بررسی اثرات فعالیت شدید بدنی بر گازهای خون شریانی در مردان جوان ورزشکار

دکتر مجید کاشف
مرکز تربیت‌معلم نسیبه

فهرست:

چکیده ۲۳
مقدمه ۲۳
تغییرات گازهای خونی در طول فعالیت بدنی ۲۴
روش‌شناسی تحقیق ۲۵
آزمودنیها ۲۵
اندازه‌گیری گازهای خون ۲۶
یافته‌های تحقیق ۲۷
بحث و نتیجه‌گیری ۲۸
منابع ۲۹

چکیده

فعالیت شدید بدنی بر گازهای خون شریانی تغییراتی ایجاد می‌کند. به منظور بررسی این تغییرات، ۲۶ مرد جوان عضو تیمهای ملی و باشگاهی، «آزمون بیشینهٔ بروسی» را روی نوارگردان اجرا کردند. قبل و بعد از فعالیت، نمونه خون سرخرگی از آنان گرفته و متغیرهای Po_2، Pco_2، PH، Hco_3^- و BE[1] اندازه‌گیری شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که در اثر فعالیت شدید تا سرحد خستگی، فشار اکسیژن خون سرخرگی افزایش معنی‌داری پیدا می‌کند. ($P = ۰/۰۱$). همچنین در میزان فشار گازکربنیک، PH، یون بی‌کربنات و اضافه قلیای خون سرخرگی کاهش معنی‌داری ایجاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ***فشار اکسیژن، فشار گازکربنیک، PH، یون بی‌کربنات، اضافه قلیا (BE)، گازهای خونی.***

مقدمه

برنامه‌های تمرین و آماده‌سازی بدن زمانی سودمندند که آن تواناییهای فیزیولوژیک ویژه‌ای را که برای انجام ورزش، مهارت و فعالیت بدنی لازم است، افزایش دهند. شناختن چگونگی و راههای تولید انرژی لازم برای انجام کارهای بدنی موجب می‌شود که فرد نه تنها عوامل خستگی‌زا را بشناسد، بلکه پیدایش خستگی را به تأخیر اندازد.

در پی یک فعالیت نسبتاً شدید، تقریباً هر سه دستگاه تولید انرژی وارد عمل می‌شوند و علاوه بر تولید ATP، مواد دیگری در عضله به وجود می‌آید. تغییراتی که به این ترتیب در عضله و خون ایجاد می‌شود، برای تطابق‌پذیری با شدت

1. BaseExess(BE)

تمرین ضروری است. میزان این تغییرات در یک برنامهٔ تمرینی، تعیین‌کنندهٔ میزان فشار وارد بر ورزشکار است و تحمل در برابر این تغییرات از سوی ورزشکار، رمز موفقیت او به شمار می‌آید. (۳)

تغییرات گازهای خونی در طول فعالیت بدنی

در دستگاه هوازی، اگر اکسیژن کافی در اختیار تارهای ماهیچه‌ای باشد، از تجزیهٔ یک مولکول گلوکز و تبدیل آن به گازکربنیک و آب، بقدری انرژی تولید می‌شود که برای بازسازی ۳۸ مولکول ATP کافی خواهد بود. این واکنش‌ها در داخل یاخته‌ها صورت می‌گیرد و در اغلب فعالیتهای طولانی مدت، انرژی از این دستگاه تولید می‌شود. بنابراین، بدن باید بتواند اکسیژن را از هوای محیط به درون یاخته‌ها منتقل کند (۳).

گازها می‌توانند از طریق انتشار، از یک نقطه به نقطهٔ دیگر حرکت کنند. علت این حرکت، همیشه اختلاف فشار بین دو محیط است. به این ترتیب، اکسیژن از ریه‌ها به درون خون ریوی انتشار می‌یابد و در بافت از درون خون به درون یاخته‌ها منتقل می‌شود. اکسیژن برای تولید انرژی به مصرف می‌رسد و علاوه بر تولید انرژی مورد نیاز، گازکربنیک نیز در یاخته‌ها تولید می‌شود. در نتیجه فشار انیدریدکربنیک در یاخته بالا می‌رود و موجب انتشار آن به داخل مویرگهای باقی می‌گردد. انیدریدکربنیک پس از ورود به خون، به مویرگهای ریوی منتقل و در آنجا از خون به داخل حبابچه‌ها منتشر می‌شود.

