

تغییرات هورمونی و حجم پلاسما پس از تمرین‌های استقامتی

دکتر عباسعلی گائینی

عضو هیئت علمی دانشکده تربیت بدنی دانشگاه تهران

چکیده:

به طور معمول، پس از ورزش‌های استقامتی شدید و تمرینات طولانی مدت، حجم پلاسما در حیوان و انسان - هردو - افزایش می‌یابد. افزایش حجم پلاسما در اکثر موارد، همراه با هماتوکریت کمتر بدون تغییر در تعداد گلبول‌های قرمز خون یا یک کاهش مقطعی (همزمان با وقوع افزایش حجم پلاسما) در تعداد این سلول‌ها است، که به ترتیب آن را دلیل کم خونی نسبی یا واقعی می‌دانند. ترکیبی از ورزش و سازگاری با گرما، [که این پدیده هم به نوبه خود سبب هیپرولمی^۱ (پرحجمی خون) ولی به نسبتی کمتر از تمرینات ورزشی می‌شود] پرحجمی را افزایش می‌دهد. این پدیده به تنهایی به وسیله تمرینات ورزشی نیز ایجاد می‌شود. بروز این پدیده، خیلی سریع است: پرحجمی، چند دقیقه یا چند ساعت پس از قطع ورزش هنوز قابل مشاهده است. بنابراین، برای اینکه افزایش حجم پلاسما، پس از یک دو ماراتون یا یک مسابقه ورزشی طولانی

به حداکثر خود برسد، ۲ روز وقت لازم است. دامنه افزایش طبیعی پلاسما، بین ۹ تا ۲۵ درصد است که با افزایش پلاسما به میزان ۳۰۰ تا ۷۰۰ میلی لیتر برابر است. اندازه تغییر افزایش حجم پلاسما به روش‌های تمرینی، وابسته است که این روش‌ها عبارتند از: محدودیت‌های تمرین، شدت و مدت تمرینات، وضعیت بدنی و تعداد جلسات تمرین. هر چقدر کاهش حجم پلاسما در طی تمرین بیشتر باشد، به همان اندازه، هیپرولمی پس از تمرین، بزرگتر خواهد بود. همچنین محلول شدن مواد در آب بدن افراد قبل و در جریان تمرینات، ممکن است تغییرات حجم پلاسما را به دنبال داشته باشد. نوشیدن به اندازه کافی آب، می‌تواند موجب افزایش حجم پلاسما حتی در طی تمرینات طولانی مدت شود.

هورمون‌های تنظیم‌کننده مایعات (آلدوسترون، وازوپرسین آرژنین و فاکتور آزادکننده سدیم عروق کلیوی^۱) که با افزایش مقدار پروتئین پلاسما در ارتباط هستند، هیپرولمی را بالا می‌برند. با وجود این، نقش و مکانیزم افزایش پروتئین‌های پلاسما، همچنان ناشناخته باقی مانده است و در ضمن نقش هورمون‌ها در به وجود آمدن هیپرولمی مزمن سؤالی است که هنوز پاسخی بدان داده نشده است. هیپرولمی می‌تواند از طریق افزایش حجم ضربه‌ای و حداکثر برون‌ده قلبی، سبب به گردش در آمدن خون و مایعات در عضله در هنگام اجرای فعالیت‌های ورزشی شود. همچنین، افزایش حجم پلاسما از طریق ازدیاد جریان خون پوست، واکنش‌های تنظیم‌کننده دمای بدن در حین تمرین را بهبود می‌بخشد. سرانجام این بحث، منجر به اهمیت مفهوم پلاسما و هماتوکریت مطلوب (رضایت‌بخش) در ارتباط با اجرای تمرینات ورزشی می‌شود.

واژه‌های کلیدی:

استقامت - ورزش - پلاسما - هورمون - الکترولیت - ورزشکار - حجم پلاسما - پرحجمی پلاسما.

مقدمه:

ورزش‌های استقامتی شدید و تمرینات طولانی مدت هر دو با افزایش حجم خون همراهند که این موضوع به طور عمده، به دلیل افزایش خیلی زیاد حجم پلاسماست تا زیاد

1 - Atrial natriuretic factor.

شدن تعداد گلبول های قرمز خون یا مقدار هموگلوبین. اولین سری مطالعات در خصوص این پدیده، در سال ۱۹۴۹م، انجام شده و تاکنون محققان بی شماری هیپرولمی ناشی از تمرین را در افراد آدمی (زنان و مردان) و حیوانات - هردو - بررسی کرده اند. علاوه بر تمرینات و ورزشهای استقامتی، تمرینات ورزشی بسیار شدید اینتروال نیز ممکن است، حجم پلازما را به طور قابل ملاحظه ای افزایش دهد بر عکس، استراحت (خوردن و خوابیدن) یا بی تمرینی (یا کاهش تمرینات) منتج به کاهش سریع حجم پلازما می شود.

به طور طبیعی دامنه افزایش طبیعی حجم پلازما، بین ۹ تا ۲۵ درصد است که به عنوان مثال، برابر با افزایش حجم پلازما به میزان ۳۰۰ تا ۷۰۰ میلی لیتر است، البته مقدار تغییر واقعی به اندازه و دوره زمانی افزایش حجم پلازما، بستگی دارد. بعلاوه، قرار گرفتن در محیط گرم و سازش با آن، باعث هیپرولمی می شود که دامنه تغییرات حجم پلازما بر اثر گرما، کوچکتر از تغییرات ناشی از تمرینات ورزشی است. برعکس، ترکیبی از سازگاری با گرما و تمرینات ورزشی منجر به افزایش زیادتری در حجم پلازما نسبت به تمرینات ورزشی به تنهایی می شود (۱۸+ درصد در مقابل ۱۲+ درصد).

