پژوهش در علوم‌ورزشی
شمارهٔ دوم - ص ص: ۱۱۳ - ۹۱

تأثیر یک برنامهٔ هوازی منتخب بر تولید نیتریک اکساید و نسبت لیپو پروتئین‌های خود درافراد غیر ورزشکار

دکتر سید جلال تقوی‌الحسینی، دکترحجت‌الله نیک‌بخت و
دکتراحمد زوارن حسنی

استادیار دانشگاه شهیدرجایی، دانشیار واحد علوم وتحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی و
استادیار دانشگاه شاهد

چکیده

هدف از انجام این پژوهش، بررسی تأثیر یک برنامهٔ منتخب هوازی بر تولید نیتریک اکساید و نسبت لیپوپروتئین‌های خون در افراد سالم و طبیعی است. در این خصوص، تغییرات نیتریک اکساید و نسبت لیپوپروتئین‌های سرم خون به‌عنوان واسطه‌ای مهم در گشادی رگ‌ها و کاهش نسبت لیپوپروتئین مضر به لیپوپروتئین مفید بررسی شده است. به‌همین منظور، نمونه‌ای مشتمل بر ۱۵ آزمودنی با میانگین سنی ۲/۳ ± ۲۰/۵ سال، وزن ۷/۰۵ ± ۶۵/۸۸ کیلوگرم و قد ۵/۰۷ ± ۱۷۳/۲۵ سانتیمتر به‌طور تصادفی انتخاب شدند. آزمودنی‌ها طبق برنامه، ۴۸ ساعت قبل از آزمون ورزشی و نمونه‌گیری خون هیچ‌گونه فعالیت بدنی سنگین نداشتند و طبق دستورالعمل خاص از رژیم غذایی کم تیتراته پیروی می‌کردند که در زمان‌های گوناگون برای تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصل از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر، آزمون F و تعیین LSD در سطح ۰/۰۵ > P استفاده شد. نتایج نشان داد میزان نیتریت سرم خوم آزمودنی‌ها بلافاصله بعد از یک جلسه فعالیت و به‌دنبال انجام تمرین منتخب به ترتیب ۰/۴۶ ± ۷/۷۳ و ۲/۱۰ ± ۱۳/۶۵ در مقابل ۰/۵۸ ± ۶/۷۱ میکرومول در لیتر و میزان نسبت لیپو پروتئین‌ها به ترتیب ۰/۱۰ ± ۱/۴۲ و ۰/۰۸ ± ۱/۳۷ در مقابل

۱/۷۹ ± ۰/۱۴ میلی‌گرم در دسی‌لیتر در زمان استراحت قبل از شروع برنامهٔ تمرینی بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت، تولید نیتریک اکساید در زمان استراحت و پس از یک مرحله فعالیت بدنی نسبت به‌روز آغازین پژوهش افزایش می‌یابد. همچنین نسبت لیپوپروتئین‌های سرم خون آزمودنی‌ها در مراحل گوناگون مطالعه کاهش می‌یابد. این تغییرات ممکن است دلیل مهمی برای اثرات مفید فعالیت بدنی بر سلامت قلبی - عروقی باشد.

واژه‌های کلیدی: ضربان قلب، نیتریک اکساید، لیپوپروتئین با چگالی پایین، لیپوپروتئین با چگالی بالا

مقدمه

یکی از مهم‌ترین توانایی‌های هر بافت کنترل جریان خون خود به‌طور متناسب با نیازهای متابولیکی است. بنابراین هرگاه نیاز بافتی به‌خون تغییر کند، جریان خون از آن تغییر پیروی می‌کند. از طرف دیگر، شگفت‌انگیزتر از همه کاهش میزان جریان خون عضلات بدن در حالت استراحت است، زیرا در این حالت، فعالیت متابولیک عضلات بسیار پایین و میزان جریان خون نیز اندک و به مقدار ۵-۲ میلی لیتر در دقیقه به ازای هر ۱۰۰ گرم از تودهٔ عضله است. این درحالی است که عضلات بدن بین ۳۰ تا ۴۰ درصد تودهٔ کل بدن را تشکیل می‌دهند (۵،۷،۹). با آغاز فعالیت بدنی بر میزان فعالیت متابولیکی عضلات افزوده می‌شود. چنانچه در جریان فعالیت سنگین بدنی، فعالیت متابولیکی عضلات می‌تواند تا ۵۰ برابر نسبت به سطح متابولیک در زمان استراحت افزایش یابد. درنتیجه میزان جریان خون نیز تا ۲۰ برابر زمان استراحت افزایش می‌یابد، یعنی به ۱۰۰ - ۸۰ میلی‌لیتر در دقیقه به ازای هر ۱۰۰ گرم از تودهٔ عضله می‌رسد (۲۸، ۲۷، ۱۷، ۱۶، ۹، ۷).

اکنون این پرسش مطرح است که آیا فعالیت‌های بدنی با تکرار، شدت و مدت مناسب و براساس برنامه‌های منظم و مستمر موجب تغییرات بیولوژیکی مؤثر و مفید می‌شود که مزایای چشمگیر و مهمی برای افزایش کارایی بدن دارد؟ در این پژوهش، از دیدگاه جدیدی تغییرات بیولوژیکی بدن در واکنش به فعالیت‌های بدنی مورد بررسی و مطالعه قرار می‌گیرد، زیرا به

اهمیت بافت همبند و لایه‌های داخلی عروق حونی از نظر واکنش نسبت به فعالیت‌های بدنی و ورزشی کمتر توجه شده است. سلول‌های اندوتلیوم[1] سالم، رگ‌های حونی و مویرگ‌ها را در حضور استیل کولین (ACh)[2] ماده‌ای که سبب شل شدن عضلات صاف جدار رگ‌ها می‌شود، آزاد می‌کند. این ماده ابتدا در سال ۱۹۸۰ عامل شل کنندهٔ مشتق از اندوتلیوم[3] (EDRF) معرفی شد، سپس در سال ۱۹۸۶ به نام نیتریک اکساید[4] (NO) شناخته شد (۷،۹،۱۵). اخیرا نیتریک اکساید به عنوان یک مادهٔ واسطه‌ای مهم در انواع اعمال فیزیولوژیک مانند انتقال جریانات عصبی، تنظیم فشار خون، گشاد کنندهٔ رگ‌ها، فعالیت ایمنی و دفاعی مورد توجه فراوان قرار گرفته است (۲،۷،۱۱،۱۵،۲۱،۲۲).

