JME https://jme.guilan.ac.ir/
https://doi.org/10.22124/jme.2024.27478.363

دوفصلنامه سوخت‌وساز و فعالیت ورزشی
سال چهاردهم، جلد چهاردهم، شماره ۱

Open Access
مقاله پژوهش

پایش متابولیکی کشتی‌گیران جوان نخبه در یک دوره مسابقه شبیه‌سازی شده با استفاده از متابولومیکس

سیدمحمدفواد سیدرحمانی[۱]، بهمن میرزایی[۱]*، افسانه عارفی اسکویی[۲]، کیوان خرمی‌پور[۳]، امیر برجسته[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۵ تاریخ چاپ: ۱۴۰۳/۰۲/۰۱

چکیده

مقدمه: این مطالعه با هدف پایش متابولیکی و مقایسه تغییرات متابولیکی کشتی‌گیران جوان نخبه در یک دوره مسابقه شبیه‌سازی شده کشتی با استفاده از متابولومیکس بود.

روش کار: روش پژوهش از نوع نیمه تجربی با انجام پیش آزمون و پس آزمون بود. ۱۰ کشتی‌گیر جوان نخبه تیم ملی کشتی فرنگی جوانان ایران (سن: ۰/۵۲ ± ۱۸/۵۰ سال، وزن: ۲۱/۵۱ ± ۸۱/۶۰ کیلوگرم، قد: ۰/۰۸ ± ۱۷۶ ساتی‌متر و سابقه تمرینی: ۱/۰۷ ± ۷/۶۰ سال) در ۱۰ وزن (سبک وزن: ۵۵، ۶۰، ۶۳، ۶۷ کیلوگرم، میان وزن: ۷۲، ۷۷، ۸۲، ۸۷ کیلوگرم و سنگین وزن: ۹۷، ۱۳۰ کیلوگرم) در شرایط شبیه‌سازی شده در یک روز در ۳ مسابقه (۲ مسابقه در صبح و ۱ مسابقه در عصر) شرکت کردند. کشتی گیران یک مسابقه کشتی را در ۲ تایم ۳ دقیقه‌ای با ۳۰ ثانیه استراحت مطالبق با قوانین بین‌المللی کشتی انجام دادند. نمونه بزاق کشتی‌گیران قبل و بعد از مسابقات گرفته شد. از دستگاه LC-MS برای انجام متابولومیکس و از نرم‌افزار متابوآنالیست برای آنالیز داده‌ها استفاده شد. آزمون PCA نیز به عنوان آزمون آماری استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج به دست آمده از این مطالعه، تفاوت در مقدار و نوع متابولیت‌ها را بین سه رده‌ی وزنی در کشتی‌گیران نخبه بعد از یک دوره مسابقه‌ی شبیه‌سازی‌شده نشان داد. نتایج این آزمون‌ها نشان داد ۱۶ متابولیت از ۱۹ متابولیت بین سبک وزن و میان وزن، ۱۷ متابولیت از ۱۹ متابولیت بین سبک وزن و سنگین وزن و ۱۷ متابولیت از ۱۸ متابولیت بین میان وزن و سنگین وزن به طور معنی‌دار با هم متفاوت بودند.

نتیجه‌گیری: پایش متابولیکی کشتی‌گیران نشان داد که میزان انرژی در هر سه رده وزنی با درصد بسیار بالایی در اوایل مسابقه، از طریق متابولیسم هوازی و در اواخر مسابقه از طریق متابولیسم بی‌هوازی تولید زیاد اسید لاکتیک جابه‌جا می‌شود. در ضمن اکثراً متابولیت‌هایی که در هر سه رده‌ی وزنی افزایش بیان داشته‌اند؛ یا مستقیماً تولید ATP می‌کردند و یا به صورت غیرمستقیم با اتصال به چرخه TCA و زنجیره‌ی انتقال الکترون منجر به تولید ATP اضافی می‌شدند.

واژگان کلیدی: کشتی فرنگی، متابولیسم، پروفایل متابولیکی، متابولومیکس

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران، ۲. گروه علوم پایه، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران، ۳. دانشکده پزشکی افضلی پور، مرکز تحقیقات فیزیولوژی و علوم اعصاب، پژوهشکده نوروفارماکولوژی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران، ۴. دکترای فیزیولوژی ورزشی
* نشانی الکترونیک نویسنده مسئول: mirzaei@united-world-wrestling.org

Copyright © The Authors Publisher: University of Guilan

https://doi.org/10.22124/jme.2024.27478.363

مقدمه

کشتی از دیدگاه سیستم متابولیک بدن جزو سنگین‌ترین ورزشی‌های مبارزه‌ای است که در آن کشتی‌گیر باید قابلیت‌های جسمانی، روانی و مهارتی (تکنیکی – تاکتیکی) خود را در حد بالایی حفظ کند. نیازمندی‌های فیزیولوژیک این ورزش المپیکی را با چالش‌های زیادی از جمله تداخل دستگاه‌های انرژی هوازی و بی-هوازی و ریکاوری بین دو مسابقه روبه‌رو کرده است. آن‌چه به پیچیدگی امر می‌افزاید، قرارگیری رشته ورزشی کشتی در زمره رشته-های دارای طبقه‌بندی وزنی است.

