Medical Journal
of
Tabriz University of Medical Sciences and Health Services

Original Article

Effects of the two consecutive anaerobic exercise sessions on leukocyte subsets distribution, blood lactate level and anaerobic power in female athletes with controlling the confounding effect from plasma shift

Karim Azali Alamdari[1*], Hadi Rohani[2], Zeynab Bagheri[3]

[1]Department of Sport Sciences, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran
[2]Department of Exercise Physiology, Sport Sciences Research Institute, Tehran, Iran
[3]Zanjasn's First Deviation Education Office, Zanjan, Iran
*Corresponding author; E-mail: k.azali@azaruniv.ac.ir

Received: 12 Novomber 2018 Accepted: 1 January 2019 First Published online: 28 Oct 2020
Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2020;42(4):362-372

Abstract

Background: The majority of existing data concerning the leukocyte subsets distribution after daily consecutive exercise sessions are controversial because of the confounding effect of plasma shift into active muscles. The aim of this study was to investigate the Effects of the two consecutive anaerobic exercise sessions on leukocyte subsets distribution, blood lactate level and anaerobic power in female athletes with controlling the confounding effect from plasma shift.

Methods: This was an experimental study in which 30 subjects were randomized into experimental(EX) and control(Con) groups after body composition measurements and the Ex group experienced two anaerobic sessions (at 9.00 am and 15 pm),. Blood samples were taken before and after each session.

Results: Both session elevated blood leukocytes and their subpopulations (monocytes, lymphocytes and granulocytes) count as well as blood lactate levels ($P<0.05$). Following to the first session, the increasing trend in leukocyte and granulocytes count was continued, however; the monocytes count and blood lactate levels returned to baseline level, while lymphocytes count was reached to levels even lower than baseline values ($P<0.05$). The mean and min power in the second session were lower than the morning session ($P<0.05$).

Conclusion: Although the effects of two consecutive sessions to induce leukocytosis and a consequent lymphocytopenia in elite female athletes was verified even after controlling of the confounding effect of plasma shift, however; because of the lack of similar evidences and some of methodologic limitations, more researches still remains to be done.

Keywords: Anaerobic, Recovery, Plasma Volume, Leukocytosis, Leukopenia

How to cite this article: Azali Alamdari K, Rohani H, Bagheri Z. [Effects of the two consecutive anaerobic exercise sessions on leukocyte subsets distribution, blood lactate level and anaerobic power in female athletes with controlling the confounding effect from plasma shift]. Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2020;42(4):362-372. Persian.

© 2020 The Author(s). This is an Open Access article published by Tabriz University of Medical Sciences under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

مقاله پژوهشی

تاثیر دو جلسه فعالیت بی‌هوازی بر تعداد زیر رده‌های لکوسیتی، عملکرد بی‌هوازی و مقدار لاکتات خون زنان ورزشکار با کنترل تاثیر مزاحم شیفت پلاسما

کریم آزالی علمداری[۱*]، هادی روحانی[۲]، زینب باقری[۳]

[۱]گروه علوم ورزشی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران
[۲]گروه فیزیولوژی ورزشی، پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی، تهران، ایران
[۳]اداره آموزش و پرورش منطقه یک زنجان، زنجان، ایران
[*]نویسنده مسؤول؛ ایمیل: k.azali@azaruniv.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۷/۸/۲۱ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۱ انتشار برخط: ۱۳۹۹/۸/۷
مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی تبریز. ۱۳۹۹؛۴۲(۴): ۳۶۲-۳۷۲

چکیده

زمینه: به دلیل لحاظ نکردن تاثیر مزاحم شیفت پلاسما به عضلات فعال، اکثر نتایج موجود در مورد توزیع انواع زیر رده‌های لکوسیتی پس از جلسات ورزش متوالی در یک روز قطعیت ندارند. هدف این تحقیق بررسی تاثیر دو جلسه فعالیت بی‌هوازی صبح و بعد از ظهر بر تعداد زیر رده‌های لکوسیتی، عملکرد بی‌هوازی و مقدار لاکتات خون زنان ورزشکار با کنترل تاثیر مزاحم شیفت پلاسما بود.

روش‌کار: روش تحقیق از نوع تجربی بود که در آن ۳۰ زن ورزشکار پس از اندازه‌گیری ترکیب بدنی به طور تصادفی در دو گروه تجربی و کنترل تقسیم گردیدند و گروه تجربی در دو جلسه (ساعت نه صبح و سه بعد از ظهر)، فعالیت بی‌هوازی (سه بار اجرای آزمون رست متوالی) شرکت کردند. قبل و یک ساعت پس از پایان هر جلسه، نمونه‌های خون جمع‌آوری، و تاثیر مزاحم شیفت پلاسما بر نتایج کنترل گردید.

یافته‌ها: هر جلسه منجر به افزایش تعداد کل لکوسیت‌ها و زیررده‌های مونوسیتی، لنفوسیتی و گرانولوسیتی و لاکتات خون گردید ($p<۰/۰۵$). روند افزایش کل لکوسیت‌ها و گرانولوسیت‌ها و در ساعات متعاقب جلسه صبح ادامه داشت، ولی در این فاصله تعداد مونوسیت‌ها و لاکتات به مقادیر طبیعی و تعداد لنفوسیت‌ها حتی به کمتر از مقادیر طبیعی رسید ($p<۰/۰۵$). در جلسه بعد از ظهر حداقل و میانگین توان بی‌هوازی کمتر از جلسه صبح بود ($p<۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: با این که حتی در زنان ورزشکار ورزیده نیز پس از حذف تاثیر مزاحم شیفت پلاسما، تاثیر دو جلسه تمرین بی‌هوازی شدید متوالی در صبح و بعد از ظهر در ایجاد لکوسیتوز و در ادامه لنفوسیتوپنی تایید گردید، ولی به دلیل کمبود شواهد مشابه و برخی محدودیت‌های روش‌شناختی، هنوز نیاز به بررسی‌های بیشتر باقی است.

کلید واژه‌ها: بی‌هوازی، بازیافت، حجم پلاسما، لکوسیتوز، لکوپنی

نحوه استناد به این مقاله: آزالی علمداری ک، روحانی ه، باقری ز. تاثیر دو جلسه فعالیت بی‌هوازی بر تعداد زیر رده‌های لکوسیتی، عملکرد بی‌هوازی و مقدار لاکتات خون زنان ورزشکار با کنترل تاثیر مزاحم شیفت پلاسما. مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی تبریز. ۱۳۹۹؛۴۲(۴): ۳۶۲-۳۷۲

حق تألیف برای مؤلفان محفوظ است.
این مقاله با دسترسی آزاد توسط دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ـ درمانی تبریز تحت مجوز کریتو کامنز (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0) منتشر گردیده که طبق مفاد آن هرگونه استفاده تنها در صورتی مجاز است که به اثر اصلی به نحو مقتضی استناد و ارجاع داده شده باشد.

مقدمه

ورزش منظم کم شدت و متوسط عملکرد ایمنی را افزایش داده و اختلالات ایمنی ناشی از یک جلسه ورزش را کاهش می‌دهد، ولی احتمال دارد که ورزش‌های شدید حتی در ورزشکاران با اثر سوء بر عملکرد ایمنی، بدن را در معرض عفونت قرار دهد (۱). اکثر تحقیقات نشان داده‌اند که تعداد گلبول‌های سفید به دنبال فعالیت شدید حاد حتی در ورزشکاران نیز افزایش می‌یابد (لکوسیتوز) که این افزایش در ساعات ابتدائی بازیافت و قطع فعالیت معکوس می‌شود و حتی لکوپنی (افت تعداد لکوسیت‌ها به کمتر از مقادیر طبیعی) بروز می‌کند (۲). لکوسیتوز می‌تواند از افزایش مهاجرت سلول‌ها از مغز استخوان به خون، خروج سلول‌ها از بستر حاشیه‌ای عروق (Demargination) مثلا پس از ورزش شدید و کاهش خروج به سمت بافت‌ها ایجاد شود (۳). اما هنوز در مورد ساز و کار دقیق رهاسازی سلول‌ها از مغز استخوان اطلاعات کافی وجود ندارد و پیشنهاد شده است که مکانیسم‌های مشابه دخیل در کنترل فراخوانی سلول‌ها به سوی بافتهای التهابی در این امر دخالت دارند (۴). ورزش شدید (بالای ۷۰ تا ۸۵٪ از Vo2max) سبب ایجاد کاهش دو مرحله‌ای در تعداد لکوسیتهای گردش خون می‌شود. بلافاصله پس از ورزش تعداد کل انواع لکوسیتها در حدود ۵۰ تا ۱۰۰ درصد افزایش می‌یابند و با سپری شدن ۳۰ دقیقه دوره بازگشت به حالت اولیه، تعداد آنها به مقدار ۳۰ تا ۶۰ درصد کمتر از سطوح پایه تقلیل می‌یابد و در حدود ۳ تا ۶ ساعت در این وضعیت حفظ می‌شود. در مقابل غلظت گرانولوسیتها بعد از کاهش گذرا در طی اولین ساعت پس از ورزش، به دلیل رهاسازی سلول‌ها ذخایر مغز استخوان روند افزاینده‌ای می‌یابد و تا چندین ساعت در حد بالا باقی می‌ماند (۵). با این حال، با مطالعه ادبیات تحقیقی معتبر مشاهده می‌شود که در بسیاری از موارد تاثیر شیفت پلاسما لحاظ نشده است و اکثر تحقیقات منتشر شده موجود به دلیل احتمال بیش برآوردی نتایج در پس آزمون محدودیت دارند. به بیان دیگر، در اثر ورزش حاد، به دلیل تجمع یون هیدروژن، خروج کلسیم و سایر متابولیت‌ها و لاکتات به فضای بین بافتی و درون سلولی در عضلات، اسمولالیته افزایش می‌یابد که در نهایت سبب خروج پلاسما از خون و کاهش حجم پلاسما برای جبران افزایش فشار اسمزی در موضع ورزش‌کرده می‌شود که به اصطلاح شیفت پلاسما نامیده می‌شود (۶). در چنین حالتی در اندازه‌گیری غلظت و تعداد هر گونه فرآورده و یا مواد موجود در خون مانند لاکتات و یا تعداد لکوسیت‌ها، افزایش کاذبی در واحد حجم مشاهده می‌شود که تنها به دلیل غلیظ شدن خون روی داده است و عملا افزایش واقعی در مقدار آنها وجود ندارد (۷) و برای جبران آن از فرمول‌های اصلاح حجم پلاسما استفاده می‌شود (۶).