فشار اکسیژن خون وریدی که وارد مویرگ ریوی می‌شود، ۴۰ میلیمتر جیوه و فشار سهمی اکسیژن در حبابچه نیز ۱۰۴ میلیمتر جیوه است. بنابراین، اکسیژن از حبابچه‌ها هم به داخل خون ریوی منتشر می‌شود. در نتیجه، خون مویرگهای ریوی دارای فشار اکسیژن ۱۰۰ میلیمتر جیوه است. اما این خون وقتی وارد شریان می‌شود، فشار اکسیژن آن به دلیل مخلوط شدن با خون بدون اکسیژن برونشی، کم می‌شود و در نتیجه، خون شریانی بطور متوسط دارای فشار اکسیژن ۹۶ میلیمتر جیوه در شرایط طبیعی است. در مویرگهای بافتی، اکسیژن به وسیلهٔ روندی معکوس به داخل بافتها انتشار می‌یابد. به این معنی که فشار اکسیژن مایع بین سلولی برابر با ۴۰ میلیمتر جیوه است، بنابراین، اکسیژن موجود در داخل مویرگها به داخل بافت منتشر می‌شود (۴).

انتشار انیدریدکربنیک در مقایسه با اکسیژن از روند معکوس برخوردار است. فشار انیدریدکربنیک داخل سلولی ۴۶ میلیمتر جیوه است و خون شریانی که وارد مویرگهای بافتی می‌شود، محتوی انیدریدکربنیک با فشار تقریبی ۴۰ میلیمتر جیوه است. در نتیجه، انیدریدکربنیک از داخل بافت به درون خون انتشار می‌یابد. فشار انیدریدکربنیک خون وریدی هنگام رسیدن به ریه‌ها حدود ۴۶ میلیمتر جیوه است؛ در حالی که فشار سهمی انیدرید کربنیک در حبابچه‌ها ۴۰ میلیمتر جیوه است؛ چون فشار اولیه برای انتشار انیدریدکربنیک ۲۰ برابر بیشتر از اکسیژن است. مازاد انیدریدکربنیک موجود در خون بسرعت به داخل حبابچه‌ها منتقل می‌شود.

تغییرات فشار انیدریدکربنیک خون، به منظور تشدید اکسیژن‌گیری خون در ریه‌ها و همچنین تشدید آزاد شدن اکسیژن از خون در بافتها اهمیت دارد (اثر بوهر). بتدریج که خون از ریه‌ها عبور می‌کند، انیدریدکربنیک از خون به داخل حبابچه‌ها منتشر می‌شود. این عمل، فشار انیدریدکربنیک را کاهش و PH را افزایش می‌دهد. در نتیجهٔ این دو اثر، مقدار اکسیژنی که با هموگلوبین ترکیب می‌شود، بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد و اکسیژن بیشتری به بافتها می‌رسد. هنگامی که خون به مویرگهای بافتی می‌رسد، اثرات مخالفی به وجود می‌آید. انیدریدکربنیکی که از بافتها وارد خون می‌شود، اکسیژن را از هموگلوبین جدا می‌کند و در نتیجه، اکسیژن را با فشار بیشتری به بافتها انتقال می‌دهد (۴).