در سال‌های اخیر پژوهش‌هایی درباره بررسی نیازهای فیزیولوژیک کشتی انجام شده است. پژوهش‌های اولیه درباره نیازهای کشتی بر پاسخ‌های فیزیولوژیک ورزشکاران متمرکز شده بود. این پژوهش‌ها نشان داده‌اند، که متابولیسم نقش عمده‌ای در عملکرد کشتی-گیران دارد. پژوهش‌های جدید نشان می‌دهد بهترین روش شناسایی نیازهای فیزیولوژیک ورزش، تجزیه و تحلیل مسابقه است، زیرا ماهیت هر ورزش، قوانین و مقررات آن، تکنیک، تاکتیک و نوع حرکات مورد استفاده است که نیازهای فیزیولوژیک آن رشته را تعیین می‌کند (۱). پژوهشگران گزارش کرده-اند بیشترین سازگاری ناشی از تمرین زمانی اتفاق می‌افتد که نیازهای فیزیولوژیک، تکنیکی و تاکتیکی مسابقه در تمرین شبیه-سازی شود (۲). زیرا هنگام مسابقه ورزشکار نیازمند اجرای تکنیک و تاکتیک‌ها تحت فشار فیزیولوژیک، هیجان و خستگی ناشی از مسابقه است (۳). بنابراین، طبق اصل ویژگی تمرین هر چه تمرین شباهت زیادتری به مسابقه داشته باشد، سازگاری‌های ناشی از آن باعث بهتر شدن عملکرد در مسابقه می‌شود (۴). این اصل در برخی از ورزش‌ها به دلیل ماهیت آن کاربرد زیادتری دارد. یکی از این ورزش‌ها کشتی است. کشتی، ورزشی با ماهیت تناوبی است که در آن کشتی‌گیران دائماً در حال تغییر وضعیت بین دفاع و حمله-اند و به همین دلیل، منجر به ایجاد تقاضاهای متفاوت و تغییر مسیرهای متابولیک مورد نیاز برای تولید انرژی می‌شود (۵، ۶).

به طور کلی، رویکردی که جهت پایش مسابقات و الگو برداری از آن تاکنون استفاده شده بار داخلی است. بار داخلی به تغییرات فیزیولوژیک گفته می‌شود که در بدن ورزشکار در هنگام تمرین یا مسابقه ایجاد می‌شود (۷). برای سنجش تغییرات فیزیولوژیک از روش متابولومیکس که هم‌زمان تعداد زیادی متابولیت را شناسایی و هم اینکه مسیرهای متابولیکی شناخته شده و ناشناخته را در ارتباط با هم بررسی می‌کند استفاده می‌شود (۸). پژوهشگران با استفاده از متابولومیکس به مطالعه یک نوع ورزش خاص از جمله بسکتبال (۹)، فوتبال (۱۰)، دوومیدانی (۱۱)، راگبی (۱۲)، اسنوبورد (۱۳)، شنا (۱۴)، دوچرخه‌سواری (۱۵)، قایقرانی (۱۶) و

https://doi.org/10.22124/jme.2024.27478.363

ورزش‌های تیمی (۱۷) پرداخته‌اند. در یکی از این پژوهش‌ها خرمی‌پور و همکاران (۲۰۲۱) تغییرات متابولیکی بازیکنان مرکزی و پیرامونی در مسابقه بسکتبال با استفاده از متابولومیکس را مقایسه کردند. نمونه‌های بزاق بازیکنان پس از ۴۰ دقیقه مسابقه بسکتبال گرفته شد. نتایج نشان داد متابولیت-های تورین، سوکسینیک اسید، سیتریک اسید و گلیسرول در بازیکنان پیرامونی و لاکتات و آلانین در بازیکنان مرکزی زیادتر است. در نتیجه تکیه بازیکنان پیرامونی بر مسیرهای هوازی و بازیکنان مرکزی بر مسیرهای بی-هوازی زیادتر است (۹). علاوه بر این، مارینیو و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی تغییرات متابولیک بازیکنان نخبه زیر ۲۰ سال فوتبال برزیل را با استفاده مقیاس RPE[1](CR10) برای تشخیص حساسیت متابولومیکس پس از دو بازی بررسی کردند. ادرار بلافاصله و سپس ۲۰ ساعت پس از دو مسابقه فوتبال جمع‌آوری شد. RPE نیز بعد از بازی‌ها بررسی شد. نتایج نشان داد که مسیرهای متابولیک مربوط به تولید انرژی، آسیب سلولی و تنش‌های آلی بلافاصله پس از بازی تغییر کردند. ۲۰ ساعت پس از بازی‌ها، مسیرهای آنتی‌اکسیدانی و ضد التهابی مرتبط با بازیابی سلولی شناسایی شدند. متابولیت‌های ثبت شده با توزیع T در مقیاس RPE در زیر و بالاتر از ۷ متمایز شدند. ورزشکاران با مقادیر RPE بالاتر، پروفایل متابولیت بالایی در رابطه با آسیب عضلانی و تولید انرژی ۲۰ ساعت پس از بازی فوتبال نشان دادند. پروفایل متابولیک متفاوتی بین ورزشکاران با مقادیر RPE بالاتر و پایین‌تر وجود داشت (۱۸).

با وجود پژوهش‌های انجام شده، تاکنون تغییرات متابولیک با استفاده از روش متابولومیکس در ورزش کشتی مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین، هدف از این پژوهش پایش متابولیکی کشتی‌گیران جوان نخبه و مقایسه تغییرات آن در سه رده وزنی (سبک وزن، میان وزن و سنگین وزن) در یک دوره مسابقه شبیه‌سازی شده کشتی بود.