مطالعات پیشین نشان داده است اندوتلیوم سالم نقش مهمی در تنظیم میزان تنش شریانچه‌ها دارد و افزایش شدید در میزان جریان خون و ریزش خون به درون ماهیچه‌ها، محرک مناسبی برای تولید عوامل و مواد اندوتلیالی در این سلول‌های سالم است. این امر به‌طور ابتدایی از طریق کاهش مقاومت رگی در شریانچه‌های ماهیچه‌ای اسکلتی به کار و فعالیت بدنی می‌پردازد (۲۱،۲۰،۱۱،۹،۲). به‌تازگی مشخص شده است که چون لایهٔ سلول‌های اندوتلیالی شریانچه‌ها پرحجم فعالیت بدنی و ورزشی در معرض افزایش جریان خون قرار می‌گیرد، امکان دارد که عملکردهای این لایه از سلول‌ها هنگام انتقال از مرحلهٔ بی‌تمرینی به وضعیت تمرین کرده تحت تأثیر واقع شود (۹،۲۴،۲۵،۲۹).

افزایش سطح چربی‌های خون در دراز مدت، به‌ویژه در سنین بالا، باعث رسوب در جدار عروق و سخت شدن جدار عروق می‌شود. ضمن اینکه باعث افزایش فشارخون نیز هست و می‌تواند با انسداد عروقی موجب سکتهٔ قلبی، حملهٔ مغزی و مرگ شود (۵،۸،۹،۱۴).

پژوهش‌ها نشان می‌دهد که فعالیت‌های بدنی و تمرینات هوازی اکسایش و یا اکسید شدن

1. Endothelium cells
2. Acetylcholine (ACh)
3. Endothelium-Drived Relaxing Factor (EDRF)
4. Nitric Oxide

ترکیبات کلسترولی را در موش‌های صحرایی و میمون‌ها افزایش می‌دهد. این اثرها در انسان نیز مشابه است. ضمناً تمرینات ورزشی نه فقط از مجموع کلسترول خون می‌کاهد، بلکه بخشی از کلسترول را که به‌عنوان بخش کلسترول لیپوپروتئین با چگالی بالا[1] (HDL-C) به کلسترول مفید معروف است را افزایش و بخش کلسترول لیپوپروتئین با چگالی کم[2] (LDL-C) را کاهش می‌دهد (۱،۵،۹،۱۳،۱۶،۲۶). فعالیت‌های ورزشی کوتاه‌مدت که با شدت کم انجام می‌گیرند، به‌طور معنی‌داری میزان HDL-C را دگرگون نمی‌کنند. درحالی که فعالیت‌های ورزشی طولانی مدت با شدت کم ممکن است غلظت HDL-C را به‌طور معنی‌داری تغییر دهد. همچنین این دیدگاه مطرح است که بخش کلسترول لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL-C) همچون محافظی در خون عمل می‌کند و اثر مفید و کمک کننده روی عمل عروق قلبی دارد. درحالی که اجزای کلسترول لیپوپروتئین با چگالی کم (LDL-C) به‌عنوان جزء تهدید کننده و خطرزای عروقی شناخته شده و اثر مضر داشته است و به عروق قلبی صدمه زده، قلب و عروق را نسبت به بیماری‌های قلبی - عروقی آسیب‌پذیر می‌سازد (۷،۸،۳۳).

اگرچه ارتباط NO در پاسخ به فعالیت بدنی و ورزش در انسان به خوبی شناخته نشده است و هنوز ابهامات آن برای محققان رفع نشده است، لیکن با شناسایی عمل NO به‌عنوان عامل شل کنندهٔ ماهیچه‌های صاف رگ‌ها مشخص شده است که سلول‌های اندوتلیوم همواره مقادیر زیادی NO برای کنترل نوسانات یا تنش[3] رگ‌ها آزاد می‌کنند (۷،۱۸،۲۰،۳۱،۳۳).

برای رفع این ابهامات به تحقیقات بیشتری در این زمینه نیاز است. هدف کلی از این پژوهش، بررسی و تجزیه و تحلیل تأثیر یک نمونه برنامهٔ تمرین و فعالیت بدنی منظم هوازی بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی تغییرات نیتریک اکساید و لیپوپروتئین‌های سرم خون و ضربان قلب زمان استراحت و فعالیت در افراد سالم و طبیعی است.

---

1. High Density Lipoprotein Cholesterol (HDL-C)

2. Low Density Lipoprotein Cholesterol (LDL-C)

3. Tone vs Tension

روش‌شناسی پژوهش

آزمودنی‌ها

از بین دانشجویان مرکز تربیت معلم شهید چمران تهران نمونه‌ای مشتمل بر ۱۵ آزمودنی با میانگین سنی ۲/۲۹ ± ۲۰/۴۷ سال، وزن ۷/۰۵ ± ۶۵/۸۸ کیلوگرم و قد ۵/۰۷ ± ۱۷۳/۲۵ سانتیمتر به طور تصادفی از بین داوطلبان انتخاب شدند. ذکر این نکته لازم است که هیچ‌یک از آزمودنی‌ها، سابقهٔ بیماری یا مصرف داروی خاصی نداشته و از سلامتی نسبی برخوردار بودند ضمناً همهٔ آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه را تکمیل و امضا کردند.

متغیرهای پژوهش

الف) متغیر مستقل

متغیر مستقل در این پژوهش، اجرای یک برنامهٔ تمرین منتخب هوازی بود. این برنامه براساس ضربان قلب ذخیرهٔ بیشینه[1] (HRR) به روش کارونن اجرا شد. آزمودنی‌ها طبق برنامه زیر تحت نظر محقق هفته‌ای چهار جلسه و به مدت ۸ هفته در برنامهٔ تمرینات منتخب شرکت کردند. مدت زمان تمرین در هر جلسه حداقل ۶۰ و حداکثر ۹۰ دقیقه بود.

ضمناً در انتهای هر جلسهٔ تمرین از روش سرد کردن بدن با فعالیت‌های سبک استفاده می‌شد.

ب) متغیر وابسته

متغیرهای وابسته عبارت بودند از تغییراتی که بعد از اجرای برنامهٔ تمرین منتخب هوازی در میزان لیپوپروتئین‌های کم چگال و پرچگال (LDL-C و HDL-C) خون به‌وجود می‌آید. برای سنجش تغییرات لیپوپروتئین‌ها از اندازه‌گیری میزان تغییرات

1. The Maximal Hartic Rate Reserve (HRR)

متابولیت‌های اصلی این ماده در بدن استفاده شد. گزارش شده که متابولیت‌های اصلی این ماده نیتریت، و نیتریت کل سرم یا پلاسماست.

شیوهٔ اجرا

آزمودنی‌ها طبق برنامه در ۴۸ ساعت قبل از آزمون ورزشی و نمونه گیری خون، هیچ‌گونه فعالیت بدنی سنگین نداشتند و رژیم غذایی آنان کنترل می‌شد. کنترل و تنظیم مواد غذایی آزمودنی‌ها از ۴۸ساعت قبل از شروع آزمون، طبق دستورالعمل رژیم غذایی کم نیترات[1] بود (۱۲). بعد از حضور آزمودنی‌ها در محل اجرای پژوهش، مراحل گوناگون زیر، ده دقیقه قبل از شروع آزمون، برای هر آزمودنی به اجرا گذاشته شد.