انیدریدکربنیک محلول در خون با آب وارد واکنش می‌شود و اسید کربنیک به وجود می‌آید. این واکنش تحت

تأثیر آنزیم کربنیک انیدر از بسیار سریع انجام می‌شود. اسید کربنیک تشکیل شده، بلافاصله به یونهای بیکربنات و هیدروژن تجزیه می‌شود و در نتیجه PH خون را کاهش می‌دهد:

$$Co_2 + H_2o \rightleftharpoons H_2Co_3 \rightleftharpoons Hco_3^- + H^+$$

واکنشهای ذکر شده، تحت تأثیر عمل تامپونی خون قرار می‌گیرند که در نتیجه H^+ از محیط خارج می‌شود از بالا رفتن شدید غلظت یون هیدروژن جلوگیری می‌کند. در حالت طبیعی، PH خون شریانی تقریباً ۷/۴ است و بتدریج که انیدریدکربنیک از بافتها وارد خون می‌شود، PH تقریباً به ۷/۳۶ سقوط می‌کند. عکس این موضوع هنگام آزاد شدن انیدریدکربنیک از خون در ریه‌ها ایجاد می‌شود و PH خون مجدداً تا حد شریانی بالا می‌رود. البته در فعالیتهای شدید بدنی، کاهش PH خون به مراتب بیشتر است و امکان دارد میزان آن به ۷ تقلیل یابد و مدت زمان بیشتری طول می‌کشد تا به وضعیت طبیعی بازگردد (۵).

با افزایش H^+ و کاهش PH خون، خاصیت قلیایی خون کاهش می‌یابد. در شرایط طبیعی که PH خون برابر با ۷/۴ و فشار گازکربنیک ۴۰ میلیمتر جیوه است، خاصیت قلیایی خون بیشتر از خاصیت اسیدی است. تحت این شرایط، اضافی قلیای خون در حدود ۳ میلی مول بر لیتر است. مزیت اندازه‌گیری اضافه قلیا (BE) در این‌گونه موارد این است که بین اضافه قلیا و فشار گازکربنیک، ثبات واقعی وجود دارد و از آنجا که متغیر اضافه قلیا با تغییرات یون هیدروژن در فضای میان بافتی تغییر می‌کند، لذا می‌توان به توانایی خون در عمل تامپونی و خنثی‌سازی یون هیدروژن پی برد (۵).

در مورد تغییرات گازهای خونی در حین فعالیتهای ورزشی و پس از آن، تحقیقات متعددی انجام گرفته است. **زولادز** و همکارانش [1] تغییرات گازهای خونی را روی چهار دوندهٔ نخبهٔ ماراتن در فعالیت بیشینه و در حد متوسط مورد بررسی قرار دادند. آنها مشاهده کردند که در سرعت زیر میانگین، تنها تغییر ناچیزی در PH خون ایجاد می‌شود؛ اما در فشار کار ۱۰ ضربه زیر حداکثر ضربان قلب، کاهش معنی‌داری در میزان PH، Hco_3^-، Pco_2 و اضافه قلیا مشاهده شد (۹).

لاتوسلاوسکا و همکارانش [2] گازهای خون را روی شش ورزشکار نخبهٔ سه‌گانه، طی رکاب‌زدن روی دوچرخهٔ ثابت اندازه گرفتند و دیدند که در اثر این نوع فعالیت، تغییری در PH، Pco_2 Po_2 و Hco_3^- رخ می‌دهد. تغییرات ایجاد شده، بیشتر از گزارشهای سایر محققان در مورد دوندگان استقامتی نخبه بوده است (۷).

داد و همکارانش [3] تغییرات گازهای خونی در اثر کار شدید تا سر حد خستگی با دوچرخهٔ ثابت را روی ۱۰ مرد سالم ارزیابی کردند. آنها تغییرات معنی‌داری در Po_2 و Pco_2 هنگام تمرین و در زمان خستگی مفرط مشاهده نکردند (۶).

ثیم‌وگیربر (۱۹۸۸) PH، خون سیاهرگی موشهای تمرین کرده و تمرین نکرده را در هنگام تمرین مورد بررسی قرار دادند. آنها مشاهده کردند که بین PH، Pco، Po_2 و ضربان قلب در موشهای تمرین کرده ارتباط موقتی معنی‌داری وجود دارد. این نتیجه در موشهای تمرین نکرده بسیار بارزتر بود (۷).