جابه جایی مایعات و پروتئین های موجود در خون، در هنگام تمرینات، ممکن است تغییرات حجم پلازما در دوره بازگشت به حالت اولیه را مورد تعدیل قرار دهد. این تغییرات می تواند شامل، رقیق شدن یا غلیظ شدن خون شود که این حالت به نوع تمرین، شدت تمرینات، محدودیت های تمرین وابسته است. در اکثر مواقع و به طور سیستماتیک، زمانی که تمرین در یک شرایط آب و هوایی خیلی گرم انجام شود، طبعاً غلیظ شدن خون (افزایش غلظت خون) نمودار می شود و پاسخ غالب به این شرایط است. مکانیزم افزایش غلظت خون در این شرایط، نه تنها ناشی از کاهش مایعات بوده (که خود به دلیل افزایش عرق کردن است)، بلکه عمدتاً به سبب توزیع مجدد جریان خون و نیروی محرکه مبادله خون در شبکه های مویرگی است. (به عنوان نمونه، تغییرات فشار هیدرواستاتیکی و افزایش فشار تورمی بافت های فعال). مقدار هیپرولمی پس از تمرینات ورزشی را با مقدار افزایش غلظت خون ناشی از تمرینات مرتبط می دانند، یعنی شکل گیری ترکیب مجدد پلازما بلافاصله پس از توقف تمرینات استقامتی و حتی بعد از تمرینات بسیار شدید به نحو بارزی تسریع می شود که باعث تداوم افزایش حجم پلازما در دقایق یا ساعات پس از تمرینات می شود.

از آنجا که تغییرات حجم پلازما در جریان تمرین و نیز چگونگی افزایش حجم پلازما به دنبال سازگاری با گرما به طول جامع، مورد بررسی قرار گرفته است. پس در نتیجه مقاله حاضر، تلاش خود را بر نحوه هیپرولمی پس از تمرینات متمرکز کرده است. در این ارتباط، چهار محور اصلی که مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرند، عبارتند از:

الف) بررسی برخی از اشتباهات متدولوژیکی که در محاسبه تغییرات حجم پلاسما، مورد استفاده قرار گرفته است.

ب) فاکتورهای تنظیم کننده هیپرولمی (ازدیاد حجم خون).

ج) مکانیزم‌های فیزیولوژیکی نحوه شروع هیپرولمی (در این قسمت به طور عمده نقش پروتئین‌های پلاسما و عوامل تنظیم کننده هورمونی، مورد بررسی قرار می‌گیرد).

د) مفهوم و اهمیت فیزیولوژیکی هیپرولمی بخصوص در ارتباط با اجرای فعالیت‌های ورزشی؛ در این ارتباط وظایف دستگاه قلبی عروقی و مکانیزم‌های تنظیم کننده درجه حرارت بدن مورد بحث قرار می‌گیرند.

۱- بررسی اشتباهات فیزیولوژیکی در محاسبه تغییرات حجم پلاسما

اکثر روش‌های دقیق اندازه‌گیری حجم پلاسما در شرایط معمولی (حالت ثابت و یکنواخت) عبارت از «تکنیک نشانه گذاری آلبومین پلاسما»^۱ یا «تجزیه و تحلیل رنگ آمیزی آبی اوانس»^۲ است. با وجود این، یک فرض در مورد روش‌های متکی بر این نوع اندازه‌گیری‌های پروتئینی این است که مقدار پروتئین در جریان دوره اندازه‌گیری، ثابت باقی می‌ماند. در نتیجه و به همین دلیل، این روش‌ها نمی‌تواند در هنگام تغییرات کوتاه مدت حجم پلاسما کاربرد داشته باشد، زیرا زمانی که حجم پلاسما به سرعت دچار تغییر می‌شود، معمولاً پروتئین‌ها نیز شامل چنین تغییراتی می‌شوند.

افزایش حجم پلاسما، موجب رقیق شدن خون می‌شود که در نتیجه آن هماتوکریت و غلظت هموگلوبین کاهش می‌یابند. بنابراین، یک راه جایگزین برای اندازه‌گیری تغییرات حجم پلاسما، استفاده از تغییرات هماتوکریت یا تغییرات هماتوکریت و غلظت هموگلوبین - هردو - می‌باشد. اکثر روش‌های ساده‌ای که فقط با استفاده از هماتوکریت قابل انجام شدن است، نیاز به تعداد ثابتی از گلبول‌های قرمز خون و حجم ثابتی از سلول‌های قرمز برای مثال، (حجم ثابت میانگین گلبولی)^۳ دارد. برخی پژوهشگران گفته‌اند که استرس‌های گوناگون (مثل تمرینات بیشینه و زیر بیشینه، قرار گرفتن در معرض گرما و ارتفاع و خم شدن سر به طرفین)، اسمولاریته^۴، پلاسما را بین ۱- تا ۱۳+ میلی‌اسمول به کیلوگرم (mosm/kg) تغییر می‌دهد که در نتیجه آن الزاماً تغییری در حجم گلبول قرمز و حجم میانگین گلبولی به وجود نمی‌آید. به عبارت

1 - Plasma - albumin labelling techniques

2 - Evan's blue - dye analysis.

3 - Constant mean Corpuscular Volume.

۴ - osmolality، غلظت حلالیت یک محلول در واحد حلال است.

دیگر، هماتوکریت و هماتوکریت به اضافه غلظت هموگلوبین - هردو - زمانی که اسمولاریته پلاسما کمتر از ۱۳ میلی‌اسمول به کیلوگرم است، می‌توانند به منظور محاسبه تغییرات حجم پلاسما، در استرس‌های کوتاه‌مدت (کمتر از ۲ ساعت) مورد استفاده قرار گیرند. پژوهشگران، توانایی زیاد بدن را به منظور حفظ شاخص گلبول‌های قرمز خون (حجم میانگین گلبولی و هموگلوبین) در شرایط سخت و دشوار هنگامی که بدن با یک استرس شدید برای مثال، یک دو ماراتون مقابله می‌کند، تأیید کرده‌اند.

