فیزیولوژی ورزشی شماره ۲۴، زمستان ۱۳۹۳. صص ۸۴-۷۱

کینتیک لاکتات پس از انقباض‌های درون‌گرا و برون‌گرای آیزوکینتیک در مردان

محمودرضا تقی‌زاده[۱]، سجاد احمدی‌زاد[۲]، فریبرز هوانلو[۳]

۱. دانشجوی دکتری دانشگاه شهید بهشتی
۲. دانشیار دانشگاه شهید بهشتی*
۳. دانشیار دانشگاه شهید بهشتی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۸/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۲۱

چکیده

هدف پژوهش حاضر بررسی کینتیک لاکتات پس از انقباض‌های درون‌گرا و برون‌گرای آیزوکینتیک بود. بدین منظور ۱۰ مرد با سطح ورزشی تفریحی در دو جلسهٔ مجزا دو پروتکل انقباض آیزوکینتیک CON/CON و ECC/ECC (۴ ست، ۱۰ تکرار، سرعت ۶۰ درجه بر ثانیه) را اجرا نمودند. غلظت لاکتات خون پیش از فعالیت و در زمان‌های ۰، ۳، ۶، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵، و ۶۰ دقیقه پس از فعالیت اندازه‌گیری شد. منحنی‌های اختصاصی بازیافت لاکتات با فرمول دو نمایی ثبت گردید. برای مقایسه پاسخ‌های لاکتات در دو جلسه از آزمون t وابسته و برای مقایسه تغییرات کار انجام شده طی ست‌ها در دو جلسه از تحلیل واریانس مکرر استفاده شد. غلظت لاکتات در پاسخ به انقباض درون‌گرا از ۱/۶۵±۰/۳۴ به ۵/۰۵±۱/۱۹ (mmol.l) و در پاسخ به انقباض برون‌گرا از ۱/۷۱±۰/۴۲ به ۴/۱۲±۱/۶۴ (mmol.l) افزایش یافت. تحلیل آماری داده‌ها نشان داد میزان افزایش غلظت لاکتات پس از فعالیت درون‌گرا به‌طور معناداری بیشتر از فعالیت برون‌گرا بود (P<0.05). توانایی تبادل لاکتات (P<0.01) و برداشت لاکتات (P<0.01) پس از فعالیت برون‌گرا به‌طور معناداری بیشتر از فعالیت درون‌گرا بود. هم‌چنین مدت زمان رسیدن لاکتات به اوج (P<0.001) و نیمهٔ عمر لاکتات (P<0.001) پس از فعالیت درون‌گرا به‌طور معناداری طولانی‌تر از برون‌گرا بود. بر اساس این یافته‌ها نتیجه‌گیری می‌شود که فعالیت درون‌گرا منجر به فشار متابولیکی بیشتری نسبت به فعالیت برون‌گرا می‌شود. بنابراین، با توجه به تفاوت کینتیک لاکتات متعاقب فعالیت‌های درون‌گرا و برون‌گرا توصیه می‌شود که ریکاوری بعد از این نوع انقباض‌ها نیز متفاوت باشد و به دنبال فعالیت درون‌گرا ریکاوری فعال بیشتر استفاده شود.

واژگان کلیدی: برداشت لاکتات، انقباض درون‌گرا، انقباض برون‌گرا، آیزوکینتیک

* نویسنده مسئول Email: sahmadizad@yahoo.com

مقدمه

تمرینات مقاومتی نقش بنیادی و اساسی را در برنامه‌های فعالیت جسمانی و بازتوانی دارند و به وسیلهٔ سازمان‌های بهداشتی بین‌المللی به منظور افزایش سلامت و آمادگی جسمانی توصیه شده‌اند (۱,۲). در این میان، تمرینات آیزوکینتیک یکی از انواع روش‌های تمرینی مقاومتی است که در طی انجام آن سرعت انقباض ثابت و نیروی اعمال شده در سرتاسر دامنهٔ حرکتی به صورت بیشینه است. فعالیت آیزوکینتیک بیشتر در برنامه‌های بازتوانی به کار می‌رود و بر اساس ترتیب اجرای انقباض‌های درون‌گرا (CON)[1] و برون‌گرا (ECC)[2] به اشکال مختلفی انجام می‌شود (۳).

فعالیت‌های قدرتی با مطالبات انرژی بالا و محدود شدن جریان خون در طی تنش مشخص می‌شوند. بنابراین عضلات فعال در طی انقباض، محیطی هایپوکسیک را تجربه می‌کنند و در این شرایط سوخت و ساز بی‌هوازی نقش مهمی را بازی می‌کند (۴). بیشتر پژوهش‌های قبلی بر روی پاسخ‌های هورمونی در پی فعالیت‌های CON و ECC متمرکز شده‌اند. به هر حال، فعالیت‌های ورزشی مقاومتی صرف‌نظر از نوع انقباض عضلانی منجر به افزایش سطوح لاکتات می‌شود (۵). برای مثال دوراند و همکاران[3] (۲۰۰۳) و کرامر و همکاران[4] (۲۰۰۴) نشان دادند که در اثر فعالیت مقاومتی با وزنه‌های آزاد، لاکتات پس از فعالیت CON بیش از ECC افزایش می‌یابد (۶,۷).

بیشترین مقدار لاکتات تولید شده در طی فعالیت، در عضلات اسکلتی و قلب اکسیده می‌شود و مابقی آن از طریق فرایند گلیکونئوژنز در کبد به گلوکز و گلیکوژن و اسیدهای آمینه تبدیل می‌گردد (۸). بر اساس فرضیهٔ شاتل لاکتات، لاکتات می‌تواند به قسمت‌های مختلف سلولی که در آن قرار دارد و یا به قسمت‌های دیگر بدن که وظیفهٔ اکسیداسیون لاکتات را بر عهده دارند منتقل گردد (۹,۱۰).