روش کار

روش پژوهش از نوع نیمه تجربی با انجام پیش آزمون و پس آزمون بود. در این پژوهش تعداد ۱۰ کشتی‌گیر جوان نخبه تیم ملی کشتی فرنگی جوانان ایران (سن: ۰/۵۲ ± ۱۸/۵۰ سال، وزن: ۲۱/۵۱±۸۱/۶۰ کیلوگرم، قد: ۰/۰۸±۱۷۶ سانتی متر و سابقه تمرینی: ۱/۰۷ ± ۷/۶۰ سال) به طور غیرتصادفی که دارای عناوین آسیایی و جهانی در ۱۰ وزن (سبک وزن: ۵۵، ۶۰، ۶۳، ۶۷ کیلوگرم، میان وزن: ۷۲، ۷۷، ۸۲، ۸۷ کیلوگرم و سنگین وزن: ۹۷، ۱۳۰ کیلوگرم) (۱۹) به عنوان آزمودنی در این پژوهش شرکت کردند. در جلسه هماهنگی با کشتی‌گیران، روند اجرای

[1]. Rating of Perceived Exertion

Copyright © The Authors Publisher: University of Guilan

https://doi.org/10.22124/jme.2024.27478.363

پژوهش و روش جمع‌آوری نمونه‌ها به طور کامل توضیح داده شد. آزمودنی‌ها پرسشنامه سابقه پزشکی و نیز فرم رضایتنامه شرکت در پژوهش را قبل از شروع پژوهش تکمیل و امضا نمودند.

روش اجرای پژوهش: قبل از انجام مسابقه شبیه‌سازی شده درصد چربی آزمودنی‌ها با دستگاه InBody 770 مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. کشتی‌گیران در ۱۰ وزن و در شرایط شبیه‌سازی شده در یک روز در ۳ مسابقه (۲ مسابقه در صبح و ۱ مسابقه در عصر) شرکت کردند. کشتی‌گیران یک مسابقه کشتی را در ۲ تایم ۳ دقیقه‌ای با ۳۰ ثانیه استراحت مطابق با قوانین بین‌المللی فدراسیون جهانی کشتی انجام دادند. در پایان هر مسابقه از مقیاس بورگ (CR10) برای ثبت میزان تلاش کشتی‌گیران استفاده شد. بعد از اتمام هر مسابقه حریفان برای مسابقه بعد تغییر می‌کردند. آزمودنی‌ها در تایم استراحت ۳۰ ثانیه‌ای بین مسابقه فقط مجاز به نوشیدن آب بودند. از آزمودنی‌ها خواسته شد ۳ میلی‌لیتر نمونه بزاق خود را قبل و بلافاصله بعد از اتمام مسابقه اول، دوم و سوم داخل فالکون جمع‌آوری کنند (۹). در مجموع ۶۰ نمونه بزاق تهیه شد. این نمونه‌ها سریعاً در یخ خشک قرار داده شد (دمای ۴- درجه سانتی‌گراد) و بلافاصله بعد از اتمام مسابقات به آزمایشگاه انتقال داده شد. در آزمایشگاه نمونه‌ها در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان تجزیه و تحلیل بیوشیمیایی نگه‌داری شدند.

روش‌های آزمایشگاهی

آماده‌سازی نمونه‌ها: در زمان تجزیه و تحلیل، نمونه‌ها از فریزر خارج شده و در دمای اتاق قرار داده شدند تا به حالت مایع برگردند. سپس ۱ سی‌سی متانول به نمونه‌ها اضافه شد و ورتکس نمونه‌ها انجام شد سپس با سرعت ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷ دقیقه سانتریفوژ شدند و در ادامه، سوپر نیتانت نمونه به دستگاه LC-MS تزریق شد. تمام آنالیزهای این پژوهش در مود مثبت و با تعیین C18 reverse-phase Acquity BGH (100×2.1mm×1.7µm Waters) به عنوان فاز معکوس انجام شد.

تحلیل‌های آماری: فرمت داده‌های خام حاصل از آنالیز LC-MS و نرم افزار Mass Lynx v4.1 برای انجام تجزیه و تحلیل‌های بعدی با استفاده از نرم افزار MSconvertGUI به mzxml تغییر داده شد. این داده‌های تبدیل شده سپس برای پردازش و آنالیزهای آماری در پلتفرم XCMS (Scripps Research Institute) آپلود شد. نتایج حاصل از XCMS آنلاین به منظور انجام پردازش‌های تکمیلی در پلتفرم Metaboanalyst آپلود شد (۲۰). به منظور تحلیل‌های چند متغیره از SIMCA, version 14.1.0.2047 (MKS Umetrics, Malmo, Sweden) استفاده شد.

https://doi.org/10.22124/jme.2024.27478.363

نتایج PCA برای یون‌های با p-value<0.05 و تغییر مرتبه بیشتر از ۱/۵ معنی‌دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

ویژگی‌های آنتروپومتری، متابولیت‌ها و مسیرهای متابولیکی کشتی‌گیران جوان نخبه در جداول ۱ تا ۳ آورده شده‌اند.

جدول ۱. ویژگی‌های آنتروپومتری کشتی‌گیران

رده وزنی	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	چربی بدن (درصد)
سبک وزن	۱۸/۲۵±۰/۵۰	۱۶۹±۰/۰۵	۶۳/۷۵±۴/۸۵	۷/۰۲±۰/۸۲
میان وزن	۱۸/۵۰±۰/۵۷	۱۷۷±۰/۰۸	۸۲/۷۵±۶/۷۰	۱۰/۷۷±۴/۴۰
سنگین وزن	۱۹±۰/۰۰	۱۸۷±۰/۰۰	۱۱۵±۲۱/۲۱	۱۸/۹۰±۱۱/۱۷

نیمرخ متابولیک کشتی‌گیران سبک، میان و سنگین وزن

در این مقایسه، نیمرخ متابولیت‌های بزاقی کشتی‌گیران سبک، میان و سنگین وزن با مقایسه قبل و بعد از مسابقه اول، دوم و سوم تعیین شدند. بر این اساس، نتایج زیر به دست آمد.