با وجود این، حتی اگر شواهد خوبی وجود داشته باشد که حجم گلبول قرمز ثابت باقی می‌ماند، هنوز این امکان وجود دارد که اشتباهاتی رخ دهند، زیرا متوسط هماتوکریت کل بدن همواره کمتر از هماتوکریت خون سیاهرگی یا سرخرگی است. در حالت استراحت (خوردن و خوابیدن) اشتباهات به وجود آمده، توسط پایین افتادن مقدار هماتوکریت اندازه‌گیری شده (به عنوان مثال نسبت هماتوکریت کل بدن به هماتوکریت محیطی) اندک و ناچیز هستند. به هر حال، اشتباهات بزرگتر زمانی به وجود می‌آیند که یک تغییر در گلبول قرمز نمونه خونی که برای مثال، در هنگام ورزش که خون مدام در حال حرکت و جابجایی است، تعمیم داده شود. در این گونه موارد، تغییرات هماتوکریت مستقل از به دست آوردن یا از دست دادن مایعات از طریق فضای درون رگی است و تغییرات نسبت سلول F ممکن است یک منشأ عمده اشتباه برای روش‌های اندازه‌گیری هماتوکریت و هموگلوبین باشد و از این رو نباید نادیده گرفته شود.

همچنین، تغییرات حجم پلاسما بواسطه تغییرات غلظت‌های پروتئینی پلاسما افزایش می‌یابد. ولی این روش به دلیل اینکه مقدار احتمالی افزایش پروتئین پلاسما در طی دوره بازگشت به حالت اولیه را ممکن است کمتر از مقدار واقعی برآورد کند، مورد اشکال است. بنابراین، در یک تحقیق، معلوم شده است که حجم پلاسما پس از گذشت سه روز از یک دو ماراتون که در آن تغییرات حجم پلاسما از طریق اندازه‌گیری هماتوکریت و تغییرات غلظت هموگلوبین، مورد محاسبه قرار گرفته‌اند، افزایش یافته است.

۲- عوامل تنظیم‌کننده هیپرولمی

مقدار افزایش حجم خون ناشی از تمرینات، توسط عوامل چندی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. برخی از این عوامل، مربوط به ورزش و نحوه تمرینات است و سایر عوامل به موقعیت افراد مربوط می‌شود.

۲-۱- ورزش و نحوه تمرینات

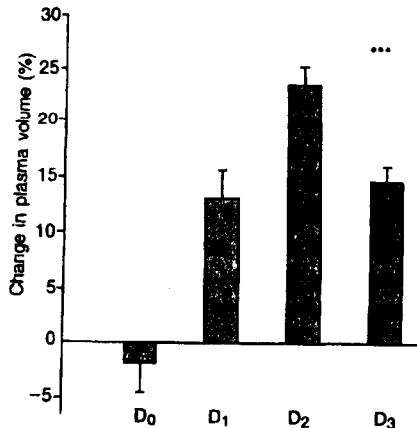
شدت تمرینات و ورزش، احتمالاً محرک اصلی افزایش حجم پلاسما ناشی از

تمرینات می‌باشد. تا سه روز پس از یک تمرین ورزشی خیلی شدید، ممکن است افزایشی معادله $11/6$ درصد در حجم پلاسما، به وجود آید. شدت ورزش به طور مستقیم نیز می‌تواند دامنه افزایش حجم پلاسما را بعد از تمرینات، تحت تأثیر قرار دهد. در این ارتباط، هر چقدر حجم زیاده‌تری از پلاسما در هر جلسه تمرین ورزشی کاهش یابد، به همان نسبت پاسخ هیپرولمی بعد از تمرین بزرگتر خواهد بود. این موضوع نشان‌دهنده آن است که هیپرولمی ناشی از تمرینات با شدت تمرین ارتباط دارد. پس از تمرینات، اندازه هیپرولمی بیشتر رابطه نزدیکی با مدت هر جلسه تمرین دارد تا طول کل جلسات تمرینی. در تحقیقی معلوم شده است که افزایش حجم پلاسمای به وجود آمده توسط تمریناتی که در روز به مدت ۲ ساعت انجام می‌شده‌اند، بالاتر از مقدار افزایش حجم پلاسمایی بوده که در جریان تمریناتی به دست آمده که مدت هر جلسه تمرین در روز، کمتر از ۲ ساعت بوده است.

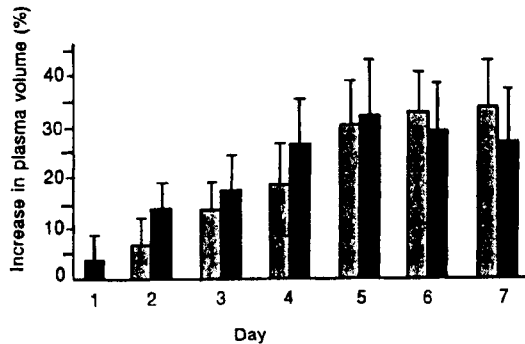
بنابراین، مشاهده شده است که یک جلسه تمرین ورزشی طولانی مدت به تنهایی نیز موجب افزایش حجم پلاسما می‌شود. افزایش حجم پلاسما به میزان ۱۱ درصد پس از یک مسابقه اسکی ۸۵ کیلومتری گزارش شده است. روش اندازه‌گیری در این تحقیق، تکنیک آبی اوانس بوده، در این شرایط ۶ لیتر از آب بدن کاسته شده و وزن بدن تا $5/5$ درصد کاهش داشته است. در جریان تمرینات استقامتی، اگر در خواست‌هایی به منظور تأمین خون عضلات و پوست وجود داشته باشد، افزایش غلظت خون رخ می‌دهد که پاسخی نامطلوب است. بنابراین، مناسب است که حجم پلاسما توسط به هزینه گرفته شدن آب درون سلولی و میان‌بافتی ثابت نگه داشته شود. «اشمیت و همکارانش»^۱ در سال ۱۹۸۹، افزایش مشابهی در حجم پلاسما (۱۶ درصد) بعد از یک دو ماراتون ملاحظه کرده‌اند. آنها این حداکثر افزایش را پس از آنکه ۲ روز تمام از دویدن گذشته بوده، به دست آورده‌اند. نتیجه مشابهی در حداکثر افزایش حجم پلاسما (۲۴ درصد) بعد از گذشت ۲ روز از برگزاری یک دو استقامتی ۲۴ ساعته گزارش شده است. (شکل ۱). این امکان وجود دارد که طولانی‌تر شدن مدت تمرین باعث شده است تا حداکثر مقدار هیپرولمی به دست آید.