نکات کاربردی

در کل پس از کنترل تاثیر مزاحم شیفت پلاسما باز هم بروز لکوسیتوز در ورزش و همچنین لکوپنی در مراحل اولیه پس از ورزش در ورزشکاران ورزیده تایید شد که آنها را مستعد تضعیف عملکرد ایمنی و ابتلا به عفونت خواهد نمود.

از سوئی، وقتی که ورزشکار دو جلسه فعالیت ورزشی را در یک روز انجام می‌دهد، کسب آگاهی از زمان کافی بازیافت قبل از سرگیری جلسه دوم از اهمیت ویژه برخوردار است. اثر ترکیبی خستگی ناشی از بازگشت به حالت اولیه ناکافی در بین جلسات تمرین با افزایش هورمونهای استرسی (به ویژه کورتیزول) باعث افت تعداد لکوسیت‌های گردش خون در شرایط استراحتی می‌شود. در صورت ناکافی بودن دوره بازیافت، ورزشکار حتی در معرض سندرم بیش تمرینی قرار می‌گیرد که علاوه بر تاثیرگذاری بر بسیاری از متغیرهای فیزیولوژیک و تغییر تعداد و عملکرد گلبول‌های سفید (لکوسیت‌ها)، سبب افت عملکرد ورزشی نیز خواهد شد (۸). گاهی حتی در یک جلسه فعالیت ورزشی شدید متداول در فصل مسابقات، سرکوب سیستم ایمنی اتفاق می‌افتد که اشاره بر نظریه پنجره باز دستگاه ایمنی دارد که ممکن است ۳ تا ۷۲ ساعت طول بکشد و خطر ابتلا به عفونت را افزایش می‌دهد، ولی در جلسات مکرر فعالیت ورزشی شدید در یک روز اختلال ایمنی- غددی نسبت به انجام فقط یک جلسه فعالیت ورزشی بارزتر است. هر حال، دلیل این دوره سرکوب ایمنی (آپوپتوز سلولی و فعالیت ماکروفاژی و برگشت به مکان‌های ذخیره‌ای مانند طحال و لنف) هرچه که باشد، ورزشکار را مستعد بروز عفونت و به ویژه عفونت مجاری تنفسی فوقانی و بروز التهاب ناشی از آسیب‌دیدگی‌ها و فشار مکانیکی حاصل از فعالیت می‌کند (۱). بنابراین با توجه به کمبود تحقیقات در جمعیت زنان ورزشکار نسبت به تمرینات بی‌هوازی صبح و بعد از ظهر که عمدتا در ورزشکاران رشته‌های انفرادی و سالنی متداول هستند، هدف تحقیق حاضر بررسی تاثیر دو جلسه فعالیت بی‌هوازی بر تعداد زیر رده‌های لکوسیتی، عملکرد بی‌هوازی و مقدار لاکتات خون زنان ورزشکار با کنترل تاثیر مزاحم شیفت پلاسما بود. انتظار می‌رود که یافته‌های ما اطلاعات ویژه‌ای در مورد تاثیر جلسات تمرین بی‌هوازی تکراری صبح و بعد از ظهر در زنان ورزشکار فراهم کند و به دلیل اصلاح تاثیر مزاحم شیفت پلاسما از لحاظ کاربردی در زمینه علم تمرین و پزشکی ورزشی بسیار حائز اهمیت است و می‌تواند زمینه‌ساز انجام تحقیقات بسیار بیشتری در این زمینه در آینده گردد.