جدول ۲. متابولیت‌های با اختلاف معنی‌دار کشتی‌گیران سبک وزن و میان وزن قبل و بعد از مسابقه اول، دوم و سوم

متابولیت‌های سبک وزن	متابولیت‌های میان وزن
۳-هیدروکسی دکانوئیل کارنی تین↓	زانتین↓
گلوتاتیون↓	مایواینوزیتول-۱-فسفات↑
فنیل آلانین↑	زانتوزین↑
سیس-آکونیتات↓	آراشیدیل الکل↑
۲و۲-دی متیل بوتیریک اسید↓	یوریدین تری فسفات↑
۳-هیدروکسی ایزو والریک اسید↓	تترادکانوئیل کارنی تین↓
پروپیونیل کارنی تین↑	N-متیل ترئونین↓

Copyright © The Authors Publisher: University of Guilan

https://doi.org/10.22124/jme.2024.27478.363

N1-استیل اسپرمین↓	استیل کارنی تین↓
استئاروئیل کارنی تین↑	۱-متیل آدنوزین↓
فسفوانول پیرویک اسید↑	استئاریک اسید↑
N-متیل ترئونین↓	آراشیدونیل کارنی تین↓
N-استیل گلوتامین↓	پالمیتولئیک اسید↑
هوموسیستین↑	هوموسیستین↑
ایزوپروپیل هگزادکانوئات↑	۲و۳-دی فسفوگلیسیریک اسید↑
سیتیدین تری فسفات↑	یوریدین↓
اولئوئیل کارنی تین↑	۳-متیل یوریدین↑
ایزوسیتریک اسید↑	هپتادکانوئیک اسید↑
هپتادکانوئیک اسید↓	اکتا دسنوئیل کارنی تین↑
آدنوزین مونوفسفات↓	تیروکسین↑

↓ = کاهش؛ ↑ = افزایش

جدول ۳. مسیرهای متابولیسمی کشتی‌گیران سبک وزن و میان وزن

مسیرهای متابولیک کشتی‌گیران سبک وزن	مسیرهای متابولیک کشتی‌گیران میان وزن
چرخه سیتریک اسید	متابولیسم پورین‌ها
متابولیسم گلیکوکسیلات و دی کربوکسیلات	متابولیسم پیریمیدین‌ها
مسیر بیوسنتز فنیل آلانین، تیروزین و تریپتوفان	
مسیر متابولیسم فنیل آلانین	

جدول ۴. متابولیت‌های با اختلاف معنی‌دار کشتی‌گیران سبک وزن و سنگین وزن قبل و بعد از مسابقه اول، دوم و سوم

متابولیت‌های سبک وزن	متابولیت‌های سنگین وزن
۳-هیدروکسی دکانوئیل کارنی تین↓	۵-متیل سیتیدین↑
گلوتاتیون↓	۱-متیل آدنوزین↑
فنیل آلانین↑	۲-هیدروکسی دوکوزانوئیک اسید↑
سیس-آکونیتات↓	تریپتوفان ۲-مانوزید↓
۲و۲-دی متیل بوتیریک اسید↓	هپتنوئیل کارنی تین↑
۳-هیدروکسی ایزو والریک اسید↓	تیروکسین↑

https://doi.org/10.22124/jme.2024.27478.363

پروپیونیل کارنی تین↑	N1-استیل اسپرمیدین↑
N1-استیل اسپرمین↓	پروپیونیل کارنی تین↑
استئاروئیل کارنی تین↑	↑ADP
فسفوانول پیرویک اسید↑	دِاُکسی اینوزین↑
N-متیل ترئونین↓	سیتیدین تری فسفات↑
N-استیل گلوتامین↓	فسفاتیدیل اتانول آمین↑
هوموسیستین↑	↓NADP
ایزوپروپیل هگزادکانوئات↑	فسفوکراتین↑
سیتیدین تری فسفات↑	۱۲-هیدروکسی-۱۲-اکتادکانوئیل کارنی تین↓
اولئوئیل کارنی تین↑	ترانس-۲- تترادسنوئیل کارنی تین↑
ایزوسیتریک اسید↑	↑NADPH
هپتادکانوئیک اسید↓	S-آدنوزیل هوموسیستئین↑
آدنوزین مونوفسفات↓	

↓ = کاهش؛ ↑ = افزایش

جدول ۵. مسیرهای متابولیسمی کشتی‌گیران سبک وزن و سنگین وزن

مسیرهای متابولیک کشتی‌گیران سبک وزن	مسیرهای متابولیک کشتی‌گیران سنگین وزن
چرخه سیتریک اسید	مسیر متابولیسم گلوتاتیون
متابولیسم گلیکوکسیلات و دی کربوکسیلات	مسیر متابولیسم پورین‌ها
مسیر بیوسنتز فنیل آلانین، تیروزین و تریپتوفان	
مسیر متابولیسم فنیل آلانین	

جدول ۶. متابولیت‌های با اختلاف معنی‌دار کشتی‌گیران میان وزن و سنگین وزن قبل و بعد از مسابقه اول، دوم و سوم

متابولیت‌های میان وزن	متابولیت‌های سنگین وزن
زانتین↓	۵-متیل سیتیدین↑
مایواینوزیتول-۱-فسفات↑	۱-متیل آدنوزین↑
زانتوزین↑	۲-هیدروکسی دوکوزانوئیک اسید↑
آراشیدیل الکل↑	تریپتوفان ۲-مانوزید↓
یوریدین تری فسفات↑	هپتنوئیل کارنی تین↑

