پاسخ های متفاوت اینترلوکین ۱۰ و کورتیزول به سه نوع فعالیت ورزشی

مصطفی بارانچی[۱]، عبدالرضا کاظمی[۲،۴*]، حمید آقاعلی نژاد[۱]، مریم اصفهانی[۳]، راضیه دباغ‌زاده[۴]

۱) گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۲) گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه ولی عصر(عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران
۳) گروه بیوشیمی بالینی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۴) گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان، کرمان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۷/۱ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۱۲

چکیده

مقدمه: انواع فعالیت های ورزشی می‌توانند موجب بروز پاسخ های مختلف سیستم ایمنی و هورمونی بدن انسان شوند. هدف از پژوهش حاضر، مقایسه اثرات حاد سه نوع فعالیت ورزشی استقامتی، مقاومتی و موازی بر غلظت سرمی اینترلوکین ۱۰و کورتیزول و شمار لوکوسیت ها در مردان جوان فعال بود.

مواد و روش ها: بیست مرد جوان سالم و فعال (میانگین سنی۲/۶۶±۲۱/۶۹ سال، شاخص توده بدنی ۱/۸۹±۲۱/۹۲، درصد چربی ۳/۰۵±۱۴/۴۹)، داوطلبانه به عنوان نمونه آماری این پژوهش، به صورت تصادفی به سه گروه فعالیت استقامتی (۷ نفر)، فعالیت مقاومتی (۶ نفر)، فعالیت موازی (۷ نفر) تقسیم شدند. پروتکل هر سه فعالیت همزمان در مدت ۴۵ دقیقه انجام شد. قبل، بلافاصله و یک ساعت پس از فعالیت، غلظت سرمی اینترلوکین ۱۰ و کورتیزول با روش الایزا اندازه‌گیری و شمارش لوکوسیت ها انجام شد. آنالیز داده ها با استفاده ازآزمون های تحلیل واریانس با اندازه‌گیری های تکراری، آنالیز واریانس یک طرفه و تعقیبی LSD و آزمون تی زوجی با سطح معنی‌داری$P<0.05$ استفاده شد.

یافته های پژوهش: سطح سرمی اینترلوکین ۱۰ در هر سه دوره زمانی، بین سه نوع ورزش استقامتی، مقاومتی و موازی تفاوت معنی‌داری داشت. پاسخ کورتیزول بلافاصله پس از ورزش و نیز یک ساعت بعد، بین سه نوع فعالیت ورزشی تفاوت معنی‌داری را نشان داد. همچنین، شمار لوکوسیت ها بلافاصله پس از ورزش بین سه نوع فعالیت تفاوت معنی‌داری داشت($P<0.05$).

بحث و نتیجه‌گیری: پاسخ های اینترلوکین ۱۰، کورتیزول و لوکوسیت ها به ورزش، به نوع فعالیت بستگی دارد. همچنین ترکیب فعالیت های مقاومتی و استقامتی (به صورت موازی) می‌تواند موجب پاسخ هایی متفاوت از هر دو نوع فعالیت شود و تا حدودی موجب تعدیل در پاسخ ها می‌شود.

واژه های کلیدی: اینترلوکین ۱۰، کورتیزول، لوکوسیت،نوع فعالیت ورزشی، مردان فعال

* **نویسنده مسئول:** گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه ولی عصر(عج) رفسنجان و دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان، کرمان، ایران
Email: rkazemi22@yahoo.com

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-23]

مقدمه

سیتوکاین ها پروتئین های تنظیمی هستند که به عنوان دسته‌ای از پیک های پلی‌پپتیدی از سلول های مختلفی تولید و ترشح شده و بسیاری از اعمال نظیر کنترل پاسخ‌های ایمنی، اجزای خونی، التهاب، التیام زخم و مورفوژنز بافت را میانجی‌گری می‌کنند(۱). تولید سایتوکاین ها به وسیله محرک های فیزیولوژیکی مختلفی مانند ورزش تنظیم می‌شود(۲). سایتوکاین ها و پپتید هایی که از عضله اسکلتی، به عنوان یک بافت درون‌ریز، تولید، بیان و یا ترشح می‌شوند، مایوکاین نامیده می‌شوند(۳). مایوکاین ها یا به طور مستقیم اثرات ضدالتهابی داشته و یا غیر مستقیم تولید عوامل ضدالتهابی را تحریک می‌کنند(۴). مطالعات متعددی تغییرات اجزای مختلف سیستم ایمنی و برخی سایتوکاین ها را طی ورزش و تمرین های مختلف بررسی کرده‌اند(۵،۶). بیان سایتوکاین ها بر اثر ورزش، به میزان بالایی به نوع، شدت، مدت و حجم ورزش و دوره تمرینی وابسته می‌باشد(۸-۶). اینترلوکین ۱۰(IL-10) سایتوکاینی ضدالتهابی و تنظیم کننده کلیدی سیستم ایمنی است که می‌تواند پاسخ های التهابی ناشی از آسیب بافتی را محدود کند(۹). این سایتوکاین توسط انواع سلول های ایمنی نظیر سلول های$Th2$، ماکروفاژها و سلول های$CD8^+$ تولید می‌شود و توانایی مهار طیف وسیعی از پاسخ‌های ایمنی و التهابی را دارد(۱۰). IL-10 فعال‌سازی ماکروفاژ ها را مهار می‌کند، فعالیت مخرب آنزیم های ماتریکس متالوپروتئینازرا محدود می‌نماید و نیز مانع از بیان مدیاتورهای التهابی نظیر سیکلواکسیژناز-۲ (COX-2)، سیتوکین های پیش التهابی همچون اینترلوکین-۶ (IL-6)، IL-8 و فاکتور نکروز بافتی آلفا (TNF-α) و کموکین هایCC و CXC می‌شود. از سوی دیگر با افزایش آزاد سازی گیرنده های محلول TNF و آنتاگونیست گیرنده اینترلوکین-۱ (IL-1Ra) سبب تشدید فرآیند های ضدالتهابی می‌شود(۱۱،۱۲). نقش-IL 10در بیماری های قلبی- عروقی نظیر آنژین صدری ناپایدار(۱۳) و گرفتگی مجدد عروق(۱۴) نیز مطالعه شده و نقش ضد آترو اسکلروتیک آن مشخص شده است(۱۵). هم چنین نقش آن در سرطان (اثر ضد آنژیوژنز و جلوگیری از گسترش و متاستاز سلول های سرطانی)(۱۶،۱۷) و مولتیپل اسکلروزیس(۱۸) نیز مورد توجه قرار گرفته است.

