

تأثیر رشته ورزشی بر سطوح استراحتی متغیرهای همورئولوژیکی ورزشکاران رشته‌های ورزشی مختلف

❖ ژاله پاشایی؛ کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی دانشگاه تبریز*

❖ دکتر سعید نیکوخصلت؛ استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تبریز

۹۷

تاریخ دریافت: ۹۱/۹/۳۰
تاریخ تصویب: ۹۲/۶/۹

چکیده:

هدف از تحقیق حاضر بررسی مقادیر استراحتی متغیرهای همورئولوژی ورزشکاران است (هموگلوبین، تعداد گلبول‌های قرمز، هماتوکریت، آلبومین، پروتئین تام، فیبرینوژن، لاکتات، ویسکوزیته پلاسما و خون). بدین منظور نمونه‌های خونی ۴۵ ورزشکار سه رشته ورزشی مختلف (میانگین \pm انحراف معیار ۱۵ دونده استقامتی: سن $24/6 \pm 5/2$ سال، درصد چربی $6/8 \pm 1/6$ BMI 21 ± 1 ؛ ۱۵ فوتبالیست: سن $22/5 \pm 1/7$ سال، درصد چربی $7/6 \pm 1/8$ BMI $22/3 \pm 1/4$ ؛ ۱۵ کاراته‌کار: سن $23/1 \pm 3/5$ سال، درصد چربی $4/2 \pm 3/1$ BMI $23/7 \pm 2/4$) جهت ارزیابی متغیرهای همورئولوژی در حالت ناشتا تهیه شد. تحلیل واریانس یک‌طرفه مستقل جهت آنالیز داده‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد میان مقادیر هموگلوبین، تعداد گلبول‌های قرمز، هماتوکریت، آلبومین، پروتئین تام و فیبرینوژن تفاوت معناداری میان ورزشکاران وجود نداشت ($P > 0/05$)، در صورتی که مقادیر لاکتات، ویسکوزیته پلاسما و خون تفاوت معناداری داشت و کاراته‌کاران بیشترین میزان را دارا بودند. مقادیر بالای ویسکوزیته خون در کاراته‌کاران را می‌توان به میزان بالای لاکتات و ویژگی‌های همورئولوژی گلبول‌های قرمز نسبت داد.

واژگان کلیدی: فیبرینوژن، لاکتات، ورزشکاران رشته‌های مختلف، ویسکوزیته خون و پلاسما.

مقدمه

رئولوژی زیستی شاخه‌ای از علوم بیولوژی است که به مطالعه جریان و تغییر شکل مواد موجود در مایعات بیولوژی تحت نیروهای وارده می‌پردازد. شاخه‌ای از رئولوژی زیستی که جریان خون را در سیستم رگی توصیف می‌کند همورئولوژی نامیده می‌شود. همورئولوژی با مطالعه نحوه جریان خون، اطلاعات مناسبی در خصوص میزان آمادگی هوازی افراد فراهم می‌کند (۵).

مهم‌ترین فاکتور تعیین‌کننده همورئولوژی ویسکوزیته خون است. از عوامل تعیین‌کننده اصلی ویسکوزیته خون عبارت است از هماتوکریت، پروتئین‌های پلاسما از قبیل فیبرینوژن، پروتئین تام و آلبومین، ویژگی‌های همورئولوژی گلبول‌های قرمز (تجمع و تغییر شکل پذیری گلبول‌ها)، لاکتات خون و ویسکوزیته پلاسما. میان هماتوکریت و ویسکوزیته خون ارتباط خطی لگاریتمی وجود دارد اما این وضعیت برای دامنه‌ای از هماتوکریت ۲۰ تا ۶۰ درصد صادق است که در ماورای این مقدار، میزان افزایش ویسکوزیته خون با افزایش هماتوکریت به صورت غیرخطی خواهد بود (۱۲). افزایش پروتئین‌های پلاسما منجر به افزایش ویسکوزیته پلاسما می‌شود.