اکثر نتایج تحقیقات ارائه شده مؤید تغییر در میزان گازهای خون در اثر فعالیت شدید بدنی است؛ اما این تغییرات در مورد مردان جوان ورزشکار ایرانی به چه میزان است؟ این، سؤالی است که تحقیق حاضر در پی پاسخگویی به آن است.

روش‌شناسی تحقیق

آزمودنیها

۲۶ مرد جوان ورزشکار عضو تیمهای ملی، باشگاهی یا دانشگاهی برای اجرای آزمونهای تحقیق برگزیده شده‌اند

1. Zoladzet.al (1993)
2. Lutoslawsk, G.et.al (1990)
3. Dodd, S.L.et.al (1989)

(میانگین قد ۱۷۴/۹ سانتیمتر، میانگین وزن ۷۱/۹ و میانگین سن ۲۳/۵ سال). آزمودنیها پس از تکمیل پرسشنامهٔ مخصوص و اطمینان از سلامتی آنها، برای اجرای آزمون بیشینهٔ بروس آماده شدند. آزمون بیشینهٔ بروس (۱۹۷۳) هفت مرحلهٔ سه دقیقه‌ای دارد که در هر مرحله، سرعت و شیب نسبت به مرحلهٔ قبل افزایش می‌یابد. در مرحلهٔ اول شیب ۱۰ درصد و سرعت ۴۵ متر در دقیقه است. شیب دستگاه در مرحلهٔ دوم تا هفتم بترتیب ۱۲، ۱۴، ۱۶، ۱۸،، ۲۰، ۲۲ درصد و سرعت دستگاه در مراحل دوم تا هفتم بترتیب ۶۷، ۹۲، ۱۱۳، ۱۳۳، ۱۴۷، ۱۶۰ متر در دقیقه است. آزمودنیها در مرحلهٔ اول و دوم برای گرم کردن بدن راه می‌رفتند و از مرحلهٔ سوم شروع به دویدن می‌کردند تا زمانی که دیگر قادر به ادامهٔ فعالیت نبودند. وقتی خستگی بحدی می‌رسید که ادامهٔ فعالیت امکان‌پذیر نبود، تمرین متوقف می‌شد. قبل و بعد از فعالیت، نمونهٔ خون شریانی از شریان زندزیرینی در ناحیهٔ مچ دست گرفته و برای اندازه‌گیری گازهای خونی به آزمایشگاه خون منتقل می‌شد. تمامی متغیرهای خون سرخرگی با استفاده از دستگاه تمام اتوماتیک اندازه‌گیری گازهای خونی مدل (AV.L) موجود در آزمایشگاه بیمارستان شریعتی انجام شده است. پس از اجرای آزمایشات و ثبت نتایج، با استفاده از آمار توصیفی به تشریح داده‌ها پرداخته شد و برای بررسی اختلاف بین میانگین متغیرها قبل و بعد از فعالیت از آزمون ت استودنت در گروههای وابسته استفاده شد.

اندازه‌گیری گازهای خون

برای اندازه‌گیری گازهای خون قبل و بعد از فعالیت، خون سرخرگی به میزان یک سی‌سی از سرخرگ زندزیرینی در ناحیهٔ داخلی مچ دست با سرنگ پلاستیکی گرفته شد. برای جلوگیری از لخته شدن خون، از مادهٔ هپارین استفاده شد. هپادینه کردن خون سرخرگی طبق روش معمول آن انجام شد و پس از مخلوط شدن خون با هپارین موجود در فضای مردهٔ سرنگ، سوزن آن کج و در آن محکم بسته شد و در داخل مخلوطی از آب و یخ قرار داده شد. سپس، بلافاصله به آزمایشگاه خون انتقال داده شد. اقدامات انجام شده برای انتقال خون سرخرگی به آزمایشگاه در جهت حذف اثرات عوامل مزاحم بر اندازهٔ متغیرهای تحقیق بود. اولین عامل مداخله‌گر هپارین است که برای جلوگیری از لخته شدن خون باید به خون سرخرگی اضافه شود. حذف این عمل امکان‌پذیر نیست. مطالعات قبلی نشان داده است که مقدار هپارین موجود در خون بر اندازهٔ برخی از متغیرها اثر می‌گذارد. این اثر بستگی به درصد هپارین موجود در خون دارد. با توجه به اینکه در کلیهٔ نمونه‌ها مقدار هپارین ثابت بوده است، می‌توان اثر آن را خنثی کرد و در نتیجه، کلیهٔ ارزشهای به دست آمده با درصد مشخصی تغییر کرده‌اند که به دلیل ناچیز بودن آن، قابل ملاحظه نمی‌باشد. (۵).

