

## اثر حمایتی تمرین هوازی در مقابل برخی از شاخص های پیش التهابی ناشی از مهار مزمن نیتریک اکسید سنتاز در بافت کلیه موش های صحرایی

معصومه حبیبیان (MA)\*<sup>۱</sup>، مقصود پیری (PhD)<sup>۱</sup>، محمدعلی آذربایجانی (PhD)<sup>۱</sup>، مهدی هدایتی (PhD)<sup>۲</sup>

۱- گروه تربیت بدنی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی

۲- مرکز تحقیقات پیشگیری و درمان چاقی، پژوهشکده علوم غدد درون ریز و متابولیسم، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

دریافت: ۹۰/۱۲/۱۳، اصلاح: ۹۱/۴/۱۴، پذیرش: ۹۱/۶/۸

### خلاصه

**سابقه و هدف:** پرفشارخونی با تغییر عملکرد اندوتلیالی حاصل از کاهش فراهمی نیتریک اکسید و آسیب کلیوی همراه است. بهبود عملکرد اندوتلیالی با تمرین ورزشی در مدل های پرفشارخونی حیوانی و بیماران مبتلا به پرفشارخونی مشاهده شد. هدف از این تحقیق بررسی اثر حمایتی تمرین هوازی در مقابل برخی از سایتوکاین های پیش التهابی بافت کلیه موش های تیمار شده با مهار مزمن نیتریک اکسید سنتاز می باشد.

**مواد و روشها:** در این تحقیق تجربی ۴۰ سر موش صحرایی نر نژاد ویستار به طور تصادفی و مساوی به ۴ گروه کنترل، شم، مهارنیتریک اکسید سنتاز (تزریق داخل صفاقی نیترو-آل آرژنین متیل استر) و تمرین هوازی (تمرین + مهارنیتریک اکسید سنتاز) دسته بندی شدند. برنامه تمرینی شامل ۸ هفته دویدن روی نوار گردان با سرعت ۲۲-۱۵ متر بر دقیقه، ۶۴-۲۵ دقیقه در روز و ۵ روز در هفته بود. سطوح فاکتور نکروز دهنده تومور-آلفا و اینتر لوکین شش با روش الایزا اندازه گیری و گروهها مورد مقایسه قرار گرفتند.

**یافته ها:** مهار مزمن نیتریک اکسید سنتاز منجر به افزایش معنی دار سطوح فاکتور نکروز دهنده تومور-آلفا ( $2/53 \pm 0/52$ ) پیکو گرم در میلی گرم) و اینتر لوکین شش ( $4/51 \pm 0/88$ ) پیکو گرم در میلی گرم) شد ( $p=0/000$ ). تمرین هوازی به طور معکوسی، سطوح این سایتوکاین های کلیوی را (به ترتیب  $1/97 \pm 0/37$  و  $3/46 \pm 0/80$ ) پیکو گرم در میلی گرم) در موش ها کاهش داد ( $p=0/045$ ).

**نتیجه گیری:** نتایج این مطالعه نشان داد که تمرین هوازی منظم با شدت متوسط ممکن است نقش حمایتی خود را در برابر صدمات التهاب کلیوی ناشی از کمبود نیتریک اکسید سیستمی، از طریق تنظیم منفی سایتوکاین های پیش التهابی اعمال نماید.

**واژه های کلیدی:** سایتوکاین پیش التهابی، نیتریک اکسید، تمرین ورزشی.

### مقدمه

پرفشارخونی به دلیل گستردگی زیاد، خطرات قلبی عروقی و بیماری های کلیوی ناشی از آن یکی از مهم ترین عوامل تهدید کننده سلامت بشر است. افزایش شیوع پرفشارخونی در جمعیت بزرگسال جهان تا ۲۹/۲٪ در سال ۲۰۲۵ برآورد شده است (۱). در افراد مبتلا به پرفشارخونی، خطر بروز بیماری های قلبی عروقی، سکته مغزی، آتروپاتی محیطی و ناتوانی قلبی ۲ تا ۴ برابر بیشتر از افراد عادی است (۲). التهاب مزمن با درجه کم یکی از نشانه های بارز پرفشارخونی است (۳). سایتوکاین های پیش التهابی مانند فاکتور نکروز دهنده تومورآلفا و اینتر لوکین-۶ به عنوان فاکتورهای خطرزا مستقل پرفشارخونی در افراد به ظاهر سالم

شناخته شده اند و با شدت پرفشارخونی افزایش می یابند (۵-۳). سیستم های مهم تنظیمی فشارخون مانند رنین-آنژیوتنسن و سیستم عصبی سمپاتیک اثرات متقابلی با فاکتور نکروز دهنده تومورآلفا و اینتر لوکین-۶ دارند و منجر به تحریک رهایی (۶) و افزایش سنتز این سایتوکاین ها (۷) می شوند. کلیه از مهم ترین عضو هدف در پرفشارخونی است و سرعت پیشرفت شیوع بیماری ثانویه مرحله انتهایی کلیه با پرفشارخونی، مضاعف می گردد (۸). هم چنین بروز آسیب های کلیوی همراه با افزایش سطوح کلیوی فاکتور نکروز دهنده تومورآلفا و اینتر لوکین-۶ در انواع مدل های پرفشارخونی گزارش شده است (۹-۱۱). اینترلوکین-۶ در سلول

این مقاله حاصل پایان نامه معصومه حبیبیان دانشجوی دکتری رشته فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی می باشد.