فیبرینوژن مهم‌ترین پروتئین تأثیرگذار بر ویسکوزیته پلاسماست و نقش تعیین‌کننده‌ای بر تجمع گلبول‌های قرمز خون به عهده دارد (۱۳). تغییرات ویژگی‌های رئولوژی گلبول‌های قرمز بر ویسکوزیته خون تأثیر دارد. لاکتات از طریق تأثیرگذاری بر ویژگی‌های رئولوژی گلبول‌های قرمز بر ویسکوزیته خون تأثیر می‌گذارد. تحقیقات

ارتباط مثبتی را بین تجمع لاکتات، تجمع گلبول‌های قرمز و ویسکوزیته خون گزارش کرده‌اند. افزایش تجمع لاکتات خون با افزایش تجمع گلبول‌های قرمز منجر به ایجاد اختلال در اکسیژن‌رسانی بافتی و آسیب سوخت‌وسازی هوازی عضله می‌شود. در این صورت لاکتات بیشتری تجمع می‌یابد و به افزایش بیشتر ویسکوزیته خون می‌انجامد (۶).

فعالیت ورزشی منظم منجر به ایجاد وضعیت مطلوب همورئولوژی در ورزشکاران می‌شود (۵). تمرین بدنی پارامترهای آسیب‌رسان به رئولوژی خون را کاهش می‌دهد. پایین بودن ویسکوزیته کل خون باعث بهبود برون‌ده قلبی می‌شود، اکسیژن‌رسانی بافتی را تسهیل می‌کند و در نهایت خستگی را به تأخیر می‌اندازد و به بهبود عملکرد استقامتی می‌انجامد (۱۱). همورئولوژیست‌ها معتقدند متغیرهای همورئولوژی ورزشکاران رشته‌های مختلف ورزشی ارتباط مستقیمی با نوع رشته ورزشی آن‌ها دارد و انتظار می‌رود ورزشکاران رشته‌های ورزشی مختلف به دلیل سازگاری‌های فیزیولوژی متفاوت، طرح همورئولوژی متفاوتی داشته باشند (۷، ۱۲). به طوری که مقایسه ورزشکاران رشته‌های مختلف و افراد غیرفعال، متغیرهای همورئولوژی در ورزشکاران استقامتی پایین‌ترین مقدار و در ورزشکاران قدرتی و سرعتی بالاترین مقدار را نشان داده است (۱۷).

تحقیقات متعددی حاکی از پایین بودن مقادیر همورئولوژی است، از قبیل ویسکوزیته پلاسما، فیبرینوژن و ویسکوزیته خون دوندگان ماراتن نسبت به سایر دوندگان، که تأثیرات تمرینات استقامتی را نشان می‌دهد (۱۲). علاوه بر این، مقایسه متغیرهای

مثبت یا منفی بر ویژگی‌های همورئولوژی بدن اعمال می‌شود (۹).

کاراته‌کاران توانایی اکسایش کربوهیدرات بالایی دارند. به دلیل اینکه رشته ورزشی فوتبال هر دو دسته فعالیت کم‌شدت و پرشدت را دربردارد، فوتبالیست‌ها از ترکیبی از کربوهیدرات و چربی به‌عنوان سوخت استفاده می‌کنند، در صورتی‌که دوندگان استقامتی توانایی اکسایش چربی بالایی دارند.

ورزشکاران انتخابی در تحقیق حاضر از نظر سازگاری‌های فیزیولوژی (Vo_{2max} ، سیستم انرژی، میزان لاکتات تولیدی و جزآن) و ویژگی‌های فعالیتی، متفاوت از یکدیگر بودند. تحقیقات مختلف نیز وجود ارتباط میان پارامترهای همورئولوژی و میزان Vo_{2max} لاکتات تولیدی را تأیید می‌کنند (۱۲). بنا به گفته همورئولوژیست‌ها، ورزشکاران رشته‌های مختلف ویژگی‌های همورئولوژی متفاوتی دارند. با توجه به اینکه ویژگی‌های همورئولوژی ورزشکاران فاکتور تعیین‌کننده عملکرد ورزشی آن‌هاست، تحقیقی در زمینه بررسی ویژگی‌های همورئولوژی کاراته‌کاران، فوتبالیست‌ها و دوندگان استقامت انجام نگرفته است. بنابراین، هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر رشته ورزشی بر سطوح استراحتی متغیرهای همورئولوژی در میان ورزشکاران رشته‌های ورزشی مذکور است.