مقدار لاکتات تولیدی در طی فعالیت آیزوکینتیک، احتمالاً به سرعت انقباض، نوع ورزشکار، نوع انقباض عضلانی، شدت فعالیت، ذخایر گلیکوژنی پیش از فعالیت و کل کار انجام شده بستگی دارد (۱۱,۱۲). به‌طور کلی انقباض برون‌گرا این توانایی را دارد که با فعال شدن تعداد واحدهای حرکتی کمتر، نیرویی برابر با سایر انقباض‌های عضلانی تولید کند (۱۳,۱۴). همچنین انقباض برون‌گرا با مصرف اکسیژن کمتر، می‌تواند بازده نیرویی برابر با انقباض درون‌گرا ایجاد کند (۱۶-۱,۱۴). علاوه بر این، شواهدی وجود دارد که حاکی از فراخوانی انتخابی[5] تارهای تند انقباض در هنگام انقباضات برون‌گرا است (۱۷).

---

1. Concentric
2. Eccentric
3. Durand
4. Kraemer
5. Selective recruitment

از آن جایی که اکثر برنامه‌های تمرین مقاومتی شامل هر دو نوع انقباض CON و ECC است، دستکاری نوع انقباض عضلانی در تمرینات مسئلهٔ مهمی تلقی می‌شود (۱). در همین راستا هنوز به‌طور قطع ویژگی‌های متابولیکی و حتی مکانیکی انواع انقباض عضلانی بیان نشده است. تعیین پاسخ‌های متابولیکی به فعالیت‌های CON و ECC به منظور توسعهٔ ابزار و پروتکل‌های تمرین مقاومتی دارای اهمیت است و می‌تواند تطابق عضلانی برای توانبخشی بیماران در مرحلهٔ بازتوانی و همچنین ورزشکاران خاص برای سازگاری با رشتهٔ ورزشی‌شان را بهینه کند (۱۳).

اندازه‌گیری لاکتات در پژوهش‌هایی که پاسخ‌های هورمونی به فعالیت مقاومتی را بررسی کرده، صورت گرفته، اما در هیچ یک از آن‌ها انتقال و متابولیسم لاکتات به‌طور ویژه مطالعه نشده است. به هرحال، لاکتات ابزاری برای تعیین مطالبات متابولیکی ناشی از پروتکل‌های ورزشی مختلف در بارها، سرعت‌های حرکت، حجم‌های تمرینی و فاصله‌های استراحتی گوناگون بوده است. شرایط خاص در عضله منجر به شرایط متابولیکی خاصی در طی فعالیت مقاومتی می‌شود. هم‌چنین همراه با افزایش شیب غلظت لاکتات از عضله به خون، انتقال و برداشت لاکتات در طی و پس از فعالیت می‌تواند با سرعت‌های مختلفی اتفاق بیافتد.

تاکنون پژوهشی بر روی چگونگی اثر نوع انقباض (CON در مقابل ECC)، بر پاسخ‌های کینتیکی لاکتات متمرکز نشده و پژوهش‌های صورت گرفته برای تعیین پاسخ لاکتات هم بدون برابر سازی بار کار انجام شده است. از این رو به منظور تعیین پاسخ‌های متابولیکی ناشی از نوع انقباض، پژوهش حاضر اطلاعات مفیدی را در مورد ویژگی‌های متابولیکی انقباض‌های درون‌گرا و برون‌گرا فراهم می‌آورد. بنابراین، هدف از این پژوهش بررسی تفاوت‌های کینتیکی لاکتات در دورهٔ بازگشت به حالت اولیهٔ پس از انقباض‌های CON/CON و ECC/ECC آیزوکینتیک در مردان با سطح ورزشی تفریحی است.

روش پژوهش

آزمودنی‌های این پژوهش، ۱۰ مرد با میانگین سنی ۱/۹۹±۲۴/۲ سال بودند که سابقه انجام تمرین مقاومتی را به شکل تفریحی و غیر منظم داشتند (جدول ۱). آزمودنی‌ها از طریق اطلاعیه و سپس به صورت هدفمند از افرادی انتخاب شدند که سابقهٔ مصرف استروئیدهای آنابولیک، داروهای محرک دستگاه عصبی سمپاتیک و آسیب مفصل زانو را نداشتند. پس از تشریح تمام فرایند پژوهش توسط پژوهش‌گران، همگی آن‌ها فرم رضایت‌نامهٔ شرکت در آزمون را تکمیل و امضاء نمودند.

جدول۱- مشخصات آزمودنی‌های پژوهش

سن (سال)	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتی‌متر)	شاخص تودهٔ بدنی (کیلوگرم/متر^2)	درصد چربی بدن (درصد)	نسبت دور کمر به باسن (میلی‌متر)
۲۴/۲±۲	۷۳/۳±۱۰/۱	۱۷۹/۱± ۵/۷	۲۲/۸±۲/۶	۱۵/۹±۵/۵	۰/۷۶±۰/۰۷

