gmail.com

ABSTRACT

Introduction: Increased nerve growth factor (NGF) and brain-derived neurotrophic factor (BDNF) signaling in neuroblastoma cells may represent an autocrine system to support cancer growth, invasion, and metastasis. Therefore, this research aimed to assess the simultaneous effect of aerobic exercise and nano curcumin supplementation on the expression of BDNF and NGF genes in rats with brain tumors.

Material & Methods: A total of 35 male Wistar rats were randomly assigned to seven groups of five: healthy base control, healthy control of 4 weeks, base cancer control, four weeks of cancer control, cancer+nanocolumns, cancer+aerobic, and cancer exercise+aerobic exercise+nanocolumns. After injecting cancer cells into the mice's forehead cortex, with 80 mg/kg supplement gauges for 28 days, five days a week, enter the main aerobic exercise program on the rotating tape for four weeks, three days a week. At 18 m/min, they were 25-40 minutes. In the end, the mice were sacrificed, and data were collected.

Results: The expression of the BDNF gene in the training+nano curcumin group was significantly decreased compared to the baseline cancer control and 4-week cancer (P<0.05). Moreover, the expression of the NGF gene in the exercise group showed a significant decrease compared to the baseline cancer control and 4-week cancer (P<0.05). Nonetheless, no significant difference was observed in the nano curcumin group and nanocurcumin +exercise (P>0.05).

Discussion & Conclusion: It seems that aerobic exercise along with nanocurcumin can possibly increase neurogenesis in rats with brain cancer by reducing BDNF and NGF gene expression through receptors.

Keywords: Aerobic training, BDNF, Brain Tumor, Nanocurcumin supplement, NGF

➤ How to cite this paper

mohamadi S, Shirvani H, Roozbahani M, Rahmati M. Simultaneous effect of aerobic exercise and nanocurcumin supplementation on the expression of BDNF and NGF genes in rats with brain tumor. Journal of Ilam University of Medical Sciences. 2024;32(2): 76-87.



اثربخشی همزمان تمرین هوازی و مصرف مکمل نانوکورکومین بر بیان ژنهای BDNF و NGF در موش صحرایی با تومور مغزی

سلما محمدی^۱، حسین شیروانی^{۲*}، مهدی روزبهانی^۳، مسعود رحمتی^۴

^۱ گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران

^۲ مرکز تحقیقات فیزیولوژی ورزشی، پژوهشکده سبک زندگی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران

^۳ گروه رفتار حرکتی، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران

^۴ گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۶

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۳/۲۶

مقدمه: افزایش سیگنال دهی BDNF و NGF در سلولهای نوروبلاستوما ممکن است نشان دهنده یک سیستم اتوکرین برای حمایت از رشد، تهاجم و متاستاز سرطان باشد. هدف از این تحقیق بررسی تأثیر همزمان تمرین هوازی و مصرف مکمل نانوکورکومین بر بیان ژنهای BDNF و NGF در موش صحرایی با تومور مغزی بود.

مواد و روش ها: ۳۵ سر موش صحرایی نر نژاد ویستار به طور تصادفی به ۷ گروه ۵ تایی، کنترل سالم پایه، کنترل سالم ۴ هفته، کنترل سرطان پایه، کنترل سرطان ۴ هفته، سرطان+نانوکورکومین، سرطان+تمرین و سرطان+تمرین+نانوکورکومین تقسیم شدند و پس از تزریق سلولهای سرطانی در قشر پیشانی موش ها، با گاوآژ مکمل نانوکورکومین به میزان ۸۰ mg/kg به مدت ۲۸ روز، ۵ روز در هفته، وارد برنامه اصلی تمرین هوازی بر روی نوار گردان به مدت ۴ هفته، ۳ روز در هفته با سرعت ۱۸ متر بر دقیقه، ۲۵ تا ۴۰ دقیقه گردیدند. در پایان، موش ها قربانی و داده ها جمع آوری شد.

یافته های پژوهش: بیان ژن BDNF در گروه تمرین+نانوکورکومین نسبت به کنترل سرطان پایه و سرطان ۴ هفته، به طور معناداری کاهش داشت ($P < 0.05$)؛ همچنین بیان ژن NGF در گروه تمرین نسبت به کنترل سرطان پایه و سرطان ۴ هفته، کاهش معنی داری را نشان داد ($P < 0.05$)؛ اما در گروه نانوکورکومین و تمرین+نانوکورکومین اختلاف معنی داری مشاهده نشد ($P > 0.05$).

بحث و نتیجه گیری: به نظر می رسد، تمرین هوازی به همراه نانوکورکومین با کاهش بیان ژن BDNF و NGF از طریق گیرنده ها احتمالاً می تواند باعث افزایش نرون زایی در موش های مبتلا به سرطان مغز شود.

واژه های کلیدی: تومور مغزی، BDNF، NGF، تمرین هوازی، مکمل نانوکورکومین

نویسنده مسئول:

حسین شیروانی

مرکز تحقیقات فیزیولوژی ورزشی، پژوهشکده سبک زندگی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران

Email:

shirvani.h2006@gmail.com

استناد: محمدی سلما، شیروانی حسین، روزبهانی مهدی، رحمتی مسعود. اثربخشی همزمان تمرین هوازی و مصرف مکمل نانوکورکومین بر بیان

ژنهای BDNF و NGF در موش صحرایی با تومور مغزی. مجله دانشگاه علوم پزشکی ایلام، خرداد ۱۴۰۳؛ ۳۲(۲): ۷۶-۸۷.

مقدمه

سرطان یک نگرانی عمده بهداشتی در سراسر جهان و عامل بسیاری از مرگ‌ومیرها است. علی‌رغم پیشرفت‌های پزشکی و فناوری در پیشگیری و درمان سرطان، شیوع افراد مبتلا به سرطان در همه کشورهای روندی صعودی داشته است. با افزایش گسترده موارد، سرطان به یکی از علل اصلی مرگ‌ومیر در ایران نیز تبدیل شده است (۱). تومورهای مغزی شامل دو نوع اولیه و متاستاتیک