چندین پژوهش اثرات ضدالتهابی فعالیت بدنی کوتاه مدت را از طریق افزایش IL-10 و IL-1ra نشان داده‌اند(۱۹،۲۰). با این حال، مطالعات محدودی به بررسی انواع فعالیت های ورزشی و پروتکل های تمرینی مختلف پرداخته‌اند. سوگاماو همکاران(۲۰۱۳) به بررسی تغییرات سایتوکاینی پس از فعالیت طولانی مدت استقامتی پرداختند. غلظت پلاسمایی IL-10 بلافاصله پس از فعالیت افزایش معنی‌داری یافت. در نمونه ادراری نیز بلافاصله پس از ورزش افزایش مشاهده شد به طوری که ۳ ساعت پس از ورزش همچنان ادامه داشت و معنی دار شد(۲۱). فاتوروس و همکاران(۲۰۱۰)در بررسی پاسخ IL-10 به یک جلسه فعالیت مقاومتی، افزایش غیرمعنی‌داری را پس از ورزش مشاهده کردند(۲۲). کادوگلوو همکاران(۲۰۰۷) در مطالعه‌ای اثر شش ماه تمرین هوازی را در تعدیل شاخص های التهابی و ضدالتهابی در بیماران دیابت نوع ۲ بررسی کردند. نتایج نشان داد تمرین هوازی hsCRP و IL-18 را کاهش و IL-10 را افزایش داده است و با تنظیم کاهشی نسبت IL-18/10 ایمنی ضدالتهابی ایجاد می‌کند(۲۳).از طرفی، افزایش غلظت کورتیزول متعاقب فعالیت ورزشی گزارش شده است (۲۴،۲۵). همچنین تعامل دستگاه های نورو آندوکراین و ایمنی بر یکدیگر نشان داده شده است(۲۶).IL-6 که بیشتر از هر سایتوکاینی در اثر ورزش تولید می‌شود(۲۷)، می‌تواند سطوح سرمی IL-10 و کورتیزول را افزایش دهد(۲۹،۲۸). کورتیزول در ادامه تحریک محور هیپوتالاموس- هیپوفیز توسط سایتوکاین های پیش‌التهابی، سبب سرکوب فعالیت سایتوکاین ها می‌شود(۳۰). با این حال، افزایش بیش از حد این هورمون، موجب اختلال ایمنی می‌شود(۳۱).از طرفی مطالعات مختلف نشان داده‌اند انواع روش‌های تمرینی، موجب پاسخ ها و سازگاری های متفاوتی در قسمت های مختلف بدن از جمله دستگاه ایمنی می‌شوند. حتی شدت‌های مختلف تمرین استقامتی و مقاومتی نیز اثرات متفاوتی بر سیستم ایمنی بدن دارد(۳۴-۳۲). لذا بررسی اثرات انواع فعالیت های ورزشی و تجویز آن‌ها در گروه های مختلف از نظر سنی و وضعیت بدنی، دارای حساسیت های قابل ملاحظه‌ای می‌باشد. همچنین درخصوص تاثیر ترکیب فعالیت های استقامتی و مقاومتی که اصطلاحاً فعالیت ورزشی موازی نامیده می‌شود(۳۵) بر سیستم ایمنی، پژوهش های اندکی صورت گرفته است. با توجه به اهمیت و نقش ضدالتهابی ورزش در پیشگیری و درمان بیماری های مختلف، نقش سایتوکاین IL-10 در بسیاری از فرآیند های ضدالتهابی و نیز پژوهش های اندک صورت گرفته در خصوص بررسی تجویز نوع فعالیت ورزشی، هدف از پژوهش حاضر، بررسی و مقایسه اثر حاد سه نوع فعالیت استقامتی، مقاومتی و موازی بر غلظت سرمی اینترلوکین ۱۰و کوتیزول وشمارلوکوسیت ها در مردان فعال بود.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-23]

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر از نوع تجربی و به صورت دو سکور که توسط کمیته اخلاق دانشگاه تربیت مدرس تائید شده و با کد IRCT2012100511011N1 در مرکز کارآزمایی های بالینی ایران ثبت شده است. صد و سی دانشجوی جوان سالم(بدون سابقه بیماری خاص و مصرف سیگار یا الکل) به‌عنوان جامعه آماری این پژوهش، ۲ ماه فعالیت ورزشی منظم با حداقل ۲ جلسه در هفته را سپری کردند. لذا به عنوان افراد فعال(۳۶)، از این بین ۲۰ نفر به عنوان نمونه آماری پژوهش، داوطلبانه و هدفمند انتخاب شده که از نظر میزان فعالیت و ترکیب بدنی همگن بودند. افراد پس از تکمیل پرسشنامه شامل: اطلاعات شخصی، سوابق ورزشی و فرم رضایت‌نامه کتبی با آگاهی کامل از نحوه اجرای پژوهش، در این مطالعه شرکت کردند. سپس به‌صورت تصادفی به سه گروه فعالیت استقامتی(n=۷)، فعالیت مقاومتی(n=۶) و فعالیت موازی(n=۷) تقسیم شدند. ۴ روز قبل از فعالیت اصلی، اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریکی و ترکیب بدنی آزمودنی ها با متر و ترازوی دیجیتال و دستگاه تجزیه و تحلیل ترکیبات بدنی و با روش بیوالکتریکال ایمپدنس(IN BODY 0.3, Korea) انجام شد. همچنین حداکثر تکرار بیشینه 1RM افراد گروه مقاومتی و موازی برای هر یک از حرکات، با استفاده از روش برزیکی محاسبه شد. سه روز قبل از اجرای اصلی افراد از هر گونه فعالیت ورزشی منع شده و حداقل از ۱۲ ساعت قبل از اولین خون‌گیری در روز آزمون، تا پایان آخرین خون‌گیری ناشتا بودند(۳۷). طرح تحقیق به‌صورت نمادین در زیر نمایش داده شده است:

خون‌گیری نهایی ← غیرفعال ← اتمام فعالیت ← هر گروه ← فعالیت ← یک ساعت استراحت خون‌گیری بلافاصله پس از انجام فعالیت اختصاصی خون‌گیری قبل از

آزمودنی‌های هر سه گروه برنامه فعالیت‌های اختصاصی خود را مطابق جدول شماره ۱ انجام دادند(۳۷،۳۸).

