

مقایسه پاسخ‌های حاد دستگاه فیبرینولیز پلازما به یک وهله فعالیت هوازی

زیربیشینه در افراد تمرین کرده و تمرین نکرده

داور خدادادی^۱، اتابک شاهد^۲

چکیده

سابقه و هدف: تعادل میان عملکرد اجزاء دستگاه هموستاز بدن بسیار مهم است. فعالیت ورزشی به عنوان یک فشار جسمانی و روانی باعث تغییر در الگوهای رفتاری دستگاه هموستاز می‌شود. هدف از اجرای این مطالعه بررسی و مقایسه پاسخ‌های حاد دستگاه فیبرینولیز پلازما به یک وهله فعالیت هوازی زیربیشینه در افراد تمرین کرده و تمرین نکرده بود.

مواد و روش‌ها: بدین منظور ۱۵ جودوکار مرد با میانگین سنی $24/9 \pm 1/37$ سال و ۱۵ مرد غیرفعال با میانگین سنی $25/6 \pm 1/34$ سال، یک وهله فعالیت ورزشی زیربیشینه را با ۷۰ درصد اکسیژن مصرفی بیشینه روی چرخ کارسنج، به مدت ۳۰ دقیقه اجرا کردند. نمونه‌های خونی برای اندازه‌گیری فعالیت فعال‌کننده پلاسمینوژن بافتی (tPA) و مهارکننده فعال‌کننده پلاسمینوژن نوع ۱ (PAI-1) در حالت استراحت، بلافاصله بعد از فعالیت و بعد از ۳۰ دقیقه دوره بازیافت جمع‌آوری شد. به منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر برای بررسی تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی به کار رفت. همچنین برای بررسی همبستگی از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد.

یافته‌ها: فعالیت tPA به دنبال فعالیت ورزشی در هر دو گروه تمرین کرده و تمرین نکرده به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p \leq 0/001$)، اما بعد از دوره بازیافت به مقادیر پایه بازگشت ($p > 0/05$) نسبت به مقادیر پایه. فعالیت tPA در مراحل بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی و همچنین بعد از دوره بازیافت در گروه تمرین کرده به طور معنی‌داری بیشتر از گروه تمرین نکرده بود ($p \leq 0/05$). فعالیت PAI-1 در اثر اجرای ورزشی تغییر نکرد و همچنین، تفاوت معنی‌داری بین دو گروه مشاهده نشد ($p > 0/05$).

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان داد که آمادگی جسمانی بالا نقش مهمی در پاسخ‌های دستگاه فیبرینولیز به اجرای فعالیت ورزشی دارد. به نظر می‌رسد فعالیت فیبرینولیزی بالاتر آزمودنی‌های تمرین کرده در پاسخ به استرس‌هایی نظیر ورزش، سازگاری است که در اثر تمرینات ورزشی منظم حاصل شده است و می‌تواند به عنوان یک ساز و کار مهم برای مقابله با حوادث قلبی-عروقی در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: tPA، PAI-1، تمرین کرده، تمرین نکرده، فعالیت هوازی

مقدمه

دستگاه فیبرینولیز پلازما یکی از اجزاء اصلی دستگاه هموستاز بدن می‌باشد. پس از تشکیل لخته خونی که به دنبال آسیب عروق و به منظور جلوگیری از خونروی ایجاد می‌شود، دستگاه فیبرینولیز وظیفه تجزیه لخته‌های فیبرینی تشکیل شده و برقراری جریان عادی خون در داخل عروق خونی را برعهده دارد. فعال‌کننده پلاسمینوژن بافتی (tPA) مهم‌ترین محرک دستگاه فیبرینولیز است که پلاسمینوژن را به پلاسمین تبدیل می‌کند و پلاسمین نیز باعث تخریب فیبرین در داخل لخته فیبرینی شده و بنابراین لخته خونی تجزیه می‌شود. مهارکننده اصلی فرایند فیبرینولیز، مهارکننده فعال‌کننده پلاسمینوژن نوع ۱ (PAI-1) است که با اتصال به tPA و تشکیل کمپلکس PAI/tPA مانع از فعال‌سازی پلاسمینوژن می‌شود (۱).

تعادل میان عملکرد اجزاء دستگاه هموستاز بدن بسیار مهم است. یکی از مهمترین دلایل وقوع بیماری‌های قلبی - عروقی ترومبوز^۳ می‌باشد (۲). ترومبوز که به معنای تشکیل لخته خونی ناخواسته در داخل عروق خونی است، به دلیل برهم خوردن تعادل در دستگاه هموستاز اتفاق می‌افتد (افزایش فعالیت انعقادی/کاهش فعالیت فیبرینولیزی) و باعث کاهش یا توقف جریان خون در داخل عروق خونی می‌شود (۳). فعالیت ورزشی به عنوان یک فشار جسمانی و روانی باعث تغییر در الگوهای رفتاری دستگاه هموستاز بدن می‌شود. تعدادی از مطالعات گزارش کرده‌اند که فعالیت ورزشی حاد می‌تواند با افزایش فعالیت عوامل انعقادی، زمینه‌ساز تشکیل ترومبوز شود (۴،۵). با این حال، تغییرات فعالیت دستگاه فیبرینولیز در طول فعالیت ورزشی نیز گزارش شده است. برای مثال، ریبیرو و همکاران^۴ (۲۰۰۷) افزایش در فعالیت tPA و کاهش در فعالیت PAI-1 را به دنبال فعالیت ورزشی گزارش کرده‌اند (۶). در مطالعه‌ای دیگر، سیاه‌کوهیان و همکاران (۲۰۱۳) افزایش در فعالیت tPA و عدم تغییر در فعالیت PAI-1 را در طول فعالیت ورزشی گزارش کرده‌اند (۷).