(ثانویه) است. گلیوما بدخیم‌ترین نوع تومور مغزی اولیه است که از بافت گلیا ناشی شده است و شامل تقریباً ۳۰ درصد از همه تومورهای اولیه مغز می‌شود (۲) که شایع‌ترین و تهاجمی‌ترین آن‌ها گلیوبلاستوما مولتی فرم (GBM) با میزان بقای ۵ ساله ۶/۸ درصد است (۳). از سویی، نوروتروفین‌ها عامل‌هایی از خانواده رشد هستند که اساساً به واسطه توانایی آن‌ها در حفاظت بقای عصبی شناسایی می‌گردند. علاوه بر این، باعث حفظ، بقا و تمایز نورونی هستند و همچنین سرنوشت تقسیم سلولی و مرگ عصبی را تنظیم می‌کنند (۴). افزایش سیگنال‌دهی نوروتروفین‌هایی نظیر BDNF و NGF در سلول‌های نوروبلاستوما ممکن است نشان دهنده یک سیستم اتوکرین برای حمایت از رشد، تهاجم و متاستاز سرطان باشد (۵). از سوی دیگر، نوروتروفین‌ها مواد شیمیایی هستند که به تحریک و کنترل نروژنز کمک می‌کنند و در هیپوکامپ، مخ، مخچه و ناحیه بازال مغز پیشین فعال‌اند که نواحی حیاتی برای یادگیری، حافظه و تفکر عالی هستند (۶). مطالعات اخیر حاکی از آثار مفید فعالیت ورزشی بر ساختار مغز و عملکرد شناختی از طریق بهبود سطح نوروتروفین‌ها است (۷). فعالیت ورزشی یکی از رویکردهای حمایتی و غیرتهاجمی برای افزایش بیان نوروتروفین‌ها در مغز است (۸). بسیاری از مطالعات پیشین گزارش کردند که فعالیت ورزشی بازسازی سلول‌های عصبی را با افزایش بیان NGF تحریک می‌کند. افزایش NGF رشد، تمایز و آپوپتوز سلول‌های عصبی را کنترل می‌نماید و در نتیجه، از آسیب سلول عصبی جلوگیری می‌کند (۹). کورکومین ماده مؤثر زردچوبه (Turmeric) و ترکیبی پلی‌فنولی و نامحلول در آب

است (۱۰). در مطالعات بالینی، آثار دارویی متعددی را برای کورکومین گزارش دادند که می‌توان به آثار ضدالتهابی، ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی، درمان بیماری‌های دیابتی، آرتريت روماتوئید، کاهش فشارخون و سرطان اشاره کرد (۱۰). کورکومین به‌عنوان عامل ضدسرطانی هم شناخته شده است (۱۱). مطالعات نشان داده که کورکومین مانع از بروز سرطان در سه مرحله رگ‌زایی، رشد و پیشرفت تومور می‌شود (۱۲). کورکومین اثر حفاظتی خود در برابر اختلال شناختی را از طریق ختنی کردن آثار منفی استرس اکسایشی و تنظیم مثبت بیان مولکول مرتبط با BDNF ایفا می‌کند. آثار آنتی‌اکسیدانی قوی کورکومین شامل کاهش استرس اکسایشی از طریق اثرگذاری روی BDNF، شکل‌پذیری سیناپسی و عملکرد شناختی است (۱۳)؛ باین‌حال، با وجود مطالعات انجام‌شده درباره تمرینات ورزشی و مکمل‌های گیاهی و آثار آن‌ها بر بیماران سرطانی، یافته‌های تحقیقاتی همچنان ضدونقیض است و با دانش ما تحقیقی که بخواهد تأثیر هم‌زمان تمرینات هوازی و مکمل‌دهی نانو کورکومین را بر بیان BDNF و NGF در بیماران سرطانی بررسی کند تا حالا صورت نگرفته است؛ بنابراین، با توجه به نیاز به توسعه راهبردهای درمانی غیردارویی برای جلوگیری یا درمان عوارض مرتبط با سرطان و با فرض اینکه کاربرد مصرف مکمل نانو کورکومین به‌همراه تمرین هوازی می‌تواند در بهبود بیماران سرطانی سودمند باشد، لزوم انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه احساس می‌شود؛ از این‌رو، هدف مطالعه حاضر بررسی اثر تمرین هوازی به‌همراه مصرف مکمل نانو کورکومین بر بیان BDNF و NGF در موش صحرایی القاشده با تومور است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق از نوع تجربی با طرح پس‌آزمون با گروه کنترل انجام شده است. تعداد ۳۵ سر موش صحرایی نر سالم نژاد ویستار هشت‌هفته‌ای، در محدوده وزن $223 \pm 16/99$ گرم از انستیتو پاستور (تهران، ایران) خریداری و به اتاق حیوانات دانشگاه منتقل شد و به‌صورت جداگانه در قفس‌های پلی‌کربنات شفاف (هر ۵ رت در یک قفس) و در شرایط

هم‌زمان گروه تمرین بر روی نوار گردان تمرینات هوازی را بر اساس جدول شماره ۱ انجام دادند. ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین، حیوانات با تزریق صفاقی زایلازین و کتامین بیهوش شدند و قربانی گردیدند؛ سپس مغز موش‌ها در شرایط استریل خارج و برای رنگ‌آمیزی (هماتوکسیلین و ائوزین) و پردازش بافتی (از نظر اندازه تومور، نکروز بافتی و مرگ سلول‌های نورونی) و بررسی بیان ژن‌های مدنظر به‌عنوان نمونه جدا شد و بلافاصله در نیتروژن مایع قرار گرفت. نمونه‌ها تا زمان انجام آزمایش‌ها در فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد، برای جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها نگهداری گردید. این مطالعه از سوی کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی بروجرد با کد: IR.IAU.B.REC.1400.030 بررسی و تایید شد.

دمایی 22 ± 2 درجه سانتی‌گراد، تحت شرایط ۱۲:۱۲ ساعت تاریکی-روشنایی و رطوبت ۵۵ درصد نگهداری گردیدند. به‌استثنای زمان آزمون‌ها، غذای استاندارد پلت و آب به‌صورت آزاد در دسترس حیوانات قرار داشت. پس از گذشت یک هفته از سازگاری با محیط آزمایشگاه، موش‌ها بر اساس وزن همسان‌سازی و به‌طور تصادفی به ۷ گروه ۵ تایی شامل گروه کنترل سالم پایه، کنترل سالم ۴ هفته، کنترل سرطان +نانو کورکومین، سرطان +تمرین هوازی و گروه سرطان +تمرین هوازی +نانو کورکومین تقسیم و در نهایت، وارد مراحل بعدی تحقیق شدند. یک هفته پس از القای سلول‌های سرطانی در قشر پیشانی موش‌ها، مکمل نانو کورکومین آماده-سازی و برای گروه نانو کورکومین مطابق دستورالعمل گاوآز گردید.