\* مسئول مقاله:

آدرس: قائم شهر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم شهر، گروه تربیت بدنی، تلفن: ۰۱۳۳-۲۲۴۰۰۹۱

e-mail: habibian\_m@yahoo.com

پلی اتیلنی ۱۵×۱۵×۳۰ ساخت شرکت رازی راد، دمای  $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$  و رطوبت  $50 \pm 5\%$  در شرایط کنترل شده نور (چرخه روشنایی به تاریکی ۱۲ ساعت) نگهداری شدند و به جیره غذایی استاندارد (۱۰ گرم به ازای ۱۰۰ گرم وزن بدن) ساخت شرکت بهرپور به شکل پلت و آب، آزادانه دسترسی داشتند. پروتکل تجربی بر اساس راهنموده‌هایی برای تیمار و استفاده از آزمایشگاه حیوانات (NIH publication, No. 86-23, revised 1996) انجام شد. در طی ۸ هفته، به موش‌های گروه‌های مهار نیتریک اکسید سنتاز و تمرین هوازی محلول مهارکننده نیتریک اکسید سنتاز (۱۰ میلی گرم / کیلو گرم وزن بدن، پودر حل شده نیترو آل-آرژنین متیل استر در سالیان) و به گروه شم، سالیان ۰/۹٪ (۱ میلی لیتر / کیلو گرم وزن بدن) بصورت داخل صفاقی و ۶ روز / هفته تزریق شد (۲۴ و ۲۵) و گروه کنترل تحت تیمار خاصی نبودند.

**ب- برنامه تمرینی:** قبل از شروع تمرینات اصلی، حیوانات گروه تمرینی، با ۵ جلسه راه رفتن و دویدن با سرعت ۵ تا ۸ متر در دقیقه روی نوارگردان بدون شیب ویژه جوندگان (ساخت پژوهشکده تربیت بدنی متعلق به دانشگاه مازندران) و به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه با نحوه انجام فعالیت روی نوارگردان آشنا شدند. برنامه تمرینی اصلی به صورت پیشرونده و شامل ۲۵ دقیقه دویدن با سرعت ۱۵ متر / دقیقه در هفته اول، تا ۶۴ دقیقه دویدن با سرعت ۲۲ متر / دقیقه در هفته هشتم و ۵ جلسه / هفته در طی ۸ هفته طرح ریزی شد. برای گرم کردن، در ابتدای هر جلسه تمرینی موش‌ها با سرعت ۷ متر در دقیقه به مدت ۳ دقیقه دویدند و تا رسیدن به سرعت مورد نظر، به ازای هر دقیقه، ۲ متر در دقیقه سرعت آنها افزایش یافت. عمل سرد کردن نیز در انتهای تمرین با کاهش پلکانی سرعت تا رسیدن به سرعت اولیه، در انتهای هر جلسه تمرین انجام شد. هم چنین شدت تمرین معادل ۷۵-۵۷ درصد اکسیژن مصرفی بود (۲۶).

**ج- تهیه نمونه های بافتی و خونی:** تمام حیوانات با شرایط کاملاً مشابه، پس از ۱۲ تا ۱۴ ساعت ناشتایی و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی و تزریقات، با تزریق داخل صفاقی کتامین (۶۰ میلی گرم / کیلوگرم) و زایلازین (۵ میلی گرم / کیلوگرم) بی هوش و کشته شدند. پس از شکافتن حفره شکمی، بافت کلیه به دقت جدا و در دمای  $-70^{\circ}\text{C}$  نگهداری شد. بافت فریز شده پس از پودر شدن در نیتروژن مایع، در بافر حاوی پروتاز (PBS, pH 7.4) هموژنیزه شد. سپس به مدت ۳۰ دقیقه با سرعت ۱۲ هزار دور در دقیقه در دمای  $4^{\circ}\text{C}$  سانتریفوژ (مدل ۵۸۱۰ R اپندورف، ساخت آلمان) شد. محلول به دست آمده با استفاده از یخ خشک به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه گیری خونی توسط سرنگ آغشته به هپارین به طور مستقیم از قلب گرفته شد و برای استخراج پلاسما به مدت ۱۵ دقیقه، با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد.

**د- سنجش متغیرهای تحقیق:** سنجش فاکتور نکروز دهنده تومورآلفا و اینتر لوکین-۶ با استفاده از کیت های تجاری الایزا (Rat Eliza kit Assaypro co, USA) و بر اساس دستورالعمل شرکت سازنده با ضریب تغییر (۵/۲ و ۶/۱ CV%) و حساسیت (۵/۳ pg/ml) انجام شد. سطوح پلاسمایی نیتریک اکسید به طور غیرمستقیم، با تبدیل نیتریک اکسید به متابولیت های پایدار آن (تبدیل نیتریک اکسید به یون های نیترات به نیتريت از طریق نیترات ردوکتاز) و با استفاده از روش رنگ سنجی بر اساس واکنش گریس (Griess reagent) و کیت های سنجش ویژه نیتریک اکسید (Cayman Chemical Co. USA) اندازه گیری شد.

