

اثر ازن درمانی و فعالیت ورزشی هوازی بر تغییرات بیان ژن‌های TRF2 و TERT قلب موش‌های مبتلا به استئوآرتریت زانو

آزاده گیلانی^۱، عباسعلی گائینی^۲، رضا نوری^{۳*}

تاریخ دریافت ۱۳۹۸/۱۰/۱۳ تاریخ پذیرش ۱۳۹۹/۰۲/۰۶

چکیده

پیش‌زمینه و هدف: استئوآرتریت (OA)، شایع‌ترین اختلال عضلانی-اسکلتی است. نداشتن فعالیت در این بیماران، احتمال بروز بیماری‌های قلبی عروقی مانند بیماری عروق کرونر و سکتة مغزی را افزایش می‌دهد که از دلایل اصلی ناتوانی و مرگ‌ومیر در سراسر جهان محسوب می‌شود. هدف از پژوهش حاضر، مقایسه تمرین هوازی و ازن درمانی بر دینامیک طول تلومر بافت قلب موش‌های مبتلا به OA است.

مواد و روش کار: این مطالعه از نوع بنیادی-توسعه ای و روش آن تجربی بود که در آن ۱۵ سر موش نر ۸ هفته‌ای با میانگین وزنی 23.5 ± 1.5 گرم، بعد از القای مدل OA، از راه مداخله مستقیم تصادفی به سه گروه ۵ تایی آرتروز (OA)، آرتروز و ازن (OAO)، (ازن با غلظت $20 \mu\text{g/ml}$ ، یکبار در هفته در خط مفصلی نیبیوفمورال ۳ مرتبه تزریق شد) و آرتروز و تمرین هوازی (OAE) (۳ جلسه تمرین در هفته با سرعت ۱۶ متر بر ثانیه، ۸ هفته انجام شد) تقسیم شدند. ۴۸ ساعت بعد از پایان تمرین، بافت قلب استخراج و با روش Real time-qPCR بیان ژن‌های TRF2 و TERT قلب اندازه‌گیری شد و داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه و آزمون تعقیبی توکی در سطح معنی‌داری کوچک‌تر از ۰/۰۵ بررسی شد.

یافته‌ها: بیان ژن TRF2 در گروه OAE افزایش معنی‌داری نسبت به گروه OA ($P=0.045$) داشت. همچنین، افزایش بیان ژن TERT در گروه OAE در مقایسه با گروه OA ($P=0.02$) نیز معنی‌دار گزارش شد ولی تفاوت معنی‌داری بین دو گروه OAE و OAO در بیان ژن TRF2 ($P=0.303$) و TERT ($P=0.382$) مشاهده نشد. همچنین تغییرات بیان ژن TRF2 ($P=0.490$) و TERT ($P=0.251$) بین گروه OAO و OA معنی‌دار گزارش نشد.

بحث و نتیجه‌گیری: هشت هفته تمرین هوازی در مقایسه با ازن درمانی با افزایش بیان ژن TRF2 و TERT می‌تواند بر بیولوژی سلولی بافت قلب تأثیرگذار باشد. اما در خصوص اینکه تمرین هوازی آثار بهتری بر افزایش طول عمر بیماران OA دارد یا ازن درمانی، نیاز به مطالعات بیشتری در آینده است.

کلیدواژه‌ها: تمرین هوازی، ازن درمانی، TRF2 و TERT

مجله مطالعات علوم پزشکی، دوره سی و یکم، شماره سوم، ص ۱۷۷-۱۶۹، خرداد ۱۳۹۹

آدرس مکاتبه: کیش، بلوار میرمهنا، پردیس بین‌الملل کیش، گروه علوم ورزشی، تلفن: ۰۷۶۴۴۴۳۰۰۵۶

Email: nuri_r7@ut.ac.ir

مقدمه

غیراستروئیدی (NSAIDs) که معمولاً برای درمان درد در OA استفاده می‌شود خطر ابتلا به CVD را افزایش می‌دهد (۳). همچنین، تمایل به فعالیت بدنی و اضافه‌وزن از عوامل اصلی ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی قلم داد می‌شود. بیماری‌های قلبی عامل اصلی مرگ‌ومیر در جهان است و اغلب با از دست دادن سلول‌های قلبی همراه است که می‌تواند با کاهش طول تلومر (TL) توجیه شود. عوامل گوناگونی مثل از دست دادن پروتئین‌های تلومر، فشار اکسایشی و هیپوکسی وجود دارد که باعث کاهش TL و عملکرد

استئوآرتریت (OA) از شایع‌ترین بیماری‌های اسکلتی عضلانی است که به صرف هزینه‌های زیاد اجتماعی و اقتصادی در بودجه درمان پزشکی سالانه کشورها، به ارزش میلیون‌ها دلار منجر می‌شود (۱). نوع اولیه آن با ایجاد عوامل ناشناخته ژنتیکی و اپی ژنتیک و نوع ثانویه آن با بروز عوامل شناخته‌شده مانند فشار مکانیکی و ضربه‌های مفصلی طبقه‌بندی می‌شود (۲). مطالعات جدید نشان می‌دهند، التهاب سینوویال، ضعف عضلانی، داروهای ضدالتهابی

^۱دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه تهران، پردیس بین‌المللی کیش، کیش، ایران

^۲استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

^۳استادیارگروه فیزیولوژی ورزشی، پردیس بین‌المللی کیش، دانشگاه تهران، کیش، ایران (نویسنده مسئول)