روش‌کار

مطالعه حاضر از نوع تجربی و با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون بود. شاخص‌های ورود به تحقیق شامل دارا بودن سابقه قهرمانی استانی در رشته‌های ورزشی انفرادی و یا سالنی در طی سه سال گذشته، سلامت کامل جسمانی، دارا بودن سابقه تمرین منظم تا قبل از دو ماه گذشته و واقع بودن در دوره فولیکولی عادت ماهانه بود (برای تطبیق با بروز دوره فولیکولی، ترتیبی داده شد تا انجام تحقیق برای همه آزمودنی‌ها در یک پیوستار زمانی ۱۰ روزه انجام شود). شاخص‌های خروج از تحقیق نیز شامل دارا بودن آسیب دیدگی جسمی یا بیماری‌های عفونی از جمله عفونت مجاری تنفسی فوقانی، تجربه شرکت در تمرینات شدید نامتعارف یا مسابقه در طی دو هفته مانده به اجرای تحقیق، مصرف هر گونه دارو یا فرآورده درمانی موثر بر عملکرد و یا سیستم ایمنی، مصرف مواد غذائی غیرمتعارف دارای ترکیبات ارگوژنیکی موثر بر عملکرد، سیستم ایمنی و یا تامپونی خون بودند. پس از تصویب طرح تحقیق در کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت بدنی وزارت علوم تحقیقات فناوری (کد IR.SSRI.REC.1397.362) و اطلاع رسانی از طریق مربیان رشته‌های ورزشی مختلف بانوان برای جلب همکاری ورزشکاران داوطلب و همچنین تشریح موضوع تحقیق، هدف و روش اجرا به افراد داوطلب، پرسشنامه‌های حاوی اطلاعات فردی، سوابق پزشکی و ورزشی جمع‌آوری و در پایان پس از غربالگری تعداد ۵۳ نمونه زن ورزشکار داوطلب اولیه بر حسب شاخص‌های ورود به تحقیق و خروج از تحقیق، تعداد ۳۰ نفر آزمودنی نهایی پس از اخذ رضایت نامه به طور تصادفی در دو گروه ۱۵ نفری شامل کنترل (وزن: ۷/۵۱ ± ۵۸/۴۰ کیلوگرم، شاخص توده بدن: ۲/۱۹ ± ۲۱/۰۹ کیلوگرم بر متر مربع و سن: ۳/۱۰ ± ۲۲/۶۰ سال) و تجربی (وزن: ۵/۳۴ ± ۶۱/۲۴ کیلوگرم، شاخص توده بدن: ۳/ ± ۲۲/۰۷ کیلوگرم بر متر مربع و سن: ۲/۹۰ ± ۲۳/۰۱ سال) تقسیم گردیدند. تمام آزمودنی‌ها در خروج از تحقیق در هر زمان آزاد بودند و فقط از آنها خواسته شد که در صورتی که به هر دلیل تمایل و یا شرایط حضور در تحقیق را نداشته نباشند، فقط به گروه محققین اطلاع دهند. قبل از اعمال متغیر مستقل، قد (با استفاده از قد سنج دیواری Seca 206) و وزن (Seca 786) اندازه‌گیری و ثبت گردید. همچنین یک هفته قبل از اجرای تحقیق اصلی، یک جلسه آشنایی با آزمون برگزار شد تا آزمودنی‌ها با نحوه اجرای آزمون رَست آشنا شوند. به منظور حذف اثر تفاوتهای تغذیه‌ای ناشی از مصرف صبحانه بر عملکرد بی‌هوازی در ساعت ۷ صبح روز آزمون، همه آزمودنی‌ها صبحانه استاندارد صرف کردند. محتوای انرژی صبحانه (شامل ۴۵ گرم نان، ۱۵ گرم کره و یک لیوان آب‌جوش) تقریبا ۳۰۰ کیلوکالری بود (۹). پس از صرف صبحانه، قد و وزن به روش استاندارد، اندازه‌گیری و ثبت گردید. در هر جلسه (جلسه اول نه صبح و جلسه دوم سه بعد از ظهر)، فعالیت بی‌هوازی (سه بار اجرای آزمون رست با حداکثر توان با ۵ دقیقه استراحت در بین آزمون‌ها) در سالن ورزشی انجام شد و نمونه‌های خونی (پنج سی سی) قبل (ساعت نه صبح) و یک ساعت پس از پایان هر جلسه فعالیت جمع‌آوری گردیدند. ولی گروه کنترل فقط به طور ناشتا بوده و صبحانه استاندارد را مصرف کردند که از آنها نیز در زمان مشابه با گروه تجربی برای سنجش مقدار لاکتات و متغیرهای خونی، نمونه‌گیری خونی انجام گرفت. گروه تجربی قبل از انجام هر دو جلسه، زیر نظر دستیار محقق و هماهنگ با فیلم ضبط شده (به صورت ۴ نفره) گرم‌کردن انجام دادند. گرم‌کردن شامل ۴۰۰ متر دویدن نرم، حرکات‌کششی ایستاده و درازکش (۵ دقیقه) و دویدن مسیرهای کوتاه ۱۰،۱۵و ۲۵ متری (هر کدام دو تکرار با شدت متوسط) بود. زمان‌بندی گرم کردن، خون‌گیری و آزمون رست طوری بود که حداکثر ۳ الی ۵ دقیقه پس از پایان آن، با فاصله حداکثر ۱۵ دقیقه پس از خون‌گیری، آزمون رست انجام شد. همین اقدامات در جلسه بعد از ظهر با همان ترتیب شرکت آزمودنی‌ها در مراحل تحقیق در جلسه تمرین صبح تکرار شد، با این تفاوت که همه آزمودنی‌ها راس ساعت ۱۳ ظهر، یک وعده ناهار یکسان صرف نمودند. گروه کنترل در طول روز هیچ گونه فعالیت بدنی نداشتند. برای انجام آزمون رست طبق روش (۱۰) عمل شد. این آزمون شامل ۶ تکرار دوی سریع در مسافت ۳۵ متر و با شدت حداکثر بود که با فاصله استراحت ۱۰ ثانیه در بین هر تکرار انجام و ثبت رکوردها با دستگاه چشم نوری (فتوسل) انجام گردید. بدین ترتیب که دو جفت فتوسل در محل خط شروع و پایان ۳۵ متر قرار داده شد و آزمودنی در هر تکرار، به فاصله ۷۰ سانتیمتر از خط شروع ایستاد و با شنیدن صدای بوق دستگاه، با شدت هر چه تمام‌تر، شروع به دویدن کرد و در انتها، پس از عبور از مقابل چشم نوری، زمان‌سنج دستگاه متوقف و رکورد فرد توسط دستگاه ثبت گردید. برای اطمینان از اعمال حداکثر تلاش در هر تکرار توسط آزمودنی‌ها، مقرر شد که هر گاه بهترین زمان فعالیت پس از تکرار دوم به دست آید، آزمون متوقف شده و آزمودنی در زمان دیگری در آزمون شرکت کند. این مورد در جلسه اول برای دو نفر و در جلسه دوم برای یک نفر اتفاق افتاد. همچنین برای افزایش انگیزش آزمودنی‌ها در به کارگیری حداکثر تلاش خود، در هر تکرار زمان ثبت شده با صدای بلند اعلام گردید و سعی بر آن بود که در حین انجام آزمون، نوعی جو رقابتی در بین آزمودنی‌ها برقرار شود. اوج توان بی هوازی از حاصل ضرب وزن فرد در مجذور مسافت طی شده (۳۵ متر) تقسیم بر مکعب زمان دویدن در سریع ترین تکرار، حداقل توان از حاصل ضرب وزن فرد در مجذور مسافت طی شده (۳۵ متر) تقسیم بر مکعب زمان دویدن در کندترین تکرار (معمولا آخرین تکرار) و میانگین توان نیز از تقسیم حاصل جمع توان‌های محاسبه شده در کل تکرارها بر عدد شش محاسبه شد. قبل از ساعت نه

صبح، کاتتر در سیاهرگ بازوئی ها قرار گرفت و در هر بار نمونه‌گیری (چهار بار) مقدار ۵ میلی‌لیتر خون در داخل تیوب‌های حاوی هپارین جمع آوری گردید. ابتدا تغییرات هموگلوبین پلاسما اندازه‌گیری و پس از محاسبهٔ مقدار تغییرات حجم خون (شیفت پلاسما)، تغییرات مقدار کلیه شاخص‌ها بر حسب مقدار شیفت پلاسما تصحیح گردیدند. برای این کار غلظت هموگلوبین خون با روش سیانومت هموگلوبین استاندارد تعیین و مقدار تغییرات حجم خون بر اساس آن محاسبه شد (۱۱).

$$BV_a/BV_0=Hb_0/Hb_a$$

در این فرمول BV نمایانگر حجم خون، a نمایانگر پس آزمون و ۰ نمایانگر پیش‌آزمون می‌باشد. برای اصلاح تاثیر مزاحم شیفت پلاسما، مقدار عددی هر متغیر خونی اندازه‌گیری، در پس آزمون به مقدار عددی محاسبه شده از بخش چپ معادله (یعنی BV_a/BV_0 که نشان دهنده مقدار نسبی کاهش است) ضرب گردید و بنابراین عدد به دست آمده نشان دهنده مقدار واقعی متغیر در خون و فارغ از تاثیر مزاحم شیفت پلاسما است. مقدار لاکتات خون به روش رنگ سنجی آنزیمی (کیت زل بیو آلمان به نمایندگی پادگین طب) و تعداد کل لکوسیت‌ها در واحد حجم از طریق شمارش آنها توسط دستگاه کانتر (Model ZM, Coulter Electronics, Luton, England) اندازه‌گیری شد. تعداد هر یک از سه نوع زیر رده لکوسیتی (گرانولوسیت، لنفوسیت و مونوسیت) از حاصل ضرب نسبت مشاهده شده مربوط به هر یک از آنها در دستگاه فلوسایتومتر در تعداد کل لکوسیت‌ها در هر واحد حجم محاسبه گردید. در روش فلوسایتومتری، نمونه‌های خونی غیر رنگ‌آمیزی از یک دستگاه فلوسایتومتر کالیبره شده طبق پروتکل استاندارد کارخانه سازنده (Becton Dickinson) عبور داده شد و نسبت هر یک از انواع زیر رده‌های لکوسیتی بر مبنای اندازه سلول و دانه‌دار بودن (Granularity) تعیین گردید. لازم به ذکر است که شمارش نهایی تعداد تمام زیر رده‌ها بر حسب مقدار تغییرات حجم خون اصلاح گردید. همچنین برای بررسی بازیافت ناکافی بین جلسات صبح و بعد از ظهر مقدار شاخص‌های توان بی‌هوازی (میانگین سه بار اجرا در مورد هر شاخص توان محاسبه شد) و لاکتات خون آزمودنی‌ها در بین دو جلسه مقایسه شدند. در تحلیل آماری، ابتدا با استفاده از آزمون شاپیرو ویلک از توزیع طبیعی تمام داده‌ها، اطمینان حاصل شد و عدم وجود تفاوت بین گروهی تمام متغیرهای مورد بررسی در پیش‌آزمون با آزمون تی‌مستقل بررسی گردید. سپس برای تعیین تاثیر هر یک از عامل‌های تکرار جلسه تمرین در روز، تاثیر یک جلسه فعالیت و همچنین تعامل این دو عامل بر مقدار متغیرهای خونی، از تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر عاملی ۲×۲ استفاده شد. سپس در صورت مشاهده اثر معنی‌دار هر یک از عامل‌های مذکور و یا تعامل بین آنها بر مقدار متغیرهای خونی در طول زمان، در ادامه مقدار عددی هر متغیر خونی در طول زمان (چهار تکرار) با استفاده از تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر خطی به طور درون گروهی مقایسه شدند. به همین ترتیب در مورد هر متغیر، در صورت معنی‌دار بودن اثر درون‌گروهی در طول زمان، مقایسه‌های تعقیبی دو به دو با استفاده از آزمون بونفرونی انجام گردید. در مورد متغیرهای توان بی‌هوازی نیز برای میانگین حاصل از تکرار سه آزمون رست متوالی در دو جلسه صبح و بعد از ظهر به عنوان ملاک نهایی برای هر یک از شاخص‌های توان بی‌هوازی در نظر گرفته شد که با استفاده از آزمون تی‌همبسته به طور درون گروهی مقایسه شدند. در تمام آزمون‌های آماری سطح اطمینان آماری ۹۵ درصد در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

دامنه درصد تغییرات هموگلوبین (در اثر شیفت پلاسما) در طول جلسه صبح برای گروه تجربی و کنترل به ترتیب ۸/۵ و ۸/۸ درصد و در طول جلسه فعالیت بعد از ظهر به ترتیب ۱۱/۱ و ۳۴/۲ درصد بود که با کسر این مقدار از مقادیر متغیرهای خونی پس آزمون، تاثیر مزاحم شیفت پلاسما بر داده‌ها اصلاح گردید. در پیش آزمون از لحاظ تمام متغیرها تفاوت بین‌گروهی (جدول ۱) وجود نداشت ($P>0/05$). بدین ترتیب برای تعیین تاثیر هر یک از عاملهای تکرار جلسه تمرین در روز، تاثیر یک جلسه فعالیت و همچنین تعامل این دو عامل بر تعداد/ مقدار متغیرهای خونی هر گروه، از تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر عاملی ۲×۲ استفاده شد.