Copyright © The Authors

https://doi.org/10.22124/jme.2024.27478.363

تترادکانوئیل کارنی تین↓	تیروکسین↑
N-متیل ترئونین↓	N1-استیل اسپرمیدین↑
استیل کارنی تین↓	پروپیونیل کارنی تین↑
۱-متیل آدنوزین↓	ADP↑
استئاریک اسید↑	دِاُکسی اینوزین↑
آراشیدونیل کارنی تین↓	سیتیدین تری فسفات↑
پالمیتولئیک اسید↑	فسفاتیدیل اتانول آمین↑
هوموسیستین↑	NADP↓
۲و۳-دی فسفوگلیسیریک اسید↑	فسفوکراتین↑
یوریدین↓	۱۲-هیدروکسی-۱۲-اکتادکانوئیل کارنی تین↓
۳-متیل یوریدین↑	ترانس-۲- تترادسنوئیل کارنی تین↑
هپتادکانوئیک اسید↑	NADPH↑
اکتا دسنوئیل کارنی تین↑	S-آدنوزیل هوموسیستئین↑
تیروکسین↑	

↓ = کاهش؛ ↑ = افزایش

جدول ۷. مسیرهای متابولیسمی کشتی‌گیران میان وزن و سنگین وزن

مسیرهای متابولیک کشتی‌گیران میان وزن	مسیرهای متابولیک کشتی‌گیران سنگین وزن
متابولیسم پورین‌ها	متابولیسم گلوتاتیون
متابولیسم پیریمیدین‌ها	متابولیسم پورین‌ها

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش اولین مطالعه با استفاده از روش متابولومیکس غیرهدفمند نمونه‌های بزاق برای تعیین پروفایل و تغییرات متابولیکی در پاسخ به یک دوره مسابقه کشتی شبیه‌سازی شده در کشتی‌گیران جوان نخبه بود.

متابولیت‌های زیادی وجود دارد که تحت تأثیر ورزش کشتی قرار می‌گیرند، اما مشخص شد که اکثر متابولیت‌ها در طول هر سه مسابقه و از یک کشتی به کشتی دیگر در هر سه رده وزنی با هم متفاوت هستند. یافته‌های ما نشان داد که در کشتی‌گیران سبک وزن بیشتر متابولیت‌های یافت شده درگیر در بیوسنتز و متابولیسم اسیدهای آمینه آروماتیک (فنیل آلانین، تیروزین و تریپتوفان) و همچنین متابولیسم گلی اکسالات و کربوکسیلات‌ها هستند. علاوه بر این، متابولیسم هوازی کربوهیدرات برای تولید بیشتر ATP در سبک

https://doi.org/10.22124/jme.2024.27478.363

وزن‌ها دیده شد. بیشتر متابولیت‌ها در کشتی‌گیران سبک وزن ناشی از متابولیسم گلی اکسالات و دکربوکسیلات هستند. در حقیقت افزایش متابولیت‌های این مسیر نشان می‌دهد که تولید انرژی به صورت هوازی درصد بیشتری از منابع انرژی را در کشتی-گیران سبک وزن به خود اختصاص می‌دهد. گلی اکسالات که از تجزیه کربوهیدرات‌ها به دست می‌آید در مسیر متابولیسمی خود به متابولیت‌هایی تبدیل می‌شود که در نهایت دوباره منجر به تولید گلوکز یا سایر قندها می‌شود. متابولیسم گلی اکسالات به ویژه برای ارگانیسم‌هایی که از استات یا سایر ترکیبات دو کربنه به عنوان منبع کربن برای رشد استفاده می‌کنند مهم است. متابولیسم گلی اکسالات در اتصال به چرخه کربس (TCA) است که در نهایت منجر به تولید مولکول‌های احیاء کننده مانند NADH می‌شود. این مولکول‌های احیاء کننده در مسیر زنجیره انتقال الکترون تولید ATP، به عنوان یک مولکول حامل انرژی، می‌کنند.

از طرف دیگر، دی کربوکسیلات‌ها؛ ترکیبات آلی با دو گروه کربوکسیل مانند سوکسینات، فومارات و مالات نقش منابع کربن را در تولید انرژی ایفا می‌کنند. چرخه‌ی TCA نقطه‌ی مرکزی در این دو مسیر متابولیسمی است زیرا دکربوکسیلات‌ها هم وارد این چرخه می-شوند و تحت مجموعه‌ای از واکنش‌های آنزیمی قرار می‌گیرند و مولکول‌های احیاکننده‌ای مثل NADH و FADH2 را تولید می‌کنند. متابولیسم دی کربوکسیلات‌ها ارتباط بسیار نزدیکی با چرخه‌ی TCA دارد. بنابراین یک مسیر کلیدی در تنفس سلولی ایجاد می‌کند که انرژی و مواد واسطه را برای مسیرهای بیوسنتزی مختلف فراهم می‌نماید. به‌طور کلی، در کشتی‌گیران سبک وزن با توجه به سبکی وزن و تحرّک بسیار بالا، مصرف انرژی و تولید انرژی در تعادل فیزیولوژیکی قرار دارند، به‌طوری که با مصرف بالای انرژی از طریق فعالیت با شدّت بالا، متابولیت‌های ناشی از متابولیسم اسیدهای آمینه و متابولیسم گلی‌اگزالات و دی کربوکسیلات در آنها افزایش یافته و منجر به تولید اضافی ATP به‌صورت هوازی می‌شوند. مسیرهای متابولیسم گلی‌اگزالات و دی کربوکسیلات به‌ویژه از طریق واسطه‌های مشترک مانند مالات با هم مرتبط هستند. این فعل و انفعالات، سازگاری کشتی‌گیران را با شرایط محیطی مختلف مانند در دسترس بودن مواد مغذی و استرس افزایش می‌دهد.