۱) اندازه گیری قد، وزن و درجهٔ حرارت بدن آزمودنی‌ها،

۲) کنترل و ثبت الکتروکاردیوگرام قلبی[2] (ECG) درحالت استراحت،

۳) کنترل واندازه گیری فشار خون سیستول و دیاستول از دست راست درحالت نشسته و استراحت،

۴) گرفتن 10^{cc} خون زمان استراحت قبل از اجرای آزمون از ورید بازیلیک دست‌چپ،

۵) اتصال حساسگرهای گوشواره‌ای ضربان سنج به لاله‌های گوش هر آزمودنی،

۶) اجرای آزمون فرایندهٔ چرخ‌کارسنج برای درک فشارکار[3] تا سرحد خستگی طبق دستورالعمل تنظیم شده به شرح ذیل:

آزمودنی بر روی چرخ‌کارسنج مستقر می‌شد و با اعلام آغاز حرکت، شروع به پدال زدن با سرعت ۸۰دور در دقیقه می‌کرد. سرعت پدال زدن او به وسیلهٔ نشانگر دستگاه، کنترل می‌شد و در مراحل گوناگون فعالیت، ثابت باقی می‌ماند. آزمودنی به مدت ۳ دقیقه با فشارکار

1. Low Nitrate diet
2. Electrocardiogram (ECG)
3. Borg's rating of perceived exertion

۷۵ وات (W) به‌منظور گرم کردن پدال می‌زد، سپس ۵۰ وات بر فشار کار می‌افزود و ۲ دقیقه پدال می‌زد. در ۳۰ ثانیهٔ پایانی این مرحله، ضربان قلب آزمودنی به‌وسیلهٔ ضربان سنج شمارش و ثبت می‌شد. در پایان هر دو دقیقه ۲۵ وات بر فشار کار قبلی افزوده و ضربان قلب آزمودنی در ۳۰ ثانیهٔ پایانی هر مرحله اندازه گیری و ثبت می‌شد. در پایان هر مرحله میزان درک فشار کار طبق جدول امتیازات بورگ از آزمودنی سؤال می‌شد. در هر مرحله‌ای از فعالیت که او اعلام می‌کرد فعالیت سخت شده، بلافاصله ضربان قلب او شمارش و سپس فعالیت متوقف می‌شد. سپس مراحل خونگیری و کنترل ECG و اندازه گیری فشار خون بلافاصله بعد از فعالیت تکرار می‌گردید.

بعد از جداسازی سرم خون به‌وسیله نیروی گریز از مرکز و نگهداری آن در دمای ^{0}C ۲۰- تا ^{0}C ۷۰-، میزان تغییرات تیریت و نیتریت کل سرم به روش رنگ سنجی گریس[1] و تغییرات LDL-C و HDL-C سرم به روش آزمایشگاهی آنزیمی با دستگاه RA1000 به‌طور همزمان برای هر آزمودنی اندازه گیری شد.

روش‌های آماری

در تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. از آمار توصیفی برای تعیین میانگین، انحراف استاندارد و خطای معیار و نمایش نمودارها بهره گرفته شد. برای تجزیه و تحلیل نتایج خام حاصل از این پژوهش در چهار مرحلهٔ اندازه گیری، از روش تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر[2] و آزمون تعقیبی روش کمترین تفاوت معنی‌دار[3] (LSD)[15] در سطح احتمال $P<0/05$ استفاده گردید. کلیهٔ عملیات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS و Excel انجام شد.

1. Griess reagent method
2. Analysis of variance with repeated measures
3. Least significant difference method (LSD)

یافته‌های پژوهش

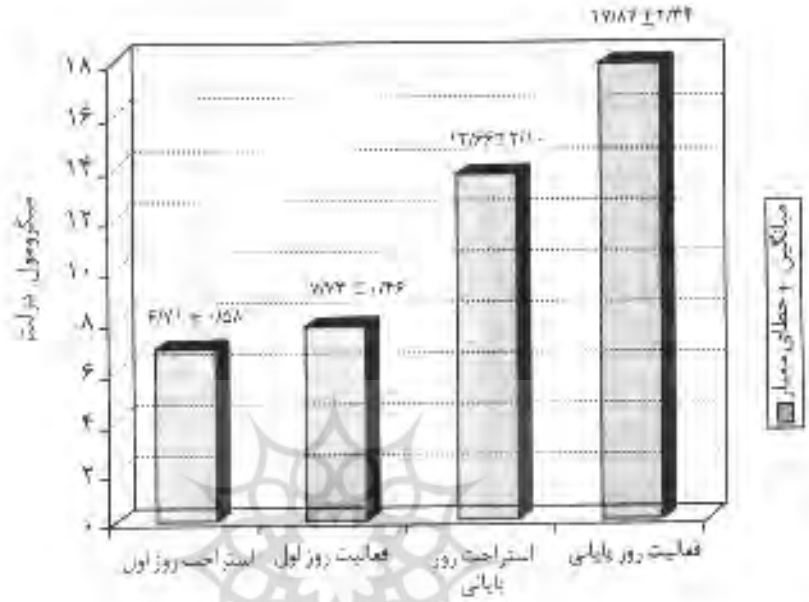
میانگین و خطای معیار تغییرات متغیرهای وابستهٔ حوزهٔ پژوهش و نتایج معنی‌دار بودن تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱ تغییرات متغیرهای وابستهٔ حوزهٔ پژوهش و نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر در مراحل گوناگون مطالعه

گروه آزمودنی	استراحت روز اول	تمرین روز اول	استراحت روز پایانی	تمرین روز پایانی	نسبت F
	میانگین±خطای معیار	میانگین±خطای معیار	میانگین±خطای معیار	میانگین±خطای معیار	
نیتریت (میکرومول درلیتر)	۶/۷۱±۰/۵۸	۷/۷۳±۰/۴۶	۱۳/۶۶±۲/۱۰	۱۷/۸۷±۲/۳۴	۱۱/۳۶*
نیتریت کل (میکرومول درلیتر)	۲۶/۳۷±۱/۸۷	۳۰/۷۰±۳/۰۶	۲۶/۱۷±۱/۵۲	۲۸/۵۰±۱/۷۹	۳/۹۵*
لیپوپروتئین با چگالی پایین (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۸۲/۴۷±۵/۶۶	۸۰/۰۷±۵/۳۶	۷۳/۶۰±۴/۷۷	۷۵/۸۷±۴/۹۷	۱/۵۳
لیپوپروتئین با چگالی بالا (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۴۷/۰۷±۲/۲۳	۵۴/۲۰±۲/۵۸	۵۲/۳۳±۱/۴۴	۵۵/۸۷±۲/۱۸	۶/۱۳*
نسبت LDL-C به HDL-C (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۱/۷۹±۰/۱۴	۱/۵۳±۰/۱۴	۱/۴۲±۰/۱۰	۱/۳۷±۰/۰۸	۴/۷۷*
فشارخون سیستول (میلیمتر جیوه)	۱۱۹/۶۰±۱/۴۸	۱۴۹/۸۷±۲/۹۷	۱۱۷/۷۳±۱/۹۹	۱۴۴/۹۳±۳/۷۴	۶۲/۳۰*
فشارخون دیاستول (میلیمتر جیوه)	۷۵/۳۳±۱/۱۲	۶۳/۸۷±۲/۱۵	۷۲/۸۰±۱/۴۳	۵۹/۸۷±۱/۷۸	۲۳/۱۴*
متوسط فشارخون (میلیمتر جیوه)	۹۰/۸۰±۱/۰۴	۹۲/۵۳±۱/۹۸	۸۷/۷۸±۱/۳۴	۸۸/۲۲±۲/۰۶	۲/۴۷