نتایج تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر عاملی ۲×۲ نشان داد که فقط در گروه تجربی اثر عامل‌های تکرار جلسه تمرین در روز و یک جلسه فعالیت و همچنین تعامل آنها در طول زمان بر متغیرها معنی‌دار بود ($P<0/05$) و در مورد گروه کنترل، اثر هیچ یک از عامل‌ها و یا تعامل آنها معنی‌دار نشد ($P>0/05$). بنابراین در مورد گروه کنترل نیاز به بررسی بیشتر وجود نداشت و در ادامه فقط متغیرهای گروه تجربی با استفاده از تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر خطی در طول زمان (چهار تکرار) مقایسه شدند (با آزمون تعقیبی بونفرونی). با مشاهده تاثیر معنی‌دار هر دو جلسه تمرین بر مقدار متغیرهای خونی گروه تجربی، برای تعیین اینکه در کدام جلسه، تغییرات بیشتری در مقدار متغیرها اتفاق افتاده است، لازم بود تا مقدار تغییرات ایجاد شده در جلسه ورزش صبح با تغییرات متناظر ایجاد شده در جلسه ورزش بعد از ظهر مقایسه شوند (با تی‌همبسته). همچنین نتایج مقایسه مقدار متوسط هر یک از شاخص‌های توان بی‌هوازی گروه تجربی در جلسه صبح و بعد از ظهر (میانگین حاصل از سه تکرار آزمون رست در هر جلسه تمرین) با استفاده از آزمون تی همبسته نیز در جدول ذیل ارائه گردیده است. لازم به ذکر است که در طی جلسه فعالیت صبح تعداد کل لکوسیت‌ها و زیر رده‌های آنها شامل مونوسیت‌ها، لنفوسیت‌ها و گرانولوسیت‌ها در گروه تجربی به ترتیب ۸/۵±۴۵/۹۲ درصد، ۱۰/۹۵±۵۲/۲۴ درصد، ۷/۶۷±۴۳/۶۸ درصد و ۵/۹۹±۴۸/۷۹ درصد افزایش یافتند که از بین آنها فقط درصد تغییرات ایجاد گردیده در

تعداد مونوسیت‌ها با درصد تغییرات متناظر در تعداد کل لکوسیت‌ها (P=۰/۰۱۹) و لنفوسیت‌ها (P=۰/۰۰۳) معنی‌دار بود. با این حال، در جلسه فعالیت بعد از ظهر، درصد تغییرات تعداد کل لکوسیت‌ها، مونوسیت‌ها، لنفوسیت‌ها و گرانولوسیت‌های گروه تجربی به ترتیب برابر با ۱۰/۱۸±۵۷/۴۸ درصد، ۱۶/۶۹±۶۳/۰۴ درصد، ۷/۹۹±۵۶/۸ درصد و ۱۷/۰۱±۴۰/۵۸ درصد بودند که از این بین فقط درصد تغییرات ایجاد شده در تعداد گرانولوسیت‌ها با درصد تغییرات متناظر در تعداد کل لکوسیت‌ها (p=۰/۰۱۵) و مونوسیت‌ها (P=۰/۰۰۶) و لنفوسیت‌ها (P=۰/۰۱۶) معنی‌دار بود و بقیه تفاوتی با هم نداشتند (P>۰/۰۵).

جدول۱: ویژگی‌های فیزیولوژیک آزمودنی‌ها در پیش‌آزمون (۳۰ نفر)

شاخص	گروه	مقدار متوسط	نتایج آزمون تی مستقل P value
لاکتات (میلی مول بر دسی لیتر)	کنترل	۱/۳۳±۰/۱۷	۰/۵۵
	تجربی	۱/۳۷±۰/۱۹	
هموگلوبین(گرم بر لیتر)	کنترل	۱۳۳/۲۰±۱۲/۶۸	۰/۹۱
	تجربی	۱۳۲/۷۳±۱۱/۸	
تعداد کل لکوسیت ها (تعداد در میکرولیتر)	کنترل	۵/۱۷±۰/۱۳	۰/۵۹
	تجربی	۵/۲±۰/۱۵	
تعداد مونوسیت‌ها (تعداد در میکرولیتر)	کنترل	۰/۴۳±۰/۰۴	۰/۴۵
	تجربی	۰/۴۴±۰/۰۶	
تعداد لنفوسیت‌ها (تعداد در میکرولیتر)	کنترل	۱/۸۵±۰/۰۴۸	۰/۶۵
	تجربی	۱/۸۴±۰/۰۴۶	
تعداد گرانولوسیت‌ها (تعداد در میکرولیتر)	کنترل	۳/۲۳±۰/۲۰	۰/۵۳
	تجربی	۳/۱۸±۰/۲۱	

❋: تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (P>۰/۰۵).

جدول۲: نتایج تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر عاملی ۲×۲ برای تعیین تاثیر درون گروهی عاملهای تکرار جلسه تمرین در روز، تاثیر یک جلسه فعالیت و همچنین تعامل این دو عامل بر تعداد/ مقدار متغیرهای خونی زنان ورزشکار

متغیر	گروه	اثر عامل مورد بررسی	P value
تعداد کل لکوسیت‌ها	تجربی	تکرار جلسه تمرین در روز	❋ ۰/۰۰۱
		تاثیر یک جلسه فعالیت	❋ ۰/۰۰۱
		اثر تعاملی	❋ ۰/۰۰۱
	کنترل	تکرار جلسه تمرین در روز	۰/۵۱
		تاثیر یک جلسه فعالیت	۰/۶۱
		اثر تعاملی	۰/۲۳
تعداد مونوسیت‌ها	تجربی	تکرار جلسه تمرین در روز	۰/۷۰
		تاثیر یک جلسه فعالیت	❋ ۰/۰۰۱
		اثر تعاملی	۰/۴۲
	کنترل	تکرار جلسه تمرین در روز	۰/۴۳
		تاثیر یک جلسه فعالیت	۰/۴۰
		اثر تعاملی	۰/۳۵
تعداد لنفوسیت‌ها	تجربی	تکرار جلسه تمرین در روز	❋ ۰/۰۰۱
		تاثیر یک جلسه فعالیت	❋ ۰/۰۰۱
		اثر تعاملی	۰/۷۹
	کنترل	تکرار جلسه تمرین در روز	۰/۵۹
		تاثیر یک جلسه فعالیت	۰/۳۵
		اثر تعاملی	۰/۱۷
تعداد گرانولوسیت‌ها	تجربی	تکرار جلسه تمرین در روز	❋ ۰/۰۰۱
		تاثیر یک جلسه فعالیت	❋ ۰/۰۰۱
		اثر تعاملی	❋ ۰/۰۰۲
	کنترل	تکرار جلسه تمرین در روز	۰/۰۹
		تاثیر یک جلسه فعالیت	۰/۳۳
		اثر تعاملی	۰/۹۳
لاکتات خون	تجربی	تکرار جلسه تمرین در روز	❋ ۰/۰۰۱
		تاثیر یک جلسه فعالیت	❋ ۰/۰۰۱
		اثر تعاملی	❋ ۰/۰۰۷
	کنترل	تکرار جلسه تمرین در روز	۰/۲۲
		تاثیر یک جلسه فعالیت	۰/۴۴
		اثر تعاملی	۰/۰۵۳

❋: تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۵).