جدول شماره ۱. برنامه فعالیت های ورزشی گروه های مختلف پژوهش

نوع فعالیت ورزشی	گرم کردن	پروتکل اختصاصی	مدت فعالیت	شدت فعالیت
فعالیت استقامتی	۵ دقیقه حرکات کششی	دویدن	۴۵ دقیقه	۷۰-۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب
فعالیت مقاومتی	۵ دقیقه حرکات کششی	به شکل دایره‌ای شامل ۳ دور و هر دور شامل ۸ ایستگاه و ۸ تکرار در هر ایستگاه(پرس سینه، پرس پا، شکم، لت، جلو ران، فیله، پارویی و پشت‌ران)(استراحت بین هر ایستگاه ۱ دقیقه و استراحت بین هر دور ۳ دقیقه)	۴۵ دقیقه	۸۰ درصد یک تکرار بیشینه
فعالیت موازی	۵ دقیقه حرکات کششی	به شکل دایره‌ای شامل ۳ دور و هر دور شامل ۸ ایستگاه و ۴ تکرار در هرایستگاه (استراحت بین هر ایستگاه ۳۰ ثانیه و استراحت بین هر دور ۳ دقیقه)	۲۲.۵ دقیقه	۸۰ درصد یک تکرار بیشینه
		دویدن	۲۲.۵ دقیقه	۷۰-۸۰ درصد حداکثر ضربان قلب

قبل، بلافاصله و یک ساعت پس از فعالیت از ورید بازویی آزمودنی ها، ۵ سی‌سی خون‌گیری به عمل آمد. یک سی‌سی از نمونه‌ها در لوله حاوی EDTA جهت انجام آزمایش شمارش سلول های خونی(CBC) و ۴ سی‌سی در لوله کلات برای جداسازی سرم ریخته شد و سپس با دور ۳۰۰۰RPM به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. مقادیر اینترلوکین۱۰ و کورتیزول با استفاده از روش الایزا و کیت های اختصاصی، به ترتیب ساخت شرکت ایبایوساینس آمریکا(Catalog No: 88-7106) با دقت ۲ پیکوگرم بر میلی لیتر و DRG ایتالیادر آزمایشگاه ایمونولوژی اندازه‌گیری و محاسبه شدند. ابتدا داده های به دست آمده با استفاده از نرم افزار Excel به صورت میانگین و انحراف معیار توصیف شد. جهت تجزیه و تحلیل داده ها و استفاده از آمار استنباطی، طبیعی بودن توزیع داده ها با آزمون کولموگروف- اسمیرنوف و تجانس واریانس ها با استفاده از آزمون لون تایید شد($P>0.05$). سپس از آزمون آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری های تکراری برای سه نقطه زمانی(پیش از فعالیت، بلافاصله پس از فعالیت و پس از یک ساعت استراحت) در سه گروه فعالیت ورزشی استقامتی، فعالیت ورزشی مقاومتی و فعالیت ورزشی موازی و آزمون

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-23]

تحلیل واریانس یک طرفه به منظور مقایسه سه گروه و آزمون تعقیبی LSD و تی زوجی در سطح معنی‌داری ($P<0.05$) استفاده شد.کلیه محاسبات آماری با نرم افزار SPSS vol.21 انجام شد.

یافته‌های پژوهش

مشخصات توصیفی شرکت کنندگان در پژوهش بر اساس میانگین و انحراف معیار در جدول شماره۲ ارائه شده است. در جدول شماره۳، مقادیر سرمی اینترلوکین ۱۰ و کورتیزول و شمار لوکوسیت ها قبل، بلافاصله و یک ساعت پس از فعالیت در هر یک از گروه های پژوهش، ارائه شده است. همچنین تغییرات غلظت سرمی IL-10 متعاقب سه نوع فعالیت ورزشی در نمودار شماره ۱ و تغییرات هورمون کورتیزول در نمودار شماره ۲ نشان داده شده است.

جدول شماره ۲.توصیف آماری ویژگی های شرکت کنندگان در پژوهش

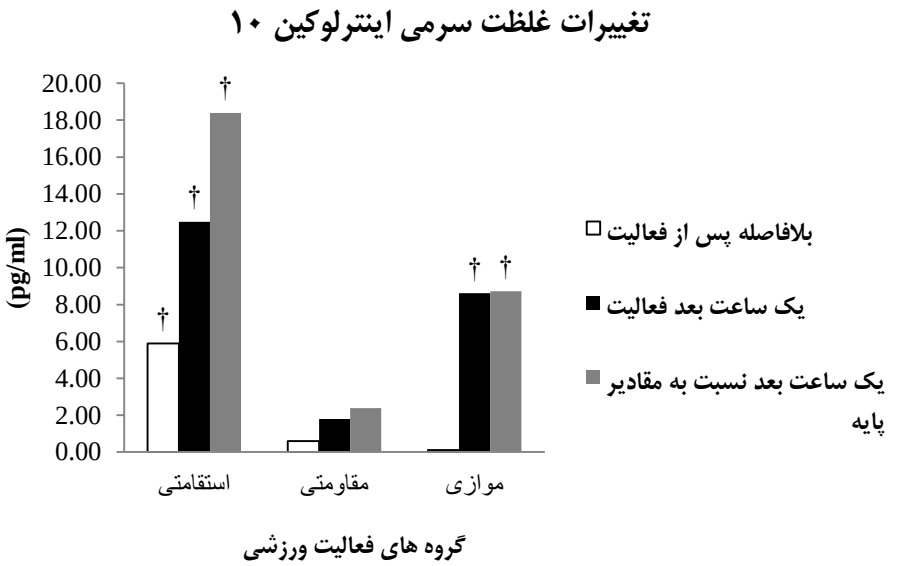
متغیر	گروه فعالیت استقامتی	گروه فعالیت مقاومتی	گروه فعالیت موازی
تعداد	۷	۶	۷
سن(سال)	۲۰/۰۶±۰/۶۷	۲۲/۲۸±۲/۷۱	۲۲/۹۰±۳/۲۲
قد(سانتی‌متر)	۱۷۶/۹±۲/۷۹	۱۷۷±۶/۲۵	۱۷۲/۲±۶/۵۵
وزن(کیلوگرم)	۶۷/۸±۵/۹۴	۷۰/۶±۱۲/۲۷	۶۴/۷±۸/۰۳
شاخص توده بدنی(کیلوگرم بر مترمربع)	۲۱/۶۶±۱/۸۴	۲۲/۴۳±۲/۴۵	۲۱/۷۴±۱/۶۰
درصد چربی	۱۴/۰۹±۲/۸۸	۱۵/۳۳±۴/۰۷	۱۴/۱۶±۲/۵۴