در کشتی‌گیران میان وزن بیشتر متابولیت‌ها، متابولیت‌های درگیر در متابولیسم پورین و پیریمیدین بودند. متابولیت‌های درگیر در مسیر متابولیسم پورین و پیریمیدین در مقایسه با قبل از شروع مسابقات به طور معناداری افزایش بیان دارند. نشان داده شد که کشتی‌گیران در روز مسابقه، عضلات با افزایش اسید لاکتیک و کاهش PH دچار

Copyright © The Authors Publisher: University of Guilan

https://doi.org/10.22124/jme.2024.27478.363

هیپوکسی می‌شوند و گلیکولیز بی‌هوازی در آنها افزایش می‌یابد. افزایش NH3، فسفات معدنی و بازهای پورین نشان می‌دهد که نوکلئوتیدهای آدنین دفسفریله شده و دآمیناسیون AMP در عضلات در حال مسابقه افزایش تخریب پورین در آنها تسریع می‌شود. در نتیجه، هیپوگزانتین به عنوان محصول نهایی تخریب پورین در عضله به طور قابل توجهی افزایش یافته و از عضلات تمرین کننده به داخل خون نشت می‌کند. این نتایج نشان داد که هر بحران انرژی در حین تمرین تخریب نوکلئوتیدهای پورین را افزایش می‌دهد (۲۱). مسابقات سنگین ۶ دقیقه‌ای سطح متابولیت‌های مشتق از یوریدین را در کشتی‌گیران میان‌وزن افزایش داد. اگرچه این تغییر در مقابله با تغییرات گزانتین کم بود امّا نشان می‌دهد که تخریب بیش از حد ناشی از مسابقه در نوکلئوتیدهای آدنین با تخریب نوکلئوتیدهای پیریمیدین همراه است. روی‌هم‌رفته، مطالعه حاضر نشان می‌دهد که از دست دادن ATP در مسابقه سنگین ۶ دقیقه‌ای کشتی‌گیران میان‌وزن بدون توجه به مکانیسم یا محل وقوع، باعث تخریب نوکلئوتیدهای پورینی و پیریمیدینی و افزایش متابولیسم آنها می‌شود. بنابراین، افزایش در متابولیسم پورین‌ها و پیریمیدین‌ها یک مکانیسم مهم برای سنتز مجدد ATP در طول فعالیت‌های سنگین است. ازطرف‌دیگر، متابولیت‌های دیگری از جمله اینوزیتول-۱ فسفات، استئاریک اسید، هپتا دکانوئیک اسید و ۲و۳-دی فسفوگلیسریک اسید در کشتی‌گیران میان‌وزن بعد از ۳ مسابقه در یک روز در مقایسه با قبل از مسابقه به‌طور معناداری افزایش بیان داشتند. اینوزیتول۱-فسفات، مولکولی که اساس ساختاری چندین پیام‌رسان ثانویه را در سلول تشکیل می‌دهد و منجر به عملکرد بهتر سلول می‌شود، نقش مهمی را در حفظ سطوح درون‌سلولی میواینوزیتول ایفا می‌کند. استئاریک اسید و هپتا دکانوئیک اسید هر دو اسیدهای چرب اشباعی هستند که در مسیر تولید انرژی قرار دارند و منجر به تولید ATP بیشتری در طول مسابقه می‌شوند. متابولیت دیگری که در کشتی‌گیران میان‌وزن به‌طور معناداری افزایش بیان داشته، ۲و۳-دی فسفوگلیسیریک اسید (2,3-DPG) می‌باشد. DPG یکی از مهم‌ترین ترکیبات شناخته‌شده‌ای است که بر تنظیم دقیق تفکیک هموگلوبین-اکسیژن در گلبول قرمز تأثیر می‌گذارد (۲۲).

در کشتی‌گیران سنگین وزن حدواسط‌های متابولیتی بیشتر در متابولیسم گلوتاتیون و متابولیسم پورین‌ها نقش داشتند. متابولیت‌های موجود در مسیر متابولیسم پورین و همچنین متابولیت‌های کارنوزین و مشتقات آن به طور معناداری افزایش بیان داشته‌اند که این متابولیت‌ها با کشتی‌گیران سبک وزن و میان وزن مشترک بودند. علاوه بر این، نتایج

https://doi.org/10.22124/jme.2024.27478.363

ما نشان می‌دهد که در کشتی‌گیران سنگین وزن متابولیت‌های درگیر در مسیر متابولیسم گلوتاتیون بعد از مسابقه در مقایسه با قبل از مسابقه به طور معناداری افزایش بیان دارند. گلوتاتیون یک تری پپتید متشکل از گلوتامات، سیستئین و گلیسین است که عمدتاً توسط سلول‌های کبدی سنتز می‌شود. در اکثر سلول‌ها به شکل اکسید شده یا احیاء شده در غلظت‌های بالا ذخیره می‌شود (۲۳). مطالعات زیادی گزارش کرده‌اند که گلوتاتیون در تنظیم عملکردهای فیزیولوژیکی مختلف به ویژه عملکرد آنتی اکسیدانتی نقش دارند (۱۳). گلوتاتیون احیاء شده به راحتی توسط گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) اکسید می‌شود و متعاقباً توسط آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز احیاء می‌شود و تعادل ردوکس گلوتاتیون به عنوان نشانگر وضعیت آنتی اکسیدانتی در شرایط مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱) نشان داده شده است که تمرین بدنی باعث کاهش شکل احیاء یافته و افزایش فرم اکسید شده گلوتاتیون می‌شود (۲۵).