همچنین تکرار تمرینات ورزشی ممکن است تأثیر معنی‌داری بر پاسخ حجم پلاسما داشته باشد. زمانی که اثر دو برنامه تمرینی هر پاسخ حجم پلاسما مورد بررسی قرار گرفته، ملاحظه شده است تمریناتی که به طور متوالی و پشت سر هم انجام می‌شوند، در مقایسه با برنامه‌ای که بین جلسات تمرینی ۱ تا ۲ روز بازگشت به حالت اولیه پیش‌بینی شده، موجب پاسخ بزرگتر حجم پلاسما شده است. در همین ارتباط زمانی که یک فرد تمرین کرده، مسافت

۳ × ۳/۳۳ مایل (۳ × ۵/۳ کیلومتر) را در ۵ روز پی در پی دویده، حجم پلاسمایس در پایان تمرینات تا ۱۹/۸ درصد افزایش داشته است، در حالی که همان دونه وقتی تمریناتش را به صورت ۱۰ × ۱ مایل (۱ × ۱۶ کیلومتر) یا ۵ × ۲ مایل (۲ × ۸ کیلومتر) برگزار کرده، در حجم پلاسمایس تغییری به وجود نیامده است. بعلاوه، پایدار ماندن حجم پلاسمایس افزایش یافته پس از گذشت ۲ روز از این برنامه های تمرینی ویژه ممکن است برای برنامه های تمرینی کاربردهایی داشته باشد. نمونه مشابهی از افزایش پیش رونده حجم پلاسمایس به خاطر تکرار شدن تمرینات بعد از گذشت ۷ روز از تمرینات دارای فشار زیاد توسط «ویلیامز و دستیارانش»^۱ در سال ۱۹۷۹ م به دست آمده است. در جریان یک مسابقه اسکی صحرانوردی که به مدت ۷ روز برگزار شده، نتایج مشابهی (یافته ها هنوز منتشر نشده است) در افزایش تدریجی حجم پلاسمایس از ۴ درصد در روز اول تا ۲۲ درصد در روز پنجم گزارش شده است (شکل ۲). الگوی مشابه دیگری در جریان یک مسابقه دو جاده که به مدت ۲۰ روز برگزار شده، توضیح داده شده است که در این پژوهش بیشترین کاهش در غلظت هموگلوبین و مقدار هماتوکریت در طی ۵ روز اول، ملاحظه شده است. این نتایج نشان می دهد که ممکن است، عواملی وجود داشته باشند که هیپرولمی را محدود می کنند.



شکل ۱ - درصد تغییرات در حجم پلاسمایس که از طریق ارزش های هماتوکریت و هموگلوبین بلافاصله پس از مسابقه (D₀) و در جریان سه روز اول پس از یک دوی استقامتی ۲۴ ساعته (D₁, D₂, D₃) محاسبه شده است (ارزش ها عبارت از میانگین ها ± انحراف معیار هستند). مقایسه ها که با استفاده از آزمون فریدمن انجام شده حاکی از این است که تغییرات روی هم رفته معنی دار بوده اند.



شکل ۲- افزایش حجم پلاسما (محاسبه شده از هماتوکریت و هموگلوبین) در جریان یک مسابقه اسکای دور کشوری ۷ روزه. اندازه گیری قبل (□) و بلافاصله بعد از (■) روز مسابقه بر روی ۱۱ آزمونی انجام شده است (میانگین \pm انحراف معیار). ارزش های هماتوکریتی در اوّل صبح به عنوان کنترل محاسبه شده است.

نتیجه اینکه، شدت تمرینات یکی از مهمترین عوامل مؤثر در هیپرولمی است. بعد از تمرینات طولانی مدّت، نیز مشاهده شده است که افزایش حجم پلاسما رخ می دهد ولی این افزایش پس از گذشت یک روز از تمرین یا روز بعد از مسابقه، ظاهر می شود. برای تمریناتی که روزانه تکرار می شوند، یک افزایش پیش رونده در هیپرولمی وجود دارد و بیشتر تغییرات بخصوص در طی ۵ روز اوّل تمرینات به دست آمده اند.

۲-۲- شرایط تمرینی ورزشکار

سطح اولیه آمادگی جسمانی افراد بر تغییرات حجم پلاسما اثر می گذارد. نظر به اینکه در اشخاص برخوردار از آمادگی جسمانی خوب، هیپرولمی ناشی از تمرین قبلاً به وجود آمده است، در نتیجه بیشتر شدن حجم پلاسما در چنین افرادی سخت و دشوار است. برای کسانی که با گرما سازگاری پیدا کرده و آنها نیز پیش از این دچار افزایش حجم پلاسما شده اند، نتیجه مشابهی را می توان پیش بینی کرد.

وضعیت آب بدن افراد چه در قبل از شروع ورزش و چه در هنگام ورزش ممکن است باعث ایجاد تغییراتی در حجم پلاسما گردد، بخصوص اگر تمرینات دراز مدت در یک هوای خیلی گرم انجام شود. در چنین شرایطی که فرد بر اثر عرق کردن دچار کمبود شدید آب می شود، حرکت مایعات بدن از فضای درون رگی (پلاسما) به طرف فضای میان بافتی تحریک شده و موجب کاهش در حجم پلاسما می شود. در جایگزینی مایعاتی که در اثر عرق کردن از دست

می روند، چنانچه قبل یا همزمان با تمرین صورت پذیرد، نشان داده شده است که انتقال مایعات را از خون به طرف مایع میان بافتی تغییر می دهد. اگر بعد از شروع ورزش، مایعات از طریق نوشیدن محلول ایزوتونیکی^۱ سوکروز^۲ دارای الکترولیت جایگزین شود، بسرعت منجر به هیپرولمی ایزوموتیک (Isomotic) پلاسما می شود. بنابراین، نوشیدن مکرر آب در جریان تمرینات طولانی مدت و در هوای داغ، حتی زمانی که افراد بدنشان به مقدار طبیعی آب دارد و مایعات مصرفی آنها برابر با مقدار آبی است که از دست می دهند، می تواند منجر به افزایش حجم پلاسما شود. به عبارت دیگر، نتایج متعدد حاصل از تحقیقات انجام شده بر آب بدن نشان می دهد که نوشیدن مایعات به اندازه کافی نه تنها می تواند حجم پلاسما را حفظ کند، بلکه موجب افزایش حجم پلاسما در طی تمرینات می شود.