از طرف دیگر، نتایج مطالعات مختلف نشان دهنده آن است که دستگاه فیبرینولیز پلازما در افراد سالم و جمعیت بیماران پاسخ‌های متفاوتی به فعالیت ورزشی حاد می‌دهد (۲). برای مثال، گزارش شده است افراد مبتلا به بیماری شریان کرونری دارای سطوح بالاتری از PAI-1 هستند؛ بنابراین، افزایش مشابهی در فعالیت tPA در خلال فعالیت ورزشی در مقایسه با افراد سالم نشان نمی‌دهند (۸). بعلاوه، افزایش فعالیت فیبرینولیزی اغلب به عنوان یکی از فواید شرکت در فعالیت‌های جسمانی منظم گزارش شده است (۹). این یافته‌ها می‌تواند این فرضیه را مطرح سازد که پاسخ‌های فیبرینولیزی افراد تمرین‌کرده و تمرین‌نکرده به یک جلسه فعالیت هوازی زیربیشینه معمولی به گونه‌ای متفاوت می‌باشد. با این حال، درباره پاسخ‌های دستگاه فیبرینولیز به فعالیت ورزشی و همچنین تفاوت‌های بالقوه‌ای که ممکن است بین افراد تمرین‌کرده و تمرین‌نکرده وجود داشته باشد، اطلاعات اندکی موجود است. در یک مطالعه در همین زمینه، زیمانسکی و پت^۵ (۱۹۹۴) دریافتند که فعالیت tPA به دنبال فعالیت ورزشی در هر دو گروه تمرین‌کرده و تمرین‌نکرده افزایش می‌یابد و آزمودنی‌های فعال افزایش بیشتری را در مقایسه با آزمودنی‌های غیرفعال نشان می‌دهند (۱۰). با این حال، استفاده از آزمودنی‌های فعال که تنها شرکت در

1. Tissue plasminogen activator
2. Plasminogen activator inhibitor-1
۳. Thrombosis
4. Ribeiro et al.
۵. Szymanski and Pate

برنامه‌های ورزشی دوی نرم^۱ به عنوان سابقه ورزشی آنان ذکر شده است، آزمون ورزشی با شدت پایین (۵۰ درصد VO_2max) و همچنین، عدم اندازه‌گیری فعالیت فیبریولیزی در طول دوره بازیافت نتیجه‌گیری از یافته‌های این مطالعه را دشوار می‌سازد. بنابراین، هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی و مقایسه پاسخ‌های حاد دستگاه فیبریولیز پلاسما (tPA و PAI-1) به یک وهله فعالیت هوازی زیربیشینه با شدت ۷۰ درصد VO_2max در افراد تمرین کرده و تمرین نکرده بود.

روش‌شناسی

طرح تحقیقی مورد استفاده در این مطالعه از نوع اندازه‌گیری‌های مکرر (پیش‌آزمون، پس‌آزمون و پس‌آزمون مجدد) بود. تعداد ۱۵ نفر ورزشکار رشته جودو با حداقل ۳ سال سابقه ورزشی منظم (۳ جلسه و یا بیشتر در هفته) و تعداد ۱۵ نفر که سابقه ورزشی منظم حداقل شش ماه قبل از شروع مطالعه را نداشتند، داوطلبانه در تحقیق حاضر شرکت کردند و به ترتیب تحت عنوان گروه تمرین کرده و گروه تمرین نکرده نامیده شدند. با توجه به اهداف مطالعه، انتخاب نمونه‌ها به صورت در دسترس و بر اساس معیارهایی که در ادامه ارائه می‌شود، صورت پذیرفت. داوطلبان مورد مطالعه، افراد غیرسیگاری بودند که سابقه بیماری‌های قلبی-عروقی، کبدی، متابولیسم غدد و هماتولوژی را نداشتند. آنان هیچ‌گونه مصرف دارویی از جمله آسپرین را حداقل از یک هفته مانده به شروع مطالعه نداشتند. داوطلبان بعد از آگاهی کامل از روش اجرای مطالعه و اندازه‌گیری‌های مورد نیاز، فرم رضایتنامه را تکمیل کردند. مراحل اجرای این مطالعه توسط کمیته اخلاق تحقیقات علمی دانشگاه محقق اردبیلی مورد تأیید قرار گرفت.