قلب می‌شود. در مقابل، افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها، محدودیت کالری و فعالیت ورزشی می‌تواند از هر دو سایش تلومر قلبی و پیشرفت بیماری قلبی جلوگیری کند (۴). مطالعه کندزرسکا و همکارانش (۲۰۱۷) در ۱۸۴۹۰ بیمار مبتلا به OA (۱۰ درصد OA ران، ۱۵٫۳ درصد OA زانو و ۱۶٫۳ درصد OA دست) نشان داد ۳۱٫۹ درصد این بیماران در طول ۱۳ سال، دچار حوادث قلبی عروقی شدند به‌ویژه در گروه OA زانو این آمار زیادتر بود (۵). پژوهشگران با شناسایی نشانگرهای زیستی به دنبال تحریکات مثبتی هستند تا بتوانند ظرفیت جوان‌سازی قلبی را افزایش دهند. در همین زمینه، از فعالیت ورزشی و ازن درمانی به‌عنوان محرک‌های مثبت نامبرده می‌شود، اما سازوکارهای سلولی - مولکولی که از راه آن‌ها طول تلومرهای قلبی در بیماران استوآرترویتی افزایش یابد، هنوز شناسایی نشده است. تلومرها ساختارهای نوکلئوپروتئین تکراری در انتهای کروموزوم هستند و کاهش تعداد این تکرارها، که به‌عنوان کاهش طول تلومر شناخته می‌شود، موجب پیری سلولی و آپوپتوز می‌شود (۶). طول تلومرها توسط تلومراز افزایش می‌یابد. برای مقابله با مشکل کوتاه شدن انتهای کروموزم‌ها در طی همانندسازی خصوصاً در سلول‌هایی که توان تکثیری بالا دارند، آنزیم تلومراز که یک ترانس کریپتاز معکوس است بیان می‌شود. آنزیم تلومراز حاوی یک زیر واحد تجزیه‌کننده است که به رونویسی معکوس تلومراز به نام TERT معروف است. این بخش از آنزیم پروتئینی است و خاصیت کاتالیتیکی فعالیت تلومراز را به‌وسیله عوامل وابسته به تلومر - TRF1، TRF2 و POT1 - تنظیم می‌کند (۷). مقادیر TRF1 و TRF2 نقش حیاتی در بیولوژی تلومر و پایداری کروموزوم دارند. مهار تلومراز باعث افزایش زیاد TRF1 (بیان بیش‌ازحد) می‌شود که پیامد آن فرسایش مداوم تلومرها است. بنابراین، نقش اصلی TRF1، تعدیل منفی طول تلومر است، درحالی‌که TRF2 برای حفظ ساختار حلقه T ضروری است و از همجوشی انتها به انتهای کروموزوم و ناهنجاری‌های کروموزومی جلوگیری می‌کند (۶). مطالعات جدید نشان می‌دهند کاهش طول تلومر یک عامل اپی ژنتیک بارز و قابل توجه در بیماران استوآرترویتی است (۸). امروزه، درمان‌های دارویی و غیر دارویی زیادی برای OA پیشنهاد شده است. اکثر این روش‌ها در کوتاه‌مدت مؤثر هستند، اما درمان قطعی وجود ندارد. در مراحل پیشرفته جراحی راه‌حل قطعی است. به‌تازگی، یک راهکار جایگزین که بیمار را فعال نگه داشته و درعین‌حال فشار ناشی از تمرینات ورزشی را نداشتی باشد، استفاده از تزریق درون مفصلی زانو شامل کورتیکواستروئیدها، اسید هیالورونیک (HA)، پلاسمای غنی از پلاکت (PRP) و ازن (O2-O3) است (۹). ازن یک گاز بسیار

محلول و قابلیت اکسایشی دارد، مولکولی بسیار واکنشی است که هنگام تزریق به یک کپسول مفصلی، می‌تواند توانایی‌های فیبروبلاستی مفصلی را بهتر کند. ازن درمانی باعث کاهش التهاب و موجب بهبود رشد غضروف جدید می‌شود (۹). علاوه بر ازن درمانی، فعالیت ورزشی نیز به‌عنوان یک درمان غیر دارویی جایگاه منحصربه‌فردی دارد. اگرچه فعالیت ورزشی در سطوح بالا خطر ابتلا به OA را افزایش می‌دهد، اما سطوح متوسط آن می‌تواند سودمند باشد، به‌طوری‌که امروزه فعالیت بدنی منظم به‌عنوان یک درمان چندجانبه و بی‌خطر در بهتر شدن علائم استوآرترویت زانو شناخته شده است و یک عامل پیشگیری در ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی و مرگ‌ومیر در افراد مسن محسوب می‌شود (۱۰). باین‌حال فعالیت ورزشی منظم به افزایش طول تلومر و فعالیت آنزیم تلومراز بافت قلبی منجر می‌شود و در بهبود بیماری قلبی مؤثر است (۱۱)، سرعت از بین رفتن سلول‌ها را کند می‌کند و نقص عملکرد فیزیولوژیایی ناشی از پیری را نیز کاهش می‌دهد (۱۲). ورنر و همکارانش (۲۰۱۸) نیز نشان دادند تمرین هوازی و تناوبی شدید در ۱۲۴ فرد سالم موجب افزایش فعالیت آنزیم تلومراز لکوسیتی شد، ولی تمرین‌های دایره‌ای در ۸ دستگاه باعث تغییراتی در تلومراز لکوسیتی نشده است (۱۳). لودلوو و همکارانش (۲۰۱۲) نیز در مطالعه‌ای به بررسی آثار فعالیت ورزشی طولانی‌مدت (یک‌ساله) بر فعالیت آنزیم تلومراز و دینامیک تلومر در رت‌های هشت هفته‌ای پرداختند. نتایج نشان داد فعالیت تلومراز افزایش یافت، اما در بافت کبدی و قلب بین دو گروه تغییرات معنی‌داری مشاهده نشد (۱۴). همچنین، اکبری بوکانی و همکارانش (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای روی ۱۶ سر موش، به مدت ۱۶ هفته تمرین هوازی انجام داده و نتایج نشان داد فعالیت بدنی منظم به فعال شدن آنزیم تلومراز و تثبیت طول تلومر در بافت قلب و لکوسیت خون موش‌ها منجر شده و آثار پیری از بین رفته است (۱۱). بر اساس دانش ما پژوهش‌ها درباره فواید هر یک از روش‌های درمانی جداگانه در بیماران OA انجام شده است، ولی تاکنون پژوهشی تأثیر دو روش درمانی بر عملکرد قلبی بیماران OA را بررسی نکرده است. در این مطالعه پژوهشگران فرض کردند فعالیت ورزشی و ازن درمانی بر تغییرات ژن‌های TRF2 و TERT قلب موش‌های OA مؤثر است. بنابر این، پژوهش حاضر در صدد پاسخ به این سؤال است: آیا ازن درمانی یا فعالیت ورزشی بر تغییرات ژن‌های TRF2 و TERT بافت قلب موش‌های مبتلا به OA تأثیر دارد؟