های اندوتلیال، عضلات صاف عروقی و ماکروفاژها تولید می شود (۱۲). این سایتوکاین با افزایش بیان و فعالیت کانال های سدیمی سلول های مجاری جمع کننده قشری، نقش کلیدی در بازجذب سدیم توبولی دارد و التهاب ناشی از آن، سهم زیادی در پاتوژنز نفروپاتی و آسیب ناتریورز فشاری ایفا می نماید (۱۳). فاکتور نکروز دهنده تومورآلفا نیز از طریق افزایش فعالیت سوپراکسید، کاهش نیتریک اکسید اندوتلیالی منجر به کاهش فیلتراسیون گلومرولی شده و اثرات مستقیمی بر بازجذب سدیم توبولی دارد (۱۴). علاوه بر این، مشاهده فیلتراسیون نفوسیت های T و ماکروفاژها کلیوی در اکثر مدل های تجربی پرفشارخونی، دلالت بر افزایش التهاب توبولی بینابینی و آسیب کلیوی دارد (۱۵).

هم چنین نقش بالقوه فعالیت های ورزشی منظم بر سیستم قلبی عروقی، درمان بیماری فشارخون و التهاب مزمن در تحقیقات قبلی به خوبی ثابت شده است (۱۸-۴ و Kuru). همکاران نشان دادند که تمرین منظم هوازی با تحریک فیزیکی جریان خون، بهبود پاسخ شل شدگی عروقی ناشی از افزایش نیتریک اکسید و تغییر ساختار عروقی، منجر به کاهش فشارخون در مدل های تجربی پرفشارخونی با مهار نیتریک اکسید سنتاز شد (۲۰ و ۱۹). هم چنین کاهش سطوح پلاسمایی و بافتی فاکتور نکروز دهنده تومورآلفا و اینتر لوکین-۶ با اجرای تمرینات منظم تمرینات هوازی در مدل های انسانی و حیوانی (۱۸ و ۱۷) و بهبود ساختار میکروسکوپی گلومرولی و توبولی کلیوی پس از ۲۰ هفته دویدن با شدت کم، در مدل حیوانی با پرفشارخونی ذاتی توسط Garcia-Pinto و همکاران گزارش شده است (۲۱). نیتریک اکسید نقش اصلی در تنظیم طولانی مدت فشارخون دارد. شواهد نشان می دهند تیمار دارویی مزمن با آنالوگ های ال-آرژنین، ضمن کاهش بیوستز نیتریک اکسید اندوتلیالی، منجر به القاء پرفشارخونی حساس به نمک و بروز آسیب کلیوی می شود (۲۳ و ۲۲). مهار تولید نیتریک اکسید با نیترو-آل آرژنین متیل استر به عنوان یک مدل حیوانی عالی برای بررسی نقش حمایتی نیتریک اکسید در آسیب کلیوی به کار می رود (۲۵-۲۲).

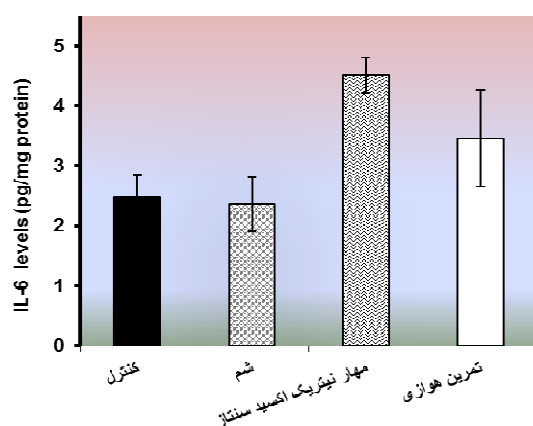
اما علی رغم تأیید اثرات کاهنده و کنترلی درمان های دارویی (۲۲)، آنتی اکسیدان ها (۹) و تمرین هوازی با شدت متوسط بر پرفشارخونی (۱۸ و ۱۷) و ارتباط مستقیم پرفشارخونی با التهاب کلیوی (۱۵)، مکانیسم های حمایتی اثر گذار ورزش بر آسیب های بافتی ناشی از عملکرد بد اندوتلیالی به ویژه در بافت کلیه مشخص نیست. لذا هدف از انجام این مطالعه بررسی اثرات تمرین بلند مدت تمرین هوازی بر فاکتورهای پیش التهابی فاکتور نکروز دهنده تومورآلفا و اینتر لوکین-۶ بافت کلیه موش های تیمار شده با نیترو-آل آرژنین متیل استر می باشد. همچنین برای ردیابی و تأیید مهار تولید نیتریک اکسید توسط مهارکننده نیتریک اکسید سنتاز، فراهمی سطوح نیتریک اکسید سیستمیک، تعیین شد.

## مواد و روشها

**الف- حیوانات آزمایشگاهی:** این پژوهش تجربی، بر روی ۴۰ سر موش صحرایی نر نژاد ویستار ۸ الی ۱۰ هفته ای با دامنه وزنی ۲۰۰ الی ۲۵۰ گرم انجام شد. حیوانات پس از خریداری و انتقال به آزمایشگاه، طی ۲ هفته با محیط جدید آشنایی یافتند و به طور تصادفی به چهار گروه ۱۰ تایی کنترل، شم، مهار نیتریک اکسید سنتاز، تمرین هوازی (تمرین + مهار نیتریک اکسید سنتاز) تقسیم شدند. در طول تحقیق، حیوانات به صورت گروه های ۴ سر موش در قفس های

همچنین مقادیر اینترلوکین-۶ کلیوی با مهار تولید نیتریک اکسید اندوتلیالی، افزایش معنی داری نسبت به گروه های کنترل و شم یافت (به ترتیب  $4/51 \pm 0/88$  در مقایسه با  $2/48 \pm 0/95$  و  $2/36 \pm 1/27$  پیکوگرم/میلیگرم بافت،  $p=0/000$ ) و تمرین هوازی سطوح اینترلوکین-۶ ( $3/46 \pm 0/80$  پیکوگرم/میلی گرم) را نرمال نمود به طوری که تفاوت معنی داری ( $p=0/076$ ) بین گروه تمرین هوازی و کنترل مشاهده نشد (نمودار ۲).