درجهٔ حرارت، یکی از عوامل مداخله‌گر است؛ زیرا در حرارت ۳۷ درجهٔ سانتیگراد، در میزان گازهای موجود در خون خیلی سریع تغییر ایجاد می‌شود. اگر دستگاه اندازه‌گیری گازهای خون در دسترس نباشد، باید سرنگ حاوی خون سرخرگی هپارینه شده را در مخلوطی از آب و یخ ۴ درجه سانتیگراد قرار داد. به این ترتیب، تغییرات ایجاد شده در گازهای خونی بسیار ناچیز است. با این همه، باید نمونه‌های خونی را که در داخل آب و یخ قرار داده می‌شود، به همان صورت سریعاً به آزمایشگاه منتقل کرد (۵).

استفاده از سرنگ پلاستیکی نیز از عوامل مداخله‌گر مزاحم است که اگر با تأخیر به آزمایشگاه انتقال یابد، باعث افزایش فشار اکسیژن خون می‌شود. این پدیده حتی اگر سرنگ در داخل مخلوطی از آب و یخ قرار داده شود نیز به وقوع می‌پیوندد. واکنش مذکور به این ترتیب است که اگر زمان توقف خون بیش از ۱۵ الی ۳۰ دقیقه باشد، اکسیژن از داخل جدار پلاستیکی سرنگ به درون خون نفوذ می‌کند. با توجه به اینکه برای اجرای تحقیق حاضر امکان تهیهٔ سرنگ شیشه‌ای نبوده، نمونه‌های خون سریعاً به آزمایشگاه منتقل می‌شد (۵).

یافته‌های تحقیق

برای تشریح و توصیف داده‌ها، میانگین کلیهٔ متغیرهای تحقیق قبل و بعد از فعالیت برای مقایسهٔ بین آنها در جدول شمارهٔ یک درج و نمودارهای ستونی میانگین متغیرها قبل و بعد از فعالیت به تصویر کشیده شده است.

جدول شماره ۱. میانگین قبل و بعد از فعالیت متغیرها

متغیر	میانگین	
	قبل از فعالیت	بعد از فعالیت
Po_2	۷۹/۶	۹۳/۷
Pco_2	۳۵	۲۶/۳
PH	۷/۳۸۷	۷/۱۱۲
Hco_3^-	۲۰/۵	۸/۶
BE	-۳/۳	-۱۹/۸

مقیاس Po_2 و Pco_2 میلی‌متر جیوه است.

مقیاس Hco_3^- و BE میلی مول بر لیتر است.

نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در اثر فعالیت شدید، تغییراتی در گازهای خون ایجاد می‌شود؛ بطوری که فشار اکسیژن خون شریانی افزایش می‌یابد؛ اما فشار گازکربنیک، PH، یون بی‌کربنات و اضافه قلیا در خون سرخرگی کاهش می‌یابند.

برای پی بردن به نوع اختلاف بین میانگینهای متغیرها، فرضیه‌های تحقیق آزمایش شده‌اند که نتایج حاصل از آزمون ت استودنت در گروههای وابسته در جدول شمارهٔ ۲ درج شده است.