مواد و روش کار

مجزا قرار گرفتند. شرط ورود به پژوهش انجام تست لاجمن بود که از پارگی رباط اطمینان حاصل شود. بعد از گذشت یک هفته از عمل جراحی و وزن کشی، ازن زیر نظر متخصص ازن درمانی به روش کاملاً استریل برای گروه OAO تزریق شد. اکسیژن وارد دستگاه ازن ساز شد و با استفاده از جریان الکتریسیته به ازن تبدیل شد. ازن با غلظت 20 µg/ml، یک بار در هفته و به مدت ۳ هفته در خط مفصلی تیئوفومرال تزریق شد. همچنین، به منظور پخش شدن مناسب ازن در مفصل بعد از تزریق، زانو خم و صاف شد (۴). همچنین، در گروه OAE بعد از گذشت یک ماه از عمل جراحی، یک هفته صرف آشنایی و کاهش استرس موش‌ها روی نوار گردان شد. این تمرینات ۳ روز در هفته، به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰ متر در دقیقه (حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد Vo2max) و شیب صفر درجه، روی ۸ لاین تردمیل انجام شد. برنامه تمرین هوازی اصلی شامل ۳۰ دقیقه دویدن روی تردمیل بدون شیب و با سرعت ۱۶ متر در دقیقه در هفته اول و با رعایت اصل اضافه بار به صورت پیشرونده، مدت تمرین به ۵۰ دقیقه در هفته هشتم رسید (جدول ۱). همچنین، پنج دقیقه با سرعت ۸ متر در دقیقه، قبل و بعد از تمرین برای گرم و سرد کردن حیوانات اختصاص یافت (۱۵). در این مدت، گروه کنترل برنامه تمرینی نداشتند. ۴۸ ساعت بعد از پایان تمرین هوازی با در نظر گرفتن موازین اخلاقی نگهداری حیوانات، همگی با گاز دی اکسید کربن معدوم شدند و بافت قلب موش‌ها برداشته و قسمتی از بطن چپ جدا و پس از شستشو بلافاصله در نیتروژن مایع منجمد و تا زمان سنجش بیان ژن‌های TRF2 و TERT در دمای ۸۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد.

نمونه آماری پژوهش حاضر شامل ۱۵ سر موش نر جوان نژاد ویستار تقریباً ۸ هفته‌ای با وزن 235 ± 15 گرم بود که از انیستینو پاستور ایران خریداری شد و مطابق با دستورالعمل گروه پژوهشی دانشگاه تهران و کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی با کد IR.SSRC.REC.1398.076، در ۱۵ قفس از جنس پلی کربنات شفاف به ابعاد $15 \times 26/5 \times 42$ ، دمای 22 ± 2 درجه سانتی گراد، رطوبت 5 ± 55 درصد و چرخه روشنایی به تاریکی ۱۲:۱۲ با تهویه مناسب نگهداری شدند. همچنین، حیوانات در طی پژوهش از چیره غذای معمولی تغذیه شدند و آب مصرفی به صورت آزاد از راه بطری‌های ۵۰۰ میلی لیتری ویژه حیوانات آزمایشگاهی در اختیارشان بود. بعد از گذشت یک هفته سازگاری با محیط آزمایشگاه، موش‌ها به صورت تصادفی ساده در سه گروه OAO، OA و OAE (۵ سر در هر گروه) تقسیم شدند. برای ایجاد استئوآرتریت در موش‌ها از روش مداخله مستقیم استفاده شد. ابتدا موش‌ها طبق پروتکل آسیس و همکارانش با استفاده از داروی بی‌هوشی کتامین 40 kg/mg و زایلازین 20 kg/mg ، بی‌هوش شدند و بعد از اصلاح موهای زانوی پای راست یک برش طولی در بخش داخلی زانو توسط تیغ بی‌سوری و سایر ابزارهای جراحی به طول ۱ سانتی متر ایجاد شد. پس از کنار زدن پوست، کشکک زانو کنار زده شد تا رباط‌های متقاطع داخلی و خارجی مشاهده شود. سپس، با ایجاد یک برش پارگی و آسیب در رباط متقاطع قدامی^۳ (ACL) ایجاد شد. آزمون لاجمن برای جابه جایی کامل رباط و اطمینان از پارگی آن انجام شد (۱۵) و سر آرنج‌ها به روش استریل بخیه زده شد. موش‌های جراحی شده زیر دستگاه تنفس مصنوعی باقی ماندند تا به صورت طبیعی به هوش آیند و شروع به تنفس کنند. در نهایت در قفسه‌های