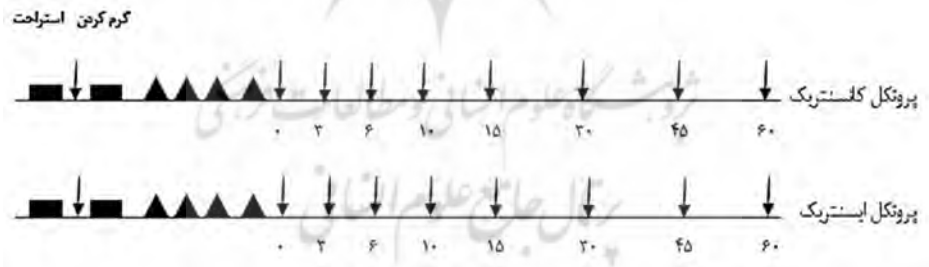
روش پژوهش از نوع نیمه تجربی با آزمون مکرر بود و در آن یک گروه آزمودنی با حداقل فاصلهٔ زمانی یک هفته دو پروتکل مختلف آیزوکینتیک را اجرا نمودند. آزمودنی‌های پژوهش در سه جلسهٔ مجزا در آزمایشگاه حضور یافتند. جلسهٔ اول با هدف آشنایی با محیط آزمایشگاه، تکمیل پرسش‌نامه‌ها، اندازه‌گیری ویژگی‌های آنتروپومتریکی شامل قد، وزن و درصد چربی (دستگاه سنجش ترکیب بدن مدل X-Scan II ساخت کمپانی neomyth medical کشور کرهٔ جنوبی)، آشنایی با دستگاه آیزوکینتیک (بایودکس سیستم ۴[1] ساخت کشور آمریکا) و پروتکل‌های تمرینی و اندازه‌گیری گشتاور انقباض‌های درون‌گرا و برون‌گرا در طی خم کردن و باز کردن زانو برگزار شد. در جلسات دوم و سوم آزمودنی‌ها پس از ۸ ساعت ناشتایی و صرف صبحانه‌ای سبک و استاندارد، بین ساعت ۱۰-۸ صبح در آزمایشگاه حضور یافتند. از آزمودنی‌ها خواسته شده بود ۴۸ ساعت قبل از اجرای آزمون هیچ‌گونه فعالیت بدنی سنگینی نداشته باشند. هم‌چنین ترتیب اجرای فعالیت‌ها توسط آزمودنی‌ها به صورت توازن متقابل[2] انجام گرفت؛ بدین معنی که برای حذف اثر یادگیری و افزایش اعتبار داخلی پژوهش ترتیب اجرای دو جلسه توسط آزمودنی‌ها به شکلی بود که نیمی از آزمودنی‌ها ابتدا جلسه درون‌گرا و سپس جلسه برون‌گرا را اجرا می‌کردند و نیمی دیگر برعکس.

آزمودنی‌ها پس از حضور در آزمایشگاه ابتدا به مدت ۲۰ دقیقه در حالت نشسته استراحت کردند تا بدن آن‌ها به حالت طبیعی برگردد و سپس اولین نمونهٔ خونی برای تعیین سطوح پایهٔ لاکتات گرفته شد. سپس آزمودنی‌ها یک برنامهٔ گرم کردن شامل ۳ دقیقه رکاب زدن سبک بر روی چرخ کارسنج با سرعت ۶۰ دور در دقیقه و ۵ دقیقه حرکات کششی پایین تنه و دو ست گرم کردن اختصاصی با دستگاه آیزوکینتیک را اجرا نمودند. پس از گرم کردن آزمودنی‌ها ۴ ست ۱۰ تکراری انقباض آیزوکینتیک شامل خم کردن و باز کردن زانو را با سرعت ۶۰ درجه در ثانیه و ۶۰ ثانیه استراحت بین ست‌ها را به صورت تک مفصله و تنها با پای برتر اجرا نمودند. پروتکل‌های پژوهش شامل حرکات

1. Biodex system 4
2. Counter balance

CON/CON و ECC/ECC بود. فعالیت CON/CON بدین صورت اجرا شد که در حرکت باز شدن زانو عضلات ناحیهٔ جلوی ران (چهارسر) و در هنگام خم شدن زانو عضلات ناحیهٔ خلف ران (همسترینگ) به صورت درون‌گرا منقبض می‌شدند؛ اما در فعالیت ECC/ECC در هنگام باز شدن زانو عضلات همسترینگ و در زمان خم شدن عضلات چهارسر به صورت برون‌گرا منقبض می‌شدند. در طی اجرای هر پروتکل، آزمودنی‌ها از تشویق کلامی برخوردار گردیدند تا با حداکثر تلاش خود هر ست را به اتمام برسانند. قبل و بلافاصله پس از اتمام هر پروتکل و در دقایق ۳، ۶، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ دورهٔ بازگشت به حالت اولیه نمونه‌های خونی از ورید بازویی آزمودنی‌ها، هر بار به میزان ۴ سی‌سی جمع‌آوری شدند (شکل۱). به دلیل تعداد زیاد نمونه‌گیری خونی در این پژوهش که توسط یک فرد متخصص انجام گرفت، به ورید بازویی[1] آزمودنی‌ها آنژیوکت (بی- براون[2] ساخت کشور آلمان) وصل شد تا بدین ترتیب فرایند خون‌گیری تسهیل گردد.

پس از جمع‌آوری نمونه‌ها، برای جلوگیری از ایجاد لخته در خون، نمونه بلافاصله به درون لوله‌های حاوی EDTA انتقال داده شد و به آرامی مخلوط گردید. سپس برای جداسازی پلاسما، نمونه به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه[3] سانتریفیوژ (BOEPO مدل U-320 R ساخت آلمان) گردید و پس از جداسازی تا زمان اندازه‌گیری در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. برای تعیین غلظت لاکتات از روش اسپکتروفومتری (دستگاه APEL مدل PD-303S) و کیت آزمایشگاهی (گرینر[4] ساخت آلمان) استفاده گردید.