قبل از شروع جلسه اصلی، به منظور آشناسازی آزمودنی‌ها با روش اجرای تحقیق، محیط آزمایشگاهی، شیوه اجرای آزمون‌ها و روش خونگیری و همچنین کاهش اثر فشار روانی بر نتایج تحقیق، همه آزمودنی‌ها طی یک جلسه به آزمایشگاه مراجعه کردند. سپس، در مراجعه بعدی اندازه‌گیری‌های مربوط به قد، وزن، ترکیب بدنی، حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_2max) و ضربان قلب استراحتی (HR_{rest}) و بیشینه (HR_{max}) آزمودنی‌ها به عمل آمد. جهت اندازه‌گیری درصد چربی بدن، از کالیبر مدل لانج و فرمول دونقطه‌ای لومن استفاده شد. برای اندازه‌گیری HR_{rest} ، آزمودنی‌ها به مدت ۲۵ دقیقه روی صندلی به حالت نشسته و بدون حرکت قرار گرفتند، سپس ضربان قلب استراحتی آنان به وسیله دستگاه ضربان‌سنج (مدل Polar Electro 5610، ساخت کشور فنلاند) ثبت شد. آمادگی قلبی-تنفسی آزمودنی‌ها با استفاده از یک پروتکل ورزشی فزاینده بر روی چرخ کارسنج و به وسیله دستگاه گاز آنالایزر (GanshornMedizin Electronic GmbH PowerCube-Ergo، ساخت کشور آلمان) اندازه‌گیری شد. روش اجرای پروتکل ورزشی به این ترتیب بود که بعد از یک دوره گرم کردن ۵ دقیقه‌ای در بار کار ۱۵۰ وات، بار کار به میزان ۳۰ وات در هر ۳ دقیقه تا رسیدن فرد به حد واماندگی افزایش می‌یافت (۱۱). مقادیر اکسیژن مصرفی به طور خودکار و به صورت میانگین در فواصل ۱۰ ثانیه، در سراسر مدت اجرای آزمون توسط آنالایزر مستقیم گازی اندازه‌گیری و ثبت شد. بلافاصله بعد از رسیدن فرد به حد واماندگی، ضربان قلب نشان داده شده به وسیله دستگاه ضربان‌سنج به عنوان HR_{max} ثبت شد. همچنین، بالاترین میانگین اکسیژن مصرفی در فواصل ۱۰ ثانیه‌ای به عنوان VO_2max هر آزمودنی ثبت می‌شد، در صورتی که حداقل ۳ مورد از شرایط زیر وجود داشت: الف) یک فلات در اکسیژن مصرفی با وجود افزایش در بار کار؛ ب)

نسبت تبادل تنفسی (RER) بالاتر از ۱/۱؛ ج) رسیدن ضربان قلب به ۹۰ درصد HRmax پیش بینی شده به وسیله سن آزمودنی؛ و د) رسیدن آزمودنی به حد واماندگی (۱۱). پس از تعیین آمادگی قلبی - تنفسی و HRmax آزمودنی‌ها، ضربان قلب مطابق با ۷۰ درصد VO₂max هر آزمودنی محاسبه شد.

در جلسه اصلی که ۴ روز بعد از جلسه دوم برگزار شد، آزمودنی‌ها در ساعت ۷:۰۰ به آزمایشگاه رسیدند و بعد از ۲۵ دقیقه استراحت به حالت نشسته، فشار خون (دستگاه فشارسنج خون، مدل ۵۸ Beurer, bm، ساخت کشور آلمان) و ضربان قلب استراحتی آنان اندازه‌گیری شد. همچنین، نمونه‌های خونی حالت پایه از ورید جلویی بازویی در حالت نشسته جمع‌آوری شد. سپس، آزمودنی‌ها فعالیت هوازی زیر بیشینه که شامل ۳۰ دقیقه فعالیت ورزشی روی چرخ کارسنج در ۷۰ درصد VO₂max هر آزمودنی بود، اجرا کردند. شدت کار بر اساس ضربان قلب محاسبه شده کنترل می‌شد. نمونه‌های خونی دوم، بلافاصله بعد از اتمام فعالیت ورزشی گرفته شد. بعد از ۳۰ دقیقه مرحله بازیافت غیرفعال که به صورت نشسته بر روی صندلی انجام شد، نمونه‌های خونی سوم جمع‌آوری شد. تمام آزمون‌های ورزشی اصلی بین ساعات ۷:۳۰ تا ۸:۳۰ صبح اجرا شد. برای به حداقل رساندن تأثیر تغذیه بر عوامل خونی، شرایط ۱۲ ساعت ناشتایی برای همه آزمودنی‌ها رعایت شد. آزمون‌های ورزشی در شرایط استاندارد شده آزمایشگاهی (دمای محیطی ۲۱-۲۰°C، رطوبت نسبی ۶۵-۵۵ درصد) برگزار شد.