نتایج به دست آمده از این مطالعه، تفاوت در مقدار و نوع متابولیت‌ها را بین سه رده‌ی وزنی در کشتی‌گیران نخبه بعد از یک دوره مسابقه‌ی شبیه‌سازی‌شده نشان داد. نتایج این آزمون‌ها نشان داد ۱۶ متابولیت از ۱۹ متابولیت بین سبک وزن و میان وزن، ۱۷ متابولیت از ۱۹ متابولیت بین سبک وزن و سنگین وزن و ۱۷ متابولیت از ۱۸ متابولیت بین میان وزن و سنگین وزن به طور معنی‌دار با هم متفاوت بودند. پایش متابولیکی کشتی‌گیران نشان داد که میزان انرژی در هر سه رده وزنی با درصد بسیار بالایی در اوایل مسابقه، از طریق متابولیسم هوازی و در اواخر مسابقه از طریق متابولیسم بی‌هوازی تولید زیاد اسید لاکتیک جابه‌جا می‌شود. در ضمن اکثراً متابولیت‌هایی که در هر سه رده‌ی وزنی افزایش بیان داشته‌اند؛ یا مستقیماً تولید ATP می‌کردند و یا به صورت غیرمستقیم با اتصال به چرخه TCA و زنجیره‌ی انتقال الکترون منجر به تولید ATP اضافی می‌شدند. بنابراین مربیان باید با تخصصی کردن تمرینات و تجویز برنامه‌های تمرینی فردی برای کشتی‌گیران بر اساس رده‌های وزنی این تفاوت‌ها را لحاظ کنند تا بتوان بر اساس اصل ویژگی تمرین، کیفیت تمرین را افزایش و انتقال سازگاری‌ها از تمرین به مسابقه را به حداکثر رساند.

تقدیر و تشکر

از همه شرکت کنندگان در این پژوهش که ما را در مراحل مختلف یاری رساندند، صمیمانه قدردانی و تشکر می‌نماییم.

.

Copyright © The Authors Publisher: University of Guilan

https://doi.org/10.22124/jme.2024.27478.363

منابع

1. Abdelkrim NB, Castagna C, Jabri I, Battikh T, El Fazaa S, El Ati J. Activity profile and physiological requirements of junior elite basketball players in relation to aerobic anaerobic fitness. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2010;24(9): 2330-42.
2. Gabbett T, Jenkins D, Abernethy B. Game-based training for improving skill and physical fitness in team sport athletes. International Journal of Sports Science & Coaching. 2009;4(2): 273-83.
3. Krističević T, Madić D, Krakan I. Effects of game-based conditioning training on volleyball skill accuracy in junior players. Acta Kinesiologica. 2016;10(Suppl. 1): 15.
4. Coffey VG, Hawley JA. Concurrent exercise training: do opposites distract? The Journal of physiology. 2017;595(9): 2883-96.
5. Karnincic H, Tocilj Z, Uljevic O, Erceg M. Lactate profile during Greco-Roman wrestling matchx. Journal of sports science & medicine. 2009 Nov;8(CSSI3):17.
6. Mirzaei B, Faryabi I, Yousefabadi HA. Time-Motion analysis of the 2017 Wrestling World Championships. Pedagogy of Physical Culture and Sports. 2021;25(1):24-30.
7. Hůlka K, Cuberek R, Bělka J. Heart rate and time-motion analyses in top junior players during basketball matches. Acta Gymnica. 2013;43(3): 27-35.
8. Khoramipour K, Sandbakk Ø, Keshteli AH, Gaeini AA, Wishart DS, Chamari K. Metabolomics in exercise and sports: A systematic review. Sports Medicine. 2021 Oct 30:1-37.
9. Khoramipour K, Gaeini AA, Shirzad E, Gilany K, Chashniam S, Sandbakk Ø. Metabolic load comparison between the quarters of a game in elite male basketball players using sport metabolomics. European Journal of Sport Science. 2021 Jul 3;21(7):1022-34.
10. Alzharani MA, Alshuwaier GO, Aljaloud KS, Al-Tannak NF, Watson DG. Metabolomics profiling of plasma, urine and saliva after short term training in young professional football players in Saudi Arabia. Scientific reports. 2020 Nov 12;10(1):19759.
11. Howe CC, Alshehri A, Muggeridge D, Mullen AB, Boyd M, Spendiff O, et al. Untargeted metabolomics profiling of an 80.5 km simulated treadmill ultramarathon. Metabolites. 2018;8(1): 14.
12. Hudson JF, Phelan MM, Owens DJ, Morton JP, Close GL, Stewart CE. "Fuel for the damage induced": untargeted metabolomics in elite rugby union match play. Metabolites. 2021 Aug 17;11(8):544.
13. Wang F, Han J, He Q, Geng Z, Deng Z, Qiao DJJoamic. Applying 1H NMR spectroscopy to detect changes in the urinary metabolite levels of Chinese half-pipe snowboarders after different exercises. J Automat Chem 2015; 96: 614-620.
14. Moreira LP, Silveira L, Pacheco MTT, da Silva AG, Rocco DDFMJJoP, Biology PB. Detecting urine metabolites related to training performance in swimming athletes by means of Raman spectroscopy and principal component analysis. J Photochem Photobiol B 2018;15:223-34.