شکل۱- طرح پژوهش. ↓ نشان‌دهندهٔ نمونهٔ خون و ▲نشان‌دهندهٔ ست‌های پروتکل

1. Anticubital
2. B-Braun
3. Revolutions per minute
4. Greiner

به علاوه کل کار انجام شده در طی هر ست از پروتکل‌ها به تفکیک حرکات خم کردن و باز کردن زانو، از خروجی دستگاه آیزوکینتیک به دست آمد. نحوهٔ محاسبهٔ کل کار انجام شده بدین ترتیب بود که ابتدا میانگین کار در طی حرکات خم کردن و باز کردن زانو برای هر فرد به صورت جداگانه محاسبه و سپس کل کار انجام شده توسط وی از طریق جمع میانگین حرکات خم کردن و باز کردن در طی هر پروتکل به دست آمد (۱۸).

منحنی بازگشت به حالت اولیهٔ لاکتات پس از فعالیت CON/CON و ECC/ECC با فرمول دونمایی ریاضیاتی زیر و با استفاده از تکنیک رگرسیون غیرخطی تکراری جفت گردید (۱۹):

$$La(t) = La_{(0)} + A_1 (1 - e^{-\gamma 1 \cdot t}) + A_2 (1 - e^{-\gamma 2 \cdot t})$$

در این فرمول $La_{(0)}$ و $La_{(t)}$ ($mmol.l^{-1}$) به ترتیب، غلظت‌های لاکتات در خون وریدی در آغاز دورهٔ بازگشت به حالت اولیه و هر زمانی از دورهٔ بازگشت به حالت اولیه می‌باشند. ثابت سرعت γ_1 و γ_2 (دقیقه) موجود در تابع نمایی به ترتیب اطلاعاتی را در مورد توانایی تبادل لاکتات[1] بین عضلات فعال و خون در کل بدن و توانایی دفع لاکتات[2] از اندام‌ها در طی دورهٔ بازگشت به حالت اولیه فراهم می‌آورد (۱۹). هم‌چنین A_1 و A_2 ($mmol/l$) دامنه‌هایی از اجزای دو نمایی ثابت‌های زمانی γ_1 و γ_2 (در دقیقه) هستند. $t_{1/2}$ مدت زمانی است که غلظت لاکتات به نصف مجموع غلظت اوج و استراحتی می‌رسد. مقادیر A_1، A_2، γ_1 و γ_2 با استفاده از نرم افزارMATHEMATICA نسخهٔ ۹ محاسبه گردید.

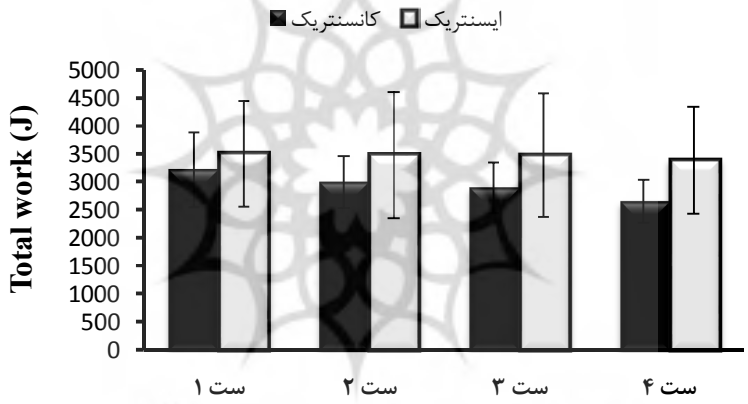
داده‌های پژوهش حاضر با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۱۶ تجزیه و تحلیل شدند. برای تعیین توزیع طبیعی داده‌ها از آزمون کلموگروف- اسمیرنف و برای مقایسهٔ سطوح استراحتی لاکتات، کل کار انجام شده، پاسخ لاکتات و سایر متغیرهای کینتیکی (γ_1، γ_2) بین دو پروتکل از آزمون t وابسته استفاده گردید. هم‌چنین به منظور بررسی تغییرات کار انجام شده طی ست‌ها در دو جلسه، از تحلیل واریانس مکرر استفاده شد. مقدار آلفا در تمامی آنالیزهای آماری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

کل کار انجام شده طی هر کدام از پروتکل‌ها از طریق جمع میانگین کار انجام شده در حرکات فلکشن و اکستنشن برای هر نفر محاسبه گردید. کل کار انجام شده (میانگین±انحراف معیار) در پروتکل CON/CON ۲۹۳۸±۴۵۹ ژول و در پروتکل ECC/ECC ۱۰۱۲±۳۳۶۴ ژول بود. نتایج آزمون t وابسته

1. Lactate exchange
2. Lactate removal

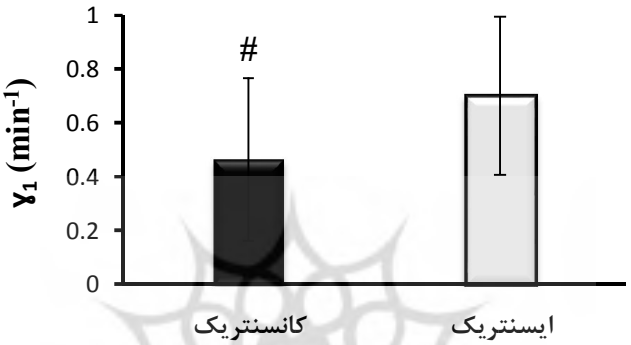
نشان داد علی‌رغم بیشتر بودن میانگین کار در پروتکل ECC/ECC، تفاوت آماری معناداری بین میانگین‌های کل کار انجام شده طی دو پروتکل مختلف وجود ندارد ($P>0.05$ و $t_9= -1.88$).
هم‌چنین میزان کار انجام شده در طی هر ست به تفکیک هر پروتکل (میانگین±انحراف معیار) در طی ست اول، دوم، سوم و چهارم در پروتکل CON/CON به ترتیب ۶۶۷±۳۲۱۵، ۴۶۵±۲۹۹۴، ۴۵۲±۲۸۹۳ و ۳۸۵±۲۶۵۰ ژول و در طی پروتکل ECC/ECC به ترتیب ۹۴۹±۳۵۰۱، ۱۱۲۳±۳۴۸۰، ۱۱۰۲±۳۴۷۷ و۹۵۱±۳۳۸۴ ژول بود. نتایج تحلیل واریانس درون گروهی داده‌ها نشان داد که علیرغم کاهش میزان کار از ست یک تا ست چهار، این کاهش در پروتکل CON/CON ($P>0.05$ و $F_3= 2.16$) و در ECC/ECC ($P>0.05$ و$F_3=0.02$) معنادار نبود (شکل۲).