* در سطح $P<0/05$ معنی‌دار است

با مراجعه به جدول ۱ مشاهده می‌شود، میانگین مقادیر نیتریت سرم خون آزمودنی‌ها در اثر فعالیت بدنی و تمرینی افزایش یافته است. این افزایش در مراحل قبل از آزمون و بلافاصله بعد از آن در روز پایانی تست به سطح اولیه در زمان استراحت آزمودنی‌ها در روز اول پژوهش چشمگیر است. این تغییرات در نمودار ۱ ارائه شده است.



نمودار ۱ تغییرات نیتریت سرم خون آزمودنی‌ها (میکرومول در لیتر) در مراحل گوناگون مطالعه

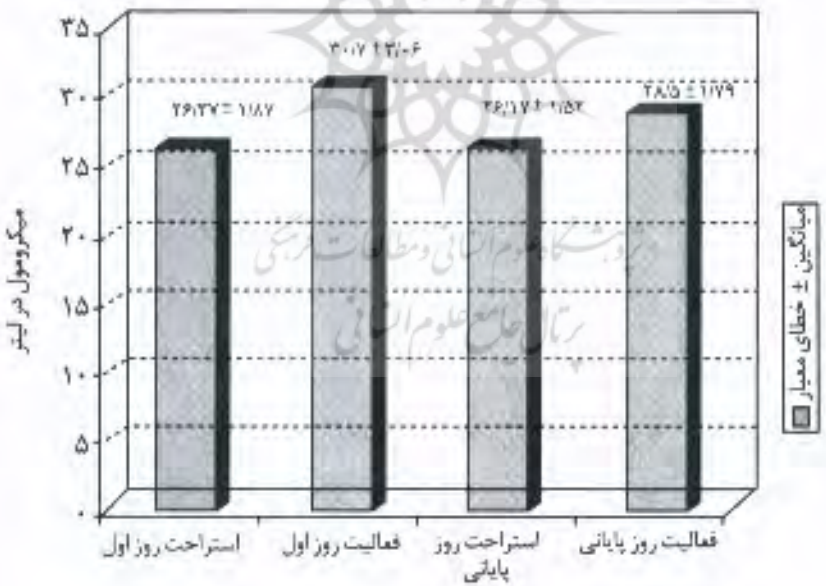
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

با بررسی نتایج مشخص می‌شود که تفاوت بین میانگین تغییر نیتریت و سرم خون آزمودنی‌ها در مراحل گوناگون از نظر آماری معنی‌دار است ($P<0/05$). از آزمون LSD می‌توان دریافت، میانگین تولید نیتریت در گروه آزمودنی بین مراحل قبل از فعالیت در شروع پژوهش با قبل و بلافاصله بعد از فعالیت در روز پایانی پژوهش به‌دنبال اجرای هشت هفته تمرین منتخب هوازی، اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که میانگین تغییرات نیتریت کل سرم خون آزمودنی‌ها در اثر فعالیت بدنی و تمرین افزایش یافته است. این افزایش بلافاصله بعد از آزمون چرخ‌کار سنج در روز اول در گروه آزمودنی قابل توجه است. این تغییر در نمودار ۲ ارائه شده است. با بررسی نتایج مشخص می‌شود که تفاوت بین میانگین تغییر نیتریت کل سرم خون آزمودنی‌ها در

مراحل گوناگون از نظر آماری معنی‌دار است ($P<0/05$). از آزمون LSD می‌توان دریافت که بین میانگین تولید نیتریت کل در گروه آزمودنی و مراحل قبل از فعالیت در شروع پژوهش با قبل از فعالیت در روز پایانی و بلافاصله بعد از فعالیت در روز پایانی پژوهش، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. باوجود این، اختلاف معنی‌دار گویای تغییر در تولید نیتریک‌اکساید خون آزمودنی‌ها ناشی از اجرای فعالیت‌های بدنی منتخب است.

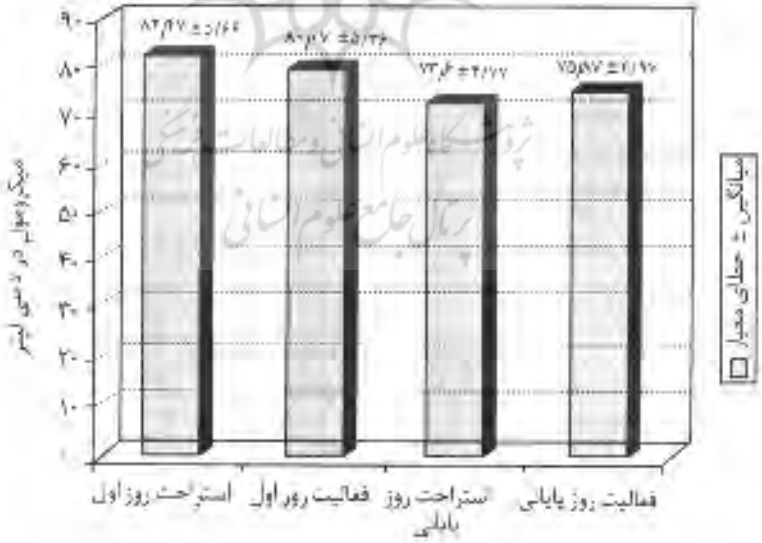
بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که انجام هشت هفته تمرین منتخب هوازی، احتمالاً بر تولید نیتریک اکساید اندوتلیومی تأثیرگذار است. بنابراین می‌توان فرضیهٔ اول پژوهش را، که مبنی بر وجود تفاوت معنی‌دار بین مقادیر نیتریک اکساید خون آزمودنی‌ها در مراحل گوناگون است، پذیرفت.