روش‌شناسی

تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی است. بدین منظور ۴۵ ورزشکار پسر، با میانگین فعالیت ده ساله در رشته ورزشی خود که اکثر آن‌ها سابقه شرکت در مسابقات کشوری را داشتند، در سه گروه کاراته،

همورئولوژی در بازیکنان مدافع و مهاجم راگیبی بیانگر آن است که بازیکنان مدافع که استقامتی‌ترند، ویسکوزیته خون کمتری نسبت به مهاجمان دارند (۱۰). تمرین استقامتی باعث کاهش چربی بدن، واکنش‌های عصبی سمپاتیک (۹)، افزایش حجم عضلانی، رقیق‌سازی مژمن خون از طریق افزایش حجم پلاسما و در نتیجه کاهش میزان هماتوکریت در ورزشکاران می‌شود (۱۴،۷). افزایش حجم پلاسما در ورزشکاران استقامتی با افزایش تولیدات آلدوسترون و پروتئین‌های پلاسمایی اسموتیک، کاهش فعالیت ادراری و تحریک بارورسپتورهای مرکزی انجام می‌گیرد (۱۵). تمرین استقامتی واکنش گلبول‌های قرمز را نسبت به افزایش لاکتات بهبود می‌بخشد و با ایجاد تغییراتی در ویژگی‌های رئولوژی گلبول‌های قرمز به کاهش ویسکوزیته کل خون می‌انجامد (۷). همچنین، سوخت عضلانی را تعدیل می‌کند و اکسایش لیپید را افزایش می‌دهد و با غالب شدن سوخت چربی، لاکتات کمتری تولید می‌شود (۹).

مطالعه روی زنان راگیبی نشان داد بازیکنان استقامتی توانایی بالایی در اکسایش لیپیدها دارند. همچنین، گلبول‌های قرمزشان سیالیت بیشتری داشت. در نتیجه ویسکوزیته خون این بازیکنان پایین‌تر بود (۱۰). توانایی پایین اکسایش لیپید با افزایش میزان لیپید خون و تولید رادیکال‌های آزاد در میتوکندری، تأثیرات همورئولوژی عمیقی بر بدن اعمال می‌کند. افزایش اکسایش لیپید طی فعالیت ورزشی تغییرشکل‌پذیری گلبول‌های قرمز را افزایش می‌دهد، در صورتی‌که افزایش اکسایش کربوهیدرات‌ها به افزایش سختی و تجمع گلبول‌های قرمز خون می‌انجامد. در نتیجه تأثیرات

همورئولوژی به شرح ذیل توزیع شد.

۱. **CBC:** برای این منظور از لوله‌های حاوی اتیلن دی‌امین تترا استیک اسید استفاده شد و ۱ میلی‌لیتر برای تعیین مقادیر هماتوکریت، هموگلوبین و شمارش گلبول‌های قرمز خون به کار رفت. در فاصله کمتر از دو ساعت، با استفاده از دستگاه هماتوسیتومتر (سیستم H1 یا سیستم بایر تک‌نیکون^۳) به روش فلوسیتوشیمی متغیرهای مورد نظر سنجش شد (۲).

۲. آزمایش‌های بیوشیمی: پس از سانتریفیوژ و خارج کردن فیبرینوژن از آن، سرم مورد نظر تهیه شد. برای سنجش آلومین و پروتئین تام از دستگاه اتوآنالایزر استفاده شد. برای اندازه‌گیری آلومین روش بروموکرزل گرین^۴ و پروتئین تام روش بیورت^۵ استفاده شد. سپس، مقداری از سرم در لوله‌ای جداگانه برای اندازه‌گیری لاکتات توسط دستگاه هیتاچی ریخته شد (۲).