شکل۲. مقادیر (میانگین±انحراف معیار) کل کار انجام شده در طی اجرای هر ست از پروتکل‌های CON/CON و ECC/ECC

میزان غلظت لاکتات به ترتیب قبل و بلافاصله بعد از فعالیت در پروتکل CON/CON، ۰/۳۴±۱/۶۵ و ۱/۱۹±۵/۰۵ میلی‌مول در لیتر و در پروتکل ECC/ECC، ۰/۴۲±۱/۷۱ و ۱/۶۴±۴/۱۲ میلی‌مول در لیتر بود. آنالیز آماری داده‌ها نشان داد غلظت لاکتات در هر دو پروتکل CON/CON ($P<0.001$ و $t_9= -9.85$) و ECC/ECC ($P<0.001$ و $t_9= -5.82$) بلافاصله بعد از فعالیت افزایش یافت. هنگامی که میزان افزایش لاکتات در دو پروتکل با یکدیگر مقایسه شدند، مشاهده شد که لاکتات در پروتکل CON/CON به‌طور معناداری ($P<0.05$ و$t_9=$ 2.42) بیش از ECC/ECC افزایش یافته است.

مقایسهٔ آماری پارامتر تبادل لاکتات (γ_1) در بین دو پروتکل نشان داد که γ_1 به‌طور معناداری در دورهٔ بازگشت به حالت اولیهٔ پس از پروتکلECC/ECC بیشتر ازCON/CON است ($P<0.01$ و $t_9= -3.47$) (شکل۳).



شکل۳. مقادیر γ_1 (میانگین±انحراف معیار) در دورهٔ بازگشت به حالت اولیه پس از فعالیت در دو پروتکل CON/CON و ECC/ECC

- علامت # نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار بین دو پروتکل است

ثابت برداشت لاکتات از خون (γ_2) در پروتکل CON/CON ۰/۰۶۶±۰/۰۱۴ (دقیقه) و در پروتکل ECC/ECC ۰/۰۹۶±۰/۰۲۳ (دقیقه) بود. مقایسهٔ آماری γ_2 بین دو پروتکل نشان داد که این پارامتر به‌طور معناداری در دورهٔ بازگشت به حالت اولیهٔ پس از پروتکل ECC/ECC بیشتر از CON/CON است ($P<0.01$ و $t_9= -4.38$).

زمان اوج غلظت لاکتات (t_{peak}) در دورهٔ بازگشت به حالت اولیه پس از فعالیت در پروتکل CON/CON ۴/۱۱±۱/۵۱ دقیقه و در پروتکل ECC/ECC ۲/۱۲±۰/۷۷ دقیقه بود. مقایسهٔ آماری نشان داد که به‌طور معناداری غلظت لاکتات در دورهٔ بازگشت به حالت اولیهٔ پس از پروتکلCON/CON نسبت به ECC/ECC دیرتر به اوج خود می‌رسد ($P<0.01$ و $t_9= 4.96$) (جدول۲).

نیمهٔ عمر لاکتات ($t_{1/2}$) در دورهٔ بازگشت به حالت اولیه پس از فعالیت در پروتکل CON/CON ۱۸/۴۳±۳/۸۱ دقیقه و در پروتکل ECC/ECC ۱۱/۳۸±۲/۲۳ دقیقه بود. مقایسهٔ آماری نشان داد لاکتات پس از فعالیت ECC/ECC به‌طور معناداری دارای نیمهٔ عمر کوتاه‌تری نسبت به CON/CON بود ($P<0.001$ و $t_9= 7$). هم‌چنین سایر متغیرهای کینتیکی در جدول۲ گزارش شده‌اند.

جدول ۲. میانگین±انحراف معیار برخی از متغیرهای کینتیکی لاکتات

متغیر پروتکل	$La[0]\ mmol.l^{-1}$	La_{peak}	A_1	A_2
درون‌گرا	۵/۱±۱/۲	۷/۲±۱/۵ #	۶/۲±۳/۸ #	-۹/۶±۳/۵ #
برون‌گرا	۴/۱±۱/۶	۴/۹±۱/۵	۲/۹±۲/۴	-۵/۴±۲/۶