جدول شماره ۱. دستورالعمل تمرین هوازی روی نوار گردان

تکرار تمرین	مدت تمرین	شدت تمرین (VO2max)	سرعت تمرین	هفته	اجرای تمرین
۳ روز / هفته	۲۵ دقیقه / روز	۶۰-۷۰ درصد	۱۸ متر / دقیقه	۱	هوازی (تردمیل)
۳ روز / هفته	۳۰ دقیقه / روز	۶۰-۷۰ درصد	۱۸ متر / دقیقه	۲	
۳ روز / هفته	۳۵ دقیقه / روز	۶۰-۷۰ درصد	۱۸ متر / دقیقه	۳	
۳ روز / هفته	۴۰ دقیقه / روز	۶۰-۷۰ درصد	۱۸ متر / دقیقه	۴	

و لام نتوبار استفاده گردید. درصد سلول‌های رنگ گرفته (آبی) به‌عنوان درصد سلول‌های مرده تعیین شد. استخراج RNA و ساخت: cDNA برای استخراج RNA total به نسبت ۱ به ۱۰ در Isol RNA- reagent Lysis مطابق با دستور کار کیت (کیژن، آلمان) هموزن شد. به‌منظور برداشتن اجزای پروتئینی محصول حاصل در C_4 ، ۱۰ دقیقه با دور ۱۲۰۰۰ سانتریفیوژ گردید. سوپرناتانت برداشته شد و با نسبت ۱ به ۵ / ۰ با Isol اولیه با کلروفورم مخلوط گردید. محصول در C_4 ، ۱۵ دقیقه با دور ۱۲۰۰۰ سانتریفیوژ شد و بخش معدنی و آبی از هم جدا گردید. بخش محتوی RNA برداشته و با نسبت ۱ به ۵ / ۰ با ایزوپروپانل مخلوط و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای اتاق رها و سپس در C_4 ، ۱۰ دقیقه با دور ۱۲۰۰۰ سانتریفیوژ شد. پلیت حاوی RNA در 20 μ L آب Free-RNAs حل گردید. غلظت RNA با استفاده از دستگاه

نحوه کشت سلول‌های گلیوبلاستوما C6: سلول‌های C6 در فلاسک در محیط RPMI 300 mg/ml پنی‌سیلین (Sigma, USA) 720 mg/ml استرپتومایسین (داروسازی جابرین حیان) و ۲ گرم در لیتر سدیم بی‌کربنات ۱۰ درصد (Merck, Germany) کشت داده شدند. محیط کشت سلولی به حجم نهایی ۱۰۰۰ میلی‌لیتر بود و pH آن روی ۷/۱ تنظیم گردید؛ سپس با بافر نمکی فسفات (Gibco, USA) و محلول تریسین-EDTA 025/0 درصد و با محیط FBS (Fetal Bovine Serum) 10 درصد خنثی‌سازی شد. محلول با ۱۲۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ و سلول‌ها جداسازی گردید. تراکم اولیه برای کشت سلول 100000 cell/cm2 در نظر گرفته شد. در نهایت، برای شمارش و بقای سلولی از ۱۰ میکرولیتر رنگ تریان بلو (۰/۴ درصد وزنی-حجمی) و ۹۰ میکرولیتر از سوسپانسیون سلولی

nono drop سنجیده و نسبت ۲۶۰ به ۲۸۰ بین ۱/۸ تا ۲ به عنوان تخلیص مطلوب تعریف شد. پس از استخراج RNA با خلوص و غلظت بالا از همه نمونه‌های مطالعه شده، مراحل سنتز cDNA طبق دستورالعمل شرکت سازنده (Fermentas, USA) صورت گرفت و سپس cDNA سنتز شده برای انجام واکنش رونویسی معکوس استفاده گردید.

طراحی پرایمرها و بررسی بیان ژن BDNF و NGF با qRT-PCR: برای آماده سازی پرایمرها، در هر تیوب از آب مقطر استریل حاوی ۱۰ میکرولیتر پرایمر لیوفیلیزه شده، برای پرایمر جلویی 5/0 (Primer Forward) میکرولیتر، برای پرایمر معکوس 5/0 (Primer Revers) میکرولیتر، 1 cDNA میکرولیتر و آب دیپس 8 (DEPC Water) میکرولیتر استفاده شد. برای بیان ژن به روش qRT-PCR با استفاده از محلول

کیازول، RNA کل سلولها بر اساس دستورالعمل سیتاژن استخراج گردید. کیفیت RNAهای استخراج شده با دستگاه اسپکتروفتومتری ارزیابی شد. برای تهیه cDNA تک رشته ای از پرایمر Oligo dt و آنزیم نسخه برداری معکوس بر اساس دستورالعمل مربوطه استفاده گردید. هر واکنش PCR در دستگاه ABI Step One بر اساس دستورالعمل شرکت سازنده انجام گرفت. چرخه های واکنشی Real-Time PCR برای ژن BDNF و NGF با سه دمای ۹۴، ۶۰ و ۷۲ درجه سانتی گراد انجام شد. نمودار ذوب برای بررسی صحت واکنش های PCR انجام گردید. از GAPDH به عنوان ژن مرجع BDNF و NGF استفاده شد. میزان بیان ژن های کنترل و تجزیه به صورت توأمان باهم اندازه گیری گردید. پرایمرهای استفاده شده در جدول شماره ۲ آمده است.

جدول شماره ۲. پرایمرهای استفاده شده در تحقیق

اندازه (bp)	آغازگر برگشتی	آغازگر جلویی	ژن
139	CCCCATTTGATGTTAGCGGG	CAAGTTC AAGGGCACAGTCA	GAPDH
104	TTCCTCCAGCAGAAAAGAGCA	GGCCCAACGAAGAAAACCAT	BDNF
115	GTCCGTGGCTGTGGTCTTAT	CAACAGGACTCACAGGAGCA	NGF

نحوه القای سلول های سرطان: پیش از شروع مطالعه لازم بود موش ها سرطانی شوند. بر اساس همین، سلول های گلیوما بلاستوما ی C6 حیوانی کشت داده شد و پس از بیهوش کردن موش ها با استفاده از کتامین (80 mg/kg) و زایلازین (20 mg/kg)، با ایجاد برش پوستی در ناحیه پشتی جمجمه و برداشتن پر پوستوم بر اساس دستورالعمل سوانسون با استفاده از پمپ انفوزیون و دستگاه استریوتاکسی در ناحیه قشر پیشانی

راست با عمق ۲/۵ میلی متر، به مدت ۱۰ دقیقه به آرامی در مغز موش ها با مختصات زیر بر روی استخوان تعیین گردید و به حجم ۱۰ میکرولیتر با غلظت ۵*۱۰^۵ cells/30 μL تزریق شد. پس از قربانی کردن حیوانات بافت مغز برای پردازش بافتی و رنگ آمیزی با هماتوکسیلین و اتوزین و تأیید بافت شناسی به آزمایشگاه ارسال گردید (۱۴).

mm anteroposterior, 2.0 mm laterolateral, and a depth of 2.5 mm 2.0



تصویر موقعیت تزریق سلول های سرطانی

نانو کورکومین ۵ روز در هفته برای مدت ۲۸ روز با دوز 80 mg/kg برای گروه های سرطان+نانو کورکومین،

تهیه و گاواژ مکمل نانو کورکومین: یک هفته پس از تأیید سرطان در موش ها، بر اساس دستورالعمل، مکمل

گردان، شروع شد. دستورالعمل تمرین هوازی با شدت و سرعت یکسان و مدت پیش‌رونده تدریجی که شامل ۲ مرحله گرم و سرد کردن بود (۵ دقیقه با سرعت ۱۰ متر/دقیقه)، بر اساس مطالعه ال-جراح و همکاران (۲۰۱۰) انجام گردید (۱۶).