۳. فیبرینوژن: ابتدا پلاسماي مورد نظر به روش کمی با آب رقیق شد. سپس، به آن کلرور کلسیم اضافه شد. به محض بروز رشته‌های فیبرین، با میله‌های شیشه‌ای جمع‌آوری و شسته شد تا سایر پروتئین‌های پلاسما از آن جدا شود. سپس، فیبرین به‌دست آمده با روش پروتئین بدون نیتروژن هضم و پس از نسلریزه شدن^۶ ازت به طریق فتومتر و با

فوتبال و دوی استقامتی به‌طور داوطلبانه در آزمون شرکت کردند. آزمودنی‌ها غیرسیگاری بودند و تحت درمان خاصی قرار نداشتند. پس از اندازه‌گیری شاخص‌های آنروپومتری و تکمیل پرسشنامه‌های سلامتی، سابقه فعالیت بدنی، برآورد غیرتمرینی Vo_{rmax} و فرم رضایتنامه شرکت در تحقیق، و نمونه‌های خونی از آزمودنی‌ها ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه فعالیت ورزشی و به‌صورت ناشتا تهیه شد. درصد چربی بدن نیز پس از اندازه‌گیری چربی زیرپوستی سه ناحیه سینه، شکم و ران طبق فرمول جکسون و پولاک تعیین شد (۲).

برآورد Vo_{rmax}

برای محاسبه Vo_{rmax} ورزشکاران از فرمول برآورد غیرتمرینی Vo_{rmax} ($R=0.93$, $SEE=3/45$) و با استفاده از متغیرهای سن، جنس، BMI و اطلاعات حاصل از پرسشنامه‌های استاندارد 'PFA-R' و 'PA-R' به‌دست آمد (۸،۳).

$$Vo_{\text{rmax}} = 48/0.37 + (6/178 \times \text{جنس}) - (0/246 \times \text{سن}) - (0/619 \times \text{BMI}) + (0/712 \times \text{PFA}) + (0/671 \times \text{PA-R})$$

خون‌گیری و نحوه آنالیز نمونه‌ها

از آزمودنی‌ها پس از نشستن روی صندلی به مدت ۳۰ دقیقه، ۱۰ میلی‌لیتر خون از سیاهرگ وریدی بازویی گرفته شد. نمونه‌های خونی تهیه شده جهت آزمایش CBC، بیوشیمی، فیبرینوژن و

1. Perceived Functional Ability
2. Physical Activity Rating
3. Bayer- Tecnicon system
4. Bromocresol Green
5. Biuret
6. nesslerization

پلازما به کار رفت. جهت تهیه پلازما، نمونه خونی با سرعت 2000g به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شد. برای سنجش ویسکوزیته خون و پلازما از دستگاه ویسکومتر (Cone-PlateWells- Brookfield Micro-Vis. Model LVT) استفاده شد (۲).

استفاده از کیت استاگوا، غلظت فیبرینوژن تعیین شد (۲).
۴. ویسکوزیته پلازما و خون: ۳ میلی لیتر خون در لوله‌های حاوی اتیلن دیامین تتراستیک اسید ریخته شد و ۱ میلی لیتر برای ویسکوزیته خون و ۲ میلی لیتر باقی مانده نیز برای تهیه

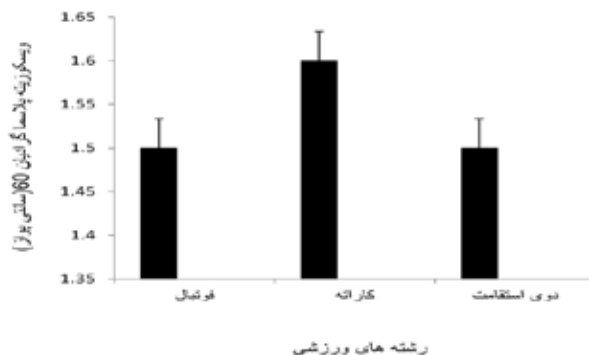
جدول ۱. میانگین (انحراف \pm معیار) ویژگی‌های آنروپومتری و Vo_{\max} آزمودنی‌ها