- # نشان‌دهندهٔ تفاوت معنادار بین دو پروتکل می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که لاکتات در پاسخ به هر دو فعالیت CON/CON و ECC/ECC به‌طور معناداری افزایش یافت. افزایش لاکتات در پاسخ به هر دو فعالیت عضلانی می‌تواند ناشی از این اصل باشد که فعالیت شدید عضلانی، منجر به مصرف سریع ATP در دسترس عضلانی می‌شود که این امر خود منجر به افزایش سیتوزولی Pi، ADT، IMP و یون آمونیوم می‌گردد. کاهش ATP ناشی از انقباض و افزایش مقادیر یاد شده همگی از عوامل تحریکی آنزیم‌های آلوستریک فرایند گلیکولیز مثل فسفوفراکتوکیناز (PFK) در عضلهٔ اسکلتی بوده و می‌توانند از عوامل تحریکی گلیکولیز در طی این دو فعالیت و در نهایت تولید لاکتات بیشتر نسبت به زمان استراحت باشند (۲۰،۲۱). نتایج هم‌چنین نشان داد میزان افزایش لاکتات در پروتکل CON/CON بیش از ECC/ECC بود. این نتایج با اکثر پژوهش‌های قبلی همسو است (۷،۱۳،۲۲-۵). برای مثال دوراند و همکارانش (۲۰۰۱) پاسخ‌های متابولیکی و هورمونی پس از فعالیت مقاومتی با استفاده از انقباض‌های درون‌گرا و برون‌گرا (شامل ۴ ست ۱۲ تکراری با وزنهٔ آزاد) را مقایسه نمودند و نشان دادند لاکتات بلافاصله بعد از هر دو فعالیت نسبت به مقادیر استراحتی افزایش داشت؛ اما این افزایش بلافاصله و هم‌چنین ۱۵ دقیقه بعد از اتمام فعالیت در پاسخ به فعالیت درون‌گرا به‌طور قابل توجهی بیشتر از برون‌گرا بود (۶). این احتمال وجود دارد که در یک بار کاری یکسان انقباض درون‌گرا منجر به فعال‌سازی عصبی سمپاتیکی، بکارگیری واحدهای حرکتی و تولید لاکتات بیشتری نسبت به انقباض برون‌گرا شده باشد (۶). علاوه بر این از دیگر دلایل احتمالی می‌تواند این باشد که تحریک سمپاتیکی بیشتر در طی فعالیت درون‌گرا آنزیم PFK را فعال‌تر کرده و منجر به تحریک روند گلیکولیز می‌گردد. این آنزیم آلوستریک است و می‌تواند به‌طور مثبت یا منفی تحت تأثیر سایر سوبستراها قرار گیرد. احتمالاً در این پژوهش یکی از سوبستراهایی که در طی فعالیت CON/CON تأثیر بسزایی در فعال‌سازی PFK داشته است، یون آمونیوم بوده، زیرا نشان داده شده که در طی فعالیت درون‌گرا نسبت به برون‌گرا پاسخ آمونیوم بیشتر بوده است (۵،۱۸،۲۳).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که توانایی مبادلهٔ لاکتات از عضله به خون ($\dot{V}_1$) و میزان دفع لاکتات ($\dot{V}_2$) پس از پروتکل ECC/ECC به‌طور معناداری بیش از CON/CON بود. از آن جایی که میزان جریان خون موضعی به بافت عضلهٔ فعال، آزادسازی لاکتات را تحت تأثیر قرار می‌دهد، از این رو امکان دارد افزایش جریان خون در دورهٔ بازگشت به حالت اولیه نیز به‌طور موازی منجر به تسریع برداشت و دفع لاکتات توسط اندام‌های مختلف گردد. والویی و وسه گزارش کرده‌اند (۲۰) که انقباض‌های شدید عضلانی باعث تنگی عروق موجود در عضله می‌شود که پیامد آن کاهش جریان خون است و با رفع انقباض جریان خون عضله افزایش می‌یابد (هایپرمیا). مشخص شده است که تغییر حجم خون پمپ شده به سوی عضلهٔ فعال به مرحلهٔ چرخهٔ انقباض، استراحت، انقباض درون‌گرا و برون‌گرا بستگی دارد (۲۰). در پژوهش حاضر نیز به نظر می‌رسد که هر دو پروتکل درون‌گرا و برون‌گرا منجر به کاهش جریان خون عضله به دلیل افزایش فشار درون عضلانی و کاهش غیر فعال قطر عروق شده است اما هایپرمیای شدیدتر پس از انقباض برون‌گرا نسبت به درون‌گرا منجر به تبادل سریع‌تر لاکتات از عضله به خون گردیده است. در پژوهش ریمود و همکاران (۲۰۱۰) که به بررسی تأثیر پوشیدن لباس تنگ بر کینتیک لاکتات پرداخته، مشخص گردید که جریان خون افزایش یافته به‌طور مثبت آزادسازی لاکتات از عضلهٔ فعال را تحت تأثیر قرار می‌دهد. آن‌ها هم‌چنین به این نتیجه رسیدند که توانایی تبادل کمتر لاکتات در دورهٔ بازیافت می‌تواند نشانی از اختلال در جریان خون موضعی باشد (۲۴). برخی از پژوهش‌های دیگر نیز به بررسی اکسیژن‌رسانی عضله پس از انقباض‌های درون‌گرا و برون‌گرا پرداخته (۱۵,۱۶,۲۵) و نشان داده‌اند که اشباع اکسیژن بعد از فعالیت حاد برون‌گرا ۲۲٪ افزایش و جریان خون و برداشت اکسیژن هم پس از آن افزایش می‌یابد. از سوی دیگر فعالیت حاد درون‌گرا منجر به تغییرات در اکسیژن رسانی عضله نمی‌شود (۱۵,۱۶,۲۵). با توجه به نتایج این پژوهش‌ها نیز می‌توان میزان بیشتر بودن برداشت لاکتات پس از انقباض برون‌گرا نسبت به درون‌گرا را توضیح داد؛ چرا که یکی از مهم‌ترین سرنوشت‌های لاکتات پس از تولید، اکسیداسیون هوازی است. احتمالاً افزایش جریان خون و افزایش اشباع اکسیژن پس از فعالیت برون‌گرا، می‌تواند لاکتات و اکسیژن کافی را به بافت‌های اکسید کننده رسانده و فرایند حذف لاکتات را تسریع کند.