نمودار ۳ تغییرات نیتریت کل سرم خون آزمودنی‌ها (میکرومول در لیتر) در مراحل گوناگون مطالعه

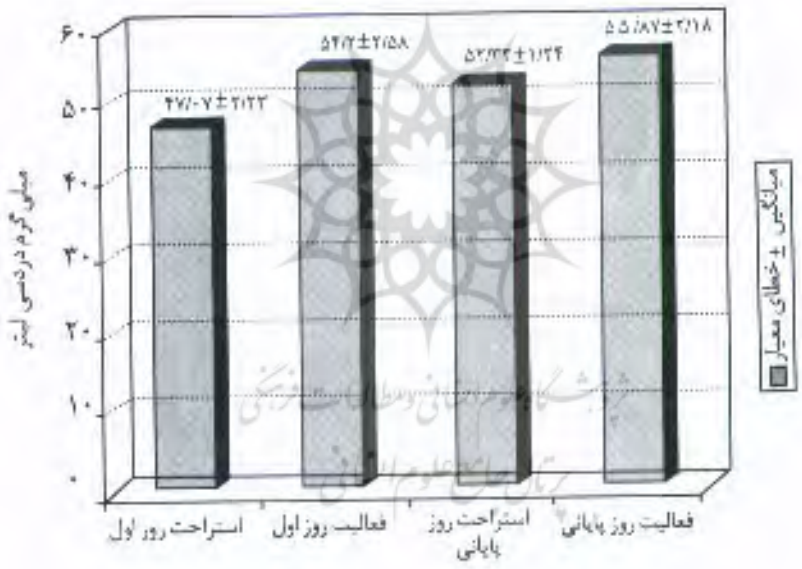
با مراجعه به نتایج جدول ۱ مشاهده می‌شود که میانگین مقادیر LDL-C سرم خون آزمودنی‌ها در اثر فعالیت بر روی چرخ‌کارسنج تدکی کاهش یافته است. کاهش LDL-C سرم خون آزمودنی‌ها قبل از روز پایانی نسبت به سطح اولیهٔ LDL-C، قبل از شروع تمرینات منتخب قابل توجه است. این تغییر در نمودار ۳ ارائه شده است. با بررسی نتایج مشخص می‌شود که بین میانگین تغییرات LDL-C سرم خون آزمودنی‌ها در مراحل گوناگون آزمایش از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($P< ۰/۰۵$).

همچنین نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که میانگین مقادیر HDL-C سرم خون آزمودنی‌ها در اثر فعالیت اندکی افزایش یافته است. این افزایش در روز اول و به‌دنبال اجرای هشت هفته برنامهٔ تمرین منتخب هوازی در روز پایانی نسبت به سطح اولیه مقدار HDL-C سرم خون آزمودنی‌ها قبل از شروع تمرینات در روز اول چشمگیر است.



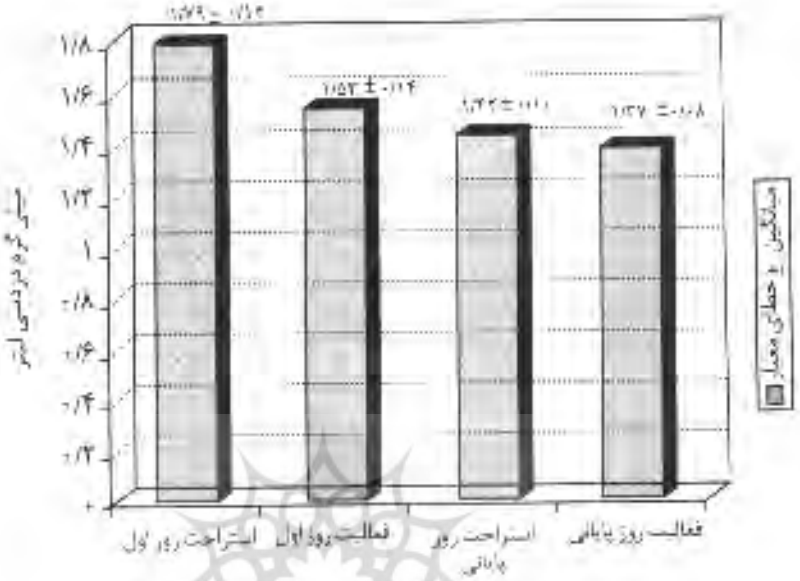
نمودار ۳ تغییرات LDL-C سرم خون آزمودنی‌ها (میلی‌گرم در دسی‌لیتر) در مراحل گوناگون مطالعه

این تغییر در نمودار ۴ ارائه شده است. با بررسی نتایج مشخص می‌شود که تفاوت بین میانگین تغییر HDL-C سرم خون آزمودنی‌ها در مراحل گوناگون از نظر آماری معنی‌دار است ($P<۹/۰۵$). از آزمون LSD می‌توان دریافت که میانگین تغییرات HDL-C سرم خون آزمودنی‌ها بین مراحل قبل و بلافاصله بعد از پایان فعالیت در روز اول پژوهش، با تغییرات آن به‌دنبال اجرای هشت هفته تمرین منتخب هوازی، یعنی قبل و بلافاصله بعد از فعالیت در روز پایانی پژوهش اختلاف معنی‌داری دارد.



نمودار ۴ تغییرات HDL-C سرم خون آزمودنی‌ها (میلی‌گرم در دسی‌لیتر) در مراحل گوناگون مطالعه

باتوجه به نتایج جدول ۱، میانگین تغییر مقدار نسبت LDL-C به HDL-C سرم خون آزمودنی‌ها در مراحل گوناگون مطالعه اندکی کاهش داشته است. این کاهش بعد از آزمون چرخ‌کارسنج در روز پایانی نسبت به مقدار آن در روز اول در زمان استراحت چشمگیر است. این تغییر در نمودار ۵ ارائه شده است.



نمودار ۵ تغییرات LDL-C به HDL-C سرم خون آزمودنی ها (میلی گرم در دسی لیتر) در مراحل گوناگون مطالعه

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

با بررسی نتایج مشخص می شود که تفاوت بین میانگین تغییر نسبت LDL-C به HDL-C سرم خون آزمودنی ها در مراحل گوناگون از لحاظ آماری معنی دار است ($P<0/05$).

از آزمون LSD می توان دریافت که میانگین تغییر مقدار نسبت LDL-C به HDL-C سرم خون آزمودنی ها بین مراحل قبل از فعالیت در روز اول پژوهش با قبل و بلافاصله بعد از فعالیت در روز پایانی اختلاف معنی داری دارد. این مسئله نشان می دهد که در نسبت LDL-C به HDL-C به دنبال اجرای هشت هفته تمرین منتخب هوازی کاهش معنی داری به وجود می آید.