Vo _{max}	BMI	درصد چربی	سن (سال)	گروه
۵۴/۱۴ \pm ۲/۹	۲۳/۷ \pm ۲/۴	۸/۲۳ \pm ۳/۱	۲۳/۱ \pm ۳/۵	کاراته‌کار
۵۶/۲۰ \pm ۲/۴	۲۲/۳ \pm ۱/۴	۷/۶۱ \pm ۱/۸	۲۲/۵ \pm ۱/۷	فوتبالیست
۵۸/۶۰ \pm ۲/۶	۲۱ \pm ۱	۶/۸۲ \pm ۱/۶	۲۴/۶ \pm ۵/۲	دورنده

روش آماری

بر سطوح استراحتی پارامترهای همورئولوژی استفاده شد و در صورت وجود تفاوت معنادار، برای تعیین محل تفاوت آزمون بونفرونی استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام شد.

داده‌های حاصل از تحقیق حاضر با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ تجزیه و تحلیل شد. پس از تعیین نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون کلموگروف-اسمیرنوف از آنالیز واریانس یک‌طرفه مستقل جهت بررسی تأثیر رشته ورزشی



شکل ۱. ویسکوزیته پلازما در گرادیان سرعتی ۶۰ دور بر دقیقه در ورزشکاران

1. Stago

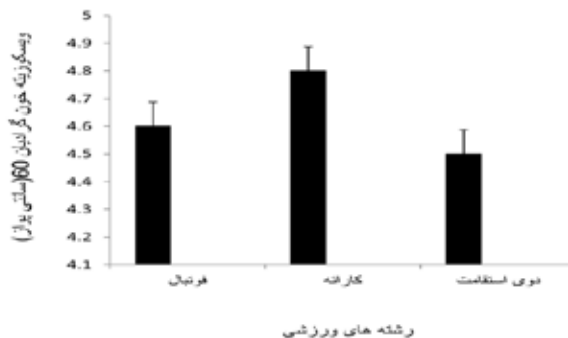
یافته‌ها

ویسکوزیته پلاسما در گرادیان سرعتی ۶۰ دور بر دقیقه در حالت استراحت تحت تأثیر رشته ورزشی قرار نداشت ($P > 0/05$).

نتایج حاصل نشان داد ویسکوزیته خون در گرادیان‌های سرعتی ۶۰ دور بر دقیقه در حالت استراحت تحت تأثیر رشته ورزشی نبود ($P > 0/05$).

همچنین، داده‌های حاصل نشان داد میان مقادیر استراحتی لاکتات، ویسکوزیته پلاسما و ویسکوزیته خون همبستگی معناداری وجود ندارد ($P > 0/05$).

نتایج حاصل نشان داد مقادیر هموگلوبین، هماتوکریت، RBC، آلبومین، پروتئین تام و فیبرینوژن در حالت استراحت میان گروه‌ها تفاوت معناداری نداشت ($P > 0/05$)، در صورتی که میزان لاکتات خون میان ورزشکاران تحت تأثیر رشته ورزشی بود ($F_{(2,44)} = 9/1$ ، $P = 0/001$)، به طوری که آزمون بونفرونی نشان داد این میزان در کاراته‌کاران به طور معناداری بیش از دوندگان ($P = 0/002$) و فوتبالیست‌ها ($P = 0/003$) است.



شکل ۲. ویسکوزیته خون در گرادیان سرعتی ۶۰ دور بر دقیقه در ورزشکاران

بحث و نتیجه‌گیری

سطوح استراحتی به رشته ورزشی وابسته نبود، در صورتی که میزان لاکتات در حالت استراحت تحت تأثیر رشته ورزشی قرار دارد به طوری که این میزان در کاراته‌کاران بیش از دوندگان و فوتبالیست‌هاست. این موضوع به دلیل سیستم انرژی درگیر در هر گروه از ورزشکاران است. انجام تمرین هوازی به کاهش میزان لاکتات در ورزشکاران می‌انجامد (۴). میزان بیشتر لاکتات گلبول‌های قرمز را به طور منفی