نمونه‌های خونی در دو لوله که یکی حاوی K3-EDTA برای سنجش هماتوکریت و هموگلوبین و لوله دیگر حاوی سیترات سدیم برای اندازه‌گیری فعالیت tPA و PAI-1 بود، ریخته شد. نمونه‌های خونی که در لوله‌های آزمایش حاوی سیترات سدیم بودند به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۲۵۰۰ دور در دقیقه و در دمای ۴°C سانتریفوژ شدند و پلاسما بدست آمده به وسیله نمونه‌بردار جداسازی و در داخل میکروتیوب‌های مخصوص ریخته شد و بلافاصله در فریزر ۸۰- قرار داده شد. مقادیر هموگلوبین و هماتوکریت به وسیله دستگاه اتوماتیک سل کانتر (مدل SYSMEX- K1000، ساخت کشور آلمان) تعیین شد. از تغییرات هماتوکریت و هموگلوبین برای برآورد درصد تغییرات در حجم پلاسما استفاده شد (۱۲). فعالیت tPA و PAI-1 به روش الیزا اندازه‌گیری شد:

(Zymutest tPA Activity, Hyphen Biomed, Neuville-Sur-Oise, France; Zymutest PAI-1 Activity, Hyphen Biomed, Neuville-Sur-Oise, France) فعالیت tPA پلاسما بر اساس واحد بین المللی (IU) و فعالیت PAI-1 بر اساس واحد قراردادی (AU) نشان داده شده است. یک واحد AU به عنوان مقداری از PAI-1 تعریف می‌شود که بتواند یک IU از tPA انسانی را به ازای یک میلی‌لیتر از پلاسما مهار کند.

با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف مشخص شد که متغیرهای بررسی شده دارای توزیع طبیعی هستند. بنابراین، برای بررسی یافته‌ها از آزمون‌های آماری پارامتریک استفاده شد. به منظور بررسی تغییرات درون گروهی فعالیت tPA و PAI-1 در حالت استراحت، بلافاصله بعد از فعالیت و بعد از دوره بازیافت از روش آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر در هر گروه به صورت جداگانه استفاده شد. در صورت مشاهده اختلاف آماری معنی‌دار، آزمون تعقیبی بونفرونی مورد استفاده قرار گرفت. آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر ۲×۳ (زمان × گروه) برای بررسی تغییرات بین گروهی متغیرهای وابسته به کار گرفته شد. هنگامی که اثر متقابل معنی‌دار شد، آزمون تی مستقل به منظور بررسی اثرات بین گروهی در وضعیت‌های مختلف عامل درون گروهی به کار گرفته شد. به منظور تعیین همبستگی، از روش ضریب همبستگی پیرسون (r) استفاده شد. همچنین، از آزمون

مجذور اتا برای تعیین اندازه اثر^۱ (ES) متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته استفاده شد. برای انجام محاسبات آماری، نرم افزار SPSS16 و برای رسم جداول و نمودارها، نرم افزار Excel مورد استفاده قرار گرفت. در تمام محاسبات حدود اطمینان ۹۵٪ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در جدول شماره ۱، میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها شامل اندازه‌گیری‌های مربوط به تن-سنجی، همودینامیکی و آمادگی قلبی-تنفسی در حالت پایه آورده شده است. همان طوری که نتایج این جدول نشان می‌دهد، بین آمادگی قلبی-تنفسی ($p \leq 0/001$)، ضربان قلب استراحتی ($p \leq 0/01$)، فشار خون سیستول و دیاستول در حالت پایه ($p \leq 0/05$) در دو گروه فعال و غیرفعال تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد. اختلاف بین میانگین‌های شاخص توده بدن، درصد چربی بدن و همچنین تغییرات مربوط به حجم پلاسما در دو گروه معنی‌دار نبود ($p > 0/05$).

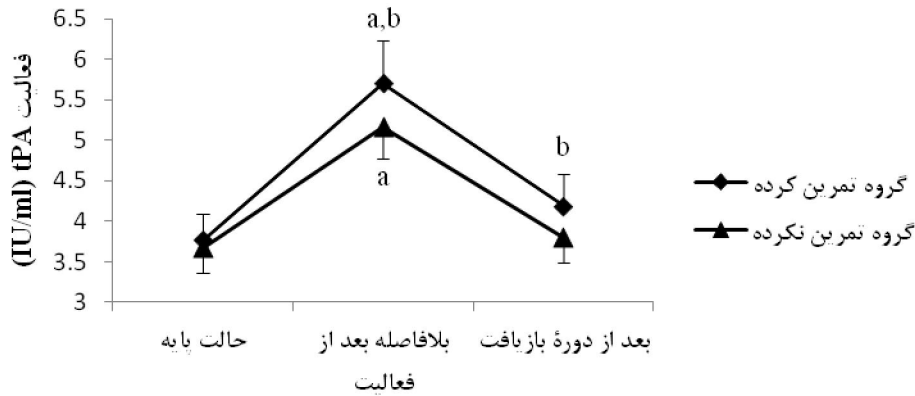
جدول ۱. ویژگی‌های توصیفی آزمودنی‌ها (M±SD)

متغیر	گروه	تمرین کرده (تعداد = ۱۵ نفر)	تمرین نکرده (تعداد = ۱۵ نفر)
سن (سال)		۲۴/۹±۱/۳۷	۲۵/۶±۱/۳۴
قد (سانتی متر)		۱۷۷±۲/۴۱	۱۷۶/۴±۲/۹۷
وزن (کیلوگرم)		۶۸/۳±۳/۷۴	۷۱/۸±۵/۱۳
شاخص توده بدن (کیلوگرم/متر ^۲)		۲۱/۷۶±۱/۳۶	۲۳/۰۶±۱/۵۳
چربی بدن (درصد)		۱۰/۱۷±۱/۴۳	۱۲/۸۳±۱/۷۱
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه)		۵۱/۴۳±۲/۳*	۳۸/۵۶±۴/۳
ضربان قلب استراحتی (ضربه در دقیقه)		۵۴/۴۵±۵/۷*	۷۳/۷±۳/۷
ضربان قلب بیشینه (ضربه در دقیقه)		۱۹۴/۹±۳/۳۴	۱۹۵/۳±۲/۳۵
فشار خون استراحت سیستول (میلیمتر جیوه)		۱۰۹±۳*	۱۱۸±۴/۸
فشار خون استراحت دیاستول (میلیمتر جیوه)		۶۸/۲±۲/۲*	۷۹±۶/۵۸