https://doi.org/10.22124/jme.2024.27478.363

15. acobs DM, Hodgson AB, Randell RK, MahabirJagessar-T K, Garczarek U, Jeukendrup AE, et al. Metabolic response to decaffeinated green tea extract during rest and moderate-intensity exercise. J Agric Food Chem 2014; 62: 9936-43.
16. Miccheli A, Marini F, Capuani G, Miccheli AT, Delfini M, Di Cocco ME, et al. The influence of a sports drink on the postexercise metabolism of elite athletes as investigated by NMR-based metabolomics. J Am Coll Nutr 2009; 28: 553-64.
17. Bongiovanni T, Lacome M, Fanos V, Martera G, Cione E, Cannataro R. Metabolomics in team-sport athletes: Current knowledge, challenges, and future perspectives. Proteomes. 2022 Aug 10;10(3):27.
18. Marinho AH, Sousa FA, Vilela RD, Balikian Jr P, de Souza Bento E, de Mendonça Aquino T, Crispim A, Ataide-Silva T, de Araujo GG. The rating of perceived exertion is able to differentiate the post-matches metabolomic profile of elite U-20 soccer players. European Journal of Applied Physiology. 2022 Feb;122(2):371-82.
19. Ohya T, Takashima W, Hagiwara M, Oriishi M, Hoshikawa M, Nishiguchi S, Suzuki Y. Physical fitness profile and differences between light, middle, and heavy weight-class groups of Japanese elite male wrestlers. International Journal of Wrestling Science. 2015 Jan 2;5(1):42-6.
20. Chong J, Soufan O, Li C, Caraus I, Li S, Bourque G, Wishart DS, Xia J. MetaboAnalyst 4.0: towards more transparent and integrative metabolomics analysis. Nucleic acids research. 2018 May 14;46(W1):W486-94.
21. Yamamoto T, Moriwaki Y, Takahashi S, Tsutsumi Z, Yamakita J-i, Higashino K. Effect of muscular exercise on the concentration of uridine and purine bases in plasma—adenosine triphosphate consumption—induced pyrimidine degradation. Metabolism. 1997;46(11):1339-42.
22. Meen H, Holter P, Refsum H. Changes in 2, 3-diphosphoglycerate (2, 3-DPG) after exercise. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 1981;46:177-84.
23. Aoi W, Ogaya Y, Takami M, Konishi T, Sauchi Y, Park EY, et al. Glutathione supplementation suppresses muscle fatigue induced by prolonged exercise via improved aerobic metabolism. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2015;12(1):7.
24. Gambelunghe C, Rossi R, Micheletti A, Mariucci G, Rufini S. Physical exercise intensity can be related to plasma glutathione levels. Journal of physiology and biochemistry. 2001;57(2):9-14.
25. Seifi-Skishahr F, Damirchi A, Farjaminezhad M, Babaei P. Physical training status determines oxidative stress and redox changes in response to an acute aerobic exercise. Biochemistry Research International. 2016;2016..

Copyright © The Authors Publisher: University of Guilan

Metabolism and Exercise
A biannual journal

Vol 14, Number 1, 2024

University Of Guilan

Metabolic Monitoring of Elite Junior Wrestlers in Simulated Matches Using Metabolomics

Seyed Rahmani SMF[1], Mirzaei B[1*], Arefi Oskouie A[2], Khoramipour K[3], Barjaste A[4]

Received: 06/02/2024 Accepted: 25/05/2024 Published: 20/04/2024

Abstract

Introduction: The study was aimed at metabolic monitoring and comparing the metabolic changes of elite young wrestlers in a simulated wrestling Race Course using metabolomics.

Methodology: The research method was semi-experimental with pre-test and post-test. 10 elite young wrestlers of the Iranian youth national Greco-Roman wrestling team (age: 18.5±0.52 years, weight: 81.60±21.51 kg, height: 176±0.08 cm and training history: 7.60 ± 1.07 years) in 10 weights (lightweight: 55, 60, 63, 67 kg, medium weight: 72, 77, 82, 87 kg and heavy weight: 97, 130 kg) in conditions simulated in one day participated in 3 races (2 in the morning and 1 in the evening). The wrestlers played a wrestling match in 2 3-minute times with 30 seconds of rest in accordance with international wrestling rules. The saliva samples of the wrestlers were taken before and after the tournament. The LC-MS device was used to perform metabolomics and the metaboanalyst software was used to analyze data. The PCA test was also used as a statistical test.

Results: The results of the study showed a difference in the amount and type of metabolites between the three weight categories in elite wrestlers after a simulated race period. The results of these tests showed that 16 metabolites out of 19 metabolites varied significantly between lightweight and middleweight, 17 out of 19 metabolites between lightweight and heavyweight, and 17 out of 18 metabolites between lightweight and heavyweight.

Conclusion: The wrestlers ' metabolic monitoring showed that energy levels in all three weight categories were displaced by a very high percentage early in the race, through aerobic metabolism, and late in the race through anaerobic metabolism of high lactic acid production. In addition, most metabolites that had increased expression in all three weight categories either produced ATP directly or indirectly produced additional ATP by binding to the TCA cycle and electron transfer chain.

Key words: Greco-Roman Wrestling, Metabolism, Metabolic Profiling, Metabolomics.

1. Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran, 2. Faculty of Paramedical Sciences, Department of Basic Sciences, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran, 3. Neuroscience Research Center, Institute of Neuropharmacology and Department of Physiology and Pharmacology, Afzalipour School of Medicine, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran, 4. PhD in Exercise Physiology

*Corresponding author: mirzaei@united-world-wrestling.org