نتایج نشان داد رشته ورزشی بر سطوح استراحتی مقادیر هماتوکریت، هموگلوبین و تعداد گلبول‌های قرمز متعاقب فعالیت استقامتی تأثیرگذار نیست. اشمیت و همکارانش (۱۶) در بررسی ورزشکاران مشاهده کردند فاکتورهای مذکور در ورزشکاران استقامتی به دلیل افزایش حجم پلاسما کمتر از ورزشکاران قدرتی و ترکیبی بود. مقادیر فیبرینوژن، پروتئین تام و آلبومین نیز در

تحت تأثیر قرار می‌دهد و با افزایش سختی گلبول‌ها منجر به افزایش ویسکوزیته خون می‌شود که این موضوع به ایجاد اختلال در اکسیژن‌رسانی بافتی و در نتیجه عملکرد هوازی می‌انجامد (۵).

نتایج نشان دادند سطوح استراحتی میزان ویسکوزیته پلاسما و ویسکوزیته خون ورزشکاران در گرادیان سرعتی ۶۰ تحت تأثیر رشته ورزشی قرار ندارند، در صورتی که ویکولوو و همکارانش (۱۷) کمترین میزان متغیرهای همورئولوژی را برای ورزشکاران استقامتی و بیشترین میزان را برای ورزشکاران قدرتی و سرعتی گزارش کردند. با توجه به اینکه در تحقیق حاضر، میان داده‌های لاکتات و ویسکوزیته پلاسما و خون نیز همبستگی معناداری وجود ندارد، می‌توان نتیجه گرفت تفاوت میزان لاکتات میان ورزشکاران نتوانسته بر میزان ویسکوزیته خون ورزشکاران در حالت استراحت تأثیر معناداری داشته باشد.

تحقیق حاضر نشان‌دهنده وجود ارتباط منفی میان ویسکوزیته خون و Vo_{rmax} در ورزشکاران است، به طوری که کاراته‌کاران با بیشترین مقدار ویسکوزیته خون، Vo_{rmax} پایین‌تری نسبت به دیگر ورزشکاران دارند. این یافته با نتایج تحقیقات انجام شده مطابقت دارد. Vo_{rmax} توانایی بدن در افزایش انتقال اکسیژن از اتمسفر محیط به عضلات است و با چندین عامل در ارتباط است و در تمامی ورزشکاران یکسان نیست

(۱). $(Vo_{\text{rmax}} = Q \times Cao_p)$. برون‌ده قلبی بیشینه فاکتور اصلی است که تفاوت افراد را در مصرف اکسیژن بیشینه توضیح می‌دهد و یکی از تعیین‌کننده‌های اصلی عملکرد استقامتی است (۱). حدود -۷۰ ۸۵ درصد محدودیت اکسیژن مصرفی با برون‌ده قلبی بیشینه مرتبط است. تمرین باعث افزایش برون‌ده قلبی بیشینه می‌شود. در نتیجه اکسیژن مصرفی را بهبود می‌دهد. هر گونه افزایشی در ویسکوزیته خون منجر به افزایش پس‌بار قلبی و کاهش حجم ضربه‌ای بیشینه می‌شود. در نتیجه برون‌ده قلبی بیشینه و Vo_{rmax} کاهش می‌یابد. Vo_{rmax} تحت تأثیر عملکرد هماتوکریت و ویسکوزیته است. هماتوکریت مهم‌ترین فاکتور همورئولوژی است که بر ظرفیت حمل اکسیژن تأثیر می‌گذارد و با آمادگی هوازی ارتباط منفی دارد (۵).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد تمرین در رشته‌های ورزشی کاراته، فوتبال و دوی استقامتی فقط بر سطوح استراحتی لاکتات تأثیرگذار است. این موضوع با سازگاری‌های فیزیولوژی ورزشکاران در ارتباط است. با وجود این، تفاوت میان مقادیر لاکتات منجر به تفاوت معنادار سطوح استراحتی ویسکوزیته پلاسما و خون نگشته است.

منابع

۱. خالدی، ندا؛ گائینی، عباسعلی؛ کردی، محمدرضا، ۱۳۸۶، ارتباط بین سرعت در نقطه چرخش لاکتات (vLTP) و سرعت در لحظه رسیدن به (Vo_{\max}) هنگام دوی فزاینده تا درماندگی در دوندگان استقامتی». المپیک، ۳ (پیاپی ۳۹): ۱۰۷.
۲. کردی، محمدرضا؛ احمدی‌زاد، سجاد؛ دباغ نیکوخصلت، سعید؛ و همکاران، ۱۳۸۹، تأثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی بر سطوح استراحتی متغیرهای همورئولوژی مردان جوان، پژوهش در علوم ورزشی، شماره ۲۷.
۳. نیک‌بخت، حجت‌الله؛ امیرتاش، علی محمد، و همکاران، ۱۳۸۶، ارتباط فعالیت بدنی با غلظت فیبرینوژن و هموسیستئین سرم در مردان فعال، غیرفعال و مبتلا به بیماری عروق کرونر، المپیک، ۲ (پیاپی ۳۸): ۷۱.
۴. میرزایی، بهمن؛ دمیرچی، ارسلان؛ و همکاران، ۱۳۸۶، اثر تعاملی مصرف مکمل ویتامین E و تمرین هوازی بر LDH, CK و لاکتات خون مردان غیرورزشکار پس از فعالیت درمانده‌ساز، المپیک، ۲ (پیاپی ۳۸): ۱۷.
5. Brun, J.F.; Connes, P.; Varlet-Marie E. (2007). "Alterations of blood rheology during and after exercise are both consequences and modifiers of body's adaptation to muscular activity". *Science & Sports*, 22 251-266.
6. Brun, J.F.; Micallef, J.P.; Supparo, L., et al. (1995). "Maximal oxygen uptake and lactate thresholds during exercise are related to blood viscosity and erythrocyte aggregation in professional football".
7. Brun, J.F. (2002). "Exercise hemorheology as a three acts play with metabolic actors: is it of clinical relevance?". *Clin Hemorheol Microcirc*; 26:155-74.
8. Bradshaw Danielle, I. (2003). "An accurate Vo2max non- exercise regression model for 18 to 65 year- old adults". Department of Physical Education Brigham Young University.
9. Brun, J.F.; Varlet- Marie, E., et al. (2004). "Blood fluidity is related to the ability to oxidize lipids at exercise". *Clin Hemorheol Microcirc*. 30: 339- 43.
10. Cassan, D.; Brun, J.F.; Micallef, J.P.; Alemany, M.J.; et al. (2003). "Relationships between hemorheological and metabolic adaptation to exercise in female rugby players: importance of erythrocyte rheology". 3rd international conference on haemorheology (proceedings), Muravyov. A., Tikhomirova. I, Yakusevitch. V, Zaitsev. L. G, Gushin. A. G, Bakanova. I. A, Borisov. D. V and Semonova. O. N, EDS, Yaroslavl, Russia, p.58.
11. Ernest, E. (1987). "Influence of regular physical activity on blood rheology". *Eur Heart J*; 8 (suppl G):59-6.
12. El-Sayed, M.S.; Ali, N. El-Sayed Z.A. (2005). "Haemorheology in exercise and training". *Sports Med*; 35 (8): 649 -670.
13. Harkness, J. (1971) "The viscosity of human blood plasma; its measurement in health and disease". *Biorheology*. 8: 171-193.
14. John, A. Smith; David T., Martin; Richard, D. Telford and Smirk, Ballas. (1999). Greater erythrocyte deformability in world- class endurance athletes.
15. Schumacher, York Olaf; Schmid, Andreas; et al. (2002). "Hematological indices and iron status in athletes of various sports and performances". *Sports Med*. 0915-9131/02/3405.
16. Schumacher, York Olaf; Schmid, Andreas, et al. (2002). "Hematological indices and iron status in athletes of various sports and performances". *Sports Med*. 0915-9131/02/3405.
17. Vikulov, A.D.; Mel Nikov, A.A.; Osetrov, I.A. (2001). "Rheological Properties of Blood in Athletes". *Human Physiol*; 14: 807-818.