* ($p \leq 0/05$)، اختلاف معنی‌دار بین دو گروه

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر تأثیر معنی‌دار زمان بر فعالیت tPA را در گروه فعال (۰/۹) و غیرفعال ($p \leq 0/001$ ، $ES = 0/89$) نشان داد. فعالیت tPA بدن‌بال فعالیت ورزشی در هر دو گروه تمرین کرده و تمرین نکرده افزایش یافت ($p \leq 0/001$)، اما بعد از دوره بازیافت به مقادیر پایه بازگشت ($p > 0/05$ نسبت به مقادیر پایه). اثر متقابل زمان × گروه برای فعالیت tPA معنی‌دار بود ($p \leq 0/05$ ، $ES = 0/3$).

(p). فعالیت tPA در مراحل بلافاصله بعد از فعالیت ورزشی و همچنین بعد از دوره بازیافت در گروه تمرین کرده به طور معنی داری بیشتر از گروه تمرین نکرده بود ($p \leq 0.05$) (نمودار شماره ۱).

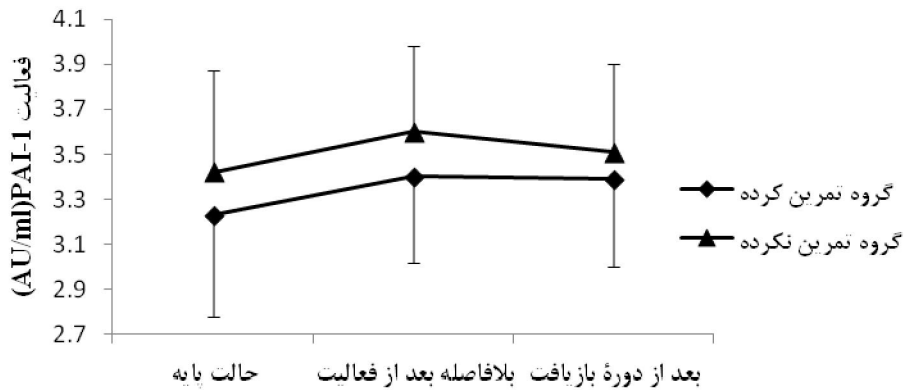


نمودار ۱. تغییرات فعالیت tPA در سه مرحله اندازه‌گیری در دو گروه تمرین کرده و تمرین نکرده

a ($p \leq 0.001$), اختلاف معنی دار با مقادیر پایه

b ($p \leq 0.05$), اختلاف معنی دار بین دو گروه تمرین کرده و تمرین نکرده

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر تأثیر معنی دار زمان بر فعالیت PAI-1 را در هیچ کدام از گروه‌های تمرین کرده و تمرین نکرده نشان نداد ($p > 0.05$). به عبارت دیگر، فعالیت ورزشی هوازی تأثیر معنی داری بر فعالیت PAI-1 نداشت. با وجود بالاتر بودن نسبی سطوح فعالیت PAI-1 در هر سه مرحله قبل، بلافاصله بعد از فعالیت و بعد از دوره بازیافت در گروه تمرین نکرده در مقایسه با گروه تمرین کرده، اثر متقابل زمان \times گروه و همچنین آزمون اثرات بین گروهی برای فعالیت PAI-1 معنی دار نبود ($p > 0.05$) (نمودار شماره ۲).



نمودار ۲. تغییرات فعالیت PAI-1 در سه مرحله اندازه‌گیری در دو گروه تمرین کرده و تمرین نکرده