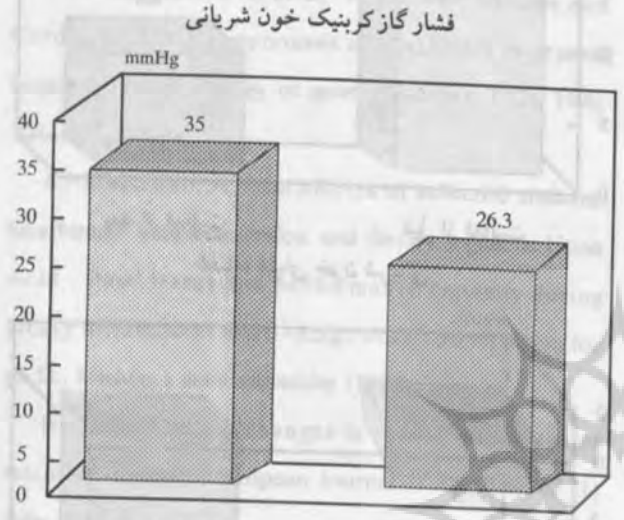
جدول شماره ۲. ارزشهای به دست آمده از آزمون ت استودنت

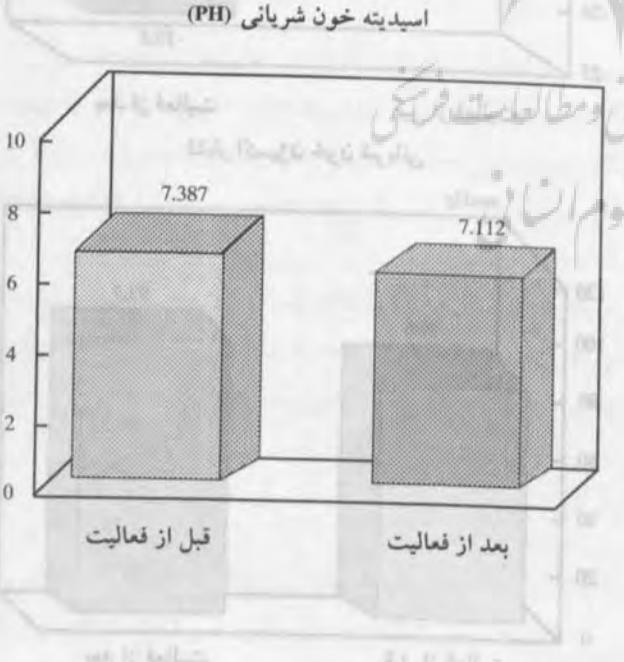
متغیر	t مشاهده
Po_2	-۳/۷۳ *
Pco_2	۱۰/۲۷ **
PH	۱۷/۵۷ **
Hco_3^-	۲۲/۸۹ **
BE	۱۹/۸۵ **

* در سطح P = ۰/۰۱ معنی‌دار است.

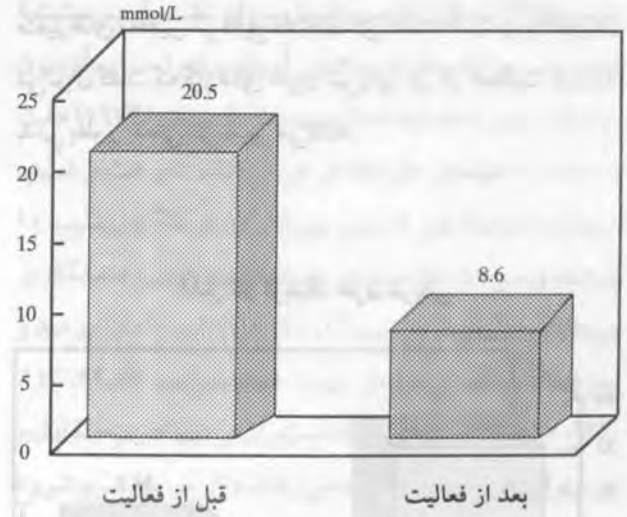
** در سطح P = ۰/۰۰۱ معنی‌دار است.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، فعالیت شدید بدنی بر کلیهٔ متغیرهای تحقیق اثر قابل ملاحظه‌ای داشته است و با اطمینان می‌توان گفت که گازهای خون شریانی در اثر فعالیت شدید بدنی بطور معنی‌دار تغییر می‌کنند.