جدول۳: نتایج مقایسه تعداد لکوسیت‌های گروه تجربی در طول زمان

متغیر	ارزش لامبدای وبلک	F	sig	نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی		
				مقایسه در بین	اختلاف متوسط	P value
تعداد کل لکوسیت‌ها	۰/۰۱۱	۳۷۲/۴۱	۰/۰۰۱ ❋	قبل از جلسه اول با بعد از جلسه اول	-۲/۳۷±۰/۱۱	۰/۰۰۱ ❋
				قبل از جلسه اول با قبل از جلسه دوم	-۳/۹۴±۰/۱۵	۰/۰۰۱ ❋
				قبل از جلسه اول با بعد از جلسه دوم	-۹/۱۸±۰/۳۱	۰/۰۰۱ ❋
				بعد از جلسه اول با قبل از جلسه دوم	-۱/۵۷±۰/۱۳	۰/۰۰۱ ❋
				بعد از جلسه اول با بعد از جلسه دوم	-۶/۸±۰/۳۲	۰/۰۰۱ ❋
				قبل از جلسه دوم با بعد از جلسه دوم	-۵/۲۳±۰/۲۴	۰/۰۰۱ ❋
				قبل از جلسه اول با بعد از جلسه اول	-۰/۲۴±۰/۰۱	۰/۰۰۱ ❋
				قبل از جلسه اول با قبل از جلسه دوم	۰/۰۱±۰/۰۰۸	۰/۹۹
تعداد مونوسیت‌ها	۰/۰۱۵	۲۵۴/۷۶	۰/۰۰۱ ❋	قبل از جلسه اول با بعد از جلسه دوم	-۰/۲۵±۰/۰۱	۰/۰۰۱ ❋
				بعد از جلسه اول با قبل از جلسه دوم	۰/۲۵±۰/۰۱	۰/۰۰۱ ❋
				بعد از جلسه اول با بعد از جلسه دوم	۰/۰۰۳±۰/۰۱	۰/۹۹
				قبل از جلسه دوم با بعد از جلسه دوم	-۰/۲۶±۰/۰۱	۰/۰۰۱ ❋
				قبل از جلسه اول با بعد از جلسه اول	-۰/۸±۰/۰۳	۰/۰۰۱ ❋
				قبل از جلسه اول با قبل از جلسه دوم	۰/۴۴±۰/۰۰۸	۰/۰۰۱ ❋
تعداد لنفوسیت‌ها	۰/۰۰۴	۱۰۶۹/۱۳	۰/۰۰۱	قبل از جلسه اول با بعد از جلسه دوم	۰/۳۵±۰/۰۲	۰/۰۰۱ ❋
				بعد از جلسه اول با قبل از جلسه دوم	۱/۲۵±۰/۰۳	۰/۰۰۱ ❋
				بعد از جلسه اول با بعد از جلسه دوم	۰/۴۵±۰/۰۳	۰/۰۰۱ ❋
				قبل از جلسه دوم با بعد از جلسه دوم	-۰/۸۰±۰/۰۲	۰/۰۰۱ ❋
				قبل از جلسه اول با بعد از جلسه اول	-۱/۵۷±۰/۰۴	۰/۰۰۱ ❋
				قبل از جلسه اول با قبل از جلسه دوم	۳/۵۲±۰/۲۳	۰/۰۰۱ ❋
تعداد گرانولوسیت‌ها	۰/۰۱	۶۹۷۲/۴۳	۰/۰۰۱ ❋	قبل از جلسه اول با بعد از جلسه دوم	-۶/۱۲±۰/۰۴	۰/۰۰۱ ❋
				بعد از جلسه اول با قبل از جلسه دوم	-۱/۹۵±۰/۲۱	۰/۰۰۱ ❋
				بعد از جلسه اول با بعد از جلسه دوم	-۴/۵۵±۰/۰۷	۰/۰۰۱ ❋
				قبل از جلسه دوم با بعد از جلسه دوم	-۲/۶±۰/۲۳	۰/۰۰۱ ❋
				قبل از جلسه اول با بعد از جلسه اول	-۲/۷۶±۰/۳۵	۰/۰۰۱ ❋
				قبل از جلسه اول با قبل از جلسه دوم	۰/۳۱±۰/۰۹	۰/۰۲
مقدار لاکتات	۰/۰۹	۳۶/۳۶	۰/۰۰۱ ❋	قبل از جلسه اول با بعد از جلسه دوم	-۴/۱۵±۰/۳۸	۰/۰۰۱ ❋
				بعد از جلسه اول با قبل از جلسه دوم	۲/۴۴±۰/۳۸	۰/۰۰۱ ❋
				بعد از جلسه اول با بعد از جلسه دوم	-۱/۳۸±۰/۳۶	۰/۰۱۱ ❋
				قبل از جلسه دوم با بعد از جلسه دوم	۳/۸۳±۰/۳۸	۰/۰۰۱ ❋

❋: تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۵).

جدول ۴: نتایج مقایسه مقدار تغییرات متغیرهای خونی و شاخص‌های توان بی‌هوازی گروه تجربی در جلسه صبح با بعد از ظهر با آزمون تی‌همبسته

متغیر	اختلاف متوسط در بین تغییرات مشاهده شده در دو مرحله	P value
تعداد کل لکوسیت‌ها	-۲/۸۵±۱/۱۴	۰/۰۰۱ ❋
تعداد مونوسیت‌ها	-۰/۰۱۲±۰/۰۶	۰/۴۲
تعداد لنفوسیت‌ها	۰/۰۰۸±۰/۱۱	۰/۷۹
نعداد گرانولوسیت‌ها	-۱/۰۲±۱/۰۱	۰/۰۰۲ ❋
مقدار لاکتات	-۱/۰۶±۱/۳۱	۰/۰۰۷ ❋
توان اوج	۰/۰۵±۰/۱۰	۰/۰۵۸
توان حداقل	-۰/۱۷±۰/۱۳	۰/۰۰۱ ❋
توان میانگین	۰/۱۹±۰/۱۷	۰/۰۰۱ ❋

❋: تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری

هدف تحقیق حاضر بررسی تاثیر دو جلسه ورزش متوالی صبح و بعد از ظهر در یک شبانه روز بر تعداد زیر رده‌های لکوسیتی، عملکرد بی‌هوازی و مقدار لاکتات خون زنان ورزشکار فارغ از تاثیر مزاحم شیفت پلاسما بود که می‌تواند با ارائه اطلاعات کمی دقیق‌تر نسبت به گذشته، زمینه بهبود اقدامات جبرانی برای به حداقل رساندن آثار زیان بار حاصل از انباشت اثر تمرین‌های متوالی ورزشکاران را فراهم کند. اولین بخش نتایج نشان داد که هر جلسه فعالیت بی‌هوازی منجر به افزایش تعداد کل لکوسیتها شد که این روند حتی پس از پایان فعالیت صبح نیز ادامه داشت و با تکرار فعالیت در بعد از ظهر، افزایش بیشتری در تعداد کل لکوسیت‌ها نسبت به جلسه ورزش صبح مشاهده گردید. به علاوه روند افزایش تعداد کل لکوسیت‌ها پس از پایان فعالیت صبح (تا بعد از ظهر) ادامه داشت که نظریه لکوسیتوز پس از ورزش را تایید