جدول شماره ۳. مقادیر سرمی اینترلوکین ۱۰ و کورتیزول و شمار لوکوسیت ها در سه گروه پژوهش و زمان های اندازه‌گیری شده

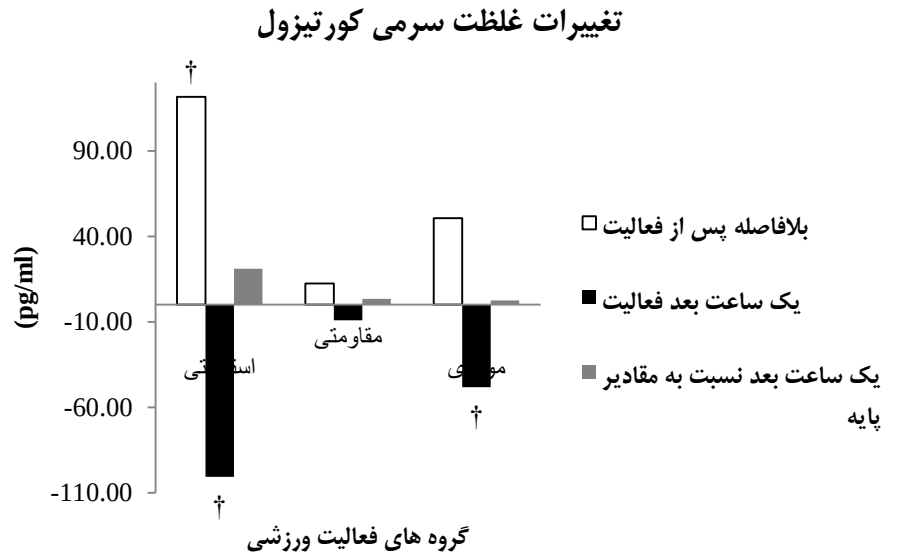
متغیر	نوع فعالیت ورزشی	قبل از فعالیت ورزشی	بلافاصله پس از فعالیت	استراحت(۱ ساعت)
		میانگین±انحراف معیار	میانگین±انحراف معیار	میانگین±انحراف معیار
اینترلوکین ۱۰ (پیکوگرم بر میلی لیتر)	استقامتی	۱۹/۷۶±۷/۴۹	۲۵/۶۶±۷/۱۸	۳۸/۱۵±۱۰/۲۱
	مقاومتی	۱۹/۴۰±۳/۹۴	۲۰±۳/۱۱	۲۱/۷۹±۵/۵۷
	موازی	۱۶/۹۰±۵/۷۹	۱۷/۰۲±۶/۱۲	۲۵/۶۳±۷/۹۱
کورتیزول(پیکوگرم بر میلی لیتر)	استقامتی	۹۴/۲۹±۱۲/۳۷	۲۱۶/۰۰±۵۸/۳۳	۱۱۵/۲۷±۲۴/۷۵
	مقاومتی	۸۴/۸۰±۴/۳۲	۹۷/۲۰±۱۰/۷۵	۸۸/۲۰±۸/۱۹
	موازی	۸۶/۸۳±۷/۵۰	۱۳۷/۴۰±۴۰/۰۹	۹۸/۲۶±۲/۷۱
سلول های سفید خون ($10^3/\mu l$)	استقامتی	۵/۴۶±۰/۵	۷/۱۰±۰/۵۷	۷/۷۴±۰/۹۹
	مقاومتی	۶/۴۵±۱/۲۵	۶/۸۷±۱/۲۵	۶/۷۰±۱/۷۳
	موازی	۶/۲۳±۱/۰۵	۶/۷۸±۱/۱۹	۷/۸۲±۰/۹۶

پاسخ اینترلوکین ۱۰ در هر سه دوره زمانی قبل و بلافاصله، بلافاصله و یک ساعت بعد و پس از دوره استراحت نسبت به سطوح پایه بین سه فعالیت ورزشی استقامتی، مقاومتی و موازی تفاوت معنی‌داری داشت($P<0.05$). غلظت سرمی IL-10 تنها در گروه استقامتی بلافاصله پس از ورزش افزایش معنی‌داری داشت($P=0.014$). در دوره استراحت و پس از ورزش نسبت به سطوح پایه در گروه ورزش استقامتی($P=0.003$, $P=0.005$) و موازی($P=0.012$, $P=0.019$) افزایش معنی‌دار دیده شد. پاسخ کورتیزول قبل و بلافاصله پس از ورزش و بلافاصله و یک ساعت پس از فعالیت بین سه نوع فعالیت ورزشی استقامتی، مقاومتی و موازی تفاوت معنی‌داری داشت($P<0.05$). غلظت سرمی کورتیزول تنها در گروه استقامتی بلافاصله پس از ورزش افزایش معنی‌داری را نشان داد($P=0.009$) در دوره استراحت، در گروه استقامتی($P=0.006$) و گروه موازی($P=0.05$) کاهش معنی‌داری بود. افزایش تعداد لوکوسیت ها بلافاصله پس از ورزش بین سه نوع فعالیت تفاوت معنی‌داری داشت($P=0.044$). تنها در گروه استقامتی بلافاصله پس از ورزش و یک ساعت بعد نسبت به مقادیر پایه، افزایش معنی‌داری در تعداد لوکوسیت ها دیده شد($P<0.05$).

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-23]



نمودار شماره ۱. تغییرات غلظت سرمی اینترلوکین ۱۰ متعاقب سه نوع فعالیت ورزشی(†اختلاف درون گروهی معنی‌دار)



نمودار شماره ۲. تغییرات غلظت سرمی کورتیزول متعاقب سه نوع فعالیت ورزشی(†اختلاف درون گروهی معنی‌دار)