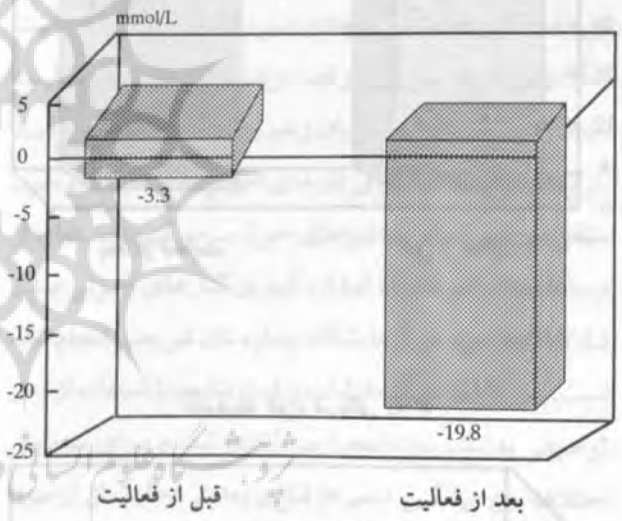




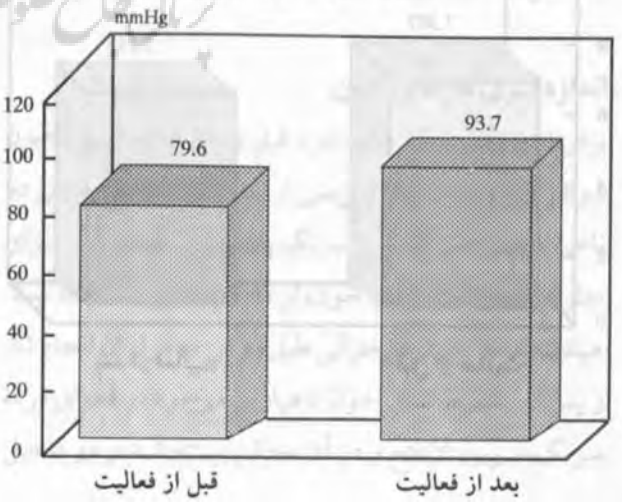
یون بی‌کربنات خون شریانی



اضافه قلیای خون شریانی



فشار اکسیژن خون شریانی



بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از آزمون فرضهای تحقیق می‌توان دریافت که فعالیت شدید بدنی در فشار اکسیژن خون شریانی افزایش معنی‌داری ایجاد می‌کند.

در افراد سالم، حتی در نقطهٔ اوج خستگی ناشی از ورزش شدید، سرخرگی در حد طبیعی یا بالاتر از سطح استراحت قرار دارد. هنگام فعالیت شدید ورزشی، جریان خون ریوی به علت فعال شدن مویرگهای بسته و گشاد شدن آنها و افزایش برون‌ده قلبی بیشتر می‌شود. ریه‌ها در هنگام فعالیت بطوز کامل متسع می‌شوند؛ زیرا حجم خون هوای تهویه‌ای افزایش می‌یابد. افزایش حجم هوا سبب می‌شود که غشای حبابچه‌های ریوی متسع، نازکتر و نفوذپذیرتر شوند. این امر به افزایش شدت جذب اکسیژن در هنگام ورزش کمک می‌کند. همچنین با افزایش تهویهٔ ریوی، میزان خروج گازکربنیک از مویرگهای ریوی بیشتر است و در نتیجه، فشار گازکربنیک خون شریانی کاهش قابل ملاحظه‌ای پیدا می‌کند. کاهش معنی‌دار در خون شریانی باعث افزایش جذب اکسیژن در ریه‌ها می‌شود (اثر بوهر) (۱).

براساس این نظریه، فشار گازکربنیک خون شریانی بطور معنی‌داری کاهش می‌یابد. نتایج تحقیقات **زولادز** و همکارانش (۱۹۹۳) و لاتوسلاوسکا و همکارانش (۱۹۹۰) از یافته‌های به دست آمده، از تحقیق حاضر در خصوص Pco_2 حمایت می‌کنند.