جدول (۱): پروتکل تمرین (زمان به دقیقه)

| عوامل تمرینی | سازگاری | هفته اول | هفته دوم | هفته سوم | هفته چهارم | هفته پنجم | هفته ششم | هفته هفتم | هفته هشتم |
|-----------------------------|---------|----------|----------|----------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|
| سرعت نوار گردان (متر/دقیقه) | ۱۰ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ |
| مدت هر جلسه تمرین (دقیقه) | ۱۰ | ۳۰ | ۳۰ | ۳۰ | ۳۰ | ۳۰ | ۳۰ | ۳۰ | ۳۰ |

که حدود ۵۰ میلی گرم بافت بطن چپ جداگانه، جهت استخراج total RNA به نسبت ۱ به ۱۰ در QIAzol Lysis Reagent به روش هاون کوبی هموژن شد. به منظور برداشتن اجزای پروتئینی، محصول حاصل در ۴ درجه سانتی گراد، ۱۰ دقیقه،

استخراج RNA و سنتز cDNA:

استخراج RNA به وسیله QIAzol® Lysis Reagent (Qiagen, Hilden, Germany) و کلروفورم (Qiagen) به روش دستی و طبق دستورالعمل شرکت سازنده انجام شد. به این صورت

³ Anterior cruciate ligament

توسط کیت (Parstous, Iran) Easy cDNA Synthesis Kit و طبق پروتکل کیت انجام شد.

Real time-PCR

برای سنجش مقادیر بیان ژن‌های TERT و TRF2 از روش Primix syber greenII با استفاده از Real Time qPCR (Applied Biosystems, USA) انجام شد. مخلوط واکنش در حجم نهایی ۲۰ میکرولیتر و هر واکنش به صورت Duplicate صورت پذیرفت. طراحی پرایمرها بر اساس اطلاعات ژن‌های مربوطه در بانک ژنی NCBI و توسط شرکت ماکروژن (Macrogen Inc, Seoul, Korea) انجام شد. توالی پرایمرهای مورد استفاده در جدول ۲ گزارش شده است، GAPDH به عنوان ژن کنترل استفاده شد. برنامه دمایی مورد استفاده در Real Time qPCR در دستگاه (ABI, USA) شامل: C ۹۵ به مدت ۱۵ دقیقه، C ۹۵ به مدت ۱۵ ثانیه و C ۶۰ به مدت ۳۰ ثانیه (۴۰ سیکل) و C ۷۲ به مدت ۳۰ ثانیه بود.

۱۲۰۰۰ دور سانتریفوژ شد. سپس به نسبت ۱ به ۰.۵ با کلروفرم مخلوط و به مدت ۱۵ ثانیه به شدت تکان داده شد. محصول در ۴ درجه سانتی گراد، ۱۵ دقیقه، ۱۲۰۰۰ دور سانتریفوژ و بخش معدنی و آبی از هم جدا شدند، مایع رویی که محتوای RNA است را برداشته و با نسبت ۱ به ۰.۵ با ایزوپروپانول مخلوط و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای اتاق رها و سپس در ۴ درجه سانتی گراد، ۱۰ دقیقه، 12000 دور سانتریفوژ شد. پلاک حاوی RNA در اتانول ۸۰ درصد شستشو و در ۲۰ μL آب RNAS-Free حل گردید. پس از استخراج، کمیت و کیفیت RNA توسط دستگاه نانودراپ (Eppendorff, Germany) و ژل الکتروفورز بررسی شد. نسبت ۲۶۰ به ۲۸۰ جهت تشخیص آلودگی RNA با پروتئین و نسبت ۲۶۰ به ۲۳۰ جهت تشخیص آلودگی RNA با ترکیبات فنولی مورد سنجش واقع شد. باندهای s18 و s28 که به ترتیب در موقعیت‌های 800 bp و 1500 bp روی ژل آگاروز مشاهده شدند نشان دهنده کیفیت مطلوب RNA استخراج شده بود. همچنین سنتز cDNA با استفاده از Reverse transcriptase و آنزیم Random hexamer primer

جدول (۲): توالی پرایمرهای مورد استفاده

| Gene name | Forward primer sequences | Reverse primer sequences |
|-----------|--------------------------|--------------------------|
| TRF2 | CTACCCAGTCTTACAGCTTACCAG | GCCCATTTCCATACACACAGCTAC |
| TERT | TGATGTGGAGGGTCAAAGTGG | GTGGTGTCTGTGATGTAGAAGA |
| GAP | AAG TTCAACGGCACAGTCAAGG | CATACTCAGCACCAGCATCAC C |

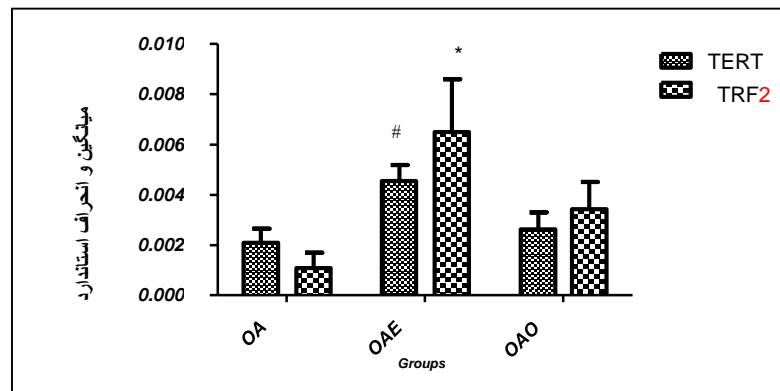
یک سویه نشان داد، تفاوت معنی‌داری بین بیان ژن‌های (p=۰.۰۳۹) TRF2 و TERT (p=۰.۰۴۰) در سه گروه OA، OAO و OAE وجود دارد. همچنین نتایج آزمون تعقیبی توکی نشان داد، بیان ژن TRF2 در گروه OAE افزایش معنی‌داری نسبت به گروه OA (P=0.045) داشت. همچنین، افزایش بیان ژن TERT در گروه OAE در مقایسه با گروه OA (P=0.02) نیز معنی‌دار گزارش شد ولی تفاوت معنی‌داری بین دو گروه OAE و OAO در بیان ژن TRF2 (P=0.303) و TERT (P=0.382) مشاهده نشد. همچنین تغییرات بیان ژن TRF2 (P=0.490) و TERT (P=0.251) بین دو گروه OAO و OA نیز معنی‌دار گزارش نشد (جدول ۳).