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش، بررسی و مقایسه اثر حاد سه نوع فعالیت استقامتی، مقاومتی و موازی بر غلظت سرمی اینترلوکین ۱۰ و کوتیزول و شمار لوکوسیت ها در مردان فعال بود. ورزش حاد با تحریک تولید سایتوکاین های پیش التهابی و آنزیم ها می‌تواند سبب آسیب بافتی شود. از طرفی، تولید سایتوکاین های پیش التهابی عاملی برای تولید سایتوکاین های ضدالتهابی مانند IL-10، IL-1ra و آنتی اکسیدان هایی مانند سوپراکسیداز دیسموتاز می‌شود که نقش حفاظتی دارند(۳۹،۴۰). در طی این فرآیند سایتوکاین های ضدالتهابی و آنتی اکسیدان ها پاسخ های التهابی به ورزش را محدود نموده و سبب تنظیم کاهشی تولید سایتوکاین های پیش التهابی در طی ورزش و پس از آن می‌شوند. دراین مطالعه، پاسخ IL-10 در هر سه دوره زمانی قبل، بلافاصله و یک ساعت پس از فعالیت بین سه نوع ورزش استقامتی، مقاومتی و موازی تفاوت معنی‌داری داشت. غلظت سرمی IL-10 در گروه استقامتی بلافاصله پس از ورزش ۲۹/۸۶ درصد و در دوره استراحت ۴۸/۶۷ درصد افزایش معنی‌دار را نشان داد. تغییرات این سایتوکاین یک ساعت پس از ورزش استقامتی نیز نسبت به سطوح پایه، ۹۳/۰۷ درصد افزایش معنی‌دار را نشان داد که همسو با پژوهش های صورت گرفته بود(۲۱،۴۰،۴۱). در گروه مقاومتی بلافاصله پس از ورزش ۳/۰۹ درصد، در دوره

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-23]

استراحت ۸/۹۵ درصد و پس از ورزش نسبت به سطوح پایه ۱۲/۳۲ درصد افزایش غیرمعنی‌دار را نشان داد. در گروه موازی، بلافاصله پس از ورزش افزایشی ناچیز و در دوره استراحت و نیز یک ساعت بعد نسبت به سطوح پایه، به ترتیب ۵۰/۵۹ و ۵۱/۶۶ درصد افزایش معنی‌دار را نشان داد. افزایش بیشتر و معنی‌دار سطوح IL-10 و کورتیزول پس از ورزش استقامتی احتمالاً در پاسخ به تخلیه بیشتر ذخایر گلیکوژنی درون عضله و برای جلوگیری از آسیب عضلانی و یا در پاسخ به آن بوده است. در پژوهش نیمن و همکاران(۲۰۰۱) که به مقایسه تغییرات سایتوکاینی پس از فعالیت استقامتی در دو گروه مکمل کربوهیدرات و دارونما پرداختند، افزایش معنی‌دار غلظت کورتیزول،IL-10و IL-1raتنها در گروه دارونما دیده شد(۴۰).

افزایش IL-6 در پاسخ به ورزش، سبب افزایش برون‌ده گلوکز کبدی و لیپولیز می‌شود(۴۱). نشان داده شده است که IL-6 اثرات مثبت خود را در پاسخ به ورزش، با افزایش مقادیر IL-10 و IL-1ra اعمال می‌کند(۲۰).روپلو همکاران(۲۰۱۰) بیان کردند که در سیستم مرکزی عصبی، احتمالاًIL-6 از طریق IL-10 در تنظیم اشتها، انرژی مصرفی و بهبود ترکیب بدنی نقش دارد(۴۲).همچنین کورتیزول سبب افزایش اسید های آمینه خون و آزاد کردن اسیدهای چرب می‌شود(۴۳). بنابراین افزایش بیشتر مقادیر IL-10 و کورتیزول پس از فعالیت استقامتی می‌تواند نشان دهنده افزایش انرژی مصرفی و لیپولیز بیشتر متعاقب این نوع از ورزش باشد. در فعالیت موازی نیز این افزایش در دوره پس از ورزش دیده می‌شود که دلیل آن احتمالاً انجام فعالیت استقامتی پس از قعالیت مقاومتی می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش و تحقیقات پیشین،به نظر می‌رسد فعالیت مقاومتی موجب پاسخ کمتر و تاخیری سایتوکاین ها می‌شود(۴۴)، که لزوم انجام پژوهش‌های بیشتر در این زمینه احساس می‌شود.

افزایش بیش از حد مقادیرسایتوکاین های ضدالتهابی از جملهIL-10 باعث سرکوب سیستم ایمنی نیزمی‌شود و با کاهش IL-1β، TNF-α، IFN-γ، IL-6 و IL-8 و افزایش تولید IL-1raبا انواع مختلف تروما همراه است(۴۱،۴۵) و ممکن است پس از ورزش استقامتی سنگین، بدن را مستعد عفونت کند(۴۶،۴۷). سوگاماو همکاران(۲۰۱۳) نشان دادند پس از دوی ماراتن، غلظت سرمیIL-10 در گروه آسیب دیده(دارای رسوب ادراری سلول های اپی‌تلیال توبولار کلیوی) تا حدود ۴ برابر افزایش معنی‌دار یافت، در حالی که در گروهی که آسیب دیدگی خفیف داشتند افزایش این سایتوکاین معنی‌دار نبود(۲۱). لذا به نظر می‌رسد افزایش معنی‌دارIL-10 پس از فعالیت استقامتی و موازی می‌تواند به‌دلیل بیشتر بودن فشار فیزیولوژیکی فعالیت های مذکور و درنتیجه التهاب و آسیب بیشتر نیز باشد.

ورزش مقاومتی سبب افزایش ترشح عوامل رشدی نظیر هورمون رشد، انسولین و تستوسترون و افزایش محتوی پروتئینی عضله و هایپرتروفی عضلانی می‌شود(۴۸،۴۹). از طرفی، پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اندسایتوکاین‌های ضدالتهابی نظیر IL-10، IL-13 و IL-4 سبب افزایش میوژنز نیز می‌شوند(۵۰،۵۱). دنگو همکاران(۲۰۱۲) نشان دادند IL-10 نقش تنظیمی اصلی را در تعویض فنوتیپ ماکروفاژهای عضلانی از پیش التهابیM_1 به ضدالتهابیM_2 در عضله آسیب دیده ایفا می‌کند که این تغییر حالت برای رشد طبیعی و بازسازی عضله ضروری می‌باشد(۵۰). لذا افزایش اندک مقادیر این سایتوکاین در پاسخ به فعالیت مقاومتی در پژوهش حاضر و همچنین افزایش غیرمعنی‌دار و کمتر هورمون کورتیزول نسبت به دو فعالیت دیگر، می‌تواند نشان دهنده اثرات مثبت آنابولیکی این نوع ورزش در سنتز و رشد عضلانیباشد.ورزش استقامتی نیز سبب رشد عضلانی می‌شود، با این حال، با توجه به الگوهای متفاوت رشد عضله متعاقب فعالیت های استقامتی و مقاومتی و نیز تفاوت پاسخ IL-10 به سه نوع ورزش در پژوهش حاضر، لزوم انجام تحقیقات آتی برای بررسی نقش احتمالی این سایتوکاین در هایپرتروفی عضلانی متعاقب فعالیت مقاومتی، ضروری می‌باشد.