تجزیه و تحلیل آماری: داده‌ها به صورت میانگین، انحراف استاندارد و نمودار ارائه شده‌اند. به منظور بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها، از آزمون شاپیرو-ویلک و برای بررسی همگنی واریانس‌ها، از آزمون لون استفاده گردید؛ همچنین برای تعیین معنادار بودن تفاوت میان متغیرها در گروه‌ها، از آزمون آماری تحلیل واریانس یک‌طرفه به همراه آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. همه تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS vol.26 در سطح معنی‌داری $P \leq 0.05$ انجام گرفت.

یافته‌های پژوهش

میانگین و خطای استاندارد متغیرهای تحقیق در جدول شماره ۳ آورده شده است.

جدول شماره ۲. درصد فراوانی آلودگی به گونه‌های هلیکوباکتر.

گروه‌ها متغیرها	کنترل سالم پایه	کنترل سالم پایه ۴ هفته	کنترل سرطان پایه	کنترل سرطان ۴ هفته	سرطان+تمرین بین هوازی	سرطان+نانو کورکومین	سرطان+تمرین هوازی+نانو کورکومین
بیان BDNF	۰/۱±۰/۳۲ ۱/	۱/۰۷±۰/۴۷	۴/۷±۳/۵۱ ۷	۹/۸۹±۱/۴۱	۵/۰۹±۲/۲۳	۴/۲۰±۱/۵۸	۳/۴۸±۱/۰۳
بیان NGF	۰/۲±۰/۴۷ ۱/	۰/۹۸±۰/۶۵	۱/۰۵±۲/۵۲ ۹	۸/۹۱±۱/۹۸	۴/۸۶±۲/۴۶	۵/۷۸±۰/۹۳	۵/۳۴±۲/۵۵

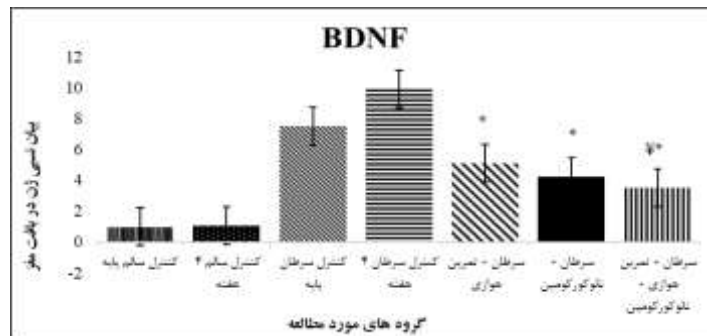
نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه متعاقب ۴ هفته تمرین هوازی و مصرف مکمل نانو کورکومین تفاوت معنی‌داری را میان گروه‌های مختلف برای بیان ژن BDNF نشان داد ($P=0.001$). نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد که بیان ژن BDNF در گروه کنترل سرطان پایه ($P=0.001$)، گروه کنترل سرطان ۴ هفته ($P=0.001$) و گروه سرطان+تمرین هوازی نسبت، به گروه کنترل سالم پایه ($P=0.021$) و گروه سالم ۴ هفته ($P=0.024$)، به طور

سرطان+تمرین+نانو کورکومین با استفاده از سرنگ انسولین بر اساس وزن هر موش گاوژ شد. برای تهیه مکمل نانوذرات کیتوزان، کیتوزان (۵۰۰ میلی‌گرم) در محلول اسید استیک ۲ درصد V/V حل گردید (۵۰ میلی‌لیتر) و با کورکومین در اتانول (۱ میلی‌گرم/ میلی‌لیتر) مخلوط شد. ۱۵ میلی‌لیتر ۱ درصد وزنی-حجمی از محلول TPP به آن اضافه گردید؛ سپس محلول به مدت ۱ ساعت بیشتر هم‌زده شد و در ۱۰.۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۳۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید تا نانوذرات کیتوزان محصور در کورکومین به دست آید. از نانو کورکومین تجاری ساخته شده توسط شرکت اکسیر نانو سینا (تهران، ایران) به عنوان نمونه مقایسه‌ای کیفیت محصول استفاده شد. برای هر حیوان در نهایت، پس از تهیه محصول، ۸۰ میلی‌گرم به‌ازای هر کیلوگرم وزن بدن استفاده گردید (۱۵).

دستورالعمل تمرین هوازی: یک هفته پس از اطمینان یافتن از حصول القای سرطان در موش‌ها، دستورالعمل تمرین اصلی به مدت ۴ هفته، پس از آشنایی یک‌هفته‌ای با نوار

معنی‌داری بیشتر بود؛ همچنین بیان ژن BDNF در گروه‌های سرطان+تمرین، سرطان+نانو کورکومین و سرطان+تمرین+نانو کورکومین، نسبت به گروه کنترل سرطان ۴ هفته، کاهش معنی‌داری داشت ($P=0.001$)؛ همچنین گروه سرطان+تمرین+نانو کورکومین نسبت به گروه کنترل سرطان پایه، به‌طور معنی‌داری کمتر بود ($P=0.026$) (نمودار شماره ۱).

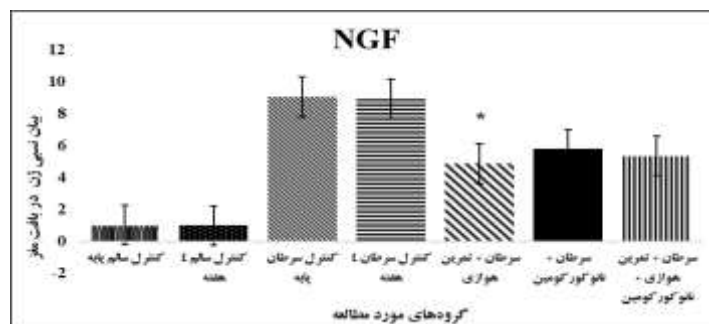
نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه متعاقب ۴ هفته تمرین هوازی و مصرف مکمل نانو کورکومین تفاوت معنی‌داری را میان گروه‌های مختلف برای بیان ژن BDNF نشان داد ($P=0.001$). نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد که بیان ژن BDNF در گروه کنترل سرطان پایه ($P=0.001$)، گروه کنترل سرطان ۴ هفته ($P=0.001$) و گروه سرطان+تمرین هوازی نسبت، به گروه کنترل سالم پایه ($P=0.021$) و گروه سالم ۴ هفته ($P=0.024$)، به طور



نمودار شماره ۱. تغییرات بیان نسبی ژن BDNF در بافت مغز گروه‌های پژوهش. * تفاوت معنادار نسبت به گروه کنترل سرطان ۴ هفته \forall معنی داری نسبت به گروه کنترل سرطان پایه.