بررسی نتایج حاصل دربارهٔ HDL-C، LDL-C و نسبت LDL-C به HDL-C سرم خون آزمودنی ها در گروه آزمودنی، گویای تغییراتی در سطوح لیپوپروتئین های سرم خون آزمودنی هاست که ناشی از اجرای فعالیت های بدنی منتخب هوازی است. بنابراین فعالیت های

بدنی منظم هوازی برروی نسبت لیپوپروتئین‌های خون تأثیر دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

نیتریک اکساید (NO)

اندازه‌گیری نیتریت، نیترات و نیتریت کل[1] سرم خون آزمودنی‌ها به‌عنوان پذیرفته شده‌ترین معیار سنجش تولید نیتریک اکساید (NO) اندوتلیومی در جانوران و به‌ویژه در انسان‌ها به‌شمار می‌رود (۲۵،۲۴،۲۱،۲۰،۱۹،۱۸،۷). تغییرات این متابولیت‌ها تابعی از میزان تولید NO در سلول‌های اندوتلیوم است. این ماده بعد از تولید وانتشار، بر ماهیچه‌های صاف جدار رگ‌ها تأثیر می‌گذارد و موجب شل شدن آن‌ها می‌شود. نیتریک اکساید در سلول‌های ماهیچهٔ صاف جدار رگ‌ها و در حضور اکسیژن تبدیل به نیتریت و نیترات می‌شود و به جریان خون می‌ریزد (۳۱،۲۵،۲۴،۲۰،۷،۲).

یافته‌های تحقیق نشان می‌دهند که در حالت استراحت و قبل از اتمام فعالیت ورزشی برروی چرخ‌کارسنج، میزان نیتریت و نیتریت کل تولیدی پایهٔ آزمودنی‌ها به‌طور بارزی کمتر از بعد از فعالیت است (جدول ۱). همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهند، پاسخ حاد تولید نیتریت و نیتریت کل در هردو مرحله بعد از فعالیت بدنی در مقایسه با قبل از فعالیت در آزمودنی‌ها بیشتر است. با بررسی نتایج و با مراجعه به جدول ۱ و نمودار ۱، بین میزان نیتریت سرم آزمودنی‌ها در مراحل گوناگون مطالعه، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. این اختلاف معنی‌دار در میزان نیتریت بلافاصله بعد از اجرای آزمون چرخ‌کارسنج نسبت به زمان استراحت در روز اول پژوهش با افزایش ۱/۰۲ میکرومول در لیتر همچنین در مرحلهٔ نهایی به‌دنبال اجرای هشت هفته تمرین منتخب هوازی و مقایسهٔ مقدار نیتریت تولیدی قبل از اجرای فعالیت در روز پایانی نسبت به میزان پایه در زمان استراحت در روز آغاز پژوهش، افزایش به میزان ۶/۹۵ میکرومول در لیتر مشاهده شد. ضمناً هنگامی که میزان نیتریت قبل از فعالیت را با بلافاصله بعد از فعالیت در روز پایانی مقایسه کردیم افزایشی به میزان ۴/۲۱ میکرومول در لیتر مشاهده

1. Total Nitrite

شد. بنابراین بین میانگین‌های نیتریت گروه آزمودنی در مراحل قبل از فعالیت در شروع پژوهش با قبل از فعالیت و بلافاصله بعد از فعالیت در روز پایانی پژوهش یعنی در پی انجام هشت هفته برنامهٔ تمرین منتخب هوازی اختلاف معنی‌دار وجود دارد. این مسئله احتمالاً به افزایش تولید نیتریک اکساید به‌دنبال فعالیت ورزشی نسبت داده می‌شود. هنگامی که اطلاعات به‌دست آمده با نتایج و یافته‌های قبلی مقایسه می‌شود، این یافته با نتایج تحقیق گرین و همکاران[1] (۱۹۹۲) و دلف و همکاران[2] (۱۹۹۳) همخوانی دارد، زیرا در پژوهش آنان با استفاده از رژیم غذایی و انجام فعالیت تمرینی هوازی دویدن با شدت‌های گوناگون، سطح نیتریت و نیترات پلاسما در هر دو گروه ورزشکار و غیر ورزشکار نسبت به میزان سطح اولیه افزایش یافته بود (۹،۱۶).

در بررسی تغییرات نیتریت کل مشاهده می‌شود که میزان نیتریت کل سرم خون آزمودنی‌ها بلافاصله بعد از فعالیت روی چرخ‌کارسنج نسبت به زمان استراحت در روز اول با افزایش ۴/۳۳ میکرومول در لیتر همراه است. ضمناً به‌دنبال انجام هشت هفته تمرین منتخب هوازی و مقایسهٔ میزان نیتریت کل در زمان استراحت و بلافاصله بعد از فعالیت در روز پایانی به میزان ۲/۳۳ میکرومول در لیتر افزایش مشاهده می‌شود. تحلیل نتایج فوق در جدول ۱ و نمودار ۲ نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری در سطح $P<0/05$ بین میانگین تغییرات نیتریت کل دراثر تمرین به‌وجود آمده است. این نتیجه با یافته‌های جانکوسکی و همکاران[3] (۱۹۹۷) و که معتقدند نیترت و نیترات و در نتیجه نیتریک اکساید با افزایش مدت و شدت تمرینات جسمانی به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (۲۱)، همخوانی دارد. در برخی از تحقیقات، ارتباط بین تولید نیتریک اکساید و میزان تولید و تغییرات نیترات، نیترات و نیتریت کل سرم خون در حیوانات آزمایشگاهی به‌دست آمده است (۷،۹،۱۴،۲۷،۲۹،۳۰،۳۱). همچنین تحقیقات زیادی، که روی حیوانات به‌عمل آمده، تولید نیتریک اکساید بیشتری را به‌دنبال یک جلسه و یا یک دوره فعالیت تمرینی با شدت ۶۵درصد به‌بالا مورد تأیید قرار داده‌اند

1. Green H.J. et al (1992)
2. Delf M.D. et al (1993)
3. Jungersten et al (1997)

(۳۰،۱۰،۹،۷،۲)، در ضمن افزایش تولید NO پایه در افرادی که فعالیت‌های بدنی و تمرینات ورزشی دارند موجب کاهش پاسخ‌های مقاومت محیطی عروقی می‌شود (۳۱،۳۰،۲۹،۲۵،۲۴،۹). در این مطالعه مشاهده شد که اجرای یک برنامهٔ تمرین منتخب هوازی به‌مدت هشت هفته تأثیر قابل‌توجه و معنی‌داری ($P<0/05$) بر افزایش لیپتریت و نشریت کل آزمودنی‌ها داشته است که احتمالاً نشانهٔ افزایش تولید لیتریک اکساید هنگام فعالیت و پس از آن است.