در گروه استقامتی سطوح سرمی کورتیزول بلافاصله پس از ورزش ۱۲۹/۰۶ درصد افزایش و در دوره استراحت، ۴۶/۶۳ درصد کاهش معنی‌دار داشت. همچنین پس از ورزش نسبت به سطوح پایه، ۲۲/۲۴ درصد به طور غیرمعنی‌دار بالاتر بود. در گروه مقاومتی کورتیزول بلافاصله پس از ورزش ۱۴/۶۲ درصد افزایش، در دوره استراحت ۹/۲۶ درصد کاهش و پس از ورزش نسبت به سطوح پایه، ۴/۰۱ درصد افزایش را نشان داد که البته هیچ کدام معنی‌دار نبودند. همچنین در گروه موازی، بلافاصله پس از ورزش ۵۸/۲۴ درصد افزایش و در دوره استراحت ۳۵/۰۳ درصد کاهش معنی‌دار یافت. پس از ورزش نیز تغییرات این هورمون نسبت به سطوح پایه، ۲/۸ درصد به طور غیرمعنی دار بالاتر بود. از اثرات کورتیزول بر متابولیسم کربوهیدرات ها، کاهش مصرف گلوکز در سلول ها و افزایش غلظت گلوکز خون است(۴۳). افزایش بیشتر مقادیر کورتیزول پس از فعالیت استقامتی، احتمالاًدر پاسخ

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-23]

به تخلیه بیشتر ذخایر گلیکوژنی و ترشح بیشتر لاکتات بوده که ارتباط مستقیمی با غلظت کورتیزول دارد(۵۲). تارپنینگو همکاران(۲۰۰۱) محدود شدن پاسخ حاد کورتیزول متعاقب فعالیت مقاومتی را با استفاده از محلول ۶ درصد کربوهیدرات نشان دادند و گروه مکمل پس از دوازده هفته تمرین، دستیابی بیشتری به هایپرتروفی عضلانی را نشان دادند(۵۳). همچنین نشان داده شده است که افزایش زمان استراحت بین حرکات فعالیت مقاومتی می‌تواند موجب کاهش پاسخ حاد کورتیزول شود(۵۴). با توجه به موارد ذکر شده، پروتکل ورزش مقاومتی طراحی شده در این پژوهش می‌تواند اثرات مفیدی در بحث هایپرتروفی عضلانی نیز داشته باشد.

در فعالیت موازی نیز به‌نظرمی‌رسد انجام فعالیت مقاومتی پیش از فعالیت استقامتی سبب تعدیل افزایش این هورمون در پاسخ به ورزش شده است. نتایج پژوهش حاضر در خصوص افزایش بیشتر مقادیر کورتیزول متعاقب فعالیت استقامتی، نسبت به فعالیت مقاومتی با پژوهش های پیشین همسو است(۵۵،۵۶).

افزایش تعداد لوکوسیت ها بلافاصله پس از ورزش بین سه نوع فعالیت تفاوت معنی‌داری داشت و این افزایش تنها در گروه استقامتی حتی پس از یک ساعت نیز نسبت به مقادیر پایه معنی‌دار بود. به نظر می‌رسد یکی از علت های افزایش IL-10 پس از فعالیت استقامتی نیز فراخوانی بیشتر لوکوسیت ها برای بازسازی آسیب بافتی احتمالی بوده است. سوگاماو همکاران(۲۰۱۲) افزایش تعداد لوکوسیت ها را بلافاصله، ۱/۵ و ۳ ساعت پس از فعالیت استقامتی با شدت بالا(شامل ۵ کیلومتر دویدن،۴۰ کیلومتر دوچرخه‌سواری و ۵ کیلومتر دویدن) در ورزشکاران گزارش کردند(۵۷).

پاسخ اینترلوکین ۱۰،کورتیزول و تغییرات لوکوسیت ها به ورزش، به نوع فعالیت بستگی دارد. با توجه به یکسان بودن مدت و حجم هر سه نوع فعالیت انجام شده در این پژوهش، تفاوت در شدتو فشار فیزیولوژیکی فعالیت ها از عوامل موثر بر تفاوتدر پاسخ ها می‌باشد که می‌توان آن را به ماهیت فعالیت هم نسبت داد. همچنین ترکیب فعالیت های مقاومتی و استقامتی(به صورت موازی) می‌تواند موجب پاسخ هایی متفاوت از هر دو نوع فعالیت شود و تا حدودی موجب تعدیل در پاسخ ها شود. با این حال، به نظر می‌رسد برای دستیابی به اثرات آنابولیک فعالیت مقاومتی، بهتر است از انجام فعالیت موازی متعاقب آن خودداری شود.

تجویز نوع فعالیت و طراحی پروتکل ورزشی، یکی از دغدغه های همیشگی پزشکان ورزشی و متخصصین فیزیولوژی ورزش بوده است. نتایج این پژوهش می‌تواند در شناخت بهتر پاسخ های سیستم ایمنی در این زمینه مفید و موثر باشد. بررسی و یافتن مکانیسم های مرتبط و تاثیرگذار در این زمینه، نیاز به پژوهش های بیشتری دارد که پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی مورد ملاحظه قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشجویان گرامی و کلیه عزیزانی که ما را در انجام این پژوهش یاری رساندند، کمال تشکر و قدردانی را ابراز می‌داریم.

References

1.Abul K, Andrew H. Cellular and molecular immunology. 7th ed. Philadelphia: Paperback; 2011.p.132.

2.Aghaalinejad H, Molanourishamsi M. [Exercise induced release of cytokines from skeletal muscle: Emphasis on IL-6]. Iran J Endocrinol Metab 2010;12:181–90. (persian)

3.Pedersen BK, Febbraio MA. Muscle as an endocrine organ: focus on muscle-derived interleukin-6. Physiol Rev 2008;88:1379–406.

4.Pedersen BK, Febbraio MA. Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. Nat Rev Endocrinol 2012;8:457–65.

5.Rowbottom DG, Green KJ. Acute exercise effects on the immune system. Med Sci Sports Exerc 2000;32: 396–405.

6. Pedersen B, Hoffmangoetz L. Exercise and the immune system: regulation, integration, and adaptation. Physiol Rev 2000;80:1055–81.

7.Syu GD, Chen HI, Jen CJ. Differential effects of acute and chronic exercise on human neutrophil functions. Med Sci Sports Exerc 2012;44:1021–7.

8.Nieman D. Exercise, immunology and nutrition. World Rev Nutr Diet 2001;90:89–101.