به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (نمودار شماره ۲)؛ همچنین نتایج این آزمون نشان داد که بیان ژن NGF در گروه سرطان+تمرین هوازی، نسبت به گروه کنترل سرطان پایه (P=0.021) و سرطان ۴ هفته، اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P=0.028)؛ اما میان گروه‌های نانو کورکومین و تمرین+نانو کورکومین تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P>0.05).

یافته‌های آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه برای بیان ژن NGF تفاوت معنی‌داری را میان گروه‌های مختلف نشان داد (P=0.001). نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد که بیان ژن NGF در گروه کنترل سرطان پایه (P=0.001)، گروه کنترل سرطان ۴ هفته (P=0.001)، گروه سرطان+تمرین هوازی (P=0.040)، گروه سرطان+تمرین هوازی+نانو کورکومین (P=0.006) و گروه کنترل سالم پایه و سالم ۴ هفته (P=0.015)، نسبت به گروه کنترل سالم پایه و سالم ۴ هفته،



نمودار شماره ۲. تغییرات بیان نسبی ژن NGF در گروه‌های پژوهش. * تفاوت معنادار نسبت به گروه کنترل سرطان پایه و سرطان ۴ هفته.

کنترل سرطان پایه و سرطان ۴ هفته، به‌طور معنی‌داری کمتر بود. کاهش نیافتن معنی‌دار بیان ژن NGF در گروه نانو کورکومین و گروه تمرین هوازی+نانو کورکومین از نتایج دیگر این تحقیق است. راهبرد عمده در مبارزه هدفمند با بیماری سرطان شامل مهار رگ-زایی، القای مرگ برنامه‌ریزی‌شده سلول و تنظیم مسیرهای حیاتی سلول مانند چرخه تنظیم سلولی است. عامل‌های نوروتروفیک مانند BDNF عامل رشد عصبی و عامل رشد فیروبلاستی باعث حمایت و رشد انواع نورون‌های مغزی می‌شود (۱۷).

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که ۴ هفته تمرین هوازی به‌همراه مصرف مکمل نانو کورکومین باعث کاهش معنی‌دار بیان ژن BDNF در گروه‌های تمرین، نانو کورکومین و تمرین+نانو کورکومین نسبت به گروه کنترل سرطان ۴ هفته شد؛ همچنین بیان ژن BDNF در گروه سرطان+تمرین هوازی نسبت به گروه کنترل سرطان پایه، به‌طور معنی‌داری کمتر بود. از دیگر نتایج تحقیق این است که بیان ژن NGF در گروه سرطان+تمرین هوازی به دنبال ۴ هفته تمرین، نسبت به گروه

سطوح BDNF و NGF پس از تمرینات استقامتی همخوانی دارد؛ اما با نتایج اریکسون و همکاران (۲۰۱۱) و وکیلی و همکاران (۱۴۰۱) همخوانی ندارد (۲۵-۲۸). تمرین هوازی باعث کاهش تولید رادیکال‌های آزاد به ویژه در نواحی عصبی دخیل در عملکرد شناختی از قبیل هیپوکامپ می‌شود. این یافته‌ها از این فرض حمایت می‌کنند که تمرین هوازی برای اشاعه شکل‌پذیری هیپوکامپی وابسته به سیگنالینگ BDNF و NGF مفید است؛ زیرا باند شدن BDNF با گیرنده اختصاصی آن TrkB اصلی‌ترین مسیر سیگنالینگ فرایند شکل‌پذیری سیناپسی در هیپوکامپ است اطلاعات به دست آمده از نمونه‌های حیوانی و انسانی نشان می‌دهد، اختلالات نورونی و عصبی می‌تواند با نبود تنظیم در هریک از سنتز، انتقال و مصرف NGF به وسیله نورون‌ها مرتبط باشد (۲۹). مطالعات نشان داده است که فعالیت ورزشی از عامل‌های نوروتروفیک مانند NGF، BDNF عامل رشد فیروبلاستی حمایت می‌کند و باعث رشد انواع نورون‌های مغزی می‌شود و می‌تواند روی NGF یک عامل حفاظت عصبی باشد و در مسیر تولید NGF به واسطه افزایش انرژی در دسترس سلول‌های عصبی و بلوغ پیش‌سازهای NGF و نیز افزایش بیان تیروزین کیناز آ (TrkA) که گیرنده‌ای فعال برای NGF محسوب می‌شود، اثربخش باشد. اخیراً گزارش شده است، نوروتروفین‌ها و گیرنده‌های Trk آن‌ها، به ویژه BDNF/ TrkB، بسیار تنظیم شده هستند (۳۰). به نظر می‌رسد، احتمالاً کاهش بیان BDNF و NGF در این تحقیق، به دنبال فعالیت ورزشی هوازی به واسطه تنظیم پایین گیرنده‌های Trk در بافت‌های اطراف تومور باشد (۳۱). همسو با این موضوع، رواسی و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه خود، اثر ۸ هفته تمرین اجباری مقاومتی و تمرین استقامتی را بر میزان تغییرات BDNF و کورتیزول در پلاسمای خون رت‌ها بررسی کردند. آنان نشان دادند که مقادیر BDNF در پی تمرین مقاومتی در پایان هفته‌های چهارم و هشتم نسبت به تمرین استقامتی افزایش داشته است (۳۲). NGF اثر تعدیل‌کننده بر دستگاه ایمنی بدن دارد که احتمالاً باعث حفظ تعادل میان سلول‌های T شود. البته تاکنون تحقیقی که اثر مستقیم تمرین هوازی را بر NGF