از دیگر نتایج پژوهش حاضر این بود که مدت زمان رسیدن به اوج غلظت لاکتات (t_{peak}) و هم‌چنین میزان نیمهٔ عمر لاکتات پس از فعالیت CON/CON به‌طور معناداری طولانی‌تر از فعالیت ECC/ECC بود. این احتمال وجود دارد که با توجه به حجم لاکتات تولیدی و غلظت اوج لاکتات پیش‌بینی شدهٔ بیشتر پس از فعالیت CON/CON نسبت به ECC/ECC اختلاف شیب لاکتات بین خون و سلول‌های عضلانی کاهش یافته و بنابراین با انباشتگی لاکتات عضلانی بیشتر در پایان فعالیت درون‌گرا جبران شود. در واقع این تغییر احتمالی می‌تواند مکانیزم چندین متغیر در پژوهش حاضر یعنی تبادل لاکتات

کمتر، زمان رسیدن به اوج لاکتات و نیمهٔ عمر لاکتات طولانی‌تر پس از فعالیت درون‌گرا نسبت به برون‌گرا باشد. به علاوه احتمالاً از آن جایی که میزان تولید لاکتات در پروتکل CON/CON بیشتر بوده است و حتی پس از قطع فعالیت نیز ادامه داشته، انتقال آن به خون باعث تأخیر در زمان اوج می‌شود.

یکی از علل احتمالی دیگر برای تفاوت‌های کینتیکی بین دو پروتکل در این پژوهش می‌تواند مربوط به اثرات حاد فعالیت بر روی پروتئین‌های غشایی حامل لاکتات منوکربوکسیلات ترانسپوترها[1] باشد. در پاسخ به فعالیت حاد شدید عدم تغییر MCT_4 و کاهش MCT_1 (۲۶)، کاهش MCT_1 و MCT_4 (۲۷) و افزایش MCT_4 و عدم تغییر MCT_1 (۲۸) گزارش شده است. هر چند که تغییرات MCT_S تاکنون در پاسخ به فعالیت‌های مقاومتی بررسی نشده است اما کاهش MCT_1 و MCT_4 پس از فعالیت با شدت بالا مورد انتظار است. اگر همسو با نتایج پژوهش‌های گذشته (۱۰) فرض را بر وجود ارتباط فعالیت خسته کننده و کاهش حامل‌های لاکتات بگذاریم، در این پژوهش می‌توان به این استنباط برسیم که از آن جا که فعالیت درون‌گرا نسبت به برون‌گرا منجر به خستگی بیشتر و کاهش بیشتری در اجرای کار از ست اول به ست چهارم شده است احتمالاً بتوان کاهش مقادیر حامل‌های لاکتات پس از اجرای این پروتکل را عامل تفاوت در پارامترهای γ_1 و γ_2 در این پروتکل نسبت به ECC/ECC دانست.

بنابراین، بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان نتیجه گرفت که در یک بار کاری برابر، انقباض درون‌گرا نسبت به انقباض برون‌گرا فشار متابولیکی بیشتری را ایجاد می‌کند و با توجه به بالاتر بودن میزان انتقال و برداشت لاکتات طی انقباض برون‌گرا و تأخیر در زمان اوج در پروتکل درون‌گرا نسبت به برون‌گرا می‌توان نتیجه‌گیری نمود که فشار متابولیکی در طی انقباض درون‌گرا نسبت به برون‌گرا بیشتر است و همین مسئله باعث می‌شود که تغییرات لاکتات پس از فعالیت درون‌گرا در دورهٔ بازیافت به مدت طولانی‌تری ادامه یابد. بنابراین، با توجه به تفاوت در تولید اسید لاکتیک متعاقب فعالیت‌های درون‌گرا و برون‌گرا توصیه می‌شود که ریکاوری بعد از این نوع انقباض‌ها نیز متفاوت باشد و به دنبال فعالیت درون‌گرا ریکاوری فعال بیشتر استفاده شود.

1. Monocarboxylate transporte

منابع

1) Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. Medicine and science in sports and exercise. 2002;34(2): 364-80.

2) Pollock ML, Gaesser GA, Butcher JD, Després J-P, Dishman RK, Franklin BA, et al. ACSM position stand: the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. Medicine and science in sports and exercise. 1998;30(6):975-91.

3) Barroso R, Roschel H, Ugrinowitsch C, Araujo R, Nosaka K, Tricoli V. Effect of eccentric contraction velocity on muscle damage in repeated bouts of elbow flexor exercise. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 2010;35(4):534-40.

4) Wirtz N, Wahl P, Kleinöder H, Mester J. Lactate Kinetics during Multiple Set Resistance Exercise. Journal of Sports Science and Medicine. 2013;12:73-7.

5) Horstmann T, Mayer F, Maschmann J, Niess A, Roecker K, Dickhuth H-H. Metabolic reaction after concentric and eccentric endurance-exercise of the knee and ankle. Medicine and science in sports and exercise. 2001;33(5):791-5.

6) Durand RJ, Castracane VD, Hollander DB, TRYNIEcKI JL, Bamman MM, O Neal S, et al. Hormonal responses from concentric and eccentric muscle contractions. Medicine and science in sports and exercise. 2003;35(6):937-43.

7) Kraemer R, Durand R, Hollander D, Tryniecki J, Hebert E, Castracane V. Ghrelin and other glucoregulatory hormone responses to eccentric and concentric muscle contractions. Endocrine. 2004;24(1):93-8.

8) Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 2004;287(3):502-16.

9) Brooks GA. Cell–cell and intracellular lactate shuttles. The Journal of physiology. 2009;587(23):5591-600.

10) Thomas C, Bishop DJ, Lambert K, Mercier J, Brooks GA. Effects of acute and chronic exercise on sarcolemmal MCT1 and MCT4 contents in human skeletal muscles: current status. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 2012;302(1):1-14.