9.Sanjabi S, Zenewicz LA, Kamanaka M, Flavell RA. Antiinflammatory and pro-inflammatory roles of TGF-beta, IL-10, and

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-23]

IL-22 in immunity and autoimmunity. Curr Opin Pharmacol 2009;9:447–53.
10.Liu Y, Li D, Chen J, Xie J, Bandyopadhyay S, Zhang D, et al. Inhibition of atherogenesis in LDLR knockout mice by systemic delivery of adeno associated virus type 2-hIL-10. Atherosclerosis 2006;188:19–27.
11.Joyce DA, Gibbons DP, Green P, Steer JH, Feldmann M, Brennan FM. Two inhibitors of proinflammatory cytokine release, interleukin-10 and interleukin-4, have contrasting effects on release of soluble p75 tumor necrosis factor receptor by cultured monocytes. Eur J Immunol 1994;24:2699–705.
12.Lacraz S, Nicod LP, Chicheportiche R, Welgus HG, Dayer JM. IL-10 inhibits metalloproteinase and stimulates TIMP-1 production in human mononuclear phagocytes. J Clin Invest 1995;96:2304–10.
13.Smith DA, Irving SD, Sheldon J, Cole D, Kaski JC. Serum levels of the antiinflammatory cytokine interleukin-10 are decreased in patients with unstable angina. Circulation 2001;104:746–9.
14.Monraats PS, Kurreeman FAS, Pons D, Sewgobind VDKD, Vries FR, Zwinderman AH, et al. Interleukin 10: a new risk marker for the development of restenosis after percutaneous coronary intervention. Genes Immun 2007;8:44–50.
15.Mallat Z, Besnard S, Duriez M, Deleuze V, Emmanuel F, Bureau MF, et al. Protective Role of Interleukin-10 in Atherosclerosis. Circ Res1999;85:17–24.
16.Langsenlehner U, Krippl P, Renner W, Yazdanibiuki B, Eder T, Koppel H, et al. Interleukin-10 promoter polymorphism is associated with decreased breast cancer risk. Breast Cancer Res Treat 2005;90:113–5.
17.Hamidullah, Changkija B, Konwar R. Role of interleukin-10 in breast cancer. Breast Cancer Res Treat 2011;133:11–21.
18.Martinezforero I, Garciamunoz R, Martinezpasamar S, Inoges S, Lopezdiaz A, Palacios R, et al. IL-10 suppressor activity and ex vivo Tr1 cell function are impaired in multiple sclerosis. Eur J Immunol 2008;38:576–86.
19.Flynn MG, McFarlin BK, Markofski MM. State of the Art Reviews: The Anti-Inflammatory Actions of Exercise Training. Am J Lifestyle Med 2007;1:220–35.
20.Pedersen BK. IL-6 signalling in exercise and disease. Biochem Soc Trans 2007;35:1295–7.
21.Sugama K, Suzuki K, Yoshitani K, Shiraishi K, Kometani T. Urinary excretion of cytokines versus their plasma levels after endurance exercise. Exerc Immunol Rev 2013;19:29–48.
22.Fatouros I, Chatzinikolaou A, Paltoglou G, Petridou A, Avloniti A, Jamurtas A, et al. Acute resistance exercise results in catecholaminergic rather than hypothalamic pituitary adrenal axis stimulation during exercise in young men. Stress Amst Neth 2010;13:461–8.
23.Kadoglou NPE, Iliadis F, Angelopoulou N, Perrea D, Ampatzidis G, Liapis CD, et al. The antiinflammatory effects of exercise training in patients with type 2 diabetes mellitus. J Eur Soc Cardiol Rehabil 2007;14:837–43.
24.Rudolph DL, McAuley E. Cortisol and affective responses to exercise. J Sports Sci 1998;16:121–8.
25.Satarifard S, Gaeini AA, Choobineh S, Shafiei Neek L. Effects of acute exercise on serum interleukin-17 concentrations in hot and neutral environments in trained males. J Therm Biol 2012;37:402–7.
26.Hoffmangoetz L, Pedersen BK. Exercise and the immune system: a model of the stress response? Immunol Today 1994;15:382–7.
27.Petersen AMW, Pedersen BK. The role of IL-6 in mediating the antiinflammatory effects of exercise. J Physiol Pharmacol Off 2006;10:43–51.
28.Steensberg A, Fischer CP, Keller C, Moller K, Pedersen BK. IL-6 enhances plasma IL-1ra, IL-10, and cortisol in humans. Am J Physiol Endocrinol Metab 2003;285:433–7.
29.Bethin KE, Vogt SK, Muglia LJ. Interleukin-6 is an essential, corticotropin-releasing hormone independent stimulator of the adrenal axis during immune system activation. Proc Natl Acad Sci 2000;97:9317–22.
30.Mastorakos G, Pavlatou M. Exercise as a stress model and the interplay between the hypothalamus pituitary adrenal and the hypothalamus pituitary thyroid axes. Horm Metab Res 2005;37:577–84.
31.Cosiolima LM, Desai BV, Schuler PB, Keck L, Scheeler L. A comparison of

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-23]