گزارش شده که ورزش از طریق تأثیر بر ترشح ناقص عصبی مانند استیل کولین، گابا آمینوبوتیریک اسید و مونوآمین‌ها به شکل غیرمستقیم می‌تواند بر بیان ژن عامل‌های نوروتروفیک تأثیر بگذارد و باعث افزایش سطوح mRNA ژن BDNF در هیپوکامپ گردد. بیان بالای ژن BDNF در هیپوکامپ و قشر مخ نشان‌دهنده نقش حیاتی این پروتئین در عملکرد صحیح مغز است (۱۸). BDNF نقش حفاظتی عصبی واضحی دارد؛ اما ممکن است سطوح بالای BDNF خون با افزایش بقای تومور و رشد آن در چندین بیماری نئوپلاستیک همراه باشد (۱۹). نتایج تحقیقات گذشته نیز نشان داده است، سیگنال‌دهی BDNF/NGF به‌طور گسترده عواقب انکوژنیک دارد و در انواع بی‌شماری از سرطان‌ها از جمله بافت مغز تنظیم می‌شود (۲۰). از سویی، فعالیت کولینرژیک با تمرین بدنی افزایش می‌یابد و تنظیم دستگاه کولینرژیک در اثر ورزش، در شکل‌پذیری نورونی ناشی از ورزش دخالت دارد (۲۱). لو و همکارانش نشان دادند که ورزش میزان نورون‌ها را در رت‌ها و همچنین تولید mRNA ژن BDNF را در پلاستیسیتة نورونی افزایش داده است و در نتیجه، موجب عملکرد بهتر مغز و یادگیری و حافظه بیشتر می‌گردد (۲۲). تمرین بدنی شدید باعث افزایش گردش خون مغزی می‌شود و ممکن است در افزایش تشکیل سلول‌های عصبی، افزایش رگ‌های خونی جدید به ویژه مویرگ‌ها، تشکیل سیناپس و سنتز انتقال‌دهنده‌های عصبی در نواحی مختلف مغزی نقش داشته باشد (۲۳). سازوکارهای دقیق و اساسی که بتواند آثار مفید ورزش بر عملکرد و ساختار مغز را در بیماران مبتلا به سرطان مغز نشان دهد، هنوز به‌طور کامل شناخته نشده است؛ اما می‌توان آن را به کاهش استرس اکسیداتیو و التهاب، افزایش رگ‌زایی، ترشح نوروتروفین‌ها و کاتکولامین‌ها و نرون‌زایی به ویژه در ساختار هیپوکامپ نسبت داد (۲۴). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تمرین هوازی به کاهش معنی‌دار بیان ژن BDNF و NGF در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل در هیپوکامپ رت‌های مبتلا به سرطان مغز منجر شده است. این یافته‌ها با نتایج تحقیق بتیو و همکاران (۲۰۲۰)، نخ‌زری و همکاران (۱۳۹۶) مبنی بر کاهش یافتن و یا افزایش نیافتن

هیپوکامپ رت‌های سرطانی بررسی کند، صورت نگرفته است و تحقیقات گذشته بیشتر تأثیر تمرین را در افراد سالم را بررسی کرده‌اند. این مطالعات بر ویژگی‌های انقباضی عضلات شاخص‌های متابولیکی و دیگر نروتروفین‌ها تمرکز داشته‌اند؛ بنابراین، سازوکارهای اصلی آثار نوروپروتکتیوی فعالیت ورزشی هنوز ناشناخته است. از دیگر نتایج این تحقیق کاهش بیان ژن BDNF در گروه نانو کور کومین و گروه تمرین هوازی+نانو کور کومین نسبت به گروه کنترل سرطان ۴ هفته و سرطان پایه بود که با یافته‌های حسین زاده و همکاران (۱۳۹۰) مبنی بر کاهش غیر معنی‌دار BDNF با مصرف تزریق صفاقی کور کومین همخوانی دارد؛ اما با نتایج شمسی کوشکی (۲۰۲۳) با مصرف کور کومین و نانو کور کومین بر روی موش‌های دیابتی آلزایمری، اوصالی (۲۰۲۰) با مصرف مکمل نانو کور کومین و ۶ هفته تمرین هوازی مبنی بر افزایش BDNF، همخوانی ندارد (۳۳-۳۵). سازوکارهای متعددی برای آثار کور کومین به علت داشتن عوامل هیدروکسی، فنوکسی و متوکسی مطرح شده است؛ مانند اثر آنتی‌اکسیدانی، مهار عامل‌های التهابی، القای مرگ سلولی، آنتی کارسینوژن و فعال‌سازی یا مهار مسیرهای داخل سلولی که در ایجاد بیماری نقش دارند. کور کومین از مهارکننده‌های مبتنی بر اپی‌ژنتیک است که ممکن است یک رویکرد مهم برای درمان کمکی در برخی از بیماری‌های نورودژنراتیو مانند سرطان باشند (۳۶). یکی از مسیرهای احتمالی اثر حفاظتی کور کومین از طریق mTOR AKT و به دنبال آن اتوفاژی است. پیشنهاد شده است که اثر حفاظتی کور کومین از طریق مسیر علامت‌دهی BDNF/TrkB و NGF / TrA صورت می‌گیرد. مطالعات نشان داده است که تمرین هوازی به همراه مصرف مکمل کور کومین بر روی سطوح BDNF و NGF از طریق مسیر علامت‌دهی و تنظیم گیرنده‌های A Trk و TrkB انجام می‌شود (۳۵،۳۶)؛ همچنین برخی مطالعات گزارش کردند که تومورها می‌توانند به انتقال‌دهنده‌های سروتونینی آسیب برسانند و باعث کاهش بیان عوامل نروتروفیکی شوند و ممکن است پیامدهای منفی بر نورژنز و بازسازی نورون‌ها در ناحیه CNS داشته باشند (۳۷) که این ادعا می‌تواند توجیه

بسیار خوبی برای کاهش BDNF در گروه ترکیبی همراه با مصرف نانو کور کومین نسبت به گروه کنترل در تحقیق حاضر باشد. کاهش نیافتن بیان ژن NGF در گروه نانو کور کومین و گروه تمرین هوازی+نانو کور کومین، نسبت به گروه کنترل سرطان ۴ هفته، از دیگر نتایج این تحقیق بود که با نتایج تحقیق مودتیان و همکاران (۱۴۰۱) و دیکمن (۲۰۱۷) با مصرف ۱۰۰ نانومولار مکمل نانو کور کومین همخوانی نداشت (۳۶،۳۷) مهارکننده‌های طبیعی مانند نانو کور کومین آثار بالقوه NGF را در نورون‌های تحلیل‌رفته بهبود می‌دهند. این مهارکننده‌ها ممکن است رویکرد مهمی برای درمان برخی از بیماری‌های نورودژنراتیو مانند سرطان باشند (۳۶). آنژیوژنز یا رگ‌زایی یکی از پدیده‌های مهم در پیشرفت سلول‌های سرطانی است. مطالعات حیوانی نشان داد که کور کومین موجب مهار آنژیوژنز و توقف ایجاد رگ‌های جدید در بافت توموری می‌شود و رشد تومور را کاهش می‌دهد (۱۲). به‌طور کلی، نتایج ما می‌تواند شاهدی بر اثر برآیندی تمرین هوازی به همراه مصرف مکمل نانو کور کومین در تنظیم نروتروفین‌های یادشده در ناحیه هیپوکامپ و کاهش آسیب سلول‌های عصبی ناحیه CNS در مطالعات حیوانی باشد؛ اما تا قطعی شدن این نتایج، پیشنهاد می‌شود مطالعات بیشتری درباره اثر بخشی تمرین هوازی به همراه مکمل نانو کور کومین بر سایر مسیرهای مؤثر درگیر در رشد تومور مغزی از جمله بیان ژن‌های مؤثر در مرگ نورونی و آپوپتوز توسط سایر محققان انجام شود.