می‌کند (۲و ۳). در تحقیقات گذشته نیز اثر وهله‌های حاد ورزش بر جمعیت لکوسیت‌ها تایید و گزارش شده است که در ساعات متعاقب ورزش، تعداد لکوسیت‌های خون ممکن است تا چهار برابر افزایش یابد و حتی در برخی از فعالیت‌های شدید بلند مدت، بیش از ۲۴ ساعت در سطح بالا باقی بماند. ولی در بسیاری از ورزش‌ها، تعداد لکوسیت‌ها معمولاً پس از چند ساعت به میزان اولیه باز می‌گردد (۱۲). با این حال، همان طور که قبلا نیز بیان شد، بسیاری از داده‌های موجود به دلیل عدم تخلیص نتایج از تاثیر مزاحم پلاسما با مشکل بیش برآوردی مواجه هستند و ممکن است که مقدار تغییرات ایجاد شده تا حدی کمتر باشد. در یک تحقیق با بررسی تاثیر ورزش قدرتی بر مقدار تعداد اریتروسیتها، زیر رده‌های لکوسیتی و همچنین مقدار کراتین کیناز و CRP خون پس از اصلاح تاثیر کاهش ۷/۵ درصدی حجم پلاسما، لکوسیتوز پس از ورزش به طور همسو با نتایج تحقیق حاضر تایید گردید که آن را به نوتروفیلی و مونوسیتوز ربط دادند، ولی در آن تحقیق تعداد نوتروفیلهای جوان و لنفوسیتها پس از اصلاح شیفت پلاسما نسبت به پیش آزمون بدون تغییر بود که از این نظر با نتایج تحقیق حاضر ناهمسو است (۱۳). ولی تحقیقات دیگری نیز به طور همسو لکوسیتوز پس از ورزش حاد را تایید کرده‌اند (۱۴). به علاوه، برخی تحقیقات گذشته‌ای (۱۴و۱۵) که شیفت پلاسما را لحاظ نکرده بودند، هم افزایش نوتروفیلهای جوان و لنفوسیت‌ها را پس از ورزش تایید کرده‌اند. اما به هر حال، افزایش شمار لکوسیت‌ها در در مراحل اولیه ورزش‌های طولانی، ممکن است ناشی از رهایش هورمون‌های استرسی باشد (۵، ۱۶و۱۷)، در حالی که در مراحل بعدی شاید سایتوکاین‌ها مهاجرت لکوسیت‌ها به عضله آسیب دیده را تحریک کنند. گزارش شده است که افزایش تعداد لکوسیت‌ها هنگام و بلافاصله پس از ورزش غالباً به علت افزایش تعداد نوتروفیل‌ها و به میزان کمتری لنفوسیت‌ها می‌باشد، هر چند که تعداد مونوسیت‌ها نیز ممکن است افزایش یابد (۱۲). در این تحقیق در هر دو جلسه فعالیت صبح و بعد از ظهر بیشترین درصد تغییرات در مورد مونوسیت‌ها مشاهده شد، ولی فقط مقدار کاهش تعداد گرانولوسیت‌ها در فعالیت بعد از ظهر بیشتر از فعالیت صبح بود. با این حال چون در فاصله پس از فعالیت صبح تا شروع فعالیت بعد از ظهر تغییرات زیر رده‌ها ادامه داشت، بنابراین مقایسه درصد تغییرات تعداد زیر رده‌های لکوسیتی ایجاد شده در جلسه صبح با تغییرات متناظر در جلسه بعد از ظهر منطقی نبود. ولی اگرچه هدف ما تعیین مقدار خطای تحقیقات گذشته در برآورد مقدار تغییرات ناشی از تمرین در لکوسیت‌ها نبود، با این حال به دلیل اینکه در اکثر تحقیقات موجود تاثیر شیفت پلاسما لحاظ نشده است، بنابراین امکان مقایسه تاثیر پروتکل تمرینی حاضر با نتایج تحقیقات گذشته میسر نگردید و برای تعیین مقدار دقیق خطا در دانش موجود، نیاز به بررسی فراتحلیلی وجود دارد. در بخش دیگر نتایج تعداد لنفوسیت‌ها پس از فعالیت صبح افزایش یافت (لنفوسیتوز)، ولی در ساعات استراحت بین دو جلسه فعالیت، تعداد آنها حتی به کمتر از سطوح طبیعی رسید (لنفوسیتوپنی). فعالیت در جلسه بعد از ظهر نیز منجر به لنفوسیتوز شد که شدت افزایش تعداد لنفوسیت‌ها این بار کمتر بود. بر طبق یک بیانیه اخیر نیز، ورزش حاد یک تغییر دو مرحله‌ای گذرا در تعداد لنفوسیت‌ها ایجاد می‌کند (۱۸). به طوری که معمولا در حین و بلافاصله پس از ورزش، افزایش تعداد لنفوسیت‌ها و در مراحل ابتدائی استراحت، کاهش تعداد آنها به کمتر از سطوح پیش از ورزش وجود دارد (۵). این الگوی مهاجرت سلولی در مورد سلول‌های T و تا اندازه‌ای در مورد سلول‌های B مشاهده می‌شود. افزایش کاتکولامین‌ها هم می‌تواند با جداسازی انتخابی لنفوسیت‌ها از دیواره اندوتلیوم عروق، منجر به مهاجرت آن‌ها از ذخایر حاشیه‌ای به خون شود (۵، ۱۶و ۱۷). با این حال، منشأ دقیق لنفوسیت‌های فراخوانی شده هنوز مشخص نیست. ولی با توجه به اینکه معمولا در جلسات تمرین شدید متوالی در یک روز، افزایش تعداد زیر رده‌های دارای فنوتیپ کهولت تکثیری مشاهده می‌شود، به نظر می‌رسد که این لنفوسیت‌ها بایستی از اندام‌های لنفی اصلی و یا از عقده‌های لنفاوی، طحال و یا سایر اندام‌های لنفی ثالث مثل پوست، اپیتلیوم موکوسی لوله گوارش و تنفس مهاجرت کرده باشند (۱۹). همچنین در مورد علت لنفوسیتوپنی در دوره بازیافت، شواهدی وجود دارد که افزایش بیان گیرنده‌های لانه‌گزینی (Homing receptors)، باعث خروج آنها از خون (Extravasation) می‌شود. با این حال، این احتمال نیز وجود دارد که به علت آپوپتوز از خون زدوده شوند (۲۰). به علاوه در ورزش حاد شدید به دلایل مختلفی مثل کاهش نسبت میزان اکسیژن در دسترس به تعداد سلول‌ها و افزایش فاصله بین سلول و عروق در اثر هجوم سلول‌های ایمنی و تورم بافتی (ادم التهابی) و همچنین وازودیلاتاسیون ناشی از التهاب، ممکن است هیپوکسی بافتی موضعی اتفاق بیافتد (۲۱). واکنش سلول‌های T به هیپوکسی از طریق کاهش سرعت تکثیر آنها می‌باشد که ممکن است در توجیه علت افت تعداد لنفوسیت‌ها در فاصله ریکاوری بین فعالیت صبح تا بعد از ظهر تا اندازه‌ای کمک‌کننده باشد. اگرچه که به طور منطقی کاهش سرعت تکثیر نمی‌تواند دلیل محکمی برای کاهش تعداد آنها در خون محیطی باشد و شاید مکانیسم‌های دیگری مانند آپوپتوز لنفوسیتی و مونوسیتی ناشی از هیپوکسی موضعی و گلوکوکورتیکوئیدها و یا مسیرهای وابسته به ردوکس در این بین نقش دارند که شناسایی سازوکار دقیق آنها در تحقیقات آینده قطعا از جذابیت پژوهشی بسیار ویژه‌ای برخوردار خواهد بود. به هر حال، این یافته‌ها بیان می‌کنند که تمرین ورزشی شدید متوالی در یک روز در ورزشکاران زن، آنها را در معرض خطر لنفوسیتوپنی و سرکوب ایمنی قرار می‌دهد. ولی باید توجه نمود که کاهش درصد