روش‌های آماری:

به منظور بررسی طبیعی بودن داده‌ها از آزمون‌های شاپرو-ویلک و برای بررسی تجانس واریانس‌ها از آزمون لوین استفاده شد. همچنین، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس بین گروهی یک سویه در سطح معنی‌داری (p ≤ 0.05) و آزمون تعقیبی توکی ویژه مقایسه درون گروهی انجام شد. آنالیز آماری به کمک نرم‌افزار SPSS-22 انجام شد و جهت رسم نمودار از نرم افزار اکسل ۲۰۱۷ استفاده شده است.

یافته‌ها

مقایسه بیان ژن TRF2 (F=3.736) و TERT (F=4.318) بین سه گروه در شکل ۱ نمایش داده شده است. نتایج تحلیل واریانس



شکل (۱): مقادیر بیان ژن TERT و TRF2

جدول (۳): بررسی تغییرات TERT و TRF2 در گروه‌های مورد مطالعه

| متغیر | گروه OAE (n=5) | | گروه OA (n=5) | | گروه OAO (n=5) | | P |
|-------|----------------|------------------|---------------|------------------|----------------|------------------|--------|
| | میانگین | انحراف استاندارد | میانگین | انحراف استاندارد | میانگین | انحراف استاندارد | |
| TERT | ۰،۰۰۲۶ | ۰،۰۰۱۵ | ۰،۰۰۱۸ | ۰،۰۰۱۱ | ۰،۰۰۴۴ | ۰،۰۰۱۷ | ۰،۰۴۰* |
| TRF2 | ۰،۰۰۳۴ | ۰،۰۰۲۴۳ | ۰،۰۰۱۱ | ۰،۰۰۱۳ | ۰،۰۰۶۱ | ۰،۰۰۶۵ | ۰،۰۳۹* |

بحث و نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر در شکل ۱ نشان می‌دهد بیان ژن TERT و TRF2 قلب موش‌های OA پس از تمرین هوازی افزایش معناداری داشته است. از آنجا که پژوهشی درباره مقایسه روش‌های مؤثر بر طول تلومر قلب افراد آرتروزی موجود نیست لذا تلاش شد از مطالعات مشابه و نزدیک به این حیطه استفاده شود. نتایج مطالعه حاضر در مورد آثار مثبت فعالیت بدنی بر طول تلومر و فعالیت تلومراز با تعدادی از پژوهش‌ها همخوانی دارد (۱۶، ۱۷). تمرین هوازی می‌تواند به افزایش طول تلومر ها منجر شود و اکسیژن مصرفی بیشینه را از راه فعال شدن تلومراز که ارتباط مثبت با طول تلومر دارد، بهتر کند (۱۷). در این راستا پژوهش دوو و همکارانش در ۷۸۱۳ زن بالغ نشان داد فعالیت با شدت متوسط و شدید در مقایسه با فعالیت کم شدت، طول تلومر را افزایش می‌دهد (۱۸). لودلو و همکارانش نیز نشان دادند بیشترین افزایش طول تلومر در سه گروه مختلف تمرینی در فعالیت بدنی متوسط اتفاق می‌افتد (۱۹). چند دلیل احتمالی برای این پدیده وجود دارد. در مرحله اول، فعالیت ورزشی ممکن است بیان ترانسکریپتاز معکوس تلومراز و TRF2 را افزایش دهد که می‌تواند به افزایش فعالیت پروتئین تثبیت شده تلومراز و تلومر منجر شود (۲۰). دوم، افزایش طول تلومر در ارتباط با افزایش میزان فعالیت بدنی ممکن است با کاهش فشار اکسایشی و التهاب، مانند کاهش میزان پروتئین واکنشی C، اینترلوکین ۶، فاکتور نکروز تومور -آلفا و گرانولوسیت همراه شود.

همچنین، عامل تحریک کلونی و F2 ایزوپروستان از شاخص‌های التهابی یافت شده است که به جذب تلومر کمک می‌کند. سوم، فعالیت بدنی ممکن است خطر مقاومت به انسولین و چاقی را کاهش دهد که می‌تواند باعث کاهش سرعت تجزیه تلومر شود (۱۷). همچنین، مطالعات جدید نشان می‌دهد پس از ایجاد استرس خارجی، TERT با قابلیت برگشت پذیری از هسته به میتوکندری منتقل می‌شود و با اتصال به mt DNA، موجب عدم تولید mt ROS و با افزایش فعالیت زنجیره تنفسی نقش محافظتی را انجام می‌دهد. بیان بیش از حد TERT در قلب موش‌های انفارکتوس میوکارد، باعث کاهش تواتر قلبی، بهتر شدن انقباض بطن‌ها و کاهش اندازه انفارکتوس در بستن شریان نزولی قدامی چپ (۲۱) و کاهش آپوپتوز در داخل بدن و در کاردیومیوسیت می‌شود. در مقابل، کاهش فعالیت TERT فشار اکسایشی میتوکندری و سلولی را تقویت می‌کند (۲۲) و باعث افزایش تقسیم سلولی، هیپرتروفی کاردیومیوسیت و مرگ می‌شود، که با اتساع بطن، نازک شدن دیواره بطن و اختلال عملکرد قلبی همراه است (۲۲، ۲۳). با وجود این، بسیاری از مطالعات ارتباط خطی بین طول تلومر و تلومراز و شدت فعالیت ورزشی را رد کرده‌اند (۲۴-۲۷) حتی در برخی مطالعات نشان داده شده است بیشترین میزان فعالیت، ارتباط معناداری با طول تلومر دارد (25, 28). همچنین، ساولا و همکارانش گزارش کرده‌اند مردان در گروه بیشترین فعالیت بدنی کمترین میزان مرگومیر را دارند (۲۹). این یافته‌های ناهمسو ممکن است مربوط