پس از جلسات تمرینی که منجر به کاهش حجم پلاسما شده است بلافاصله افزایش حجم پلاسما به وجود می آید، در نتیجه وضعیت بدن می تواند هیپرولمی ناشی از تمرین را تغییر دهد. در این رابطه گزارش شده است که کاهش حجم پلاسما در جریان ورزش هایی که به صورت تاق باز (به پشت خوابیده) انجام می شوند، بزرگتر است.

هیپرولمی که در مردان رخ می دهد، مشابه زنان است. در پژوهشی بعد از ۸۰ دقیقه ورزش که در حدود ۷۰ درصد Vo_2Max شدت داشته و در یک آب و هوای سرد انجام می شد، افزایشی به مقدار ۷ درصد در حجم پلاسما گزارش شده است. بعد از چهار هفته تمرین روی یک دوچرخه کارسنج، افزایش در حجم پلاسما فقط ۹/۷ درصد بوده که کمتر از مقداری است که در مورد مردان گزارش شده است. بنابراین، شدت کمتر (۴۵ درصد $Vo Max$) و مدت بیشتر (۴۰ دقیقه) می تواند بیان کننده این اختلاف نزد دو جنس باشد. تاکنون، هیچ مطالعه ای که در آن افزایش حجم پلاسما در زنان و مردان تحت شرایط یکسان تجربی مورد بررسی قرار گرفته باشد، گزارش نشده است. در تحقیقات انجام شده موارد مختلفی وجود داشته است که عبارتند از: نوع دوچرخه کارسنج، تکنیک های اندازه گیری، شدت تمرینات، درجه حرارت، سطح تمرینی آزمودنی ها، وضعیت بدنی افراد در جریان تمرینات، نمونه خون و غیره. در این خصوص هیچ گونه سوابقی در مورد کودکان موجود نیست.

۱ - Isotonic، دارای فشار اسمزی مساوی (دارای یک غلظت).

۲ - Sucrose، قندی است که از چغندر و نیشکر به دست می آید، دی ساکاریدی است که در بدن به لولوز و

گلوکز تبدیل می شود.

۳- مکانیزم‌های فیزیولوژیک ایجادکننده هیپرولمی

به نظر می‌رسد پیدایش هیپرولمی که از طریق افزایش مقدار آب درون رگی به وجود می‌آید، نتیجه تغییر در بیش جبرانی پس از کاهش شدید حجم پلاسما و ازدیاد اسمولاریته، باشد که خود نتیجه تمرینات استقامتی هستند. همچنین به دلیل آنکه در معرض دائمی گرما بودن نیز موجب افزایش شدید حجم خون می‌شود، پس سهم عوامل گرمایی در ایجاد هیپرولمی ناشی از تمرینات به میزان ۴۰ درصد برآورد شده است، در حالی که سهم عوامل دیگر (عوامل غیرگرمایی) ۶۰ درصد باقیمانده است. مکانیزم‌های ویژه‌ای که پس از تمرینات ورزشی طولانی مدت یا دوره‌های تمرینی باعث رقیق شدن خون می‌شوند، هنوز به طول کامل شناسایی نشده‌اند. در جریان دوره بازگشت به حالت اولیه (بازیافت)، فشارهای بافتی و هیدرواستاتیکی که موجب انتقال مواد از مویرگ‌ها می‌شوند، احتمالاً به مقادیر پیش از تمرین باز می‌گردند و اسمولاریته و غلظت الکترولیت‌های پلاسما با وجود افزایش حجم پلاسما، در کل، بدون تغییر باقی خواهند ماند. بنابراین، این موضوع نشان می‌دهد که مجموعه عوامل اسمزی^۱ به عنوان مثال، مقدار الکترولیت‌ها و میزان پروتئین‌ها افزایش می‌یابند. نتیجه اینکه، تجمع آب در فضای درون‌رگی احتمالاً به دلیل انباشته شدن هم پروتئین‌ها و هم الکترولیت‌ها (به طور عمده سدیم) در داخل رگ‌ها و تحت نظارت و کنترل هورمونی است.

۳-۱- هیپرولمی و پروتئین‌های پلاسما

قبل از تمرینات ممکن است آب پلاسما از بافت‌های فعال تأمین شود. با شروع تمرینات ورزشی، اسمولاریته عضلانی افزایش می‌یابد و در نتیجه، عضلات آب خود را از دست نمی‌دهند. این اطلاعات نشان می‌دهد که در پاسخ رقیق شدن خون به تمرینات طولانی مدت، عواملی درگیر می‌شوند. طبق اطلاعات موجود، نقش هورمون‌های آلدوسترون و آزوپرووسین آرژنین در به وجود آمدن هیپرولمی که بلافاصله بعد از تمرینات ظاهر می‌شود، حائز اهمیت‌اند، ولی این هورمون‌ها دلیل تداوم (پایداری) هیپرولمی در دوره بازگشت به حالت اولیه نیستند. ورود پروتئین‌ها به داخل پلاسما و بالا رفتن ظرفیت اتصال ملکول‌های آب به آنها در اواخر دوره بازیافت، ممکن است موجب رقیق شدن خون شوند.

۱ - Osmotic، یا اسمزی، تراوش مایع از خلال یک برده نیمه تراوا به طرف مایع غلیظ را گویند.

در بین بررسی های مختلف، فقط مطالعات «وید و همکارانش»^۱ در سال ۱۹۸۵م این فرضیه را مورد تأیید قرار داد که افزایش مداوم فعالیت رنین پلازما، ازدیاد مقادیر وازوپرووسین آرژنین و آلدوسترون مسئول افزایش سدیم کلیوی و محبوس ماندن آب برای هیپرولمی ناشی از تمرینات هستند. آنها دریافته اند که تداوم دوهای طولانی مسافت به مدت بیشتر از ۲۰ روز، موجب افزایش مقادیر آلدوسترون در هنگام استراحت می شود که نتیجه آن، کاهش مقدار دفع سدیم است. در عین حال، هنوز معلوم نیست که افزایش خیلی زیاد آلدوسترون در هنگام استراحت چگونه بر ورزش های طولانی مدت تأثیر می گذارد.