سلول‌های T به ویژه زیر رده‌های CD4+ و CD8+ لزوما نشانگر سرکوب دفاع علیه پاتوژنهای درون سلولی مانند ویروسها نیست، ولی در کل ورزش در مقایسه با افزایش غلظت و فعالیت سلول-های ایمنی در عفونتها اثر بسیار کوچکی بر لنفوسیت‌های T دارد (۲۲). در بخش دیگر یافته‌ها الگوی پاسخ مونوسیت‌ها به ورزش مشابه لنفوسیت‌ها بود، ولی پس از تمرین صبح، افت شدیدی در تعداد آنها به مقادیر کمتر از سطوح طبیعی (مونوسیتورپنی) مشاهده نگردید. این یافته ما مشابه نتایج یک تحقیق کلاسیک (۲۳) می‌باشد. به هر حال، با توجه به اینکه معمولا مونوسیت‌ها در التهاب عمومی، تب ویروسی و بیماری‌های خود ایمنی بیشتر درگیر می‌شوند و هنوز در مورد نقش‌های دقیق مونوسیت‌ها در ورزش اطلاعات زیادی وجود ندارد (۲۴)، اما تصور می‌شود که مشارکت آنها احتمالا باید به عنوان آغازگر سایر فرآیندهای درگیر در سیستم ایمنی باشد. ورزش شدید بیشتر سبب افزایش تعداد مونوسیت‌های بالغ (پیش ماکروفاژی) می‌شود، ولی عفونت، سبب بالغ شدن مونوسیت‌های منظم (Regular monocytes) واقع در مراحل اولیه تمایز سلولی می‌شود، در حالی که ورزش چنین پیامدی ندارد (۲۲) و بنابراین به نظر می‌رسد که بین تغییر تعداد مونوسیت‌ها با عملکرد آنها در ورزش ناهمخوانی وجود دارد که شناسایی ساز و کار و اهمیت آن نیازمند بررسی‌های بیشتر در آینده است. از سوئی در مورد گرانولوسیتها لازم به ذکر است که این نوع سلول‌ها در برابر عفونتها نقش محوری دارند و در مقیاس خیلی بزرگی در مغز استخوان ذخیره گردیده‌اند که می‌توانند در حین عفونت‌ها، انواع التهاب، حضور آدرنالین و یا فعالیت ورزشی فراخوانی شوند. تقریبا نیمی از گرانولوسیتها در خون به صورت آزاد در گردش هستند و نصف دیگر به طور چسبیده و یا در تماس با بستر عروق کوچک بافتهایی چون شش‌ها، کبد، طحال و مغز استخوان حاشیه نشینی (Marginated) می‌کنند (۳). تعداد زیادی از عوامل هورمونی (آدرنالین، نورآدرنالین، هورمون رشد، کورتیزول عامل تحریک کلونی گرانولوسیتی (G-CSF) و اینترلوکین-۶ (۵، ۱۶و ۱۷) می‌توانند به طور مستقیم و غیرمستقیم سبب مهاجرت گرانولوسیت‌های چند هسته‌ای از مغز استخوان به خون (Chemotaxis) شوند که برخی از این عوامل هنوز ناشناخته هستند. ولی اگرچه ما به دلیل مشکلات فنی، نتوانستیم انواع زیرده‌های گرانولوسیتی را تفکیک کنیم، ولی افزایش تعداد نوتروفیل‌ها (نوتروسیتوز) به عنوان عمده‌ترین جمعیت گرانولوسیت‌ها به دنبال ورزش حاد (به ویژه جلساتی که سبب افزایش خیلی سریع هورمون آدرنوکورتیکوتروپیک، بتااندورفین و کورتیزول می‌شوند)، بیشتر به شدت ورزش بستگی دارد و چندان تحت‌تاثیر مدت فعالیت نیست (۲۵). با این حال، عملکرد نوتروفیل‌ها در حین نوتروسیتوز ناشی از ورزش تغییر نمی‌کند و یا اینکه پس از فعالیت‌های استقامتی شدید کاهش‌اندکی دارد، ولی عفونت‌ها (مثلا عفونت مجاری تنفسی فوقانی) هم تعداد و هم عملکرد نوتروفیل‌ها را افزایش می‌دهند. به هر حال، گرانولوسیت‌ها و عمدتا نوتروفیل‌ها و به درجات کمتر بازوفیلها، بیشتر از طریق بیگانه‌خواری باکتری‌ها و ائوزینوفیل‌ها بیشتر در عفونتهای انگلی و واکنشهای آلرژیک درگیر می شوند. به علاوه، ممکن است که سلول‌های صدمه دیده در ورزش به دلیل فشار متابولیکی، اکسایشی، هیپوکسی موضعی و یا کشش پاره‌کننده به واسطه درگیری فاگوسیتهایی با منشاء عمدتا گرانولوسیتی به خودخواری سوق داده شوند (۲۶). همچنین ممکن است تغییر محیط شیمیایی بدن سبب بروز واکنش‌های آلرژیک شود که همه اینها ممکن است یک جلسه ورزش را به سوی ایجاد گرانولوسیتوز پیش برند و در ساعات متعاقب آن نیز این روند ادامه یابد. البته تمام این موارد گمانه‌زنی هستند و اثبات آنها در محیط زنده تقریبا غیرممکن است و برای نتیجه‌گیری در این زمینه بایستی تحقیقات in vitro انجام شوند. در بخش دیگر یافته‌ها، با وجود افزایش مقدار لاکتات خون در طی هر جلسه تمرین و بزرگتر بودن مقدار افزایش در جلسه دوم، مقدار لاکتات در ساعات استراحت متعاقب تمرین صبح به سطوح طبیعی خود برگشت نمود. اگرچه که این یافته‌ها مسائلی تقریبا بدیهی هستند و دلایل آنها امروزه کاملا روشن است، ولی اهمیت یافته‌های ما بیشتر می‌تواند در این نکته نهفته باشد که حتی ورزشکاران نخبه زن نیز در صورت مشارکت در جلسات تمرینی صبح و بعد از ظهر، در معرض انباشت خستگی و بیش تمرینی قرار می‌گیرند و حداقل باید در طراحی برنامه‌های تمرینی روزانه به زمان بندی تمرینی موجی در هر جلسه نیز توجه شود. در آخرین بخش یافته‌ها در مورد مقایسه شاخص‌های توان بی هوازی گروه تجربی در جلسه صبح و بعد از ظهر مشاهده گردید که فقط توان اوج در جلسه بعد از ظهر به مقادیر اولیه خود بر می‌گردد و توان میانگین و حداقل که نمایانگر روند بازیافت هستند، دچار تغییرات چشمگیری می‌شود. بنابراین این یافته ما نیز مانند نتایج مربوط به لاکتات دلیل بر عدم کفایت زمانی لازم در بین جلسات تمرین صبح و بعد از ظهر برای ایجاد ریکاوری مناسب هستند که ممکن است ورزشکاران را مستعد بروز سرکوب ایمنی کند. در کل پس از لحاظ کردن تاثیر مزاحم شیفت پلاسما باز هم بروز لکوسیتوز در حین ورزش و لکوپنی مراحل اولیه پس از ورزش در ورزشکاران ورزیده تایید می‌شود و حاکی از مستعد بودن ورزشکاران به بروز تضعیف عملکرد ایمنی و احتمال مستعد شدن به عفونت می‌باشد. ولی باید توجه شود که لکوسیتوز حین عفونت (که با افزایش primed cells و افزایش فعالیت سلولی و تحریک مکانیسمهای دفاعی همراه است)، معنی و آثار متفاوتی با لکوسیتوز ناشی از ورزش (نارسایی عملکرد سلول‌های ایمنی، تضعیف سیستم دفاع ایمنی بدن) دارد (۲۲). با این حال، هنوز هم احتمال دارد که پس از محاسبه تغییرات دقیق حجم پلاسما، باز هم مقدار

متغیرهای اندازه‌گیری شده انعکاس دقیقی از مقدار متغیرهای موجود در گردش خون نباشند. مثلا در مورد پلاکتها و یا گلبولهای خون احتمال دارد که به دلیل تغییر مقدار توده شدن (Aggragation) سلول‌ها و یا پروتئینهای موجود در خون، چندین سلول و یا پروتئین به همدیگر بچسبند و در هنگام شمارش با دستگاه اسپکتروسکوپیک، توده حاصل از چسبیدن چندین سلول به عنوان یک واحد (به جای چندین واحد) مشاهده شود و بنابراین حتی دقیق‌ترین دستگاه‌ها نیز به دلیل عدم لحاظ کردن تاثیر مزاحم توده شدن سلولی، سنجش دقیقی به دست ندهند. همچنین احتمال وجود دارد که خروج لاکتات به فاصله چندین دقیقه تا ساعات از غشای عضله تاخیر داشته باشد و نمونه‌گیری خونی در زمان بلافاصله پس از تمرین برای نمایش تاثیر آنی ورزش بر لاکتات نیازمند منتظر بودن برای خروج لاکتات از عضلات فعال به پلاسما باشد (۲۷). همچنین تاثیر چرخه شبانه روزی بر متغیرهایی چون لاکتات، عملکرد، ایمنی و هورمونهایی مثل کورتیزول و سایر عوامل دارای تاثیر غیرمستقیم بر ایمنی هنوز درک نشده است. به علاوه، با وجود اینکه این تحقیق به دنبال بررسی تاثیر انباشت خستگی در فاصله تمرینات صبح و بعد از ظهر بود و برای شبیه‌سازی واقعی حتما باید اول تمرین صبح و سپس تمرین بعد از ظهر تجربه می‌شد، ولی در کل اعتبار درونی تحقیق به دلیل عدم کنترل تاثیر توالی اقدامات تجربه شده (مانند یادگیری، عادت، شرطی شدن و ... نسبت به اقدامات موجود در تحقیق و حتی تفاوتهای ناشی از تغییرات شبانه روزی در ریتم فیزیولوژیکی بدن در بین صبح و بعد از ظهر) با محدودیت مواجه بود. بنابراین به نظر می‌رسد که در تحقیقات مشابه آینده استفاده از طرحهای تحقیقی مشابه با در نظر گرفتن یک جلسه ویژه برای انجام دادن فقط تمرین در صبح، یک جلسه تمرین در بعد از ظهر، یک جلسه تمرین در هر دو وهله و یک جلسه فقط نمونه‌گیری خونی در هر دو وهله با طرح تصادفی معکوس و در نظر گرفتن دوره out wash مناسب فقط برای یک گروه از آزمودنی‌ها بتواند این محدودیت را برطرف نماید. همچنین شاید در آینده شناسایی راهکارهایی مانند تمرین در شرایط متفاوت (محیطهای گرما، سرما، آلوده)، همراه شدن تاثیر داروها و یا هر نوع مداخلات تغذیه و محیطی که بتواند سبب تغییر عملکرد سلول‌های ایمنی در ورزش مشابه با بروز عفونت شود) بسیار جالب و کاربردی باشد. یک محدودیت این تحقیق مربوط به آن بود که کل کار انجام گرفته در جلسه صبح و بعد از ظهر و تاثیر چرخه شبانه‌روزی بر سیستم درون ریز از جمله محور HPA و در نتیجه سیستم ایمنی، کاملا یکسان نبود. همچنین در تحقیق ما تاثیر مصرف برخی مکمل‌ها که معمولا توسط ورزشکاران دارای تمرینات پرحجم مصرف می‌شود، لحاظ نگردیده بود و شاید نتایج به شرایط تمرین واقعی ورزشکاران قابل تعمیم نباشد. با این حال گزارش شده است که مقدار کل کار انجام گرفته در طی ورزش، تفاوتی در الگوی سرکوب ایمنی ناشی از ورزش به وجود نمی‌آورد و همچنین اینکه تاثیر مفید مکمل‌های غذایی در جلوگیری از سرکوب ایمنی ناشی از ورزش و به ویژه تاثیر بر فنوتیپ لنفوسیت‌ها، هنوز با قطعیت تایید نشده است (۲۸). به علاوه، در این تحقیق تاثیر دوره زمانی نسبتا کوتاهی ارزیابی شد و کنترل تغذیه وجود نداشت. همچنین، شرایط مورد بررسی در تحقیق، تشابه خیلی زیادی با شرایط تمرین واقعی در همه آزمودنی‌ها (از رشته‌های مختلف) نداشت (با وجود افزایش قابلیت تعمیم‌پذیری نتایج). بنابراین برای تحقیقات آینده پیشنهاد می‌شود که از آزمودنیهای یک دست استفاده شود و همچنین تاثیر پروتکلهای مختلف مانند کارسنج‌دستی و یا پاروزنی در مقابل کار با نوارگردان یا کارسنج پا بررسی شود تا اثر ورزش ویژه نیز کنترل شود. در کل با توجه به اینکه در پیشینه موجود اطلاعات زیادی پس از لحاظ کردن تاثیر مزاحم شیفت پلاسما موجود نیست، بنابراین نتایج این تحقیق هنوز بایستی که توسط شواهد بیشتر در آینده تایید شود.