لیپو پروتئین‌های سرم خون آزمودنی‌ها

میزان افزایش HDL-C و کاهش نسبت LDL-C به HDL-C در پاسخ به تمرین چشمگیر بود و میزان کاهش LDL-C جزئی به‌نظر می‌رسد. از آنجا که گروه تجربی از نظر سن، وضعیت و شرایط زندگی، سابقهٔ بیماری، مصرف داروها، نوع رژیم غذایی و نوع فعالیت‌های بدنی درطول مدت پژوهش مشابه بودند، می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات به‌وجود آمده در LDL-C، HDL-C و نسبت LDL-C به HDL-C احتمالاً به‌علت انجام برنامهٔ تمرین منتخب هوازی است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد میزان LDL-C و نسبت LDL-C به HDL-C سرم خون آزمودنی‌ها در حالت استراحت و قبل از اعمال فعالیت تمرینی بر روی چرخ‌کارسنج به‌طور بارزی بیشتر از هنگامی است که متغیر مستقل اعمال گردید. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهند، پاسخ HDL-C بعد از اعمال متغیر مستقل افزایش یافته است. البته با بررسی جداگانه نتایج متغیر LDL-C و مراجعه به جدول ۱ و نمودار ۳ مشاهده می‌شود با اینکه میانگین LDL-C کاهشی به میزان ۲/۴ میلی‌گرم در دسی‌لیتر بلافاصله بعد از فعالیت در روز اول پژوهش نسبت به زمان استراحت یعنی قبل از آزمون چرخ‌کارسنج داشته است و همچنین کاهشی به‌میزان ۸/۸۷ میلی‌گرم در دسی‌لیتر به‌دنبال انجام هشت هفته برنامهٔ تمرین منتخب هوازی در LDL-C سرم خون آزمودنی‌ها به‌وجود آمده است؛ ولیکن با بررسی تحلیل واریانس در سطح $P<0/05$ اختلاف معنی‌داری بین میانگین LDL-C سرم در مراحل گوناگون آزمایش مشاهده نمی‌شود. نکتهٔ بسیار مهم قابل بحث این است که فقدان هرگونه تغییر در سطوح پلاسمایی و یا

سرمی LDL-C به‌دنبال تمرین لزوما نمی‌تواند نشان دهندهٔ فقدان تغییر مطلوب در دیگر لیپوپروتئین‌ها باشد. از طرفی اطلاعات مندرج در جدول ۱ و نمودار ۴، تفاوت معنی‌داری را در سطح $P<0/05$ در میانگین‌های HDL-C سرم خون آزمودنی‌ها در مراحل گوناگون مطالعه نشان می‌دهد، یعنی به‌دنبال فعالیت تمرین منتخب هوازی میانگین HDL-C سرم خون آزمودنی‌ها افزایش پیدا کرده است.

این افزایش بلافاصله بعد از فعالیت نسبت به زمان استراحت یعنی قبل از تمرین در روز اول به میزان ۷/۱۳ میلی‌گرم در دسی‌لیتر و به‌دنبال اجرای هشت هفته برنامهٔ تمرین منتخب هوازی قبل از فعالیت در مقایسه با سطح پایه در روز اول پژوهش به میزان ۵/۲۶ میلی‌گرم در دسی‌لیتر است. با ارزیابی نتایج می‌توان دریافت که اختلاف بین میانگین تغییرات HDL-C سرم خون آزمودنی‌ها بین مراحل قبل از فعالیت و بلافاصله بعد از پایان فعالیت در روز آغازین پژوهش، همچنین با تغییرات آن به‌دنبال انجام هشت هفته برنامهٔ تمرین منتخب هوازی، قبل و بلافاصله بعد از فعالیت در روز پایانی پژوهش معنی‌دار بوده است. در برخی از مطالعات قبلی اشاره شده است که فعالیت تمرینی با شدت کمتر از متوسط به تنهایی بر کاهش کلسترول تام (T.Chol)، LDL-C و نسبت LDL-C به HDL-C سرم تأثیری نداشته است و فقط اندکی HDL-C سرم را افزایش می‌دهد، چنانچه اگر پس از تمرین میزان این عوامل خونی در محدودهٔ طبیعی باشد، کافی به‌نظر می‌رسد زیرا تمامی این عوامل به‌طور طبیعی در بدن متغیر می‌شوند (۳۰،۲۳،۳۲). شاید مغایرت نتایج این پژوهش‌ها با سایر پژوهش‌ها به‌علت تفاوت در شدت، مدت، تکرار تمرین، عدم همراهی آموزش تغذیه‌ای و عدم بالا بودن میزان لیپوپروتئین‌ها در خون باشد. احتمالاً با تغییر این عوامل تأثیر فعالیت‌های تمرینی بر چربی‌ها و لیپوپروتئین‌های سرم خون متفاوت می‌گردد (۱۱،۳۰،۵،۶،۱۳،۲۳،۳۲،۳۳).

بررسی نسبت LDL-C به HDL-C در مراحل گوناگون اندازه‌گیری در این پژوهش نشان می‌دهد که میانگین تغییرات نسبت LDL-C به HDL-C سرم خون آزمودنی‌ها به‌دنبال اجرای هشت هفته برنامهٔ تمرین منتخب کاهش یافته است. با مراجعه به جدول ۱ و نمودار ۵، مشاهده می‌شود که بین میانگین‌های نسبت LDL-C به HDL-C سرم خون آزمودنی‌ها در مراحل

گوناگون آزمایش اختلاف معنی‌داری وجود دارد. این اختلاف معنی‌دار احتمالاً به‌دلیل تأثیر برنامهٔ تمرین منتخب هوازی است. این یافته با نتایج چندتن از محققان دیگر از جمله بام استارک[1] (۱۹۹۳) و تولفری و همکاران[2] (۲۰۰۰) همخوانی دارد. (۳،۳۲).

نتیجه گیری

باتوجه به یافته‌های تحقیق و با درنظر گرفتن یافته‌های دیگر تحقیقات در ارتباط با متغیرهای این پژوهش می‌توان چنین نتیجه گیری کرد:

۱) چون عوامل تأثیرگذار بر متغیرهای وابسته در حد بایسته‌ای کنترل شدند، می‌توان تفاوت‌های مشاهده شده بین متغیرها در مراحل گوناگون مطالعه را به اجرای برنامهٔ تمرین منتخب هوازی مربوط دانست.

۲) متغیرهای وابسته که در ابتدای تحقیق و قبل از شروع برنامهٔ تمرینی اندازه گیری شدند، همگی درحد طبیعی بودند. بنابراین تغییرات مفیدی که پس از اعمال متغیر مستقل یعنی هشت هفته تمرین هوازی مشاهده شده احتمالاً واکنش و سازگاری به‌وجود آمده در این مدت است. اگر تغییر قابل توجهی در برخی از متغیرهای وابسته مانند LDL-C ملاحظه نشد، شاید به‌دلیل مدت و شدت تمرین و یا اصولاً پایین یا درحد طبیعی بودن این متغیرها قبل از شروع تمرین باشد.