در اثر فعالیتهای شدید بدنی، میزان اسیدلاکتیک خون افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش گازکربنیک در خون و تشکیل اسیدکربنیک، میزان یون هیدروژن خون افزایش می‌یابد و با افزایش اسیدیتهٔ خون، PH کاهش قابل ملاحظه‌ای پیدا می‌کند. اکثر تحقیقات قبلی نتیجه‌ای را که در خصوص PH خون شریانی در تحقیق حاضر به دست آمده است، تأیید می‌کنند.

با افزایش دفع گازکربنیک از ریه‌ها و کاهش معنی‌دار آن در خون شریانی، یون بی‌کربنات که از ترکیب گازکربنیک با

آب به دست آمده است نیز کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند. نتایج تحقیقات قبلی نیز از این نتیجه حمایت کرده‌اند.

اضافه قلیا (BE) یا غلظت قابل اندازه گیری قلیای موجود در خون بدون در نظر گرفتن اسید خون در اثر ورزش شدید کاهش می‌یابد. این یافته توسط محققان دیگر تائید شده است. کاهش اضافه قلیا بعد از فعالیت شدید بدنی نشان می‌دهد که وجود یون هیدروژن، تعادل اسیدی ـ بازی خون را بر هم زده است؛ چرا که متغیر اضافه قلیا با تغییرات یون هیدروژن در فضای میان‌بافتی تغییر می‌کند و کاهش معنی‌دار آن بعد از فعالیت شدید نشاندهندهٔ حضور یون هیدروژن است (۵).

در مجموع می‌توان چنین نتیجه گرفت که فعالیت شدید بدنی باعث ایجاد مواد زائد در عضله و خون می‌شود که انباشته شدن این مواد برای ادامهٔ زندگی، مشکلاتی ایجاد می‌کنند. تطابق‌پذیری دستگاه گردش خون و تنفس با شدت تمرین بگونه‌ای است که برای دفع هر چه سریعتر مواد زائد از خون وارد عمل می‌شود و تغییرات موجود در میزان گازهای خونی برای کاهش مواد زاید در بدن ضروری است.

منابع:

۱ ـ پاکزاد، سعیدرضا و همکاران، بیوشیمی بالینی، تشخیص بالینی و پیشگیری بیماریها به کمک روشهای آزمایشگاهی، انتشارات دانش‌پژوه، (ترجمه کتاب دیویدسون (۱۹۹۱).

۲ ـ خالدان، اصغر، خلاصه مقالات نخستین کنگره بین‌المللی ورزش و تربیت بدنی، کمیته ملی المپیک جمهوری اسلامی ایران، مرداد ماه ۱۳۷۲

۳ ـ سندگل، حسین، فیزیولوژی ورزش، جلد اول، انتشارات کمیته ملی المپیک جمهوری اسلامی ایران، ۱۳۷۲

۴ ـ گایتون، آرتور، فیزیولوژی پزشکی، جلد دوم، شادان، فرخ (مترجم)، انتشارات چهر ۱۳۶۲

5 - Burtis, CarlA. Ashwood, Edward R. Tietz. textBook of clinical chemistry. second Edition, Sunders company, 1994

6 - Dodd, S.L.et.al. "Exercise Performance following intense, short - term ventilatory work inter. Jour. of Sport med. 10(1) Feb. 1989 48 - 52 Germany.

7 - Lutoslawska, G. et.al. "Acid - base balance and Cardiorespiratory responses of triathletes to graded bicycle exercise" Biology of sport (Warsaw), 7 (3), 1990, 209 - 217, Poland

8 - Khaledan, A. "the effects of selected sodium. bicarbonate supplementation and dietary regimens Upon Acid - Base status and performance capacity during Heavy intermittent multi - stage work". dissertation for ph.D., Michigan state university (1977)

9 - Zoladz et.al. "changes in acid - base status of marathon runners" European Journal of App. phy. 67 (1) July, 71 - 76, 1993.