آنتی‌اکسیدانی، ظرفیت درمانی زیادی برای بهبود نارسایی قلبی دارد (۳۲). علت مغایرت نتایج پژوهش با این یافته‌ها احتمالاً محل تزریق ازن است که در زانو انجام شد. شاید اگر تزریق از راه وریدی بود آثار مثبت بارزی بر کاردیومیوسیت های قلبی داشت. همچنین، ازن یک اکسید کننده مورد توجه است که توانایی تغییر فیزیولوژی سلول‌ها را با ایجاد آنتی‌اکسیدان‌های بیشتر در سطح سلولی، امکان پذیر می‌کند توجه به این نکته مهم است که افزایش غلظت ازن احتمالاً غلظت اکسیدان‌ها از جمله غلظت پراکسید هیدروژن را افزایش می‌دهد. غلظت‌های زیادتر ازن (بیشتر از $80\mu\text{g}$) در پنجره درمانی، احتمالاً مطلوب‌تر است (33). بنابر این، دریافت مقدار بیشتر ازن یا افزایش تعداد جلسات تزریق امکان افزایش طول تلومر و فعالیت تلومراز را فراهم می‌کند. از آنجا که این مطالعه برای اولین بار در ایران انجام شد می‌توان به محدودیت‌هایی از جمله کم بودن حجم نمونه‌ها، تعداد جلسات تزریق ازن و روش اندازه‌گیری اشاره کرد، بنابراین پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی علاوه بر افزایش تعداد نمونه‌ها، تعداد جلسات تزریق ازن و بررسی متغیرها در سطح پروتئینی نیز انجام شود تا بتوان به نتایج دقیق‌تری رسید.

نتیجه‌گیری

ورزش بر پویایی تلومر تأثیر می‌گذارد. این نتایج نشان دهنده اهمیت ورزش منظم در بیماران OA و متعاقباً افزایش طول تلومر و فعالیت آنزیم تلومراز است. با توجه به یافته‌ها، به نظر می‌رسد که هشت هفته تمرین هوازی یک روش کارآمد و مناسب در بیماران مبتلا به OA برای محافظت از طول تلومر قلبی است و ازن درمانی نقشی در حفاظت از کروموزوم‌ها و افزایش طول تلومرهای قلبی ندارد. با این حال برای تعمیم این یافته‌ها به نمونه‌های انسانی باید مطالعات بیشتری انجام شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از رساله دانشجویی دکتری فیزیولوژی ورزشی مصوب در دانشگاه تهران است که در کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی با کد IR.SSRC.REC.1398.076 مورد تأیید قرار گرفت. از تمامی کسانی که در اجرا و به پایان رساندن این پژوهش ما را یاری نمودند کمال تشکر را داریم.

References

1. AlKuwaity KW, Mohammad TN, Hussain MA, Alkhanani AJ, Ali AM. Prevalence and

به سلامت قلب و عروق زیادتر آزمودنی‌ها باشد یا شدت و مدت زمان تمرین هوازی، اندازه نمونه و روش‌های استخراج DNA تفاوت داشته باشد (17). از سوی دیگر، در مطالعه حاضر تجزیه و تحلیل سه گروه نشان داد ازن درمانی نیز موجب افزایش بیان ژن TRF2 و TERT قلب می‌شود، ولی این افزایش از لحاظ آماری معنادار نبود. از آنجا که OA بیماری مخربی است که بر عملکرد فرد اثر گذاشته و باعث درد می‌شود. نفوذ O3 باعث افزایش آنابولیسیم می‌شود و عملکرد عروق کرونری را در غضروف و استخوان بهتر می‌کند. در حال حاضر درمان قطعی OA زانو وجود ندارد. به همین دلیل، تمرکز روی بهتر شدن علائم ناشی از OA است. O3 محدوده حرکت (ROM) را بهتر می‌کند و روند تخریب را کاهش می‌دهد. همچنین، می‌تواند کاندروسیست، سلول‌های بنیادی، سایتوکاین‌های التهابی، اکسید نیتریک و متالوپروتئیناز های معدنی را مهار کند. مطالعات منتشر شده درباره O3 در زانو کم است. بیماران مبتلا به OA شدید در مقایسه با کسانی که دارای OA خفیف بودند بیشتر بهبود می‌یابند. O3 در گام نخست، سایتوکاین‌های ضدالتهابی مانند پروستاگلندین E2 (PGE2) را مهار می‌کند. در مرحله دوم، بر سایتوکاین‌های مهار کننده مانند IL-10، TGF- β ، IL-4، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و نوآنژیوژنز عمل می‌کند. همه این‌ها با همکاری در روند ترمیم مفصل با تحریک فیبروبلاست‌ها، کاندروسیست‌ها و سلول‌های بنیادی کار می‌کنند (۳۰). فیلیپو و همکارانش ۲۰۱۵ به جنبه جدیدی از ازن درمانی، که افزایش مقاومت در برابر خستگی جسمی و استرس در موش‌های تحت تمرین خیلی شدید است، اشاره می‌کند. آن‌ها نشان دادند در یک جلسه تمرینی طولانی مدت، موش‌های گروه تزریق با مخلوط اکسیژن / ازن، به صورت داخل صفاقی، مسافت بیشتری در روز و هفته را در مقایسه با موش‌های تمرین با اکسیژن دویدند. بنابراین، ازن، مقاومت موش‌ها به خستگی جسمانی را افزایش و باعث کاهش هیپرتروفی قلب و هیپرتروفی در عضله دوقلو شد. همچنین، فیبروز پیش عروقی در قلب موش‌ها نیز کاهش یافت (۳۱). در پژوهش دیگری فیلیپو و همکارانش دریافتند، ازن درمانی به افزایش آشکار عملکردهای سیستولی و دیاستولی و سپس شاخص عملکرد میوکارد (MPI) منجر شد که تأیید کننده نقش مهم ازن در محافظت قلبی است. ازن درمانی در جریان خون احتمالاً با فعال کردن دستگاه