۳) برای نتیجه گیری، تحقیق حاضر شواهدی را جهت تأیید فرضیه‌ای که براساس آن تأثیر متفاوت ناشی از برنامهٔ تمرین منتخب هوازی بر میزان NO ، HDL-C و نسبت لیپوپروتئین‌ها باشد را فراهم نمود. اما قبل از اینکه این نتایج به‌طور قطعی پذیرفته شود تحقیقات بیشتری لازم است.

کتابنامه

1. Ackerman Uwe., 1996, *Course Review Physiology*. Mosby Co.

1. Bamstork M.W.(1993) 2. Tolfrey keith et al (2000)

2. Anneli Ambbring, G.Benthin, et.al. 1994. *Indirect Evidence of Increased Expression of NO Synthase in Marathon Runners and Upregulation of NO Synthase Activity During Running.* Circulation 90(4): 1-137.

3. Baumstark, M.W. 1993. *Acute and Delayed Effects of Prolonged Exercise on Serum Lipoproteins.* Eur.J. Appl. Physiol. 66(6):526-530.

4. Borg, Gunnar. A.V. 1990. *Psychophysical Scaling with Applications in Physical Work and the Perception of Exertion.* Scan.J.Environ. Health. 16(1):55-58.

5. Costill, D.L., and J.H. Wilmore. 1999. *Physiology of Sport and Exercise.* Human Kinetics.

6. Crous, S.F. 1997. *Training Intensity Blood Lipids and Apolipoproteins in Men with High Cholesterol.* J.Appl. Physiol. 82(1):270-277.

7. Daniel J. Green. et. al. 1996. *Control Skeletal Muscle Blood Flow During Dynamic Exercise.* Sports. Med. Feb. 21(2) 119-146.

8. Davis, P.G. 1992. *Effects of Acute Exercise Intensity on Plasma Lipids and Lipoproteins in Trained Runners.* J. Appl. Physiol. 72(3): 914-919.

9. Delp, M.D., R.M.Mc Allister, and M.H. Laughlin. 1993. *Exercise Training Alters Endothelium-Dependant Vasoreactivity of Rat Abdominal Aorta.* J.Appl. Physiol. 75:1354-1363.

10. Dengel, D.R. and et.al. 1998. *Improvements in Blood Pressure Glucose Metabolism and Lipoprotein Lipids after Aerobic Exercise Puls Weight Loss in Obese Hypertensive Middle-Aged Men.* Metabolism 47:1075-1082.

11. Dyke, C.K., D.N. Proctor, N.M. Dietz and M.J. Joyner. 1995. *Role of Nitric Oxide in Exercise Hyperaemia during Prolonged Rhythmic Handgripping in*

Humans. J. Physiol. (Lond) 488: 259-265.

12. Donald, L.G., and W.C. Miller. 1996. *Methods of Analyzing Nitric Oxide Production in the Immune Response, Method in Nitric Oxide Research*. Ed by: Martin Feelisch and Jonathan S. Stamler, John Wiley & Sons Ltd, 603-617.

13. Durstine, J.L., and W. L. Haskell. 1994. *Effects of Exercise Training on Plasma Lipids and Lipoproteins*. Exerc. Sport. Sci. Rev. 22: 477-522.

14. Duncker, D.J. and et. al. 2000. *Nitric Oxide Contributes to the Regulation of Vasomotor Tone but Does not Modolate O(2) Consumption in Exercising Swine*. Cardiovasc. Res. 47(4): 738-748.

15. Furchgott, R.F., 1990. *Studies on Endothelium-Dependent Vasodilation and the Endothelium-Derived Relaxing Factor*. Acta Physiol. Scand. 139: 257-270.

16. Green, D.J., and et. al. 1994. *Modification of Forearm Resistance Vassels by Exercise Traiaig in Young Men*. J. Appl. Physiol. 77(4): 1829-1833.

17. Hagberg, J. M. and et. al. 2000. *The Role of Exercise Training in the Treatment of Hypertension*. Sports Med. 30(3): 193-205.

18. Iemitsu M, and et. al. 2000. *Intense Exercise Causes Decrease in Expression of both Endothelial NO Synthase and Tissue Nox Level in Hearts*. Am. J. Physiol. Regul. Integer. Comp. Physiol. 279(3): R951-9.

19. Ignarro, L.J. 1990. *Biosynthesis and Metabolism of Endothelium-Derived Nitric Oxide*. Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol. 30: 535-560.

20. Joyner, Michael J., and Niki M. Dietz. 1997. *Nitric Oxide and Vasodilation in Human Limbs.J. Appl.* Physiol. 83(6):1785-1796.

21. Jungersten, Lennart, Anneli Ambring, and et.al. 1997. *Both Physical Fitness and Acute Exercise Regulate Nitric Oxide Formation in Healthy*

Humans. J. Appl. Physiol. 82(3): 760-764.

22. Kelly, G.A. 1995. *Effect of Aerobic Exercise in Normotensive Adults.* South. Med. J. 88(1): 42-46.

23. Kokkinos, F.P., and B. Fernhall. 1999. *Physical Activity and High Density Lipoprotein Cholesterol Levels.* Sports Med. 28(5): 307-314.

24. Laughlin, M. H. and R.B.Armstrong. 1985. *Muscle Blood Flow During Locomotory Exercise.* Ex. Sport Sci. Rev. 13: 95-136.

25. Laughlin, M.H. and R.M.McAllister. 1992. *Exercise Training Induced Coronary Vascular Adaptation.* J. Appl. Physiol. 73: 2209-2225.

26. Martini, F.H., and et.al. 1998. *Fundamentals of Anatomy and Physiology.* Prentice Hall.

27. Maxtum, M. J., and et. al. 1995. *Effects of Physical Conditioning on Endogenous Nitric Oxide Output During Exercise.* J Appl. Physiol. 79(4): 1219-1225.

28. Murray, K. Robert, et. al. 1996. *Harper's Biochemistry.* 24th Edition. APPLETON and LANGE Medical Publications.

29. Segel, S. 1992. *Communication Among Endothelial and Smooth Muscle Cells Coordinates Blood Flow Control During Exercise.* News Physiol. Sci. 7: 152-156.

30. Segal, S.S., and D.T.Kurjiaka. 1995. *Coordination of Blood Flow Control in the Resistance Vasculature of Skeletal Muscle.* Med. Sci. Sports Exerc. 27: 1158-1164.

31. Sun,D., and et. al. 1994. *Short-term Daily Exercise Activity Enhances Endothelial NO Synthesis in Skeletal Muscle Arterioles of Rats.* J.Appl.

Physiol. 76:2241-2247.

32. Tolfrey Keith, and et. al. 2000. *The Effect of Aerobic Exercise Training On the Lipid-Lipoprotein Profile of Children and Adolescents.* Sports. Med. 29(2): 99-112.

33. Wilmor, J.H. and et. al. 1996. *Endurance Exercise Training has a Minimal Effect on Resting Heart Rate.* Med.Sci.Sports. Exerc. 28(7): 829-835.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی