علوم زیستی ورزشی _ تابستان ۱۳۹۱
شمارهٔ ۱۳ - ص ص : ۱۰۵- ۸۵
تاریخ دریافت : ۰۷ / ۰۶ / ۹۰
تاریخ تصویب : ۰۲ / ۰۳ / ۹۱

تأثیر رشته ورزشی بر واکنش متغیرهای همورئولوژیکی به‌دنبال فعالیت هوازی حاد

۱.ژاله پاشایی[۱] - ۲. سعید دباغ نیکو خصلت
۱.دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی دانشگاه تبریز،۲. دانشیار دانشگاه تبریز

چکیده

همورئولوژیست‌ها معتقدند ورزشکاران رشته‌های مختلف طرح همورئولوژیکی متفاوتی دارند. هدف تحقیق حاضر، بررسی تأثیر رشتهٔ ورزشی بر متغیرهای همورئولوژیکی به‌دنبال فعالیت هوازی است. ورزشکاران در سه گروه ۱۵ نفره (دونده، فوتبالیست و کاراته‌کا به‌ترتیب میانگین ± انحراف معیار: سن: ۵/۲±۲۴/۶ سال، درصد چربی: ۱/۶±۶/۸، BMI: ۱±۲۱، سن: ۱/۷ ±۲۲/۵ سال، درصد چربی: ۱/۶±۷/۶۱، BMI: ۱.۴±۲۲/۳، سن: ۳/۵±۲۳/۱ سال، درصد چربی: ۳/۱±۸/۲۳، BMI: ۲/۴±۲۳/۷) به‌مدت ۳۰ دقیقه با شدت ۸۵ درصد ضربان قلب بیشینه روی دوچرخهٔ کارسنج رکاب زدند. نمونه‌های خونی قبل، متعاقب فعالیت و ۳۰ دقیقه بعد از ریکاوری جمع‌آوری شد. برای بررسی تأثیر رشتهٔ ورزشی از آنالیز واریانس یکطرفهٔ مستقل و برای بررسی تأثیر فعالیت ورزشی و دورهٔ ریکاوری، از آنالیز واریانس یکطرفهٔ مکرر استفاده شد. ویسکوزیتهٔ پلاسما و خون متعاقب فعالیت و پس از ریکاوری میان ورزشکاران متفاوت بود ($P<۰/۰۵$) و کاراته‌کاها بیشترین مقدار را داشتند. ویسکوزیتهٔ پلاسما و خون ورزشکاران متعاقب فعالیت افزایش و پس از ریکاوری کاهش یافت.

واژه های کلیدی

هماتوکریت، فیبرینوژن، ویسکوزیتهٔ پلاسما و خون، کاراته‌کا، دونده، فوتبالیست.

۱- نویسندهٔ مسئول : تلفن : ۰۹۱۴۹۹۶۶۵۷۱
Email:Zh.Pashaei@gmail.com

مقدمه

همورئولوژی، شاخه‌ای از رئولوژی است که با مطالعهٔ نحوهٔ جریان خون اطلاعات مناسبی در مورد میزان آمادگی هوازی افراد فراهم می‌کند (۳). ویسکوزیتهٔ خون مهم‌ترین عامل تعیین‌کنندهٔ سیستم همورئولوژی است، به‌طوری‌که هر چه مقدار آن بیشتر باشد، جریان خون نیز آهسته‌تر خواهد بود. یک سری عوامل تعیین‌کننده بر ویسکوزیتهٔ خون تاثیرگذارند که از میان آنها می‌توان به هماتوکریت، پروتئین‌های پلاسما مانند فیبرینوژن، ویژگی‌های رئولوژیکی گلبول‌های قرمز و ویسکوزیتهٔ پلاسما اشاره کرد. میان هماتوکریت و ویسکوزیتهٔ خون ارتباط خطی لگاریتمی وجود دارد. افزایش هماتوکریت به افزایش ویسکوزیتهٔ خون و کاهش گرادیان سرعتی منجر می‌شود (۱۹). فیبرینوژن مهم‌ترین پروتئین تأثیرگذار بر ویسکوزیتهٔ پلاسما محسوب می‌شود و با نقش محوری خود در هموستاز خون، نقش تعیین‌کننده‌ای بر روی تجمع گلبول‌های قرمز خون دارد (۲۱). به گفتهٔ شیگا (۱۹۹۰)، ۱۰ درصد افزایش در غلظت فیبرینوژن مقدار تجمع گلبول‌های قرمز را ۱۸ درصد تسریع می‌کند. ویژگی‌های رئولوژیکی گلبول‌های قرمز در گرادیان‌های سرعتی متفاوت تأثیرات متفاوتی بر مقدار ویسکوزیتهٔ خون می‌گذارند، به‌طوری‌که در گرادیان‌های سرعتی بالا گلبول‌های قرمز با افزایش میزان تغییرشکل‌پذیری‌شان به کاهش و در گرادیان سرعتی پایین نیز با افزایش تجمع به افزایش مقدار ویسکوزیتهٔ خون منجر می‌شوند. گرادیان‌های سرعتی متفاوت، سرعت‌های متفاوت جریان خون هستند که بر ناهنجاری‌های موجود در ویژگی‌های رئولوژیکی گلبول‌های قرمز اشاره دارد (۱۹).

تحقیقات مقطعی نشان داده‌اند که ورزشکاران با آمادگی جسمانی زیاد، ویسکوزیتهٔ خون، ویسکوزیتهٔ پلاسما و هماتوکریت کمتری دارند که این وضعیت مزیت رئولوژیکی برای ورزشکاران محسوب می‌شود (۳،۴)، به‌طوری‌که همراه با افزایش عملکرد ورزشکاران، افزایش حجم پلاسما و بهبود تغییرشکل‌پذیری گلبول‌های قرمز ممکن است از طریق افزایش اکسیژن‌رسانی و کاهش فشار وارده بر سیستم عروقی، خطر ایجاد بیماری‌های گردش خون را کاهش دهد (۴). فعالیت ورزشی بیشینه و زیربیشینهٔ کوتاه‌مدت و طولانی‌مدت اغلب به افزایش ویسکوزیتهٔ خون منجر می‌شوند که با افزایش ویسکوزیتهٔ پلاسما و هماتوکریت مرتبط است و همورئولوژیست‌ها این موضوع را با عنوان تغلیظ خونی تفسیر کرده‌اند (۳،۱۹). به عقیدهٔ همورئولوژیست‌ها، تغییرات حجم پلاسما در پاسخ به فعالیت تک جلسه‌ای و دوره‌های ریکاوری به‌عنوان عامل مهم در تغییرات ویسکوزیتهٔ خون است (۳). تمرین بدنی منظم با

ایجاد سازگاری‌های همورئولوژیکی در بدن ورزشکاران، هایپرویسکوزیتهٔ ایجادشده به‌دنبال فعالیت ورزشی را کاهش می‌دهد (۴). تحقیقات نشان داده‌اند که متغیرهای همورئولوژیکی ورزشکاران رشته‌های مختلف ورزشی ارتباط مستقیمی با نوع رشتهٔ ورزشی آنها دارد و به‌عبارتی دارای طرح همورئولوژیکی متفاوتی هستند (۴،۱۹). در مقایسهٔ میان ورزشکاران رشته‌های مختلف و افراد غیرفعال، متغیرهای همورئولوژیکی در ورزشکاران استقامتی کمترین مقدار و در ورزشکاران قدرتی و سرعتی بیشترین مقدار را نشان داده‌اند (۳۵). تحقیقات متعددی حاکی از پایین بودن مقادیر همورئولوژیکی مانند ویسکوزیتهٔ پلاسما، فیبرینوژن و ویسکوزیتهٔ خون دوندگان ماراتن نسبت به دیگر دوندگان است که ناشی از تأثیرات تمرینات استقامتی است (۱۹). به‌علاوه، مقایسهٔ متغیرهای همورئولوژیکی در بازیکنان مدافع و مهاجم راگبی نشان می‌دهد که بازیکنان مدافع که استقامتی‌ترند، از ویسکوزیتهٔ خون کمتری نسبت به مهاجمان برخوردارند (۱۰). کیمی و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که گلبول‌های قرمز ورزشکاران استقامتی و ترکیبی دارای تغییرشکل‌پذیری بیشتری نسبت به ورزشکاران قدرتی هستند (۱۱). به‌دنبال تمرین منظم بدنسازان هیچ بهبودی در تغییرات همورئولوژیکی نشان ندادند، درصورتی‌که افزایش ویسکوزیتهٔ پلاسما طی فعالیت ورزشی در ورزشکاران راگبی کاهش نشان داد (۴).

ورزشکارانی که در رشته‌هایی فعالیت می‌کنند که در جریان ورزش قدرت آنها نسبت به استقامتشان بیشتر بهبود می‌یابد، بدون ایجاد تغییرات مشخص در وضعیت مایعات بدن، تجمع و توانایی تغییر شکل‌پذیری گلبول قرمز در این ورزشکاران بهبود نشان داده شده است (۵). تمرین استقامتی به کاهش چربی بدن، واکنش‌های عصبی سمپاتیک (۶) افزایش حجم عضلانی و رقیق‌سازی مزمن خون از طریق افزایش حجم پلاسما منجر می‌شود، این در حالی است که افزایش معنی‌داری در جرم گلبول‌های قرمز خون ایجاد نمی‌شود که این موضوع کاهش مقدار هماتوکریت در ورزشکاران استقامتی را موجب می‌شود (۴). افزایش حجم پلاسما در ورزشکاران استقامتی از طریق افزایش تولیدات آلدوسترون و پروتئین‌های پلاسمایی اسموتیک، کاهش فعالیت ادراری و تحریک گیرنده‌های فشاری مرکزی انجام می‌گیرد (۳۳). تمرین استقامتی واکنش گلبول‌های قرمز را نسبت به افزایش لاکتات تحت تأثیر قرار می‌دهد و آن را بهبود می‌بخشد. به‌علاوه تغییراتی را در ویژگی‌های رئولوژیکی گلبول‌های قرمز ایجاد می‌کند که سبب کاهش ویسکوزیتهٔ کل خون می‌شود (۴). همچنین تمرین استقامتی سوخت عضلانی را تعدیل می‌کند و اکسیداسیون لیپید را افزایش می‌دهد و با غالب شدن چربی به‌عنوان سوخت

لاکتات کمتری تولید می‌شود. عضلهٔ اسکلتی متابولیسم منعطفی دارد و قادر است اکسیداسیون لیپید را در حالت گرسنگی یا فعالیت استقامتی به گلیکوژنولیز در شرایط تحریک انسولین تبدیل کند. توانایی اندک اکسیداسیون لیپید و تخلیهٔ دوره‌ای تری‌گلیسرید با افزایش مقدار لیپید خونی و تولید رادیکال‌های آزاد از طریق میتوکندری، تأثیرات همورئولوژیکی عمیقی بر بدن اعمال می‌کند. افزایش اکسیداسیون لیپید طی فعالیت ورزشی تغییرشکل‌پذیری گلبول‌های قرمز را افزایش می‌دهد، درصورتی‌که افزایش اکسیداسیون کربوهیدرات‌ها به افزایش سختی و تجمع گلبول‌های قرمز خون می‌انجامد و در نتیجه تأثیرات مثبت یا منفی بر ویژگی‌های همورئولوژیکی بدن اعمال می‌شود (۶). با توجه به اینکه سیستم سوخت و ساز بدن با ویژگی‌های همورئولوژیکی بدن ارتباط دارد، شایان ذکر است که این عامل میان گروه‌های ورزشکاران انتخابی متفاوت است، به‌طوری‌که کاراته‌کاها از توانایی اکسیداسیون کربوهیدرات بالایی برخوردارند، در صورتی‌که به‌دلیل دارا بودن هر دو دسته فعالیت کم‌شدت و پرشدت در رشتهٔ ورزشی فوتبال، فوتبالیست‌ها از ترکیبی از کربوهیدرات و چربی به‌عنوان سوخت استفاده می‌کنند، حال آنکه دوندگان استقامتی از توانایی اکسیداسیون چربی بالایی برخوردارند. افزایش مقدار اسید لاکتیک در حین فعالیت ورزشی به افزایش سختی گلبول‌های قرمز و در نهایت ویسکوزیتهٔ خون منجر می‌شود. با توجه به اینکه منبع اصلی تولید انرژی در دوندگان استقامتی هوازی، در فوتبالیست‌ها ترکیبی از هوازی و بی‌هوازی و در کاراته‌کاها بی‌هوازی است، تولید مقدار متفاوت لاکتات در حین اجرای فعالیت با شدت معین می‌تواند با تأثیر بر روی سختی گلبول‌های قرمز ویژگی‌های همورئولوژیکی ورزشکاران را تحت تأثیر قرار دهد. به‌علاوه تحقیقات مختلف نشان‌دهندهٔ وجود ارتباط منفی میان پارامترهای همورئولوژیکی و مقدار Vo_2max است (۱۹) و مقدار Vo_2max در میان کاراته‌کاها، فوتبالیست‌ها و دوندگان متفاوت است (۹،۲۴،۳۴). ورزشکاران انتخابی در تحقیق حاضر از نظر ویژگی فعالیتی و سازگاری‌های فیزیولوژیکی (Vo_2max، سیستم انرژی، سیستم متابولیکی، مقدار لاکتات تولیدی ...)، که با ویژگی‌های همورئولوژیکی مرتبطند، متفاوت از یکدیگرند که این موضوع می‌تواند در پاسخ ویژگی‌های همورئولوژیکی به فعالیت و ریکاوری نقش مهمی ایفا کند. با توجه به تفاوت‌های موجود در میان گروه‌های ورزشکاران و با مدنظر قرار دادن این نکته که ویژگی‌های همورئولوژیکی ورزشکاران عامل تعیین‌کنندهٔ عملکرد ورزشی آنها محسوب می‌شود، با این حال تحقیقی در زمینهٔ بررسی ویژگی‌های همورئولوژیکی ورزشکاران کاراته، فوتبال و دو استقامت انجام نگرفته است. نتایج تحقیق حاضر بیانگر آن است که آیا ویژگی‌های فیزیولوژیکی متفاوت ورزشکاران انتخابی می‌تواند بر مقادیر متغیرهای همورئولوژیکی آنها در پاسخ به یک جلسه فعالیت هوازی و یک

دوره ریکاوری تأثیرگذار باشد، همچنین چه عاملی واکنش ویسکوزیتهٔ خون ورزشکاران را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین پاسخ‌های حاصل می‌تواند اطلاعات مفیدی در زمینهٔ طراحی تمرینات با کیفیت بهتر و تسهیل دوره‌های ریکاوری دراختیار بگذارد و بیان‌کنندهٔ اطلاعاتی در مورد طراحی فعالیت بدنی از نوع دوچرخه‌سواری در جلسات تمرینی در ورزشکاران رشته‌های متفاوت باشد. شایان ذکر است که مطابق تحقیقات انجام گرفته، فعالیت ورزشی شدید با تأثیر منفی بر ویژگی‌های همورئولوژیکی نقش مهمی در ایجاد خطر بیماری قلبی - عروقی ایفا می‌کند و گنجاندن فعالیت ورزشی با شدت‌های زیاد در میان تمرینات ورزشی ورزشکاران حرفه‌ای به‌دلیل افزایش شدید ویسکوزیتهٔ خون ممکن است به مرگ ناگهانی ورزشکاران بینجامد، به‌طوری‌که در تحقیق روی دوندگان ماراتن به‌دنبال دو ماراتن با شدت زیربیشینه، افزایش بیش از حد ویسکوزیتهٔ خون مشاهده شد که این واقعه را ناشی از تمرینات با شدت بیشینه دانستند (۳). بنابراین بررسی پاسخ همورئولوژیکی ورزشکاران انتخابی به‌دنبال فعالیت هوازی شدید از این نظر نیز می‌تواند حائز اهمیت باشد.

روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی است. به این منظور ۴۵ ورزشکار مرد که به‌طور میانگین به‌مدت ده سال و نیم در رشتهٔ ورزشی خود فعالیت می‌کردند و تقریباً بیشتر آنها سابقهٔ شرکت در مسابقات کشوری را داشتند و در دورهٔ قبل از فصل مسابقات به‌سر می‌بردند، در سه گروه کاراته، فوتبال و دو استقامت به‌طور داوطلبانه در آزمون شرکت کردند. پس از ارزیابی‌های اولیه مانند ارزیابی پزشکی، تکمیل برگهٔ رضایت‌نامهٔ شرکت در تحقیق، پرسشنامهٔ سابقهٔ فعالیت بدنی و برآورد غیرتمرینی Vo_2max (جهت ارتباط سنجی با ویسکوزیتهٔ خون)، آزمودنی‌ها ۴۸ ساعت بعد از آخرین فعالیت ورزشی و در یک جلسه برای خون‌گیری (۳۰ میلی‌لیتر خون از هر ورزشکار) و اجرای دیگر مراحل آزمون به‌صورت ناشتا رأس ساعت ۸ صبح در آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی حضور یافتند و پس از اندازه‌گیری چربی زیر پوستی (سه ناحیهٔ سینه، شکم و ران) با دستگاه کالیپر چربی‌سنج (Slim guioe. USA) و براساس فرمول جکسون و پولاک درصد چربی بدن به شرح زیر تعیین شد (۱):

(سن × ۰/۰۰۰۲۵۷۴) – ۲(مجموع سه نقطه × ۰/۰۰۰۰۰۱۶) + (مجموع سه نقطه × ۰/۰۰۰۸۲۶۷) - ۱/۱۰۹۳۸= درصدچربی -۵/۱۸۸۴۵

جدول ۱- میانگین (±انحراف معیار) ویژگی‌های آنتروپومتریکی و Vo_2max آزمودنی‌ها

گروه	سن (سال)	درصد چربی	BMI	Vo_2max
کاراته‌کا	۲۳/۱±۳/۵	۸/۲±۳/۱	۲۳/۷±۲/۴	۵۴±۲/۹
فوتبالیست	۲۲/۵±۱/۷	۷/۶±۱/۸	۲۲/۳±۱/۴	۵۶/۶±۲/۴
دونده	۲۴/۶±۵/۲	۶/۸±۱/۶	۲۱±۱	۵۸/۶±۲/۶

پروتکل فعالیت هوازی و تجزیه تحلیل آزمایشگاهی نمونه‌ها

به منظور کسب نتایج مطلوب در زمینهٔ پاسخ به فعالیت برای هر سه گروه نیز از یک پروتکل ورزشی متفاوت از هر سه رشتهٔ ورزشی گروه‌های ورزشکاران استفاده شد، از آنجایی که همولیز به‌ویژه در فعالیت دویدن مقدار ویسکوزیتهٔ خون را تحت تأثیر قرار می‌دهد برای کاهش تأثیر همولیز، فعالیت رکاب‌زنی روی دوچرخهٔ کارسنج به‌عنوان پروتکل تحقیق انتخاب شد. به‌دلیل اینکه هدف محقق بررسی پاسخ همورئولوژیکی ورزشکاران به‌دنبال فعالیت هوازی شدید بود، پروتکل تحقیق به مدت ۳۰ دقیقه که کاملاً هوازی است، انتخاب شد و چون ورزشکاران انتخابی تقریباً در سطح حرفه‌ای فعالیت می‌کردند، محقق بر آن بود تا پاسخ ورزشکاران را با شدت زیاد ارزیابی کند. به این منظور آزمودنی‌ها در یک جلسه برای اجرای آزمون حضور یافتند، سپس از آزمودنی‌ها پس از نشستن روی صندلی به مدت ۳۰ دقیقه، ۱۰ میلی‌لیتر خون از سیاهرگ وریدی بازویی گرفته شد و پس از خون‌گیری اولیه، ۱۰ دقیقه گرم کردند (۵ دقیقه رکاب‌زنی روی دوچرخهٔ کارسنج و ۵ دقیقه حرکات کششی به‌ویژه برای اندام‌های تحتانی). سپس رکاب‌زنی به مدت ۳۰ دقیقه با ۸۵ درصد ضربان قلب بیشینه (از طریق فرمول کارونن برآورد شد) و با سرعت ۶۰ دور در دقیقه روی دوچرخهٔ کارسنج (Sport Age, Taiwan) رکاب زدند و دوباره خون‌گیری (۱۰ میلی‌لیتر) بلافاصله بعد و همچنین پس از ۳۰ دقیقه ریکاوری (۱۰ میلی‌لیتر خون) انجام گرفت. در نهایت نمونه‌های خونی به منظور اندازه‌گیری متغیرهای همورئولوژیکی: هماتوکریت، فیبرینوژن، ویسکوزیتهٔ پلاسما و ویسکوزیتهٔ خون (در دو گرادیان سرعتی ۱۲، ۶۰) به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

نمونه‌های خونی تهیه شده به منظور انجام آزمایش‌ها به شرح زیر توزیع شد:

۱- هماتوکریت: به این منظور یک میلی‌لیتر خون موجود در لوله‌های حاوی ضد انعقاد هپارین خشک، اتیلن دیامین تترا استیک اسید دی پتاسیم از طریق دستگاه شمارشگر سلولی سیمکس مورد استفاده قرار گرفت (۱)؛

۲- فیبرینوژن: به‌روش کمی ابتدا پلاسمای مورد نظر با آب رقیق و به آن کلرور کلسیم اضافه شد. به محض بروز رشته‌های فیبرین، با میله‌های شیشه‌ای جمع‌آوری و شست و شو داده شد تا دیگر پروتئین‌های پلاسما از آن جدا شود. سپس فیبرین به‌دست آمده با روش پروتئین بدون نیتروژن[1] هضم و پس از نسلریزاسیون[2] ازت به طریق فتومتریک و با استفاده از کیت استاگو[3] غلظت فیبرینوژن تعیین شد. برای انجام آزمایش مذکور از دو میلی‌لیتر خون استفاده شد (۱)؛

۳- سنجش ویسکوزیتهٔ خون و پلاسما: سه میلی‌لیتر خون در لوله‌های حاوی مادهٔ ضد انعقاد ریخته شد. یک میلی‌لیتر برای ویسکوزیتهٔ خون و دو میلی‌لیتر باقی‌مانده نیز برای تهیهٔ پلاسما استفاده شد. برای تهیهٔ پلاسما نمونهٔ خونی با سرعت ۲۰۰۰g به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. برای سنجش ویسکوزیتهٔ خون و پلاسما از دستگاه ویسکومتر (Cone- PlateWells- Brookfield Micro- Vis. Model LVT) استفاده شد (۱) و نمونه‌های خونی در گرادیان‌های سرعتی پایین و بالا (۱۲،۶۰) آنالیز شد.

روش محاسبهٔ تغییرات حجم پلاسما

با توجه به تأثیر فعالیت ورزشی، حرکت مایع خون از مویرگ‌ها به فضای بینابینی سبب تغییر حجم خون و پلاسما طی فعالیت ورزشی شده و در نهایت به ایجاد تغییراتی در ویسکوزیتهٔ خون و پلاسما منجر می‌شود. در تحقیق حاضر از مقادیر هماتوکریت (Hct) و هموگلوبین (Hb) در قبل و بعد از فعالیت ورزشی برای محاسبهٔ تغییرات حجم خون (BV) و حجم پلاسما (PV) و حجم سلول قرمز (CV) در پاسخ به یک جلسه فعالیت استقامتی استفاده شد. این مقادیر برای برآورد تغییرات حجم پلاسما مطابق با معادلهٔ دیل و کاستیل (۱۹۷۴) به شرح زیر مورد استفاده قرار گرفت (۱۷) :

$$\%\Delta PV = \frac{HB1}{HB2} \times \frac{100}{100} \frac{HCT2}{HCT1} \times 100$$

1 - Non protein nitrogen
2 - Nesslerization
3 - Stago

برآورد Vo_2max

از فرمول برآورد غیرتمرینی Vo_2max (R=0/93, SEE=3/45) و بدون انجام پروتکل ورزشی برای محاسبهٔ Vo_2max ورزشکاران استفاده شد، به این منظور اطلاعات حاصل از پرسشنامه‌های استاندارد PFA[1] (مجموع امتیازهای حاصل از پرسش‌هایی در زمینهٔ درک توانایی عملکرد از راه رفتن، جاگینگ و دویدن در مسافت معین) و PA-R[2] (مجموع امتیازهای حاصل از پرسش‌هایی در زمینهٔ عادات فعالیت بدنی)، متغیرهای سن، جنس، BMI برای محاسبهٔ Vo_2max مورد استفاده قرار گرفت (۷):

Vo_2max=۴۸/۰۷۳+(۶/۱۷۸× جنس)-(۰/۲۴۶×سن)-(۰/۶۱۹× BMI)+(۰/۷۱۲×PFA)+(۰/۶۷۱×PA-R)

روش آماری

داده‌های حاصل از تحقیق حاضر با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS 16 تجزیه و تحلیل شد. برای تعیین نرمال بودن داده‌ها از آزمون کلوموگراف- اسمیرنوف استفاده شد و با توجه به توزیع طبیعی داده‌ها آمار پارامتریک به‌کار گرفته شد. آنالیز واریانس یکطرفه برای بررسی تأثیر رشتهٔ ورزشی بر تغییرات پارامترهای همورئولوژیکی طی فعالیت و دورهٔ ریکاوری مورد استفاده قرار گرفت و برای بررسی تأثیر فعالیت ورزشی صرف‌نظر از رشتهٔ ورزشی نیز از آنالیز واریانس یکطرفهٔ مکرر استفاده شد. در صورت وجود تفاوت معنی‌دار در هر یک از مراحل، به منظور تعیین محل تفاوت از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام گرفت.

نتایج و یافته‌های تحقیق

نتایج حاصل نشان داد که تغییرات حجم پلاسما در پاسخ به فعالیت هوازی تک‌جلسه‌ای تحت تأثیر رشتهٔ ورزشی قرار نگرفت (P>۰/۰۵)، درصورتی‌که پس از ۳۰ دقیقه ریکاوری تغییرات حجم پلاسما تحت تأثیر رشتهٔ ورزشی قرار گرفت، به‌طوری‌که تفاوت موجود در میان کاراته‌کاها و دوندگان معنی‌دار بود (P=۰/۰۳). در این دوره

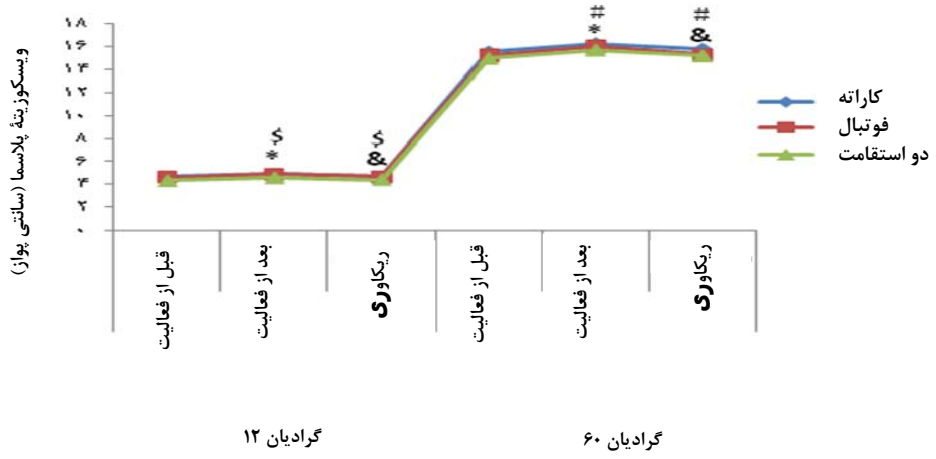
1 - Perceived Functional Ability
2 - Physical Activity Rating

حجم پلاسما در تمامی ورزشکاران به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P=۰/۰۲). مقدار هماتوکریت و فیبرینوژن در واکنش به فعالیت در میان گروه‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵). صرف نظر از رشته ورزشی، بلافاصله بعد از فعالیت هوازی سطوح هماتوکریت (P=۰/۰۰۰) و فیبرینوژن (P=۰/۰۰۲) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، درصورتی که این فاکتورها پس از دورهٔ ریکاوری به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند (P=۰/۰۰۰).

تغییرات ویسکوزیتهٔ پلاسما در گرادیان‌های سرعتی ۱۲، ۶۰ دور بر دقیقه در پاسخ به ۳۰ دقیقه فعالیت استقامتی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رشته ورزشی قرار گرفت، به‌طوری‌که تفاوت موجود در گرادیان ۱۲ (P=۰/۰۰۲ و $F_{(۲و۴۴)}$=۷/۹۲۲)، ۶۰ (P=۰/۰۲۵ و $F_{(۲و۴۴)}$=۴/۱۹۱) است. به‌علاوه، تغییرات ویسکوزیتهٔ پلاسما در تمامی گرادیان‌ها بعد از ۳۰ دقیقه ریکاوری به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رشتهٔ ورزشی قرار گرفت، به‌طوری‌که تفاوت موجود متعاقب فعالیت استقامتی در گرادیان‌های سرعت ۱۲ (P=۰/۰۰۳ و $F_{(۲و۴۴)}$=۶/۹۵۱)، ۶۰ (P=۰/۰۲۷ و $F_{(۲و۴۴)}$=۴/۰۸۹) است. در پاسخ به فعالیت استقامتی در گرادیان ۱۲ میان دوندگان و فوتبالیست‌ها (P=۰/۰۰۶) و میان دوندگان و کاراته‌کاها (P=۰/۰۰۶)، در گرادیان ۶۰ میان کاراته‌کاها و دوندگان (P=۰/۰۲۲) تفاوت معنی‌داری وجود دارد، در صورتی‌که در بعد از ریکاوری تفاوت معنی‌دار موجود در گرادیان ۱۲ میان دوندگان و فوتبالیست‌ها (P=۰/۰۱۸) و میان دوندگان و کاراته‌کاها (P=۰/۰۰۷)، در گرادیان ۶۰ میان کاراته‌کاها و دوندگان (P=۰/۰۳۸) تفاوت مشاهده شد. صرف‌نظر از رشتهٔ ورزشی، مقدار ویسکوزیتهٔ پلاسما در پاسخ به فعالیت استقامتی در گرادیان‌های سرعتی ۱۲ (P=۰/۰۰۰)، ۶۰ (P=۰/۰۰۰) افزایش معنی‌داری یافت، درصورتی‌که این مقدار بعد از ریکاوری در گرادیان‌های سرعتی ۱۲ (P=۰/۰۰۰)، ۶۰ (P=۰/۰۰۰) کاهش معنی‌داری یافت.

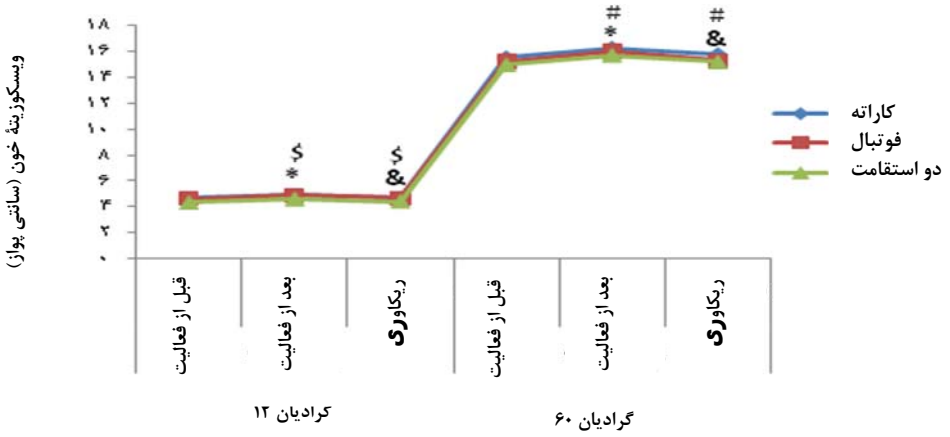
تغییرات ویسکوزیتهٔ خون در گرادیان‌های سرعتی ۱۲، ۶۰ دور بر دقیقه در پاسخ به ۳۰ دقیقه فعالیت استقامتی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رشتهٔ ورزشی قرار گرفت، به‌طوری که تفاوت موجود در گرادیان سرعتی ۱۲ (P=۰/۰۰۰ و $F_{(۲و۴۴)}$=۹/۷۲۷)، ۶۰ (P=۰/۰۱۵ و $F_{(۲و۴۴)}$=۴/۸۱۸) است. به‌علاوه، تغییرات ویسکوزیتهٔ خون در تمامی گرادیان‌ها بعد از ۳۰ دقیقه ریکاوری نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رشتهٔ ورزشی قرار گرفت، به‌طوری‌که تفاوت موجود در گرادیان‌های سرعتی ۱۲ (P=۰/۰۰۰ و $F_{(۲و۴۴)}$=۱۳/۱۳۱)، ۶۰ (P=۰/۰۰۶ و $F_{(۲و۴۴)}$=۶/۰۶۵) است. در پاسخ به فعالیت استقامتی در گرادیان ۱۲ میان کاراته‌کاها و فوتبالیست‌ها (P=۰/۰۴۴) و میان کاراته‌کاها و دوندگان (P=۰/۰۰۰)، در گرادیان ۶۰ نیز میان کاراته‌کاها و دوندگان (P=۰/۰۱۳) تفاوت

معنی‌داری وجود دارد، درصورتی‌که بعد از ریکاوری در گرادیان ۱۲ میان کاراته‌کاها و فوتبالیست‌ها (P=۰/۰۱۱) و میان کاراته‌کاها و دوندگان (P=۰/۰۰۰)، در گرادیان ۶۰ میان کاراته‌کاها و فوتبالیست‌ها (P=۰/۰۳۹) و میان کاراته‌کاها و دوندگان (P=۰/۰۰۷) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. صرف‌نظر از رشتهٔ ورزشی، مقدار ویسکوزیتهٔ خون در پاسخ به فعالیت استقامتی در گرادیان‌های سرعتی ۱۲ (P=۰/۰۰۰) و ۶۰ (P=۰/۰۰۰) افزایش معنی‌داری یافت، درصورتی‌که این مقدار بعد از ریکاوری در گرادیان‌های سرعتی ۱۲ (P=۰/۰۰۰) و ۶۰ (P=۰/۰۰۰) کاهش معنی‌داری یافت.



شکل۱- ویسکوزیتهٔ پلاسما در گرادیان های سرعت ۶۰، ۱۲ دور بر دقیقه در ورزشکاران

*** افزایش معنی‌دار در بعد از فعالیت، & کاهش معنی‌دار در بعد از ریکاوری، $ تفاوت معنی‌دار میان دوندگان و دیگر گروه‌ها، # تفاوت معنی‌دار میان کاراته‌کاها و دوندگان**



شکل۲- ویسکوزیتهٔ خون در گرادیان‌های سرعت ۶۰، ۱۲ دور بر دقیقه در ورزشکاران

* افزایش معنی‌دار بعد از فعالیت، & کاهش معنی‌دار بعد از ریکاوری، $ تفاوت معنی‌دار میان کاراته‌کاها و دیگر گروه‌ها، # تفاوت معنی‌دار میان کاراته‌کاها و دوندگان

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که رشتهٔ ورزشی بر تغییرات حجم پلاسما بعد از فعالیت استقامتی تأثیرگذار نیست و صرف نظر از رشتهٔ ورزشی، مقدار حجم پلاسما در تمامی ورزشکاران کاهش یافت. کاهش حجم پلاسما را می‌توان به عواملی مانند انتقال مایعات به فضای میان‌بافتی به‌دنبال افزایش قابلیت نفوذ دیواره‌های عروق به فضای بین‌سلولی، افزایش فشار اسموتیک در عضلات فعال و تعریق متعاقب تنظیم دمای بدن نسبت داد. کاهش حجم پلاسما متعاقب فعالیت ورزشی به افزایش بیشتر اسمولالیتهٔ پلاسما می انجامد (۳۳). همچنین میزان سختی گلبول‌های قرمز خون را افزایش می‌دهد. کاهش حجم پلاسما با ایجاد هایپراسمولاریتهٔ پلاسما به افزایش اسمز درونی گلبول‌های قرمز منجر می‌شود و این موضوع به افزایش سختی و کاهش انعطاف‌پذیری آنها منجر می‌شود (۳،۱۹). نتایج نشان داد که رشتهٔ ورزشی بر تغییرات حجم پلاسما طی دورهٔ ریکاوری تأثیر می‌گذارد. مقدار افزایش حجم پلاسما در دورهٔ ریکاوری در کاراته‌کاها کمتر و در دوندگان بیشتر است که این موضوع

(هیدراسیون مطلوب) ممکن است ناشی از تأثیرات مطلوب تمرینات استقامتی باشد. افزایش فشار اسمزی عروق و انتقال مایع میان‌بافتی به فضای درون عروقی سبب افزایش حجم پلاسما می‌شود که در بازگشت فاکتورهای همورئولوژیکی به‌حالت اولیه نقش مهمی ایفا می‌کند. افزایش حجم پلاسما در بیشتر تحقیقات نشان داده شده است، به‌طوری‌که نیومایر (۲۰۰۲) در یک روز پس از دوچرخه‌سواری شدید افزایش حجم پلاسما در دوچرخه‌سواران (۲۸) و ارنست نیز تداوم افزایش حجم پلاسما را به‌دنبال فعالیت هوازی تا ۲۴ ساعت پس از فعالیت گزارش کرده است (۱۹).

نتایج نشان داد که رشتهٔ ورزشی بر پاسخ هماتوکریت متعاقب فعالیت استقامتی تأثیری ندارد. تا کنون تحقیقی در این زمینه در پاسخ به فعالیت انجام نگرفته است. صرف نظر از رشتهٔ ورزشی، با وجود خروج مایع از خون به فضای میان‌بافتی طی فعالیت ورزشی مقدار هماتوکریت در پاسخ به فعالیت استقامتی در تمامی ورزشکاران کاهش یافته است، در صورتی‌که نیومایر (۲۰۰۲)، نوی هاوس (۱۹۹۲) به‌دنبال فعالیت هوازی عدم تغییر در مقدار هماتوکریت را به‌دلیل ثبات نسبی حجم پلاسما (۲۸،۲۹) و وارلت ماری (۲۰۰۳)، گادارد (۲۰۰۲) افزایش را در مقدار هماتوکریت گزارش کرده‌اند (۲۲،۳۶). عواملی چون افزایش همولیز داخل رگی، کاهش رهایی اریتروسیت‌ها از منبع ذخیره‌ای و تصحیح داده‌ها را می‌توان از دلایل احتمالی کاهش هماتوکریت به شمار آورد (۱۹). در دورهٔ ریکاوری نیز پاسخ سطوح هماتوکریت متأثر از رشتهٔ ورزشی نیست. اشمیت (۲۰۰۲) دو روز بعد از فعالیت هوازی بیشینه، کمترین مقدار هماتوکریت را در ورزشکاران استقامتی سپس ترکیبی و بیشترین مقدار را در ورزشکاران قدرتی گزارش کرد و نتایج به افزایش بیشتر حجم پلاسما در ورزشکاران استقامتی نسبت داده شد (۳۳). صرف نظر از رشتهٔ ورزشی، به‌دنبال بازگشت مایع از فضای میان‌بافتی به فضای درون‌عروقی، مقدار هماتوکریت در تمامی ورزشکاران به بیش از سطوح استراحتی خود افزایش یافت. نتایج حاصل با نتایج تحقیقات نیومایر (۲۰۰۲) و ارنست (۱۹۹۱) که کاهش مقدار هماتوکریت را پس از ریکاوری گزارش کردند، مغایرت دارد و این تحقیقات نتایج را به افزایش حجم پلاسما نسبت داده‌اند (۲۰،۲۶،۲۸). بنابراین نتایج حاصل در تحقیق حاضر را می‌توان به انقباض طحال به‌عنوان منبع ذخیره‌ای اریتروسیت‌ها، رهایی بیشتر گلبول‌ها به فضای عروقی، افزایش تعداد اریتروسیت‌ها و در نتیجه افزایش هماتوکریت و تصحیح داده‌ها نسبت داد (۱۹).

رشتهٔ ورزشی بر پاسخ مقدار فیبرینوژن نسبت به فعالیت استقامتی و دورهٔ ریکاوری پس از آن تأثیر ندارد. سرنکا (۱۹۹۹) افزایش مقدار فیبرینوژن در پاروزنان، دوندگان ماراتن و گروه کنترل سالم، عدم تغییر آن را در وزنه‌برداران پس از فعالیت ورزشی بیشینه گزارش کردند (۱). صرف نظر از رشتهٔ ورزشی، به‌دنبال فعالیت استقامتی با وجود انتقال پلاسما از خون به فضای میان‌بافتی مقدار فیبرینوژن در تمامی ورزشکاران کاهش یافت. این یافته با نتیجهٔ تحقیقات دی (۱۹۹۸) و بارتس (۱۹۹۰) همخوانی دارد (۸،۳۲). درصورتی‌که تحقیقاتی نیز عدم تغییر را در ورزشکاران ورزیده، به‌دنبال فعالیت هوازی گزارش کرده‌اند (۱۸،۲۵) و تحقیقات مذکور این وضعیت را به توانایی هیدراسیون افراد ورزیده در حین فعالیت هوازی مرتبط دانسته‌اند (۱۷). عواملی چون پدیده فیبرینوژنولیز و تبدیل فیبرینوژن به فیبرین، انتقال فیبرینوژن به فضای میان‌بافتی، تولید آهسته‌تر فیبرینوژن طی فعالیت ورزشی و نیز تصحیح داده‌ها را می‌توان مسئول کاهش سطوح پلاسمایی فیبرینوژن متعاقب فعالیت استقامتی به شمار آورد (۲،۲۵). در شرایط فیزیولوژیکی حدود ۳۵- ۲۵ درصد فیبرینوژن از طریق فرایند فیبرینوژنولیز کاتابولیز می‌شود (۳۸) و احتمال دارد با افزایش فعالیت بدنی این عمل افزایش یابد. شایان ذکر است که افزایش فعالیت فیبرینولیتیکی به‌دنبال فعالیت ورزشی که موجب ثابت ماندن یا کاهش غلظت فیبرینوژن می‌شود، می‌تواند نقش مهمی در کاهش تأثیر تغلیظ خونی بر روی ویسکوزیتهٔ پلاسما داشته باشد و در نتیجه به کاهش مقاومت ویسکوزیته در عروق منجر شود (۲۷). این موضوع به‌عنوان تأثیر حفاظتی تمرین ورزشی در مقابل ایجاد هایپرویسکوزیته به‌دنبال فعالیت ورزشی تک‌جلسه‌ای، حائز اهمیت است. به‌علاوه با وجود برگشت مایع از فضای میان‌بافتی به درون عروق طی ریکاوری فیبرینوژن در تمامی ورزشکاران تا بیش از مقادیر استراحتی خود افزایش یافته‌اند. نیومایر (۲۰۰۲) و پرایسکو (۱۹۹۸) نیز کاهش فیبرینوژن را بعد از یک روز ریکاوری به‌دنبال فعالیت هوازی گزارش کرده‌اند (۲۸،۳۲). از علل افزایش سطوح پلاسمایی فیبرینوژن می‌توان به تولید بیشتر فیبرینوژن در پاسخ به واکنش‌های التهابی ناشی از فعالیت یا کاهش فیبرینوژنولیز و انتقال فیبرینوژن از ذخایر و فضای میان‌بافتی به خون و تصحیح داده‌ها اشاره کرد (۲).

فعالیت در یک رشتهٔ ورزشی خاص بر پاسخ ویسکوزیتهٔ پلاسما، متعاقب فعالیت استقامتی و پس از ریکاوری تأثیر می‌گذارد. تا کنون تحقیقی در این زمینه میان ورزشکاران انجام نگرفته است. بعد از فعالیت در گرادیان سرعتی بالا کاراته‌کاها نسبت به دوندگان و در گرادیان سرعتی پایین نیز دوندگان نسبت به دیگر ورزشکاران

واکنش متفاوتی را نشان دادند و سطوح ویسکوزیتهٔ پلاسما در تمامی ورزشکاران به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. پروتئین‌های پلاسما به‌ویژه فیبرینوژن بیشترین تأثیر خود را بر ویسکوزیتهٔ پلاسما می‌گذارند و ویسکوزیتهٔ پلاسما نیز عامل تعیین‌کنندهٔ گرادیان سرعت خون در عروق است (۱۲). با وجود این در تحقیق حاضر کاهش حجم پلاسما به حدی بود که اثر کاهشی غلظت فیبرینوژن پلاسما را خنثی کرد، به‌عبارتی تغلیظ خونی عامل اصلی افزایش ویسکوزیتهٔ پلاسما است. کانس (۲۰۰۴)، کانس (۲۰۰۴) و وارلت ماری (۲۰۰۳) یافته‌های مشابهی را در تحقیقات خود نشان داده‌اند (۱۳،۱۴،۳۶)، در صورتی‌که نوی هاوس (۱۹۹۲) به‌دلیل ثبات نسبی حجم پلاسما و مارتین (۱۹۸۵) نیز به‌دلیل کاهش فبیرینوژن هیچ تغییری را در مقدار ویسکوزیتهٔ پلاسما به‌دنبال فعالیت هوازی در ورزشکاران مشاهده نکردند (۲۶،۲۹).

پس از دورهٔ ریکاوری پاسخ ویسکوزیتهٔ پلاسما در گرادیان سرعتی پایین در دوندگان نسبت به دیگر ورزشکاران و در گرادیان سرعتی بالا نیز در کاراته‌کاها نسبت به دوندگان متفاوت بود. به‌دنبال افزایش حجم پلاسما و با وجود افزایش سطوح هماتوکریت و فیبرینوژن پلاسما، سطوح ویسکوزیتهٔ پلاسما در تمامی ورزشکاران در هر دو گرادیان سرعتی به بیش از سطوح استراحتی کاهش یافت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که حجم پلاسما تا حدی افزایش یافته و اثر افزایشی سطوح هماتوکریت و فیبرینوژن پلاسما بر ویسکوزیتهٔ پلاسما را خنثی کرده است. در تحقیق ارنست (۱۹۹۱)، بعد از ۵ ساعت ریکاوری به‌دنبال فعالیت هوازی سطوح ویسکوزیتهٔ پلاسما به کمتر از سطوح استراحتی خود کاهش یافت و تا ۲۴ ساعت به بعد نیز ادامه داشت و این موضوع به افزایش حجم پلاسما در این دوره ارتباط داده شده است (۲۰).

فعالیت در رشتهٔ ورزشی خاص بر پاسخ سطوح ویسکوزیتهٔ خون ورزشکاران متعاقب فعالیت هوازی و پس از ریکاوری تأثیر می‌گذارد. تاکنون تحقیقی در این زمینه میان ورزشکاران انجام نگرفته است. بعد از فعالیت در گرادیان سرعتی پایین واکنش کاراته‌کاها در مقایسه با دیگر رشته‌های ورزشی و در گرادیان سرعتی بالا نیز واکنش کاراته‌کاهان نسبت به دوندگان متفاوت بود و مقدار ویسکوزیتهٔ کل خون در تمامی ورزشکاران به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. این یافته با نتایج مطالعات کانس (۲۰۰۴)، وارلت ماری (۲۰۰۳)، گادارد (۲۰۰۲) و ناگزواری (۲۰۰۰) مطابقت دارد (۱۳،۱۴،۲۲،۳۶). به‌طوری‌که تحقیق کانس (۲۰۰۴) به‌دلیل کاهش سختی گلبول‌های قرمز و جبران افزایش ویسکوزیتهٔ پلاسما و نوی هاوس (۱۹۹۲) به‌دلیل ثبات نسبی حجم پلاسما عدم

تغییر در ویسکوزیتهٔ خون را به‌دنبال فعالیت گزارش کردند (۲۹، ۱۴). تحقیقاتی وجود دارند که افزایش ویسکوزیته خون و پلاسما را ناشی از تغلیظ خون دانسته‌اند (۲۳). واندوال و همکاران تغلیظ خون را سازوکار اصلی افزایش هماتوکریت و ویسکوزیتهٔ پلاسما می‌دانند (۳۷) که این موضوع با نتیجهٔ تحقیق حاضر همخوانی دارد. از سوی دیگر، در دورهٔ ریکاوری نیز در هر دو گرادیان سرعتی پاسخ کاراته‌کاها نسبت به دیگر ورزشکاران متفاوت است. افزایش کمتر حجم پلاسما در کاراته‌کاها می‌تواند یکی از دلایل این تفاوت باشد، به‌طوری‌که هر چه میزان افزایش حجم پلاسما بیشتر باشد، مقادیر فاکتورهای همورئولوژیکی به مقدار بیشتری کاهش می‌یابند. ویسکوزیتهٔ کل خون در تمامی ورزشکاران کاهش یافته است. این نتیجه با نتیجهٔ تحقیق ارنست (۱۹۹۱) همخوانی دارد (۲۰)، ولی با نتایج تحقیق کانس (۲۰۰۹) مغایر است (۱۶). به‌دنبال ریکاوری، بازگشت مایع از فضای میان‌بافتی با کاهش ویسکوزیتهٔ پلاسما و در نتیجه کاهش ویسکوزیتهٔ خون همراه است. به‌علاوه با وجود افزایش سطوح هماتوکریت و فیبرینوژن پلاسما، افزایش حجم پلاسما با تأثیر کاهشی بر ویسکوزیتهٔ پلاسما موجبات کاهش ویسکوزیتهٔ کل خون در دورهٔ ریکاوری را فراهم کرده است.