Determinant Factors of Osteoarthritis of the Knee Joint among Elderly in Arar, KSA. Egypt J Hosp Med 2018; 72(9): 5173-7.

¹ Range of motion

2. Eskandari-Nasab E, Dahmardeh F, Rezaeifar A, Dahmardeh T. Telomere and telomerase: From discovery to cancer treatment. *Gene, Cell and Tissue* 2015; 2: e28034.
3. Rahman MM, Kopec JA, Cibere J, Goldsmith CH, Anis AH. The relationship between osteoarthritis and cardiovascular disease in a population health survey: a cross-sectional study. *BMJ open* 2013; 3: e002624.
4. Booth SA, Charchar FJ. Cardiac telomere length in heart development, function, and disease. *Physiol Genomics* 2017; 49(7): 368-84.
5. Kunduracilar Z, Selici K. Cardiovascular and Functional Capacity of Patients with Knee Osteoarthritis, in *Osteoarthritis*. 2018, IntechOpen.
6. Noorimofrad S. The effect of high intensity interval training on telomere length and telomerase activity in non-athlete young men. *Journal of Basic Research in Medical Sciences* 2018; 5(2): 1-7.
7. Mosallanezhad Z, Nikbakht H, Gaeini AA, Gholami M. The effect of high-intensity interval training on telomere length of leukocytes in sedentary young women. *Advances in Environmental Biology* 2014: 841-6.
8. Kuszel L, Trzeciak T, Richter M, Czarny-Ratajczak M. Osteoarthritis and telomere shortening *J Appl Genet* 2015; 56(2): 169-76.
9. Fernandez-Cuadros ME, Perez-Moro OS, Albaladejo-Florin MJ, Entrambasaguas-Estepa B, Alava-Rabasa S. Mid-Term Effectiveness of Ozone (O2-O3) Compared to Platelet-Rich Plasma (PRP) in the Management of Knee Osteoarthritis: A Randomized Parallel Controlled Trial. *Middle East J Rehabil Health Stud* 2019; 6 (2): e74140.
10. Hossein Mirkarimpour S, Hossein Alizadeh M, Fallah Mohammadi M, Adibmoradi M, Dilmaghanian A. The Effect of 4-week Swimming Training on Rat's Knee Osteoarthritis induced by Monosodium Iodoacetate. *Razi Journal of Medical Sciences* 2013;19(104):83-91.
11. Akbari BH, Ravasi AA, Akbari MR. The effect of a endurance training period with cellular anti-aging purpose on telomerase enzyme content in cardiac tissue and peripheral blood lymphocytes in rats. *Sport physiology & management investigations* 2017; 9(3): 127-41.
12. Norouzi Kamareh MH, Zolfaghari MR, Ghaderi Pakdel F, Tolouei Azar J. Effect of 12 weeks aerobic training and oral green tea extract on cardiac caspase-3 expression in aged male rats. *Sport Biosciences* 2018; 10(2): 221-35.
13. Werner CM, Hecksteden A, Morsch A, Zundler J, Wegmann M, Kratzsch J, et al. Differential effects of endurance, interval, and resistance training on telomerase activity and telomere length in a randomized, controlled study. *Eur Heart J* 2018; 40(1): 34-46.
14. Ludlow AT, Lima LC, Wang J, Hanson ED, Guth LM, Spangenburg EE, et al. Exercise alters mRNA expression of telomere-repeat binding factor 1 in skeletal muscle via p38 MAPK. *J Appl Physiol* 2012; 113(11): 1737-46.
15. Assis L, Milares LP, Almeida T, Tim C, Magri A, Fernandes KR, et al. Aerobic exercise training and low-level laser therapy modulate inflammatory response and degenerative process in an experimental model of knee osteoarthritis in rats. *Osteoarthritis Cartil* 2016; 24(1): 169-77.
16. Stellos K, Spyridopoulos I. Exercise, telomerase activity, and cardiovascular disease prevention. *Eur Heart J* 2019;40(1):47-9.
17. Tucker LA. Physical activity and telomere length in US men and women: An NHANES investigation. *Prev Med* 2017;100:145-51.
18. Du M, Prescott J, Kraft P, Han J, Giovannucci E, Hankinson SE, et al. Physical activity, sedentary behavior, and leukocyte telomere length in women. *Am J Epidemiol* 2012; 175(5): 414-22.
19. Santoso DI, Paramita N, Prijanti AR, Hendrawan T, Wicaksono S. The effect of aerobic

exercise on relative leukocyte telomere length in male Sprague-Dawley rats given a high fat-diet. *F1000Research* 2018;7 (1143):1143.

20. Centers for Disease Control and Prevention. NCHS research ethics review board (ERB) approval. National Center for Health Statistics. Available from: <http://www.cdc.gov/nchs/nhanes/irba98.htm>. Accessed, 2012. 20.

21. Bär C, De Jesus BB, Serrano R, Tejera A, Ayuso E, Jimenez V, et al. Telomerase expression confers cardioprotection in the adult mouse heart after acute myocardial infarction. *Nature communications* 2014; 5(1):1-4.

22. Ait-Aissa K, Heisner JS, Norwood Toro LE, Brummer D, Doyon G, Harman L, et al., Telomerase deficiency predisposes to heart failure and ischemia-reperfusion injury. *Front Cardiovasc Med* 2019; 6: 31.

23. Azabijani M. The Effects of an 8-Week Resistance-Interval Training on the Telomere Length, Telomerase Activity, and TRF2 Expression in Sedentary Young Men. *Community Health Journal* 2017; 11 :76-85.

24. Brown L, Needham B, Ailshire J. Telomere length among older US adults: differences by race/ethnicity, gender, and age. *J Aging Health* 2017; 29(8): 1350-66.

25. Control, C.f.D. and Prevention, NHANES questionnaires, datasets, and related documentation. 2011.

26. Marcon F, Siniscalchi E, Crebelli R, Saieva C, Sera F, Fortini P, et al., Diet-related telomere shortening and chromosome stability. *Mutagenesis* 2011; 27(1): 49-57.

27. Lee JY, Jun NR, Yoon D, Shin C, Baik I. Association between dietary patterns in the remote past

and telomere length. *Eur J Clin Nutr* 2015; 69(9): 1048-52.

28. Kyu HH, Bachman VF, Alexander LT, Mumford JE, Afshin A, Estep K, et al. Physical activity and risk of breast cancer, colon cancer, diabetes, ischemic heart disease, and ischemic stroke events: systematic review and dose-response meta-analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *bmj* 2016; 354: i3857.

29. Johnson CL, Paulose-Ram R, Ogden CL, Carroll MD, Kruszan-Moran D, Dohrmann SM, et al. National health and nutrition examination survey. Analytic guidelines, 1999-2010. *Vital Health Stat* 2; (161):1-24.

30. Seyam O, Smith NL, Reid I, Gandhi J, Jiang W, Khan SA. Clinical utility of ozone therapy for musculoskeletal disorders. *Med Gas Res* 2018; 8(3): 103-10.

31. Di Filippo C, Trotta MC, Maisto R, Siniscalco D, Luongo M, Mascolo L, et al. Daily oxygen/O3 treatment reduces muscular fatigue and improves cardiac performance in rats subjected to prolonged high intensity physical exercise. *Oxid Med Cell Longev* 2015; 2015: 190640.

32. Di Filippo C, Marfella R, Capodanno P, Ferraraccio F, Coppola L, Luongo M, et al. Acute oxygen-ozone administration to rats protects the heart from ischemia reperfusion infarct. *Inflamm Res* 2008; 57(10):445-9. 33. Smith AJ, Oertle J, Warren D, Prato D. Ozone Therapy: a critical physiological and diverse clinical evaluation with regard to immune modulation, anti-infectious properties, anti-cancer potential, and impact on anti-oxidant enzymes. *Open Open J Mol Integr Physiol* 2015; 5(03): 37.

EFFECT OF AEROBIC EXERCISE TRAINING AND OZONE THERAPY ON TRF2 AND TERT GENE EXPRESSIONS IN HEART TISSUE OF RATS WITH OSTEOARTHRITIS

Azadeh Ghilani¹, Abbasali Kaeni², Reza Nouri^{*3}

Received: 03 Jan, 2020; Accepted: 25 Apr, 2020

Abstract

Background & Aims: Osteoarthritis (OA) is the most common disease of joints caused by the degradation of articular cartilage and subchondral bone. It is unknown whether different therapies exert differential cellular effects. Telomeres and telomerase play a major role in cellular aging with implications for global health. Also, OA may be associated with CVD and reduction in telomeres length. Thus, this study investigated the effect of ozone therapy and aerobic training on telomeres and telomerase expression genes in the heart of rats with knee OA.

Materials & Methods: In this experimental study, knee OA was induced by the surgical method in rats. OA rats were randomly divided into the OA, OA and ozone therapy (OAO), and OA and aerobic exercise (OAE) groups. Rats in the OAO group received O₃ at the concentration of 20 µg/ml, once a week for 3 weeks. Rats in the OAE group were trained on rodent treadmill with intensity of 16 m/min, 3 days/week. 48 hours after the intervention, cartilage and heart tissues were isolated and the expression of TRF2 and TERT gene was measured using Real-Time qPCR (RT-qPCR).

Results: OAE significantly increased the expression of TRF2 compared to the OA (p=0.045) group. Also, OAE group had significantly higher expression of TERT compared to the control (p= 0.02) group but no difference was observed between OA and OAO in TRF2 (p=0.303) and TERT (p=0.382) genes expression.

Conclusion: TRF2 and TERT increased after 8 weeks of aerobic exercise compared to the Ozone therapy.

Keywords: TRF2; TWRT; Osteoarthritis; Ozone; Aerobic exercise

Address: Department of Exercise Physiology, Kish International Campus, University Of Tehran, Mirmohanna BLV, Kish Island, Iran

Tel: +987644430056

Email: nuri_r7@ut.ac.ir

SOURCE: STUD MED SCI 2020: 31(3): 177 ISSN: 2717-008X

¹ Department of Exercise Physiology, University of Tehran, Kish International Campus, Kish, Iran

² Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Exercise Sciences, University of Tehran, Iran

³ Department of Exercise Physiology, University of Tehran, Kish International Campus, Tehran, Iran
(Corresponding Author)