با توجه محدودیت انجام تحقیق در نمونه‌های انسانی و انجام تحقیق در حیطه مطالعات حیوانی و همچنین سایر محدودیت‌های موجود، محققان تنها به مطالعه اثر بخشی هم‌زمان تمرین هوازی و مصرف مکمل نانو کور کومین بر بیان ژن‌های یادشده پرداختند؛ اما به لحاظ نقاط قوت مطالعه حاضر درباره اثر فزاینده هر دو مداخله، احتمالاً می‌توان از آن به‌عنوان یک روش کمک درمانی همراه با سایر روش‌های درمانی رایج از جمله پرتودرمانی و یا شیمی‌درمانی به‌منظور تنظیم بیان ژن BDNF و NGF، افزایش نورون‌زایی، افزایش سیناپس عصبی و همچنین کاهش حجم تومور در موش‌های مبتلا به سرطان مغز استفاده کرد.

سپاس‌گزاری

مراتب سپاس و قدردانی خود را از همهٔ افرادی که در پژوهش حاضر همکاری داشته‌اند، اعلام می‌کنیم.

تعارض منافع

بدین وسیله نویسندگان اعلام می‌کنند که نتایج این تحقیق با منافع هیچ سازمان یا فردی تعارض ندارد.

حمایت مالی

این پژوهش بدون حمایت مالی انجام شده است.

کد اخلاق

این تحقیق با کد اخلاق IR.IAU.B.REC.1400.030 در معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد به تصویب رسیده است.

سهام نویسندگان

مفهوم سازی، روش شناسی و بررسی: سلما محمدی، حسین شیروانی، مهدی روزبھانی؛ ویراستاری و نهایی سازی: همه نویسندگان.

References

- Shafiee G, Mousavian AH, Sheidaei A, Ebrahimi M, Khatami F, Gohari K, et al. The 15-year national trends of genital cancer incidence among Iranian men and women; 2005–2020. *BMC Public Health* 2023; 23: 495. doi: 10.1186/s12889-023-15417-0.
- Miyai M, Iwama T, Hara A, Tomita H. Exploring the Vital Link Between Glioma, Neuron, and Neural Activity in the Context of Invasion. *Am J Pathol* 2023;193: 669-79. doi: 10.1016/j.ajpath.2023.02.018.
- Zhao S, Chi H, Yang Q, Chen S, Wu C, Lai G, et al. Identification and validation of neurotrophic factor-related gene signatures in glioblastoma and Parkinson's disease. *Front Immunol* 2023; 14:1090040. doi: 10.3389/fimmu.2023.1090040.
- Gliwińska A, Czubińska-Lada J, Więckiewicz G, Świętochowska E, Badeński A, Dworak M, et al. The role of brain-derived neurotrophic factor (BDNF) in diagnosis and treatment of epilepsy, depression, schizophrenia, anorexia nervosa and Alzheimer's disease as highly drug-resistant diseases: a narrative review. *Brain Sci* 2023; 13 :163. doi: 10.3390/brainsci13020163.
- Hua Z, Zhan Y, Zhang S, Dong Y, Jiang M, Tan F, et al. P53/PUMA are potential targets that mediate the protection of brain-derived neurotrophic factor (BDNF)/TrkB from etoposide-induced cell death in neuroblastoma (NB). *Apoptosis* 2018; 23:408-19. doi: 10.1007/s10495-018-1467-6.
- Lu L, Liu X, Huang WK, Giusti-Rodríguez P, Cui J, Zhang S, et al. Robust Hi-C maps of enhancer-promoter interactions reveal the function of non-coding genome in neural development and diseases. *Mol cell* 2020 6;79: 521-34. /doi :10.1016/j.molcel.2020.06.007.
- Huang T, Larsen KT, Ried-Larsen M, Møller NC, Andersen LB. The effects of physical activity and exercise on brain-derived neurotrophic factor in healthy humans: A review. *Scand J Med Sci Sports* 2014; 24: 1-0. doi: 10.1111/sms.12069.
- Tomlinson L, Leiton CV, Colognato H. Behavioral experiences as drivers of oligodendrocyte lineage dynamics and myelin plasticity. *Neuropharmacology* 2016; 110 :548-62. doi: 10.1016/j.neuropharm.2015.09.016.
- Lin JY, Kuo WW, Baskaran R, Kuo CH, Chen YA, Chen WS, et al. Swimming exercise stimulates IGF1/PI3K/Akt and AMPK/SIRT1/PGC1 α survival signaling to suppress apoptosis and inflammation in aging hippocampus. *Aging (albany NY)* 2020; 12: 6852. doi: 10.18632/aging.103046.
- Zeng Y, Luo Y, Wang L, Zhang K, Peng J, Fan G. Therapeutic Effect of Curcumin on Metabolic Diseases: Evidence from Clinical Studies. *Int J Mol Sci* 2023; 24: 3323. doi: 10.3390/ijms24043323.
- Sultana S, Munir N, Mahmood Z, Riaz M, Akram M, Rebezov M, et al. Molecular targets for the management of cancer using Curcuma longa Linn. phytoconstituents: A Review. *Biomed Pharmacother* 2021;135:111078. doi: 10.1016/j.biopha.2020.111078.
- Ji JL, Huang XF, Zhu HL. Curcumin and its formulations: potential anti-cancer agents. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry (Formerly Current Medicinal Chemistry-Anti-Cancer Agents)*. *Anticancer Agents Med Chem* 2012;12:210-8. doi: 10.2174/187152012800228733.
- Rashidy-Pour A, Bavarsad K, Miladi-Gorji H, Seraj Z, Vafaei AA. Voluntary exercise and estradiol reverse ovariectomy-induced spatial learning and memory deficits and reduction in hippocampal brain-derived neurotrophic factor in rats. *Pharmacol Biochem Behav* 2019; 187:172819. doi: 10.1016/j.pbb.2019.172819.
- Swanson LW. Brain maps 4.0—Structure of the rat brain: An open access atlas with global nervous system nomenclature ontology and flatmaps. *J Comp Neurol* 2018; 526: 935-43. doi: 10.1002/cne.24381.
- Vijayakurup V, hulasidasan AT, Shankar G M, Retnakumari AP, Nandan CD, Somaraj J, et al. Chitosan encapsulation enhances the bioavailability and tissue retention of curcumin and improves its efficacy in preventing B [a] P-induced lung carcinogenesis. *Cancer Prev Res (Phila)* 2019;12: 225-36. doi: 10.1158/1940-6207.CAPR-18-0437.
- Al-Jarrah M, Al-Jarrah M, Matalka I, Al Aseri H, Mohtaseb A, Smirnova I.V, et al. Exercise training prevents endometrial hyperplasia and biomarkers for endometrial cancer in rat model of type 1 diabetes. *J Clin Med Res* 2010; 2: 207. doi: 10.4021/jocmr444e.
- Maass A, Düzel S, Brigadski T, Goerke M, Becke A, Sobieray U, et al. Relationships of peripheral IGF-1, VEGF and BDNF levels to exercise-related changes in memory, hippocampal perfusion and volumes in older adults. *Neuroimage* 2016; 131:142-54. doi: 10.1016/j.neuroimage.2015.10.084.
- Ieraci A, Mallei A, Musazzi L, Popoli M. Physical exercise and acute restraint stress differentially modulate hippocampal brain-derived neurotrophic factor transcripts and epigenetic mechanisms in mice. *Hippocampus* 2015; 25: 1380-92. doi: 10.1002/hipo.22458.