مطابق گفتهٔ کانس (۲۰۱۰)، دوچرخه‌سواری مقدار ویسکوزیتهٔ خون را حدود ۲۰-۱۵ درصد افزایش می‌دهد که به‌طور اساسی با افزایش ویسکوزیتهٔ پلاسما (۱۰-۵ درصد) و هماتوکریت (U۳-۴) در ارتباط است (۱۵). همچنین تحقیقات انجام گرفته ارتباط مثبت معنی‌داری را میان ویژگی‌های همورئولوژیکی گلبول‌های قرمز و ویسکوزیتهٔ خون نشان داده‌اند (۱۹،۳۰). نتایج تحقیق حاضر در زمینهٔ تفاوت موجود در میان کاراته‌کاها و دیگر ورزشکاران پس از فعالیت را می‌توان به ویژگی‌های رئولوژیکی گلبول‌های قرمز نیز ارتباط داد. به‌علاوه طی تحقیقات انجام گرفته روی ورزشکاران استقامتی ثابت شده است که این ورزشکاران گلبول‌های قرمز انعطاف‌پذیرتری دارند (۸،۳۱،۳۸). کیمی و همکاران (۲۰۰۹) نیز این موضوع را تأیید کرده و نشان داده‌اند که تغییرشکل‌پذیری گلبول‌های قرمز به‌دنبال فعالیت هوازی در ورزشکاران استقامتی و ترکیبی افزایش و در ورزشکاران قدرتی کاهش یافت (۱۱). همورئولوژیست‌های ورزشی نیز علت افزایش ویسکوزیتهٔ خون بعد از فعالیت را تغلیظ خونی و تغییرات رئولوژیکی گلبول‌های قرمز دانسته‌اند (۴). در دورهٔ ریکاوری نیز تغییرات حجم پلاسمای بیشتر در دوندگان و ویژگی‌های همورئولوژیکی گلبول‌های قرمز می‌تواند توضیح‌دهندهٔ تفاوت موجود باشد. تفاوت موجود در میان ورزشکاران در حالی مشاهده شد که تمامی ورزشکاران طی ۳۰ دقیقه رکاب‌زنی

مقدار کار یکسانی انجام داده‌اند. بنابراین نتیجهٔ حاصل با گفتهٔ همورئولوژیست‌ها مبنی‌بر اینکه ورزشکاران رشته‌های ورزشی مختلف دارای طرح همورئولوژیکی متفاوتی نسبت به یکدیگرند، همخوانی دارد (۳،۴،۱۹). در تحقیق حاضر متعاقب فعالیت کاهش حجم پلاسما، کاهش سطوح هماتوکریت و فیبرینوژن پلاسما را جبران می کند و ویسکوزیتهٔ پلاسما را افزایش می‌دهد. در نهایت موجب افزایش ویسکوزیتهٔ خون و مقاومت عروقی می‌شود که می‌تواند جریان خون را به عضلات کاهش دهد و بر اکسیژن‌رسانی بافتی تأثیر منفی بگذارد. به‌نظر می‌رسد در صورت ادامهٔ فعالیت استقامتی حاد، ناکارامدی سوخت و ساز هوازی می‌تواند به افزایش بیشتر ویسکوزیتهٔ خون بینجامد. در دورهٔ ریکاوری نیز با وجود افزایش مقدار هماتوکریت و فیبرینوژن پلاسما، افزایش حجم پلاسما به کاهش ویسکوزیتهٔ پلاسما و در نتیجه ویسکوزیتهٔ خون منجر شد. کاهش مقدار ویسکوزیتهٔ خون سبب کاهش مقاومت عروقی می‌شود و با افزایش سیالیت خون، اکسیژن‌رسانی بافتی را افزایش می‌دهد. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از تحقیق حاضر و تأثیر زیاد تغییرات حجم پلاسما طی فعالیت ورزشی و ریکاوری بر روی متغیرهای همورئولوژیکی، نوشیدن آب می‌تواند از افزایش زیاد ویسکوزیتهٔ خون حین فعالیت ورزشی جلوگیری کرده و بازگشت متغیرهای همورئولوژیکی به سطوح استراحتی را تسهیل کند. Vo_2max توانایی بدن در افزایش انتقال اکسیژن از اتمسفر محیط به عضلات می‌باشد و با چندین عامل ارتباط دارد که در تمامی ورزشکاران یکسان نیست ($Vo_2max=Q\times Cao_2$). برون‌ده قلبی بیشینه فاکتور اصلی است که تفاوت افراد را در مصرف اکسیژن بیشینه که یکی از تعیین‌کننده‌های اصلی عملکرد استقامتی است، توضیح می‌دهد. حدود ۸۵-۷۰ درصد محدودیت اکسیژن مصرفی با برون‌ده قلبی بیشینه مرتبط است. تمرین موجب افزایش برون‌ده قلبی بیشینه می‌شود و در نتیجه اکسیژن مصرفی را بهبود می‌بخشد. هر گونه افزایشی در ویسکوزیتهٔ خون به افزایش پس‌بار قلبی و کاهش حجم‌ضربه‌ای بیشینه منجر می‌شود، در نتیجه برون‌ده قلبی بیشینه و Vo_2max کاهش می‌یابد. Vo_2max تحت تأثیر عملکرد هماتوکریت و ویسکوزیته است. هماتوکریت مهم‌ترین فاکتور همورئولوژیکی است که ظرفیت حمل اکسیژن را تحت تأثیر قرار می‌دهد و با آمادگی هوازی ارتباط منفی دارد (۳). در تحقیق حاضر کاراته‌کاها آمادگی هوازی کمتری داشتند، از این رو مقدار هماتوکریت، ویسکوزیتهٔ پلاسما و ویسکوزیتهٔ خون آنها متعاقب فعالیت افزایش بیشتر و پس از ریکاوری نیز کاهش کمتری نشان داد. نتایج تحقیق حاضر نیز نشان‌دهندهٔ وجود ارتباط منفی میان Vo_2max و ویسکوزیتهٔ خون است.

علت اختلاف مذکور در میان تحقیقات انجام گرفته و تحقیق حاضر را می‌توان تفاوت در پروتکل ورزشی مورد استفاده از نظر شدت، مدت یا شکل فعالیت (نوارگردان، دوچرخهٔ کارسنج و میدانی)، آمادگی افراد، روش‌های آزمایشگاهی متفاوت، خطاهای آزمایشگاهی و به‌ویژه تصحیح داده‌ها دانست.

نتیجه‌گیری کلی

نتیجهٔ حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که پاسخ ویسکوزیتهٔ خون و پلاسما در کاراته‌کاها متفاوت از دیگر گروه‌های ورزشکاران است که این موضوع با سازگاری‌های فیزیولوژیکی و همورئولوژیکی (ویژگی‌های همورئولوژیکی گلبول‌های قرمز) ارتباط دارد. به‌دلیل نقش مهم تغییرات حجم پلاسما در نتایج حاصل، کاراته‌کاها باید به منظور بهبود عملکرد خود در جلسات تمرینی، ممانعت از افزایش بیشتر مقدار ویسکوزیتهٔ خون و همچنین برای داشتن ریکاوری کامل و سریع در دوره‌های ریکاوری پس از تمرینات و مسابقات شدید، مصرف کافی آب را مورد توجه قرار دهند.