آثار تمرینات استقامتی بر مقادیر آلدوسترون، وازوپرووسین آرژنین و فعالیت رنین پلازما، در حالت استراحت و پاسخ این هورمون ها به ورزش، ضد و نقیض است. تاکنون، هیچ رابطه معنی داری بین تغییرات غلظت این هورمون ها و هیپرولمی ناشی از تمرینات، به دست نیامده است. بعلاوه، اعمال هورمونی بستگی به تغییرات در تراکم، حساسیت، کوفاکتورها و ... پذیرنده های آنها دارد. «فروند و دستیارانش»^۲ در سال ۱۹۸۷ م پیشنهاد کرده اند که کنترل فعالیت رنین پلازما در ورزشکاران تمرین کرده استقامتی مورد تعدیل قرار می گیرد که به نظر می رسد مایعات بدن را نگهداری می کند. به همین لحاظ، کاهش آستانه فشار اسمزی و میزان حساسیت حجم پلازما برای فعالیت رنین پلازما، می تواند توجیهی باشد که چرا پاسخ ها به نوشیدن آب در موقعیت تاق باز و غوطه وری در آب ضعیف می شود. به عنوان مثال، دفع ادرار در افراد آماده نسبت به گروه های تمرین نکرده، کاهش می یابد.

هورمون دیگری که تصور می شود در هموستاز مایعات بدن، نقشی به عهده دارد؛ عامل آزادکننده سدیم عروق کلیوی است که توسط دهلیزها ترشح می شود. مقدار این هورمون در جریان ورزش افزایش می یابد، زیرا گزارش شده است که تحریک اولیه ای که مسئول آزاد شدن آن (به عنوان مثال فشار و انبساط دهلیزی) است با تمرینات ورزشی، افزایش می یابد. آثار کلیوی فاکتور آزادکننده سدیم عروق کلیوی، عبارت از افزایش جریان ادرار و خروج سدیم و ایجاد ممانعت از ترشح رنین توسط کلیه ها است. نتیجه آن که، هورمون مذکور در مقایسه با هورمون های نگهدارنده (حبس کننده) مایعات بدن از قبیل؛ فعالیت رنین پلازما، آلدوسترون و وازوپرووسین آرژنین دارای اعمال مخالفی است. در جریان ورزش های استقامتی اثر یکجای (روی هم رفته) آلدوسترون، وازوپرووسین آرژنین، فعالیت رنین پلازما و فاکتور آزادکننده سدیم

عروق کلیوی بر کلیه‌ها صرفنظر از اینکه مقدار عامل آزادکننده سدیم عروق کلیوی افزایش می‌یابد یا خیر، یک اثر ضد ادراری است. در ساعات ابتدایی دوره بازگشت به حالت اولیه، غلظت ANF به طور معنی‌داری کمتر از مقدار آن قبل از مسابقه است و نتیجه آن حبس آب و سدیم به دنبال فعالیت هورمون‌های آلدوسترون و وازوپرووسین آرژنین است. پس از گذشت ۲۴ ساعت از دوره بازگشت به حالت اولیه، به نظر می‌رسد که هیپرولمی همانند وازوپرووسین آرژنین، مانع از آزاد شدن ANF شود. نقش عامل آزادکننده سدیم عروق کلیوی در هیپرولمی ناشی از تمرینات شدید ورزشی بروشنی شناخته نشده است. هیچ تفاوت معنی‌داری در ارزشهای ANF در هنگام استراحت یا تمرینات بیشینه ورزشی بین افراد تمرین کرده و تمرین نکرده، گزارش نشده است. با وجود این، در پاسخ به تمرینات در برخی فشارهای کاری ثابت (مطلق)، مقدار فشار دهلیز راست پس از تمرینات ورزشی افزایش می‌یابد، پس ممکن است در افراد تمرین کرده استقامتی، تغییراتی در حساسیت به این نیرو، وجود داشته باشد. بنابراین، نقش عامل آزادکننده سدیم عروق کلیوی در تنظیم مایعات و بویژه در هیپرولمی ناشی از تمرینات، همچنان در پرده ابهام است.

نتیجه اینکه، به نظر می‌رسد هورمون‌های تنظیم‌کننده مایعات بدن ممکن است در محبوس نگه داشتن آب و سدیم که باعث به وجود آمدن هیپرولمی در جریان تمرین و ساعات ابتدایی دوره بازگشت به حالت اولیه می‌شوند، نقشی را به عهده داشته باشند. نقش و مکانیزم افزایش مقدار پروتئین‌های پلاسما، همچنان نامعلوم است. انتقال پروتئین‌ها به فضای درون‌رگی، ممکن است دلیل رقیق شدن خون در اواخر دوره بازگشت به حالت اولیه باشد. افزایش حجم پلاسما احتمالاً بواسطه تکرار تمرینات، ادامه می‌یابد.

۴- اهمیت فیزیولوژیکی هیپرولمی

در هنگام ورزش و تمرینات، خون به منظور تأمین نیازهای متابولیکی، به سوی عضلات در حال فعالیت، جریان می‌یابد و از سوی دیگر، لازم است تا خون برای تأمین نیازهای انتقال حرارت، توسط دستگاه تنظیم‌کننده درجه حرارت بدن، توزیع و تقسیم شود. در ضمن جابه‌جایی مایعات و کاسته شدن از مایعات میان‌بافتی که بخشی از آن به عروق تبدیل می‌شود، امکان پیدایش هیپرولمی را فراهم می‌سازد. این شرایط بر روی هم، موجب می‌شود تا تنظیم درجه حرارت و جریان گردش خون به مخاطره افتد.