قدردانی

مراتب تشکر و قدردانی از زحمات تمام آزمودنی‌ها و دستیاران تحقیق اعلام می‌گردد.

ملاحظات اخلاقی

طرح این تحقیق در کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت بدنی وزارت علوم تحقیقات فناوری (کد IR.SSRI.REC.1397.362) تایید شده است و فرآیند تحقیق هیچ خطر نامتعارفی برای آزمودنی‌ها ایجاد نکرد.

منابع مالی

منابع مالی ندارد.

منافع متقابل

مؤلفین اظهار می‌دارند که منافع متقابلی از تالیف یا انتشار این مقاله ندارند.

مشارکت مؤلفان

ک آ، ه ر، ز ب به طور مشترک طراحی و تحلیل نتایج مطالعه را بر عهده داشتند و همچنین مقاله را تالیف نموده و نسخه نهایی آن را خوانده و تایید کرده‌اند. ز ب همچنین مراحل اجرا و جمع آوری داده های تحقیق را بر عهده داشته است.

References

1. Ashour TJ, Ali C, Youssef HM. The effects of strenuous exercise and nutrition on the immune functions of elite athletes. *European Journal of Physical Education and Sport Science* 2017;3(2):43. doi: 10.5281/zenodo.439551
2. Ansstas G. White Blood Cell Disorders: Leukopenia and Leukocytosis. *The Washington Manual of Hematology and Oncology Subspecialty Consult* 2012;10.
3. Risøy BA, Raastad T, Hallén J, Lappegård KT, Bæverfjord K, Kravdal A, et al. Delayed leukocytosis after hard strength and endurance exercise: Aspects of regulatory mechanisms. *BMC Physiology* 2003;3(1):1-14. doi: 10.118 6/1472-6793-3-14
4. Opdenakker G, Fibbe WE, Van Damme J. The molecular basis of leukocytosis. *Immunol Today* 1998;19(4):182-9. doi: 10.1016/S0167-5699(97) 01243-7
5. Peake JM, Neubauer O, Walsh NP, Simpson RJ. Recovery of the immune system after exercise. *J Appl Physiol* 2016;122(5):1077-87. doi: 10.1152/japplphysiol.00622.20 16
6. Christmas KM, Jensen A, Bassingth waighte J. Modeling osmotic transients during exercise. *FASEB J* 2017;31:860-2. doi: 10.1152/japplphysiol.01124
7. Schild M, Eichner G, Beiter T, Zügel M, Krumholz-Wagner I, Hudemann J, et al. Effects of acute endurance exercise on plasma protein profiles of endurance-trained and untrained individuals over time. *Mediators of Inflammation* 2016;12:1-11. doi: 10.1155/2016/4851935
8. Peake JM, Neubauer O, Walsh NP, Simpson RJ. Recovery of the immune system after exercise. *J Appl Physiol* 2017;122(5):1077-87. doi: 10.1152/jappl physiol.00622
9. Azali Alamdari K, Bashiri J. Effects of hypobaric Endurance Training on Graded Exercise Induced Lymphocyte Mobilization, Senescence and Their Surface Thiol Levels in Elite Male Athletes. *IJAEP* 2018;7(1):48-55. doi: 10.22631/ijaep. v7i1.227
10. Arazi H, Rahmaninia F, Azali K, Mehrtash M. The effect of acute L-Carnitine supplementation on the blood lactate, glucose, VO 2max and power in trained men: a brief report. *Tehran Univ Med J* 2013;71(1):59-64. doi: 20133166042.
11. Meunier A, Petersson A, Good L, Berlin G. Validation of a haemoglobin dilution method for estimation of blood loss. *Vox Sang* 2008;95(2):120-4. doi: 10.1111/j.1423-0410.200 8.01071.x
12. Siedlik JA, Benedict S, Landes EJ, Weir JP, Vardiman JP, Gallagher PM. Acute bouts of exercise induces a suppressive effect on lymphocyte proliferation in human subjects: A Meta-Analysis. Brain, Behaviour, and Immunity. *Brain, Behavior, and Immunity* 2016;56:343-51. doi: 10.1016/j.bbi.2016.04.008
13. de Oliveira Teixeira A, Franco OS, Borges MM, Noronha Martins C, Fernando Guerreiro L, da Rosa CE, et al. The Importance of Adjustments for Changes in Plasma Volume in the Interpretation of Hematological and Inflammatory Responses after Resistance Exercise. *J Exerc Physiol Online* 2014;17(4).
14. Wang J-S, Huang Y-H. Effects of exercise intensity on lymphocyte apoptosis induced by oxidative stress in men. *Eur J Appl Physiol* 2005;95(4):290-7. doi: 10.1007/s00421 -005-0005-8
15. Simonson S, Jackson C. Leukocytosis occurs in response to resistance exercise in men. *J Strength Cond Res* 2004;18(2):266-71. doi: 10.1519/R-12572.1
16. Yamada M, Suzuki K, Kudo S, Totsuka M, Nakaji S, Sugawara K. Raised plasma G-CSF and IL-6 after exercise may play a role in neutrophil mobilization into the circulation. *J Appl Physiol* 2002;92(5):1789-94. doi: 10.11 52/japplphysiol. 00629.2001
17. Pedersen BK, Toft AD. Effects of exercise on lymphocytes and cytokines. *Br J Sports Med* 2000; 34(4):246-251. doi: 10.1136/bjsm. 34.4.246
18. Walsh NP, Gleeson M, Shephard RJ, Gleeson M, Woods JA, Bishop N, et al. Position statement part one. *Exerc Immunol Rev* 2011;17:60-3. doi: 10.1038/icb.2015.99
19. Kruger K, Mooren F. T cell homing and exercise. *Exerc Immunol Rev* 2007;13: 37-54.
20. Wang J-S, Lin C-T. Systemic hypoxia promotes lymphocyte apoptosis induced by oxidative stress during moderate exercise. *Eur J Appl Physiol* 2010;108(2):371. doi: 10.1007/ s00421-009-1231-2
21. Ye J. Emerging role of adipose tissue hypoxia in obesity and insulin resistance. *Int J Obes* 2009;33(1):54-66. doi: 10.1038/ijo.2008.229
22. Gabriel H, Kindermann W. The acute immune response to exercise: what does it mean? *Int J Sports Med* 1997;18(S1):S28-S45. doi: 10.1055/s-2007-972698
23. Bieger W, Weiss M, Michel G, Weicker H. Exercise-induced monocytosis and modulation of monocyte function. *Int J Sports Med* 1980;1(1):30-6. doi: 10.1055/s-2008-1034627
24. Wong KL, Yeap WH, Tai J, Ong SM, Dang TM, Wong SC. The three human monocyte subsets: implications for health and disease. *Immunol Res* 2012;53(1-3):41-57. doi: 10.1007/s12026-012-8297-3.
25. Borregaard N, Cowland JB. Granules of the human neutrophilic polymorph nuclear leukocyte. *Blood* 1997;89(10):3503-21.
26. Mooren FC, Krüger K. Chapter Seventeen-Exercise, Autophagy, and Apoptosis. *Prog Mol Biol Transl Sci* 2015;135:407-22. doi: 10.1016/bs.pmbts.2015.07.023
27. Juel C. Lactate/proton co-transport in skeletal muscle: regulation and importance for ph homeostasis. *Acta Physiological* 1996;156(3):369-74. doi: 10.1046/j.1365-20 1X.1996.206000.x
28. KellyJr NA. *The Effect of Total Work Performed During Acute Heavy Resistance Exercise on Circulating Lymphocytes in Untrained Men* 2011.Master's Theses.48. URL: https://opencommons. uconn.edu/gs_theses/48