منابع و مآخذ

۱. دباغ نیکوخصلت، سعید. (۱۳۸۸). "تاثیر ۱۲ هفته تمرین مقاومتی بر پاسخ به یک جلسه و سطوح استراحتی متغیرهای رئولوژیکی و انعقادی خون مردان جوان". رسالهٔ دکتری.

۲. مرادی اکرم. (۱۳۸۹). "تاثیر سن بر پاسخ تعیین‌کننده‌های اصلی همورئولوژی به فعالیت حاد استقامتی". پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد.

3. 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, PP: 251-266.

4. Brun JF. (2002). "Exercise hemorheology as a three acts play with metabolic actors: is it of clinical relevance"? Clin Hemorheol Microcirc; 26:PP:155-74.

5. Brun. JF, Tikhomirova I, Roitman EV, Muravyov. (2000). "Highlights of the lllrd Yaroslavl international congress on hemorheology". July 29- 31, Yaroslavl, Russia. Clin Hemorheol Microcirc. 27 (1): PP:43- 56.

6. Brun JF, Varlet- Marie E, cassan delphine. (2004). "Blood fluidity is related tothr ability to oxidize lipids at exercise". Clin Hemorheol Microcirc. 30: PP:339-43.

7. Bradshaw. Danielle I. (2003). "An accurate Vo_2max non- exercise regression model for 18 to 65 year- old adults". Department of Physical Education Brigham Young University.

8. Bartsch. P, Haeberli. A, Straub. PW. (1990). "Blood coagulation after long distance running. Antithrombinlll prevents fibrin fornation". Thromb Haemost. 63: PP:247- 8.

9) Babits Thomas Leslie. (1996). "Cardiovascular responses in runners, power athletes, body builders, and healthy sedentary subjects". Nationai Library of Canada.

10. Cassan D, Brun JF, Micallef JP, Alemany MJ, ET AL. (2003). Relationships between hemorheological and metabolic adaptation to exercise in female rugby players: importance of erythrocyte rheology in: lllrd 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. Caimi G, Canino B, Amodeo G. (2009). "Erythrocyte deformability and nitric oxide metabolites in athletes before and after a cardiopulmonary test". Clinical Journal of Sport Medicine. 19(4): PP:306-310.

12. Carroll S, Cooke C, Butterly R. (2000). "Plasma viscosity and its biochemical predictors: associations with lifestyle factors in healthy middle- aged men". Blood Coagulation & Fibrinolysis. 11(7):609.

13. Connes Philipp Bouix Didier, Py Guillaume, Caillaud Corinne, Kippelen Pascale. (2004). "Does exercise-induced hypoxemia modify lactate influx into erythrocytes and hemorheological parameter in athletes"? J Appl Physiol; 97: PP:1053-1058.

14. Connes Philippe, Bouix Didier, Py Guillaume, Prefaut chritan, Mercier Jacques, Brun J-F. (2004). "Opposite effects of in vitro lactate on erythrocyte deformability in athletes and untrained subjects". Clin Hemorheol and Microcirc.00:PP: 1- 9.

15. Connes Philippe. (2010). "Hemorheology and exercise: effect of warm environments and potential consequences for sickle cell trait carriers". Scand J Med Sci Sports. 20(Suppl. 3):PP:48-52.

16. Connes Philipp, Trippette Julien. (2009). "Relationships between hemodynamic, hemorheological and metabolic responses during exercise". Biorheology. 46 (2), PP: 133- 143.

17. Dill DB, Costill CI. (1974). "Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma and red cells in hydration". J Appl Phsiol. 37:PP:274-8.

18. D Scalzi M, Cinelli P, De Leonardis V, Becucci A, Mariani R, Fattirolli F, Ciapini A. (1987). "Response of some haemocoagulatory and haemorheological variables to maximal exercise in sedentary and active subjects". J Int Med Res; 15 (6) :PP: 361-7.

19. El-Sayed MS. Ali N., El-Sayed ZA. (2005). "Haemorheology in exercise and training". Sports Med; 35 (8): PP:649 -670.

20. Ernest E, Daburger L. (1991). "The kinetics of blood rheology during and after prolonged standardized exercise". Clin Hemorheol Microcirc; 11:PP:429- 39.

21. Harkness, J. (1971). "The viscosity of human blood plasma; its measurement in health and disease". Biorheology. 8: PP:171-193.

22. Gaudard A, Varlet- Marie E, Monnier JF,Monnier JF, Janbon Ch, Brun JF. (2002). "Exercise- induced central retinal vein thrombosis: Possible involvement of hemorheological disturbances". A case report. Medicine and Health. 27 (2): PP:115-122.

23. Gurcan. N, Erbas.D, Erbas D, Ergen E, Bilgehan A, Dundar S. (1998). "Changes in blood haemorheology parameters after submaximal exercise in trained and untrained subjects".

24. Imamura Hiroyuki, Yoshimura Yoshitaka. (1998). "Maximal oxygen uptake, body composition and strength of highly competitive and novice karate practitioners". Appl Human Sci; 17 (5):PP: 215-218.

25. Letcher, RL, Pickering TG, Chien S, Laragh JH. (1981). "Effects of exercise on plasma viscosity in athletes and sedentary normal subjects". Clin Cardiol; 4:PP:172-9.

26. Martin DG, Fergusan EW, Wigutoff S, Gawne timothy and Schoomaker EB. (1985). "Blood viscosity responses to maximal exercise in endurance- trained and sedentary famele subjects". J Apple Physiol. 59:b3, PP:48-53.

27. Minetaro, Vinsent. (2004). "The effect of a cardiac rehabilitation exercise program on plasma viscosity, fibrinogen concentration, hematocrit, blood lipids and exercise capacity". BHK, University of British Columbia.

28. Neumayr G, Pfister R, Mitterbauer G, Gaenzer H, Joannidis M. (2002). "Short-term effects of prolonged strenuous endurance exercise on the level of haematocrit in amateur cyclists". Int J Sports Med; Apr 23 (3): PP:158-61.

29. Neuhaus D, Behn C, Gaehtgens P. (1992). "Haemorheology and exercise: intrinsic flow properties of blood in marathon running". Int J Sports Med; 13 (7): PP:506-11.

30. Nageswari K, Banerjee R, Gupte RV, Puniyani RR. (2000). "Effects of exercise on rheological and micricirculatory parameters". Clin Hemorheol Microcirc; 23 (2-4):PP: 243-7.

31. Osetrov L.A, Vikulov A.D, Baranov A.A, et al. (2006). "Relationships between hemorheology, erythrocyte metabolism, and von willebrand factor in athletes and patients with peripheral arterial disease". Human Physiology. 32(6):PP:701-706.

32. Prisco. D, Paniccia. R, Bandinelli. B, Fedi S, Cellani AP, Liotta AA, Gatteschi L. (1998). "Evaluation of clotting and fibrinlytic activation after protracted exercise". Thromb Res. 89:PP: 73- 8.

33. Schumacher York Olaf, Schmid Andreas, Grathwohl Dominik, Termann Dirk. (2002). "Hematological indices and iron status in athletes of various sports and performances". Sports Med. 0915-9131/02/3405.

34) Stolen Tomas, Chamari Karim. (2005). "Physiology of soccer. Sports Med; 35(6): PP:501- 536.

35. Vikulov A. D, Mel nikov A. A and Osetrov I. A. (2001). "Rheological Properties of Blood in Athletes". Human Physiol; 14:PP: 807-818.

36. Varlet-Marie. E, Gaudard. A, Monnier JF, Micallef J-P, Marcier J, Bressoll F, Brun JF. (2003). "Reduction of red blood cell disaggregability during submaximal exercise: relationship with fibrinogen levels". Clin Hemorheol and Microcirc 28, PP:139- 149. IOS Press

37. Vandewalle H, Lacombe C. (1988). "Blood viscosity after a 1- h submaximal exercise with and without drinking". Int Sports Med. 9: PP:104- 7.

38. Vikulov A.D, Mel, nikov A.A and Bagrakova. (2003). "Erythrocyt aggregation in athletes". Human Physiology.29(4); PP:457-463.