19. Tajbakhsh A, Mokhtari-Zaer A, Rezaee M, Afzaljavan F, Rivandi M, Hassanian SM, et al. Therapeutic potentials of BDNF/TrkB in breast cancer; current status and perspectives. *J Cell Biochem* 2017; 118: 2502-15. doi: 10.100/jc.25943.
20. Tanaka K, Okugawa Y, Toiyama Y, Inoue Y, Saigusa S, Kawamura M, et al. Brain-derived neurotrophic factor (BDNF)-induced tropomyosin-related kinase B (Trk B) signaling is a potential therapeutic target for peritoneal carcinomatosis arising from colorectal cancer. *PloS one* 2014; 9: e96410. doi: 10.1317/journal.pone.0096410.
21. Gallen CL, D'Esposito M. Brain modularity: a biomarker of intervention-related plasticity. *Trends Cogn Sci* 2019; 23: 293-304. doi: 10.1016/j.tics.2019.01.014.
22. Lou SJ, Liu JY, Chang H, Chen PJ. Hippocampal neurogenesis and gene expression depend on exercise intensity in juvenile rats. *Brain Res* 2008; 1210:48-55. doi: 10.1016/j.brainres.2008.02.080.
23. Zigmond MJ, Cameron JL, Hoffer BJ, Smeyne RJ. Neurorestoration by physical exercise: moving forward. *Parkinsonism Relat Disord* 2012;18 Suppl 1: S147-50. doi: 10.1016/S1353-8020(11)70046-3.
24. Ruscheweyh R, Willemer C, Krüger K, Duning T, Warnecke T, Sommer J, et al. Physical activity and memory functions: an interventional study. *Neurobiol Aging* 2011; 32: 1304-19. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2009.08.001.
25. Bettio LE, Thacker JS, Rodgers SP, Brocardo PS, Christie BR, Gil-Mohapel J. Interplay between hormones and exercise on hippocampal plasticity across the lifespan. *Biochim Biophys Acta Mol Basis Dis* 2020; 1866: 165821. doi: 10.1016/j.bbadis.2020.165821.
26. Nakhzari Khodakheir J, Haghighi AH, Hamedinia MR. The effects of combined exercise training with aerobic dominant and coenzyme q10 supplementation on serum BDNF and NGF levels in patients with Multiple Sclerosis. *J Arak Univ Med Sci* 2018; 21: 94-103.
27. Erickson KI, Voss MW, Prakash RS, Basak C, Szabo A, Chaddock L, et al. Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proc Natl Acad Sci USA* 2011; 108: 3017-22. doi: 10.1073/pnas.1015950108.
28. Vakili J, Sari V. The effect of 8 weeks of circuit training on serum levels of nerve growth factor (NGF) and physical fitness factors in elderly women. *JAHSSP* 2022; 9: 72-82. doi: 10.22049/jahssp.2022.27654.1439.
29. De Vincenti AP, Ríos AS, Paratcha G, Ledda F. Mechanisms that modulate and diversify BDNF functions: implications for hippocampal synaptic plasticity. *Front Cell Neurosci* 2019; 13: 135. doi: 10.3389/fncel.2019.00135.
30. Maass A, Düzel S, Brigadski T, Goerke M, Becke A, Sobieray U, et al. Relationships of peripheral IGF-1, VEGF and BDNF levels to exercise-related changes in memory, hippocampal perfusion and volumes in older adults. *Neuroimage* 2016; 131: 142-54. doi: 10.1016/j.neuroimage.2015.10.084.
31. Nofuji Y, Suwa M, Sasaki H, Ichimiya A, Nishichi R, Kumagai S. Different circulating brain-derived neurotrophic factor responses to acute exercise between physically active and sedentary subjects. *J Sports Sci Med* 2012; 11: 83-88.
32. Ravasi AA, Pournemati P, Kordi MR, Hedayati M. The effects of resistance and endurance training on BDNF and cortisol levels in young male rats. *J Sport Sci* 2013;1: 49-78. doi: 10.22059/jsb.2013.30458.
33. Hosseinzadeh S. Effects of Curcumin supplementation on BDNF and Oxidative/antioxidative process in rat's hippocampus which exposed to lead. *J Gorgan Univ Med Sci* 2011; 13: 1-8. doi: goums.ac.ir/journal/article-1-1058-en.
34. Shamsi-Goushki A, Mortazavi Z, Behrasi F, Ebrahimkhani A, Hosseini R. Effects of Curcumin and Nanocurcumin supplementation on serum brain-derived neurotrophic factor and some complications in type 2 diabetic rats. *Nanomedicine J* 2023; 10: 122-130. doi: 10.22038/NMJ.2023.69556.1742.
35. Osali A, Rostami A. Effect of 6 weeks of aerobic training with nanocurcumin consumption on IL1 β , nitric oxide, and depression in women with metabolic syndrome. *Int J Diabetes Develop Count* 2023; 43:1-8.
36. Dikmen M. Comparison of the effects of curcumin and RG108 on NGF-induced PC-12 Adh cell differentiation and neurite outgrowth. *J Med Food* 2017; 20: 376-84. doi: 10.1089/jmf.2016.3889.
37. Mavaddatiyan L, Khezri S, Abtahi Froushani SM. Effect of Curcumin on Cortisol, Catalase and Nerve Growth Factor Expression Level in Animal Model of Induced Multiple Sclerosis. *J Gorgan Univ Med Sci* 2022; 24: 10-8.