همبستگی منفی معنی‌داری بین درصد چربی بدنی با سطوح فعالیت tPA حالت پایه ($p \leq 0/05$; $r = -0/47$)، بلافاصله بعد از فعالیت ($p \leq 0/05$; $r = -0/05$) و بعد از دوره بازیافت ($p \leq 0/001$; $r = -0/71$) وجود داشت. همچنین، همبستگی معنی‌داری بین VO_2max با سطوح فعالیت tPA حالت پایه ($p \leq 0/05$; $r = 0/47$)، بلافاصله بعد از فعالیت ($p \leq 0/001$; $r = 0/69$) و بعد از دوره بازیافت ($p \leq 0/001$; $r = 0/71$) مشاهده شد.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از این مطالعه، بررسی و مقایسه پاسخ‌های حاد فعالیت tPA و PAI-1 به یک وهله فعالیت هوازی زیرپیشینه با شدت ۷۰ درصد VO_2max در افراد تمرین‌کرده و تمرین‌نکرده بود. همان‌طور که مشاهده شد، تفاوت معنی‌دار در فعالیت فیبرینولیز حالت پایه بین دو گروه تمرین‌کرده و تمرین‌نکرده وجود نداشت. در عین حال باید توجه داشت که سطوح بالای فعالیت tPA و فعالیت کمتر PAI-1 حالت استراحت در آزمودنی‌های تمرین‌کرده اندکی مشهود بود، اما از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. زیمانسکی و پت (۱۹۹۴) عدم تفاوت فعالیت tPA حالت پایه بین آزمودنی‌های تمرین‌کرده و تمرین‌نکرده، و بالاتر بودن فعالیت PAI-1 حالت پایه در آزمودنی‌های غیرفعال را گزارش کرده‌اند (۱۰). عدم وجود رابطه معنی‌دار در تفاوت فعالیت PAI-1 حالت پایه بین گروه‌های تمرین‌کرده و تمرین‌نکرده که در این مطالعه مشاهده شد را می‌توان با درصد کمتر چربی بدن و مشابه بودن مقادیر آن بین آزمودنی‌های دو گروه مرتبط دانست. در مطالعه مذکور بین درصد چربی بدن آزمودنی‌های تمرین‌کرده (۱۶/۵ درصد) و تمرین‌نکرده (۲۱/۳ درصد) تفاوت معنی‌داری وجود داشت (۱۰). نوع تمرینات آزمودنی‌های تمرین‌کرده نیز می‌تواند در این تفاوت مشاهده شده دخیل باشد. تمرینات آزمودنی‌های تمرین‌کرده در مطالعه مذکور شامل تمرینات سبک هوازی بود؛ درحالی‌که، تمرینات جودوکاران استفاده شده در تحقیق حاضر با توجه به ماهیت ورزش جودو، شامل تمرینات شدید هوازی و بی‌هوازی می‌باشد. همچنین، جوان‌تر بودن آزمودنی‌های این مطالعه در مقایسه با آزمودنی‌های مورد استفاده در مطالعه فوق‌الذکر می‌تواند دلیل دیگری برای این اختلاف باشد (آزمودنی‌های ۲۳ تا ۲۷ سال در مقابل آزمودنی‌های ۲۸ تا ۴۳ سال)؛ چرا که تغییرات ناشی از افزایش سن در فعالیت دستگاه فیبرینولیز قبلاً گزارش شده است (۹،۱۳). در مطالعات حیوانی نیز، ملکی و همکاران (۱۳۸۸) کاهش غیرمعنی‌دار سطوح استراحتی مقادیر PAI-1 را پس از ۸ هفته تمرین هوازی در موش‌های صحرایی گزارش کردند که با یافته‌های مطالعه ما مبنی بر فعالیت کمتر اما غیرمعنی‌دار PAI-1 حالت استراحتی در آزمودنی‌های تمرین‌کرده همسو می‌باشد (۱۴).

به دنبال اجرای ورزش، فعالیت tPA در هر دو گروه تمرین‌کرده و تمرین‌نکرده افزایش یافت و آزمودنی‌های تمرین‌کرده افزایش بیشتری را نشان دادند. افزایش فعالیت tPA در طول اجرای ورزش به وسیله بیشتر مطالعات انجام گرفته حمایت می‌شود (۲،۱۵). سازوکارهای مسئول افزایش پتانسیل فیبرینولیزی، شامل افزایش رهاسازی tPA از سلول‌های اندوتلیال و همچنین کاهش تصفیه کبدی به دلیل انحراف جریان خون به سوی عضلات فعال در هنگام فعالیت جسمانی، به طور مفصل در مقاله قبلی بحث شده است (۲). با این حال، ملکی و دبیدی روشن (۱۳۸۹) کاهش غیرمعنی‌دار مقادیر tPA و افزایش معنی‌دار PAI-1 و بدتر شدن فرایند فیبرینولیزی به دنبال فعالیت وامانده‌ساز را در موش‌های صحرایی گزارش کرده‌اند (۱۶). ماهیت وامانده‌ساز بودن فعالیت ورزشی در مقایسه با فعالیت هوازی با شدت متوسط استفاده شده در این مطالعه و همچنین تفاوت‌های گونه‌ای ممکن است دلیل این اختلاف باشد. افزایش بالاتر فعالیت tPA ناشی از اجرای ورزش در آزمودنی‌های تمرین‌کرده در مقایسه