cytokine responses during prolonged cycling in normal and hot environmental conditions. J Sports Med 2011;2:7–11.
32.Bermon S, Petriz B, Kajėnienė A, Prestes J, Castell L, Franco OL. The microbiota: an exercise immunology perspective. Exerc Immunol Rev2015;21:70-9.
33.Czarkowskapaczek B, Bartlomiejczyk I, Gabrys T, Przybylski J, Nowak M, Paczek L. Lack of relationship between interleukin-6 and CRP levels in healthy male athletes. Immunol Lett 2005;99:136–40.
34.Fischer CP, Berntsen A, Perstrup LB, Eskildsen P, Pedersen BK. Plasma levels of interleukin-6 and C-reactive protein are associated with physical inactivity independent of obesity. Scand J Med Sci Sports 2007;17:580–7.
35.Lundby C, Robach P. Performance enhancement: what are the physiological limits? Physiology 2015;30:282-92.
36.Matthews CE, Heil DP, Freedson PS, Pastides H. Classification of cardiorespiratory fitness without exercise testing. Med Sci Sports Exerc 1999;31:486–93.
37.Libardi CA, Desouza GV, Cavaglieri CR, Madruga VA, Chaconmikahil MPT. Effect of resistance, endurance, and concurrent training on TNF-α, IL-6, and CRP. Med Sci Sports Exerc 2012;44:50–6.
38.American college of sports medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. Med Sci Sports Exerc 2009;41:687–708.
39.Ostrowski K, Rohde T, Asp S, Schjerling P, Pedersen BK. Pro- and anti-inflammatory cytokine balance in strenuous exercise in humans. J Physiol 1999;515:287–91.
40.Nieman DC, Henson DA, Smith LL, Utter AC, Vinci DM, Davis JM, et al. Cytokine changes after a marathon race. J Appl Physiol Bethesda Md 2001;91:109–14.
41.Pedersen BK, Steensberg A, Fischer C, Keller C, Ostrowski K, Schjerling P. Exercise and cytokines with particular focus on muscle derived IL-6. Exerc Immunol Rev 2001;7:18–31.
42.Ropelle ER, Flores MB, Cintra DE, Rocha GZ, Pauli JR, Morari J, et al. IL-6 and IL-10 anti-inflammatory activity links exercise to hypothalamic insulin and leptin sensitivity through IKKbeta and ER stress inhibition. PLoS Biol 2010;8:1-20.
43.Viru A, Viru M. Cortisol essential adaptation hormone in exercise. Int J Sports Med 2004;25:461–4.
44.Smith LL, Anwar A, Fragen M, Rananto C, Johnson R, Holbert D. Cytokines and cell adhesion molecules associated with high intensity eccentric exercise. Eur J Appl Physiol. 2000;82:61–7.
45.Kawai S, Sakayori S, Watanabe H, Nakagawa T, Inoue G, Kobayashi H. The role of interleukin-10 in systemic inflammatory response syndrome with sepsis. J Infect Chemother 1998;4:121–7.
46.Bruunsgaard H, Hartkopp A, Mohr T, Konradsen H, Heron I, Mordhorst CH, et al. In vivo cell mediated immunity and vaccination response following prolonged, intense exercise. Med Sci Sports Exerc 1997;29:1176–81.
47.Nieman DC. Exercise upper respiratory tract infection, and the immune system. Med Sci Sports Exerc 1994;26:128–39.
48.Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. Sports Med Auckl NZ 2005;35:339–61.
49.Mero AA, Hulmi JJ, Salmijärvi H, Katajavuori M, Haverinen M, Holviala J, et al. Resistance training induced increase in muscle fiber size in young and older men. Eur J Appl Physiol 2013;113:641–50.
50.Deng B, Wehlinghenricks M, Villalta SA, Wang Y, Tidball JG. IL-10 triggers changes in macrophage phenotype that promote muscle growth and regeneration. J Immunol Baltim Md 2012;189:3669–80.
51.Heredia JE, Mukundan L, Chen FM, Mueller AA, Deo RC, Locksley RM, et al. Type 2 innate signals stimulate fibro adipogenic progenitors to facilitate muscle regeneration. Cell 2013;153:376–88.
52.Sedghi B, Kahrizi S, Zakeri H, Omidfar K, Rahmani M. Evaluation of the acute hormonal responses to concentric eccentric and concentric eccentric muscle actions in healthy young men. Physiol Pharmacol 2009;13:216–28.
53.Tarpenning KM, Wiswell RA, Hawkins SA, Marcell TJ. Influence of weight training exercise and modification of hormonal response on skeletal muscle growth. J Sci Med Sport 2001;4:431–46.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-23]

54.Kraemer WJ, Clemson A, Triplett NT, Bush JA, Newton RU, Lynch JM. The effects of plasma cortisol elevation on total and differential leukocyte counts in response to heavy-resistance exercise.Eur J Appl Physiol 1996;73:93–7.
55.Nieman DC, Henson DA, Sampson CS, Herring JL, Suttles J, Conley M, et al. The acute immune response to exhaustive resistance exercise. Int J Sports Med 1995;16:322–8.
56.Taipale RS, Mikkola J, Vesterinen V, Nummela A, Häkkinen K. Neuromuscular adaptations during combined strength and endurance training in endurance runners: maximal versus explosive strength training or a mix of both. Eur J Appl Physiol 2013;113:325–35.
57.Sugama K, Suzuki K, Yoshitani K, Shiraishi K, Kometani T. IL-17, neutrophil activation and muscle damage following endurance exercise. Exerc Immunol Rev 2012;18:116–27.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-23]

Different Responses of Interleukin-10 and Cortisol to Three Types of Sport Activity

Baranchi M[1], Kazemi A[2,4], Aghaalinejad H[1], Esfahani M[3], Dabaghzadeh R[4]*

(Received: September 23, 2014 Accepted: October 4, 2014)

Abstract

Introduction: A variety of sports activities canlead to different immune and hormone responses in human body.The aim of presentstudy was to comparethe acute effects of endurance exercise (EE), resistance exercise (RE) and concurrent exercise (CE) on seruminterleukin-10 (IL-10)and cortisol concentrationand leukocyte numbers in active young men.

Materials & methods: In this study twenty healthy and active young men (mean age: 21.69±2.66years old; BMI: 21.92±1.89; Fat%: 14.49±3.05)randomlyand voluntary wereclassified into three groupsincluding: Endurance activity (n=7), Resistance activity ((n=6), Parallel activity(n=7). Theprotocol of three activities simultaneously was performed during 45 minutessimultaneously. Serum concentrationsof IL-10and cortisol were measured by ELISA method and thenumbers of leukocytes were counted before, immediate and 1 hourafteractivity. Data were analyzedbyusing analysis of variance with Repeated-Measures,One-Way ANOVAand LSD post-hoc and Paired T testswith a significant levelp<0.05.

Findings: Serum levels of IL-10 in all three periods were significantly different between three types of exercise including Endurance, Resistance, Parallel exercises. Cortisol response showed significant differencesbetweenthree types of sport activity immediately after exerciseand 1 hour afterexercise. Also, the leukocytesnumbers showedsignificant differencesbetween three types of sport activityimmediately after exercise(p<0.05).

Discussion & Conclusion: IL-10,cortisol and leukocytesresponses to exercise are dependent ontype of exercise. Also, combination ofResistance and Endurance activitiescan lead to responses from both types of activity and it leads to adjustment of responses to some extent.

Keywords: Interleukin-10, Cortisol, Leukocyte, Type of sport activity, Active men.

1. Dept of Physical Education and Sport Sciences, faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
2.Dept of Physical Education and Sports Sciences, faculty of Humanities, Rafsanjan Vali-e-Asr University, Rafsanjan, Iran.
3.Dept of Clinical Biochemistry, faculty of Pharmacy, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.
4.Dept of Physical Education and Sports Sciences, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran
** Correspondin author Email:rkazemi22@yahoo.com*

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-23]