هم چنین، سطوح نیتریک اکسید پلاسمایی در گروه تیمار شده با مهار کننده نیتریک اکسید سنتاز نسبت به گروه های شم ( $4/5$ ) و کنترل ( $4/7$ ) کاهش یافت ( $17 \pm 7$  نسبت به  $32 \pm 3$  و  $33 \pm 3$  میکرومول/لیتر، به ترتیب  $p=0/555$ ،  $p=0/529$ ) و تمرین هوازی با تنظیم مثبت قابل توجه سطوح نیتریک اکسید همراه بود ( $46 \pm 3$  میکرومول/لیتر،  $p=0/043$ ) اما این افزایش نسبت به گروه های کنترل و شم معنی دار نبود (جدول ۱). تمامی تغییرات متغیرهای فوق بین گروه های شم و کنترل معنی دار نبود.

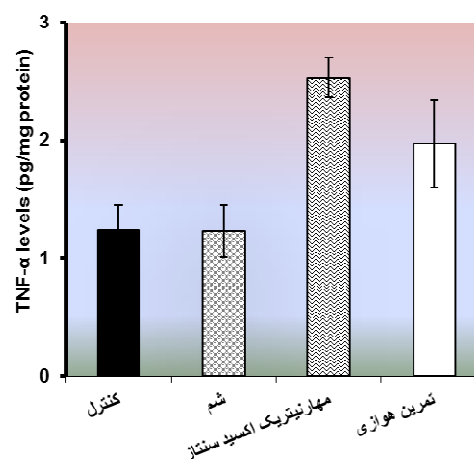


نمودار ۲: مقایسه تغییرات سطوح کلیوی اینترلوکین-۶ در گروه های مختلف پژوهش با گروه کنترل

پس از تعیین توزیع طبیعی داده ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، از روش آنالیز واریانس یک راهه و آزمون تعقیبی توکی تجزیه و تحلیل شدند و  $p < 0/05$  معنی دار در نظر گرفته شد.

## یافته ها

بر اساس یافته های این مطالعه ۸ هفته تیمار موش های ویستار با تزریق مهار کننده نیتریک اکسید سنتاز، سطوح فاکتور نکروز دهنده تومور آلفا کلیوی را نسبت به گروه های کنترل و شم توسعه بخشید (به ترتیب  $2/53 \pm 0/52$  در مقایسه با  $1/24 \pm 0/55$  و  $1/23 \pm 0/61$  پیکوگرم/میلی گرم بافت)، ( $p=0/000$ ) (جدول ۱). اما علی رغم تنظیم منفی ( $p=0/045$ ) این سایتوکاین با تمرین هوازی ( $1/97 \pm 0/37$ )، در سطوح بالاتری از گروه های کنترل ( $p=0/014$ ) و شم ( $p=0/011$ ) قرار داشت (نمودار ۱).



نمودار ۱: مقایسه تغییرات سطوح کلیوی فاکتور نکروز دهنده تومور آلفا در گروه های مختلف پژوهش با گروه کنترل

جدول ۱: میانگین و انحراف معیار سطوح فاکتور نکروز دهنده تومور آلفا و اینتر لوکین-۶ (در بافت کلیه) و

| سطوح نیتریک اکسید در پلازما گروه های مختلف پژوهش با گروه کنترل |                 |                 |                         |                 |
|----------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----------------|
| گروه ها                                                        | کنترل           | شم              | مهار نیتریک اکسید سنتاز | تمرین هوازی     |
| فاکتور نکروز دهنده تومور آلفا (pg/mg protein)                  | $1/24 \pm 0/55$ | $1/23 \pm 0/61$ | $2/53 \pm 0/52$         | $1/97 \pm 0/37$ |
| اینتر لوکین-۶ (pg/mg protein)                                  | $2/48 \pm 0/95$ | $2/36 \pm 1/27$ | $4/51 \pm 0/88$         | $3/46 \pm 0/80$ |
| نیتریک اکسید (μmol/L plasma)                                   | $33 \pm 3$      | $32 \pm 3$      | $17 \pm 7$              | $46 \pm 3$      |

a: اختلاف معنی دار نسبت به گروه های کنترل و شم، b: اختلاف معنی دار نسبت به گروه مهار نیتریک اکسید سنتاز، c: اختلاف معنی دار نسبت به گروه شم، (سطح معنی داری  $p < 0/05$ )

## بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه افزایش سطوح فاکتور نکروز دهنده تومور آلفا و اینتر لوکین-۶ بافت کلیوی پس از ۸ هفته مهار آنزیم نیتریک اکسید سنتاز و تنظیم منفی این

شاخص های التهابی با تمرین هوازی بلند مدت با شدت متوسط مشاهده شد که بیانگر مداخله سایتوکاین های پیش التهابی در شرایط پاتولوژی کلیوی حاصل از

سنتاز مشاهده شد، بنابراین تمرین ممکن است به واسطه کاهش التهاب کلیوی ناشی از تنظیم منفی تولید نیتریک اکسید، اثرات حمایتی خود را بر بافت کلیه اعمال نماید. با این وجود فعالیت ورزشی نتوانست به طور کامل التهاب ناشی از فاکتور نکروز دهنده تومورآلفا بافتی کلیوی را خنثی سازد که علت احتمالی آن ممکن است افزایش زیاد فاکتور نکروز دهنده تومورآلفا ناشی از فیلتراسیون سلول های T و یا ماکروفاژها / مونوسیت ها باشد (۹ و ۳۱). هم چنین مشاهده کاهش بیشتر سطوح اینتر لوکین-۶ می تواند تاییدی بر تاثیر مطلوب تمرین در نرمال نمودن سطوح اینتر لوکین-۶ باشد و این که تداوم فعالیت در زمان طولانی تر از ۸ هفته و بروز سازگاری های بیشتر، ممکن است سطوح اضافی شاخص های التهابی فاکتور نکروز دهنده تومورآلفا را نیز نرمال سازد.