با آزمودنی‌های تمرین‌نکرده با مطالعه زیمانسکی و پت (۱۹۹۴) همسو و با مطالعه ملکی و دبیدی روشن (۱۳۸۹) غیرهمسو می‌باشد. نتایج اکثر مطالعات نشان می‌دهد افرادی که به طور منظم به فعالیت ورزشی می‌پردازند در مقایسه با افراد غیرفعال، دارای سطوح کمتر از غلظت پلاسمایی عوامل انعقادی (۴) و سطوح بالاتر غلظت عوامل فیبرینولیزی هستند (۹،۱۷). وجود همبستگی منفی معنی‌دار بین درصد چربی بدنی با سطوح فعالیت tPA و همچنین، همبستگی معنی‌دار بین VO_{2max} با سطوح فعالیت tPA و افزایش ضرایب این همبستگی‌ها در طول فعالیت ورزشی و دوره بازیافت نیز از این ایده حمایت می‌کند که تفاوت در عملکرد دستگاه فیبرینولیز آزمودنی‌های تمرین‌کرده و تمرین‌نکرده در حالت‌های استرسی نظیر اجرای ورزشی، به شکل بهتری می‌تواند آشکار شود. به عبارت دیگر، در حالت پایه فعالیت انعقادی خون در سطح پایین حفظ می‌شود و بنابراین نیاز زیادی به فعالیت فیبرینولیزی بالاتر وجود ندارد؛ اما با شروع شرایط استرس‌زا که فعالیت انعقادی خون افزایش می‌یابد (۴،۱۸)، فعالیت دستگاه فیبرینولیز نیز برای مقابله با این عامل خطرزا افزایش می‌یابد. در این حالت دستگاه فیبرینولیز آزمودنی‌های تمرین‌کرده در مقایسه با آزمودنی‌های تمرین‌نکرده عملکرد بهتری نشان می‌دهد؛ به طوری که آزمودنی‌های تمرین‌کرده افزایش بیشتری در فعالیت فیبرینولیزی ناشی از اجرای ورزش تجربه می‌کنند.

در طول دوره بازیافت، سطوح افزایش یافته فعالیت tPA به سرعت به مقادیر پایه افت کرد و این کاهش در آزمودنی‌های تمرین‌کرده با سرعت آهسته‌تری در مقایسه با آزمودنی‌های تمرین‌نکرده رخ داد؛ به طوری که، تفاوت در سطوح فعالیت tPA بین آزمودنی‌های تمرین‌کرده و تمرین‌نکرده در این مرحله نیز حفظ شد. برگشت سریع سطوح افزایش یافته فعالیت tPA به مقادیر استراحتی با مطالعات ریبریو و همکاران (۲۰۰۷) و هج و همکاران^۲ (۲۰۰۱) همسو بوده و با مطالعه ون‌دن‌بورگ و همکاران^۳ (۱۹۹۵) مغایر می‌باشد. دلیل این اختلاف در نتایج را می‌توان در شدت آزمون ورزشی جستجو کرد. در مطالعه مذکور، آزمون ورزشی به طور پیشرونده‌ای تا شدت بیشینه افزایش یافت (۱۶). بعلاوه، نوع بازیافت می‌تواند به عنوان عامل مهم‌تری برای این اختلاف در نظر گرفته شود. ما در این مطالعه از بازیافت غیرفعال استفاده کردیم، اما در مطالعه مذکور از بازیافت فعال (۱۰ دقیقه) و بازیافت غیرفعال (۱۵ دقیقه) استفاده شده است (۱۶). کاهش سریع سطوح افزایش یافته فعالیت tPA در طول دوره بازیافت مخصوصاً در آزمودنی‌های تمرین‌نکرده می‌تواند منجر به برهم خوردن تعادل میان اجزاء دستگاه هموستاز شود (۱۶). عدم اندازه‌گیری فعالیت عوامل انعقادی خون می‌تواند به عنوان یکی از محدودیت‌های تحقیق حاضر به شمار رود که می‌توانست اطلاعات تکمیلی در بر داشته باشد.

فعالیت PAI-1 در اثر اجرای ورزش تغییر نکرد و همچنین، تفاوتی بین سطوح آن در طول فعالیت ورزشی و دوره بازیافت در آزمودنی‌های تمرین‌کرده و تمرین‌نکرده مشاهده نشد. این یافته‌ها با نتایج زیمانسکی و پت (۱۹۹۴) همسو بوده و با نتایج وماک و همکاران^۴ (۲۰۰۱) مغایرت دارد. این اختلاف در یافته‌ها می‌تواند به دلیل سن بسیار بالا (70 ± 6 سال) یا جمعیت مورد استفاده (بیماران مبتلا به بیماری شریان محیطی) در تحقیق مذکور باشد (۲۰)؛ درحالی که، ما در این مطالعه از آزمودنی‌های جوان و سالم استفاده کردیم. همچنین، گرمی و همکاران (۱۳۹۲) نیز افزایش مقادیر آنتی‌ژن PAI-1 را به دنبال انقباضات آیزوکینتیک و کاهش آن به دنبال ۳۰ دقیقه بازیافت گزارش کرده‌اند که با یافته‌های ما مغایر می‌باشد (۲۱). به طور کلی، نتایج حاصل از مطالعاتی که تأثیر

۲. Hegde et al.

۳. Van den Burg et al.

۴. Womack et al.

حاد ورزش بر فعالیت PAI-1 را مورد بررسی قرار داده‌اند، تا حدودی متناقض می‌باشد. این تناقض احتمالاً به علت تفاوت در پروتکل‌های ورزشی، جمعیت مورد مطالعه، عوامل فصلی، انجام فعالیت در ساعات مختلف روز، عوامل ژنتیکی و همچنین عدم استانداردسازی در روش‌های تحلیلی می‌باشد (۲).