11) Minetto M, Rainoldi A, Gazzoni M, Ganzit G, Saba L, Paccotti P. Interleukin-6 response to isokinetic exercise in elite athletes: relationships to adrenocortical function and to mechanical and myoelectric fatigue. European journal of applied physiology. 2006;98(4):373-82.

12) Regan WF, Potteiger JA. Isokinetic exercise velocities and blood lactate concentrations in strength/power and endurance athletes. The Journal of Strength & Conditioning Research. 1999;13(2):157-61.

13) 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. Physiology and Pharmacology. 2009;13(2):216-28.

14) Hamill J KM, editor. Biomechanical Basis in Human Movement, Chapter 3. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 2008.

15) Ahmadi S, Sinclair PJ, Davis GM. Muscle oxygenation following concentric exercise. Isokinetics and exercise science. 2007;15(4):309-19.

16) Ahmadi S, Sinclair PJ, Foroughi N, Davis GM. Monitoring muscle oxygenation after eccentric exercise-induced muscle damage using near-infrared spectroscopy. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 2008;33(4):743-52.

17) Nardone A, Romano C, Schieppati M. Selective recruitment of high-threshold human motor units during voluntary isotonic lengthening of active muscles. The Journal of physiology. 1989;409(1):451-71.

18) Micalos P, Marino F, Tarpenning K, Kay D, Gard M. Ammonia and lactate responses to isokinetic arm and leg exercise. Isokinetics and exercise science. 2001;9(2):143-9.

19) Freund H, Gendry P. Lactate kinetics after short strenuous exercise in man. European journal of applied physiology and occupational physiology. 1978;39(2):123-35.

20) Robert A. Robergs SOR, editor. Fundamental principles of exercise physiology: for fitness, performance and health. 2000; third edition.

21) Mougios. V, editor. Exercise Biochemistry. Congress Press. 2006; second edition.

22) Goto K, Ishii N, Kizuka T, Kraemer RR, Honda Y, Takamatsu K. Hormonal and metabolic responses to slow movement resistance exercise with different durations of concentric and eccentric actions. European journal of applied physiology. 2009;106(5):731-9.

23) Itoh H, Ohkuwa T. Peak blood ammonia and lactate after submaximal, maximal and supramaximal exercise in sprinters and long-distance runners. European journal of applied physiology and occupational physiology. 1990;60(4):271-6.

24) Rimaud D, Messonnier L, Castells J, Devillard X, Calmels P. Effects of compression stockings during exercise and recovery on blood lactate kinetics. European journal of applied physiology. 2010;110(2):425-33.

25) Ahmadi S, Sinclair PJ, Davis GM. Muscle oxygenation after downhill walking-induced muscle damage. Clinical physiology and functional imaging. 2008;28(1):55-63.

26) Tonouchi M, Hatta H, Bonen A. Muscle contraction increases lactate transport while reducing sarcolemmal MCT4, but not MCT1. American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism. 2002;282(5):1062-9.

27) Bishop D, Edge J, Thomas C, Mercier J. High-intensity exercise acutely decreases the membrane content of MCT1 and MCT4 and buffer capacity in human skeletal muscle. Journal of applied physiology. 2007;102(2):616-21.

28) Green H, Duhamel T, Holloway GP, Moule JW, Ranney DW, Tupling AR, et al. Rapid upregulation of GLUT-4 and MCT-4 expression during 16 h of heavy intermittent cycle exercise. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 2008;294(2):594-600.

ارجاع دهی به روش ونکوور

تقی‌زاده محمودرضا، احمدی‌زاد سجاد، هوانلو فریبرز. کینتیک لاکتات پس از انقباض‌های درونگرا و برونگرای آیزوکینتیک در مردان. فیزیولوژی ورزشی. زمستان۱۳۹۳؛ ۶(۲۴): ۸۴-۷۱.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Lactate kinetics after concentric and eccentric isokinetic contractions in men

M.R. Taghizadeh[1], S. Ahmadizad[2], F. Hovanloo[3]

1- PhD Student at Shahid Beheshti University
2- Associate Professor at Shahid Beheshti University*
3. Associate Professor at Shahid Beheshti University

Received date: 2013/11/19 **Accepted date: 2014/05/11**

Abstract

The purpose of this study was to investigate the lactate kinetics after concentric and eccentric isokinetic contractions. For this reason, ten recreational male participants performed two knee CON/CON and ECC/ECC isokinetic protocols (4 set, 10 repetitions, 60˚/s) in 2 separate sessions. Blood lactate concentrations measured before and at 0, 3, 6, 10, 15, 30, 45 and 60 minutes post-exercise. The individual blood lactate recovery curves were fitted to a biexponential time function. Paired t-test was used to compare the lactate responses to two exercise trials and the repeated measures of ANOVA was employed to compare the work rates following the sets in both sessions. Lactate concentration increased in response to concentric contraction from 1.65±0.34 to 5.05±1.19 (mmol.l) and in response to eccentric from 1.71±0.42 to 4.12±1.64 (mmol.l). Statistical analysis of data showed that increases in lactate concentrations were significantly higher in response to CON/CON protocol than ECC/ECC ($P<0.05$). The lactate exchange ($P<0.01$) and removal ($P<0.01$) abilities were significantly higher after ECC/ECC exercise than CON/CON. Likewise, tpeak ($P<0.001$) and t1/2 ($P<0.001$) were significantly longer after CON/CON protocol than ECC/ECC. According to the findings of the present study, it could be concluded that concentric exercise leads to more metabolic stress than eccentric exercise. Therefore, based on the differences in the lactic acid production following these type of contractions, it is recommended that the type of recovery used following these contractions must be different and that following the concentric exercise the active recovery must be used.

Keywords: Lactate removal, Concentric contraction, Eccentric contraction, Isokinetic

* Corresponding author E-mail: sahmadizad@yahoo.com