بنابراین، در افراد تمرین‌کرده یا خوگرفته با آب و هوای خیلی گرم، هیپرولمی، کاهش

زیاد آب بدن را قبل از آنکه حجم پلاسم به شرایط پیش از تمرین یا قبل از سازش با گرما برسد، قابل تحمل می‌سازد. در نتیجه، این تصور که هیپرولمی می‌تواند، اجرای فعالیت ورزشی را از طریق گردش بهتر خون و مایعات و عضله، به وسیلهٔ جلوگیری از کاهش برون‌ده قلب به عنوان کاهش حجم پلاسم در هنگام تمرین، بواسطهٔ تسهیل در تنظیم درجهٔ حرارت بدن (با سرعت بخشیدن به جریان خون پوستی) بهبود بخشد، قابل قبول دانست. گاهی اوقات اختلافاتی که در نتایج منتشر شده، مشاهده می‌شود، عمدتاً به دلیل روش‌های مختلف تحقیقاتی است. پاسخ‌های قلبی بعد از هیپرولمی ناشی از تمرین و بعد از هیپرولمی که به‌طور مصنوعی به وجد می‌آید، احتمالاً دارای تفاوت‌هایی هستند. بعلاوه، پاسخ‌های فیزیولوژیک نیز به مقدار افزایش حجم پلاسم وابسته است.

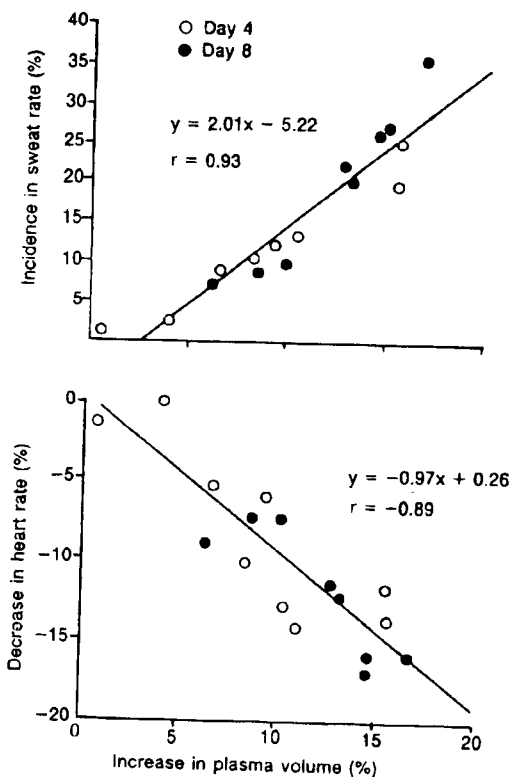
۴-۱- هیپرولمی و اجرای فعالیت ورزشی

دربارهٔ اینکه آیا افزایش حجم پلاسم، اثر بالقوه‌ای بر حداکثر اکسیژن مصرفی ($Vo_2 \text{ Max}$) دارد یا خیر، نقطه‌نظرات گوناگونی، مطرح شده است. «کانورتینو و همکارانش»^۱ در سال ۱۹۸۳ م مشاهده کرده‌اند که وقتی پس از ۸ روز تمرینات استقامتی، حجم پلاسم تا ۱۲/۲ درصد افزایش یافته، حداکثر اکسیژن مصرفی تا ۸ درصد زیاد شده است. در تحقیق دیگری که در آن، دوندگان ماراتون، مسافت ۳۱۲ مایل (۵۰۰ کیلومتر) را به مدت ۲۰ روز در قالب یک مسابقهٔ جاده‌ای دویدند، ملاحظه شده است، با وجود آنکه غلظت هموگلوبین و هماتوکریت آنها، ۱۶ درصد کاهش داشته، ولی هیچ تغییر معنی‌داری در سرعت دویدن آنها مشاهده نشده است. در ضمن، چهار تن از آنها توانسته‌اند، رکوردهای شخصی خودشان را در روز آخر، پشت سرگذارند. در موش‌ها، تزریق عاملی به نام «پلی‌اتیلن گلیکول» که باعث افزایش حجم پلاسم، به میزان ۲۰ درصد شده، زمان استقامتی را بهبود بخشیده است. مقدار کاهش $Vo_2 \text{ Max}$ بعد از تمرینات، زمانی به سطح افراد تمرین کرده بازگشت می‌کند که حجم خوه به سطح مشابهی متناسب با زمانی که افراد در حال تمرین کردن هستند، رسانده شد. همین‌طور، هیپرولمی مشاهده شده در افراد خوگرفته با گرما، با وجود رقیق شدن خون، موجب کاهش $Vo_2 \text{ Max}$ نشده است. بنابراین در پژوهشی گزارش شده که افزایش حجم پلاسم به‌طور تجربی، تأثیری بر زمان استقامت نداشته است. در پژوهش دیگری که در سال ۱۹۸۷ م، توسط «گرین و

همکارانش^۱ انجام شده، یک برنامه تمرینی که ۴ روز به درازا انجامیده و حجم پلازما تا ۲۰/۳ درصد افزایش یافته، افزایشی در Vo_2 Max، گزارش نشده است. طبق اطلاعاتی که توسط این پژوهشگران ارائه شده، افزایشی که در Vo_2 Max توسط دیگر محققان به دست آمده، به خودی خود نمی‌تواند دلیل افزایش حجم پلازما باشد، بلکه مانند برخی دیگر از سازگاریهای ناشی از تمرین، عمل مستقلی است یا حداقل همراه با هیپرولمی است. بعلاوه، هموستاز انرژی عضله حتی در تمریناتی که تا ۲۱ درصد منجر به افزایش حجم پلازما شده، تغییری نداشته است.