نتایج این مطالعه نشان داد که آمادگی جسمانی بالا نقش مهمی در پاسخ‌های دستگاه فیبرینولیز به اجرای فعالیت ورزشی دارد؛ به طوری که آزمودنی‌های تمرین کرده افزایش بیشتری را در فعالیت دستگاه فیبرینولیز نسبت به آزمودنی‌های تمرین نکرده نشان می‌دهند. به نظر می‌رسد فعالیت فیبرینولیزی بالاتر آزمودنی‌های تمرین کرده در پاسخ به استرس‌هایی نظیر ورزش سازگاری است که در اثر تمرینات ورزشی منظم حاصل شده است و می‌تواند به عنوان یک ساز و کار مهم برای مقابله با حوادث قلبی عروقی در نظر گرفته شود.

References:

1. Tanaka KA, Key NS, Levy JH. (2009): Blood Coagulation: Hemostasis and Thrombin Regulation. *AnesthAnalg.* 108: 1433–46.
2. Khodadadi D, Siahkouhian M, bolboli L. (2013): The effect of acute aerobic exercise on fibrinolysis responses of judokas in the morning and evening. *Journal of Exercise Physiology.* (17):73-84 [persian]
3. Kumar A, Kar S, Fay W P. (2011): Thrombosis, physical activity, and acute coronary syndromes. *J Appl Physiol.* 111: 599–605.
4. Khodadadi D, Siahkouhian M, Bolboli L. (2012): Compaction of the acute responses of blood clotting system's indices to a submaximal aerobic exercise bout in athletic and non-athletic individuals. *Journal of Exercise Physiology.* (16):53-68 [persian]
5. Peat E E, Dawson M, McKenzie A, Hillis W S. (2010): The effects of acute dynamic exercise on haemostasis in first class Scottish football referees. *Br J Sports Med.* 44: 1473-0480.
6. Ribeiro J, Almeida-Dias A, Ascensão A, Magalhães J, Oliveira A R, Carlson J, et al. (2007): Hemostatic response to acute physical exercise in healthy adolescents. *J Sci Med Sport.*, 10(3): 164-9.
7. Siahkouhian M, Khodadadi D, Bolboli L. (2013): Diurnal variation of haemostatic response to exercise in young sedentary males. *Biol. Sport.* 30:125-130.
8. Rydzewski A, Sakata K, Kobayashi A, et al. (1990): Changes in plasminogen activator inhibitor 1 and tissue-type plasminogen activator during exercise in patients with coronary artery disease. *Haemostasis.* 20: 305-312.
9. Sugawara J, Hayashi K, Kurachi S, Tanaka T, Yokoi T, Kurachi K. (2008): Age-related effects of regular physical activity on hemostatic factors in men. *J Thromb Thrombolysis.* 26: 203–210.
10. Szymanski L M, Pate R R. (1994): Fibrinolytic responses to moderate intensity exercise. Comparison of physically active and inactive men. *ArteriosclerThrombVasc Biol.* 14: 1746-1750.
11. Aldemir H, Kılıç N. (2005): The effect of time of day and exercise on platelet functions and platelet–neutrophil aggregates in healthy male subjects. *Molecular and Cellular Biochemistry.* 280: 119–124.
12. Dill D, Costill D. (1974): Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma and red cells in dehydration. *J ApplPhysiol.* 37:247-248.
13. Van den Burg P J, Hospers J E, Mosterd W L, Bouma B N, Huisveld I A. (2000) Aging, physical conditioning, and exercise-induced changes in hemostatic factors and reaction products. *J Appl Physiol.* 88:1558–1564.

14. Maleki F, Dabidi Roushan V, Fallah Mohammadi Z. (2008): Effect 8-Weeks Endurance Training on the Blood Coagulation and Fibrinolysis System Response to Exhaustive Training in Male Rats.asp.9:65-75[persian]
15. Vanden Burg P J, Hospers J E, Van Vliet M, Mosterd W L, Huisveld I A. (1995) Unbalanced haemostatic changes following strenuous physical exercise: a study in young sedentary males. *Eur Heart J.* 16:1995-2001.
16. Maleki F, Dabidi Roushan V. (2009) The effect of regular physical exercise and exhaustive activities before and after its on tissue plasminogen activator and inhibitor in Wistar rats blood. *Journal of Sports & Biological Sciences.* 5:95-109. [persian]
17. Smith D T, Hoetzer G L, Greiner J J, Stauffer B L, DeSouza C A. (2003) Effects of ageing and regular aerobic exercise on endothelial fibrinolytic capacity in humans. *J Physiol.* 546: 289–298.
18. Habibian M, Mosavi SJ, Tejari F, Gilani SR. (2008): Comparison of the effects of aerobic and resistance exercise on activity of coagulation factors in healthy women. *Zahedan Journal of Research in Medical Sciences.* 12(4):33-37[persian]
19. Hegde SS, Goldfarb AH, Hegde S. (2001): Clotting and fibrinolytic activity change during the 1 h after a submaximal run. *Med Sci Sports Exerc.*, 33:887-892.
20. Womack CJ, Ivey FM, Gardner AW, Macko RF. (2001): Fibrinolytic response to acute exercise in patients with peripheral arterial disease. *Med Sci Sports Exerc.* 33(2): 214–219.
21. Karami R, Shemshaki, Ahmadizade S, Basami M, Akbarinia A. (2013) Comparison of Responses of Fibrinolytic System to Types of Isokinetic Muscular Contractions in Men. *Olympic Journal.* 21(3):87-98[persian]