Asghar و همکاران گزارش دادند که ۶ هفته تمرین هوازی همراه با کاهش استرس اکسیداتیو و افزایش فعالیت آنتی اکسیداتی، تولید فاکتور نکروز دهنده تومورآلفا را مهار نمود و منجر به کاهش التهاب در توبول های پروگزیمال کلیوی موش های مسن گشت (۳۵). هم چنین Agarwal و همکاران نشان دادند ۱۶ هفته تمرین با شدت متوسط سطوح پلاسمایی و قلبی فاکتور نکروز دهنده تومورآلفا را کاهش داد و با بهبود وضعیت رداکس از طریق کاهش فعالیت NF-κB و تولید نیتریک اکسید قلبی در موش های پرفشارخون ذاتی همراه بود (۳). علاوه بر این ارتباط منفی بین افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی و کاهش سطوح فاکتور نکروز دهنده تومورآلفا و اینتر لوکین-۶ پلاسمایی در بیمارانی با ناتوانایی قلبی مزمن در نتایج Adamopoulos و همکاران گزارش شد (۳۶). تشابه تحقیقات مذکور با تحقیق حاضر در کاهش فاکتور نکروز دهنده تومورآلفا و اینترلوکین-۶ کلیوی در موش های تمرین کرده، می تواند گواهی بر اثرات چند جانبه تمرین هوازی مزمن بر کنترل فاکتورهای پیش التهابی در پلاسمایی و بافتی اندام های متعدد و فشارخون بالا باشد.

اگر چه عدم اندازه گیری مستقیم فشارخون، را می توان از محدودیت های تحقیق حاضر عنوان نمود، ولی به کارگیری از مدل تجربی پرفشارخونی ناشی از مهار سنتز نیتریک اکسید سنتاز و اندازه گیری فراهمی نیتریک اکسید پلاسمایی را می توان از جمله نقاط قوت این پژوهش برشمرد. بر اساس تحقیقات قبلی، تیمار مزمن نیترو آل-آرژنین متیل استر منجر به القا پر فشارخونی حساس به نمک شد (۲۴ و ۲۲). حدود نیمی از افراد مبتلا به فشارخون اساسی، دارای حساسیت به نمک می باشند و آسیب های کلیوی در این افراد جدی تر از بیماران پرفشارخون غیر حساس به نمک است (۸). در تحقیق حاضر تیمار مزمن با نیترو آل-آرژنین متیل استر، با کاهش سطوح سیستمی نیتریک اکسید همراه بود که بیانگر تایید مهار نیتریک اکسید سنتاز و در نتیجه القا آسیب کلیوی ناشی از نقص تولید نیتریک اکسید بود. نیتریک اکسید به عنوان یک عنصر غیر قابل جایگزین و اساسی، نقش مهمی در تنظیم دراز مدت فشارخون دارد. از این جهت مهار نیتریک اکسید مدل بسیار پیچیده از القاء پرفشارخونی شریانی است (۲۵ و ۲۳ و ۲۰ و ۱۹). تشابه کاهش نیتریک اکسید در تحقیق حاضر و پژوهش های قبلی، می تواند گواهی بر پرفشارخون شدن احتمالی موش ها در تحقیق تجربی حاضر باشد در حالی که تمرین به طور معکوسی منجر به افزایش شاخص نیتریک اکسید حتی نسبت به گروه های پایه (۳۹٪) و شم (۴۴٪) شد. افزایش فشار برشی (shear stress) که همراه با ازدیاد جریان خون در طول ورزش اتفاق می افتد، تولید و رهایی نیتریک اکسید را از طریق اندوتلیوم عروقی و افزایش بیان نیتریک اکسید سنتاز،

نقص تولید نیتریک اکسید و اثرات کاهندگی فعالیت های ورزشی هوازی در التهاب بافت کلیه است. التهاب بافت های مختلف شامل واکنش های پیچیده ای از سلول های ایمنی و پروتئین های محلول از جمله سایتوکاین ها است و همانند اکثر واکنش های ایمنی مزیت آن درمان و برگشت به ریکاوری پس از عفونت است. اما در صورت هماهنگ عمل نکردن دفاع هدفمند شده و ترمیمات لازم، می تواند از طریق لکوسیت ها منجر به آسیب بافتی در اندام های متعدد شود (۲۷). سلول های التهابی مانند ماکروفاژها و سلول های T، در چربی دور عروقی و کلیه تجمع می یابند و در عملکرد بد عروقی و بیماری های کلیوی همراه با افزایش فشارخون، شرکت دارند. اما سوال اصلی این است که سلول های T چگونه این اثرات را اعمال می کنند. یک مکانیسم احتمالی رهایی سایتوکاین هایی است که بر عملکرد سلول های کلیوی و عروقی اثرگذار هستند (۲۸)، افزایش سطوح کلیوی فاکتور نکروز دهنده تومورآلفا و اینترلوکین-۶ در موش های بیمار شده با مهارکننده نیتریک اکسید سنتاز در تحقیق حاضر همسو با گزارشات قبلی (۹ و ۱۰) می تواند تاییدی بر نقش مهم سایتوکاین های پیش التهابی در پاتوژنز کلیوی ناشی از عملکرد بد اندوتلیالی از جمله پرفشارخونی باشد. در نتایج تحقیقات مختلف افزایش فشارخون همراه با آسیب کلیوی، توسعه فیلتراسیون مونوسیت/ ماکروفاژها (۳۰ و ۲۹) و لنفوسیت T (۳۱)، ارتقاء فعالیت فاکتور هسته ای NF-κB - فاکتور نسخه برداری سایتوکاین های پیش التهابی - (۲۹ و ۱۱)، تنظیم مثبت آنژیوتانسین II (۳۱ و ۲۴)، افزایش فاکتور نکروز دهنده تومورآلفا و اینتر لوکین-۶ (۱۱-۹) و استرس اکسیداتیو بالا (۲۹ و ۹) بافت کلیوی در انواع مدل های تجربی گزارش شده است.

به اعتقاد پژوهشگران توسعه آنرواسکلروز شریان آوران ممکن است با اختلال در خود تنظیمی گلوامرولی همراه باشد. در حالی که از دست رفتن مویرگ های دور توبولی ممکن است سبب ایسکمی موضعی گردد. این تغییرات برای استقرار سلول های T و ماکروفاژها درون ماده بینابینی مناسب هستند که توام با استرس موضعی و تولید آنژیوتانسین II ممکن است در ناتریورز فشاری آسیب دیده و در نتیجه افزایش فشارخون دخالت یابند (۳۲). از سوی دیگر Gazik و همکاران نیز نشان دادند تزریق آنژیوتانسین II به موش های سالم، فعال سازی سلول های T موجود در بافت چربی دور عروقی و تولید فاکتور نکروز دهنده تومورآلفا در لنفوسیت T را افزایش داد (۳۳). سلول T به واسطه دارا بودن یک سیستم رنین-آنژیوتانسین داخلی، قادر به تولید سطوح فیزیولوژیکی از آنژیوتانسین II می باشند که می تواند بیان شاخص های مضر بافتی و تولید سایتوکاین فاکتور نکروز دهنده تومور آلفا را افزایش دهد (۳۴) اگرچه در تحقیق حاضر عوامل اثر گذار دیگر بر پروسه های التهابی مانند آنژیوتانسین II، فعالیت NF-κB اندازه گیری نشد. ولی به نظر می رسد ماکروفاژها و لنفوسیت های T فعال فیلتر شده به بافت کلیه همانند خود سلول های اصلی کلیه، ممکن است از طریق افزایش سطوح آنژیوتانسین II (به عنوان یک سایتوکاین پیش التهابی)، استرس اکسیداتیو و یا فعالیت فاکتور NF-κB سبب افزایش سطوح کلیوی سایتوکاین های فاکتور نکروز دهنده تومورآلفا و اینتر لوکین-۶ مشابه با سایر مدل های تجربی پرفشارخونی شوند. با توجه به اینکه در این مطالعه کاهش معنی دار سطوح فاکتور نکروز دهنده تومورآلفا و اینتر لوکین-۶ کلیوی پس از ۸ هفته تمرینات هوازی منظم، همراه با افزایش قابل ملاحظه (۱۶۳٪) سطوح نیتریک اکسید پلاسمایی در مقایسه با گروه های تیمار شده با مهار کننده نیتریک اکسید

با نیترو ال- آرژنین متیل استر است. بنابراین تمرین هوازی بلند مدت ممکن است از طریق تنظیم منفی سایتوکاين های پیش التهابی کلیوی مانند فاکتور نکروز دهنده تومورآلفا و اینتر لوکین-۶ و هم چنین افزایش سطوح نیتریک اکسید پلاسمایی، آسیب کلیوی ناشی از عملکرد بد اندوتلیوم را در بیماری های قلبی عروقی از جمله پرفشارخونی کاهش بخشد. با توجه به نقش حمایت کلیوی تمرین منظم ورزشی، به نظر می رسد نتایج این مطالعه بتواند زمینه ساز تحقیقات جدیدی در این راستا باشد.

### تقدیر و تشکر

بدینوسیله از کلیه همکارانی که در انجام این پژوهش ما را یاری دادند، تشکر و قدردانی می گردد.

توسعه می بخشد، هم چنین تاثیر فعالیت های ورزشی بر افزایش پاسخ به استیل کولین و شل شدگی وابسته به نیتریک اکسید و کاهش فشارخون در مدل های با نقص نیتریک اکسید تایید شده است (۲۵و۲۳و۲۰و۱۹). Husain در تحقیقی مشابه نشان داد که ۸ هفته تزریق نیترو ال-آرژنین متیل استر با دوز ۱۰ میلی گرم /کیلو گرم منجر به کاهش سطوح نیتریک اکسید پلاسمایی و افزایش معنی دار فشارخون شد و اجرای فعالیت ورزشی با شدت متوسط، با افزایش قابل توجه نیتریک اکسید پلاسمایی و نرمال شدن فشارخون همراه بود (۲۵). بنابراین در تحقیق حاضر، اجرای تمرین مزمن، ممکن است افزایش فشارخون احتمالی حاصل از نقص تولید نیتریک اکسید را از طریق فراهمی سطوح نیتریک اکسید پلاسمایی و اتساع عروقی ناشی از آن کاهش دهد.

در کل نتایج تحقیق حاضر، بیانگر نقش حمایتی فعالیت های هوازی با شدت متوسط در مقابل صدمات التهابی کلیوی، ناشی از مهار نیتریک اکسید سنتاز

## Protective Effect of Aerobic Exercise against Some of Proinflammatory Cytokines-Induced Chronic Nitric Oxide Synthase Inhibition in Renal Tissue Rats

M. Habibian (MA)<sup>1\*</sup>, M. Peeri (PhD)<sup>1</sup>, M.A. Azarbayjani (PhD)<sup>1</sup>, M. Hedayati (PhD)<sup>2</sup>

1. Department of Physical Education and Sport Sciences, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran

2. Obesity Research Center, Research Institute for Endocrine Sciences, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

J Babol Univ Med Sci; 15(1); Jan 2012; pp: 30-37

Received: Mar 3<sup>rd</sup> 2012, Revised: Jul 4<sup>th</sup> 2012, Accepted: Aug 29<sup>th</sup> 2012.

### ABSTRACT

**BACKGROUND AND OBJECTIVE:** Hypertension is associated with alteration in endothelial function mediated through reduced nitric oxide bioavailability and renal injury. Exercise training has been shown to improve endothelial function in animal models of hypertension and in the patients with essential hypertension. The purpose of this study was to investigate the protective effect of aerobic exercise against some of proinflammatory cytokines in the renal tissue of rats treated with chronic nitric oxide synthase inhibition.

**METHODS:** In this experimental research, 40 male Wistar rats were randomly divided into four groups: (1) control (2) sham (3) nitric oxide synthase inhibition (infusion of N $\omega$ -Nitro-L-Arginine Methyl Ester, intraperitoneally) and (4) aerobic exercise (exercise + nitric oxide synthase inhibition) (n=10 for any group). The exercise consisted of progressive running training on the treadmill for 15 to 22 m/min, 25 to 64 min /day, and 5 days/week for 8 weeks. Tumor necrosis factor-alpha (TNF- $\alpha$ ) and interleukin-6 (IL-6) levels was measured by ELISA method and the groups were compared.

**FINDINGS:** Chronic nitric oxide synthase inhibition significantly enhanced renal TNF- $\alpha$  ( $2.53 \pm 0.52$  pg/mg) and IL-6 ( $4.15 \pm 0.88$  pg/mg) levels ( $p=0.000$ ). Conversely, aerobic exercise significantly decreased ( $p=0.045$ ) this proinflammatory cytokines levels ( $1.97 \pm 0.37$ ,  $3.46 \pm 0.80$  pg/mg, respectively) in rat kidney.

**CONCLUSION:** Regular aerobic exercise with moderate intense may exert protective role against systemic nitric oxide deficiency-induced inflammatory renal injury by down-regulating the proinflammatory cytokines.

**KEY WORDS:** Proinflammatory cytokines, Nitric oxide, Exercise training.

\*Corresponding Author;

Address: Department of Physical Education and Sport Sciences, Islamic Azad University, Ghaemshar, Iran

Tel: +98 123 2240091

E-mail: habibian\_m@yahoo.com

## References

1. Kearney PM, Whelton M, Reynolds K, Muntner P, Whelton PK, He J. Global burden of hypertension: analysis of worldwide data. *Lancet* 2005; 365(9455): 217-23.
2. Novo S, Lunetta M, Evola S, Novo G. Role of ARBs in the blood hypertension therapy and prevention of cardiovascular events. *Curr Drug Targets* 2009;10(1):20-5.
3. Agarwal D, Haque M, Sriramula S, Mariappan N, Pariaut R, Francis J. Role of proinflammatory cytokines and redox homeostasis in exercise-induced delayed progression of hypertension in spontaneously hypertensive rats. *Hypertension* 2009;54(6):1393-400.
4. Edwards KM, Ziegler MG, Mills PJ. The potential anti-inflammatory benefits of improving physical fitness in hypertension. *J Hypertens* 2007;25(8):1533-42.
5. Bautista LE, Vera LM, Arenas IA, Gamarra G. Independent association between inflammatory markers (C-reactive protein, interleukin-6, and TNF- $\alpha$ ) and essential hypertension. *J Hum Hypertens* 2005;19(2):149-54.
6. Zhang ZH, Wei SG, Francis J, Felder RB. Cardiovascular and renal sympathetic activation by blood-borne TNF in rat: the role of central prostaglandins. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2003;284(4):R916-27.
7. Sanz-Rosa D, Oubina MP, Cedie E, et al. Effect of AT<sub>1</sub> receptor antagonism on vascular and circulating inflammatory mediators in SHR: role of NF-KappaB/IKappaB system. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2005;288(1):H111-5.
8. Manning RD Jr, Tian JN, Meng S. Oxidative stress and antioxidant treatment in hypertension and the associated renal damage. *Am J Nephrol* 2005;25(4):311-7.
9. Tian N, Moore RS, Braddy S, et al. Interactions between oxidative stress and inflammation in salt-sensitive Hypertension. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2007;293(6):H3388-95.
10. Ruiz-Ortega M, Ruperez M, Lorenzo O, et al. Angiotensin II regulates the synthesis of proinflammatory cytokines and chemokines in the kidney. *Kidney Int Suppl* 2002; 82:S12-2.
11. Matavelli LC, Huang J, Siragy HM. Angiotensin AT<sub>2</sub> receptor stimulation inhibits early renal inflammation in renovascular hypertension. *Hypertension* 2011;57(2):308-13.
12. Lee DL, Sturgis LC, Labazi H, et al. Angiotensin II hypertension is attenuated in interleukin-6 knockout mice. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2006;290(3):H935-40.
13. Li K, Guo D, Zhu H, Hering-Smith KS, et al. Interleukin-6 stimulates epithelial sodium channels in mouse cortical collecting duct cells. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2010;299(2): R590-5.
14. Shahid M, Francis J, Majid DS. Tumor necrosis factor- $\alpha$  induces renal vasoconstriction as well as natriuresis in mice. *Am J Physiol Renal Physiol* 2008;295(6):F1836-44.
15. Johnson RJ, Herrera-Acosta J, Schreiner GF, Rodríguez-Iturbe B. Subtle acquired renal injury as a mechanism of salt-sensitive hypertension. *N Engl J Med* 2002;346(12):913-23.
16. Ciampone S, Borges R, de Lima IP, Mesquita FF, Cambiucci EC, Gontijo JA. Long-term exercise attenuates blood pressure responsiveness and modulates kidney angiotensin II signalling and urinary sodium excretion in SHR. *J Renin Angiotensin Aldosterone Syst* 2011;12(4):394-403.
17. Adamopoulos S, Parissis J, Karatzas D, et al. Physical training modulates proinflammatory cytokines and the soluble Fas/soluble Fas ligand system in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol* 2002;39(4):653-63.
18. Lesniewski LA, Durrant JR, Connell ML, et al. Aerobic exercise reverses arterial inflammation with aging in mice. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2011;301(3):H1025-32.
19. Kuru O, Şentürk UK, Kocer G, et al. Effect of exercise training on resistance arteries in rats with chronic NOS inhibition. *J Appl Physiol* 2009;107(3):896-902.

- 20.Kuru O, Şentürk ÜK, Demir N, et al. Effect of exercise on blood pressure in rats with chronic NOS inhibition. *Eur J Appl Physiol* 2002;87(2):134-40.
- 21.Garcia-Pinto AB, De Matos VS, Rocha V, Moraes-Teixeira J, Carvalho JJ. Low-Intensity physical activity beneficially alters the ultrastructural renal morphology of spontaneously hypertensive rats. *Clinics* 2011;66(5):855-63.
- 22.Zatz R, Baylis C. Chronic nitric oxide inhibition model six years on. *Hypertension* 1998;34(6):958-64.
- 23.Husain K. Exercise conditioning attenuates the hypertensive effects of nitric oxide synthase inhibitor in rat. *Mol Cell Biochem* 2002;231(1-2):129-37.
- 24.Quiroz Y, Pons H, Gordon KL, et al. Mycophenolate mofetil prevents salt-sensitive hypertension resulting from nitric oxide synthesis inhibition. *Am J Physiol Renal Physiol* 2001; 281(1): F38-47.
- 25.Husain K. Interaction of exercise training and chronic NOS inhibition on blood pressure, heart rate, NO and antioxidants in plasma of rats. *Pathophysiology* 2003;10(1):47-56.
- 26.Hosseinzadeh S, Dabidi Roshan V, Mahjoub S, Taghipour Darzi M. The interactive effect of lead acetate and endurance training on the brain-derived neurotrophic factor and malondialdehyde levels in rat's cortex. *J Babol Univ Med Sci* 2012;14(2):7-15. [in Persian]
- 27.Lam CWK. Inflammation, cytokines and chemokines in chronic kidney disease. *eJIFCC* 2009;20(1):11-19.
- 28.Harrison DG, Vinh A, Lob H, Madhur MS. Role of the adaptive immune system in hypertension. *Curr Opin Pharmacol* 2010;10(2):203-7.
- 29.Tian N, Gu JW, Jordan S, Rose RA, Hughson MD, Manning RD Jr, et al. Immune suppression prevents renal damage and dysfunction and reduces arterial pressure in salt-sensitive hypertension. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2007;292(2):H1018-25.
- 30.Lawes CM, Vander Hoorn S, Law MR, Elliott P, MacMahon S, Rodgers A. Blood pressure and the global burden of disease 2000. Part II: estimates of attributable burden. *J Hypertens* 2006;24(3):423-30.
- 31.De Miguel C, Das S, Lund H, Mattson DL. T lymphocytes mediate hypertension and kidney damage in Dahl salt-sensitive rat. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2010;298(4): R1136-42.
- 32.Rodriguez-Iturbe B, Johnson RJ. The role of renal microvascular disease and interstitial inflammation in salt-sensitive hypertension. *Hypertens Res* 2010;33(10):975-80.
- 33.Guzik TJ, Hoch NE, Brown KA, et al. Role of the T cell in the genesis of angiotensin II-induced hypertension and vascular dysfunction. *J Exp Med* 2007;204 (10):2449-60.
- 34.Hoch NE, Guzik TJ, Chen W, et al. Regulation of T-cell function by endogenously produced angiotensin II. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2009;296(2):R208-16.
- 35.Asghar M, George L, Lokhandwala MF. Exercise decreases oxidative stress and inflammation and restores renal dopamine D1 receptor function in old rats. *Am J Physiol Renal Physiol* 2007;293(3):F914-9.
- 36.Adamopoulos S, Parissis J, Karatzas D, et al. Physical training modulates proinflammatory cytokines and the soluble Fas/soluble Fas ligand system in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol* 2002;39(4):653-63.