۴-۲- هیپرولمی و تغییرات قلبی عروقی

اگر Vo_2 Max افزایش یابد، ممکن است با تغییرات قلبی عروقی که وابسته به افزایش حجم پلازما هستند، رابطه نزدیکی داشته باشد. افزایش حجم پلازما، بدون اینکه تغییری در کل گلبول‌های قرمز خون به وجود آید، منجر به آنمی (کم‌خونی) شود. این پدیده، همراه با کاهش غلظت هموگلوبین و ظرفیت حمل اکسیژن خون سرخرگی است. این کاهش‌ها می‌تواند، اکسیژن در دسترس عضلات و همچنین، استفاده عضلات از اکسیژن را جدأ به خطر اندازد. در این شرایط، ممکن است مکانیزم‌های جبران‌کننده، وارد کارزار شوند. پاسخ قلب و عروق به ورزش، به طور عمده از طریق ضربه‌ای می‌باشد. در این باره، تمام محققان متفق‌القول هستند که وقتی هیپرولمی به مقدار ۳۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌لیتر افزایش می‌یابد، حجم ضربه‌ای در زمان تمرین نیز بین ۱۰ تا ۲۰ درصد زیاد می‌شود. زمانی که خون بازگشتی افزایش می‌یابد، فشار ناشی از پرشدن بطن‌ها، نیز زیاد می‌شود که به این ترتیب و طبق قانون استارلینگ، حجم ضربه‌ای را افزایش می‌دهد. این وضعیت، موجب کاهش تواتر قلبی در هنگام تمرینات بیشینه و زیر بیشینه گشته و حداکثر برون‌ده قلبی را نیز افزایش می‌دهد. شکل شماره (۳) بوضوح نشان می‌دهد که رابطه معنی‌دار بالایی بین حجم پلازما و کاهش حداکثر تعداد ضربان قلب، وجود دارد. برعکس، افزایش حجم پلازما یا کاهش آب بدن که به دنبال استراحت کردن (خوردن و خوابیدن) ایجاد می‌شود، حجم ضربه‌ای را کاهش داده و سبب یک ضربان قلب بیشتر و برون‌ده قلبی کمتری نسبت به گروه کنترل می‌شود. در عین حال، آثار سودمند افزایش حجم پلازما، در این شرایط احتمالاً محدود می‌شود.



شکل ۳- رابطه بین افزایش حجم پلازما و تغییرات مزمن عرق ریزی و ضربان قلب در جریان ۲ ساعت کار با ۶۵ درصد Vo_2 max در روزهای چهارم تا هشتم تمرینات ورزشی. ضریب همبستگی برای مقدار عرق ریزی در مقابل حجم پلازما، عبارت از $r = 0/93$ ، $P < 0/05$ و برای تعداد ضربان قلب در حجم پلازما، عبارت از $r = 0/89$ ، $P < 0/05$ بوده است.

طبق اظهارات «هوپر و دستیارانش»^۱ به نظر می‌رسد که اگر حجم پلازما در اشخاصی تمرین نکرده به مقدار ۴۰۰ میلی لیتر افزایش یابد، می‌تواند برای ازدیاد حجم ضربه‌ای - زمانی که حالت رقت خون به حداقل خود می‌رسد- مناسب باشد. هنگامی که افزایش حجم پلازما به بیشتر از ۷۰۰ میلی لیتر رسیده، تأثیری در بالا بردن حجم ضربه‌ای، نداشته است. با وجود این، همان دانشمندان نشان داده‌اند که در افراد تمرین کرده، اگر فرض شود که افزایش حجم ضربه‌ای آنها، مثل گروه غیرمتحرک است، تزریق اضافی به میزان ۴۰۰ میلی لیتر محلول «دکستران» اثر

ناچیزی بر حجم ضربه‌ای در جریان تمرینات خواهد گذاشت. این نتایج، یافته‌های «کوئل و دستیارانش»^۱ را که در سال ۱۹۹۰ م به دست آورده‌اند، تأیید می‌کند. به عبارت دیگر، چنین به نظر می‌رسد که بین افزایش حجم پلاسما و رقیق شدن خون از یک طرف و کاهش حداقل محتوی اکسیژن خون سرخرگی و ویسکوزیتهٔ مطلوب از طرف دیگر تفاوت‌هایی وجود دارد. پس، این موضوع به این نکته اشاره دارد که هماتوکریت مطلوب، جریان بهتر خون در عضلات را بدون اینکه کاهشی در اکسیژن و ظرفیت‌های بافری خون به وجود آید، میسر می‌سازد.

۴-۳- هیپرولمی و تغییرات سیستم تنظیم‌کنندهٔ دمای بدن

هیپرولمی ناشی از افزایش تزریقات زیر جلدی، توانایی بدن برای تنظیم درجه حرارت (دمای) بدن را در هنگام تمرینات افزایش می‌دهد. هیپرولمی، ممکن است عرق‌ریزی را زیاد کند که این عمل بیشتر از طریق مایعات میان‌بافتی، صورت می‌گیرد (شکل ۳). اگر تزریقات زیر جلدی، به مقدار بیشتری انجام شود، اندازهٔ عرق‌ریزی را افزایش می‌دهد و در نتیجه، دمای مرکزی بدن کاهش می‌یابد. همچنین، گزارش شده است، افرادی که قبل از تمرین به اندازهٔ کافی آب نوشیده‌اند، پاسخ‌های تنظیم‌کنندهٔ دمای بدن آنها، بهبود یافته است. برعکس، دمای مرکزی بدن، در اشخاص مبتلا به کاهش آب بدن به مراتب بیشتر از کسانی بوده که بدنشان از مقدار آب طبیعی برخوردار بوده است.

هیپرولمی، در افراد تمرین‌کرده در بیشتر اوقات سودمند است، زیرا آنها نسبت به اشخاص غیرمتحرک بیشتر عرق می‌کنند. آنها یون‌های کمتری در هر لیتر عرق از دست می‌دهند ولی روی هم رفته، مقدار آب و الکترولیت بیشتری از دست می‌دهند. اهمیت نقش حجم پلاسما، نسبت به افزایش حجم خون در تنظیم درجهٔ حرارت بدن به وسیلهٔ یافته‌های «فورتنی و همکارانش»^۲ در سال ۱۹۸۱ م حمایت شده است. آنها در نخستین مطالعهٔ خود، در سال ۱۹۸۱ داده‌اند که وقتی کل حجم خون افرادی که دوباره ۱۰ درصد از کل خون خودشان را به آنها تزریق کرده‌اند، افزایش یافته است، درجهٔ حرارت مرکزی بدنشان، در هنگام یک ورزش دوچرخه‌سواری ۳۰ دقیقه‌ای (که مقدار فشار در آن ۶۰ درصد VO_2 Max بوده)، کاهش نیافته است. برعکس، در تحقیقات بعدی که با همان شرایط تجربی قبلی برگزار گردیده، تزریق سرم آلبومین ایزوتونیک باعث افزایش حجم خون به مقدار ۸ درصد شده و در نتیجه کاهش معنی‌داری در دمای بدن در موقع تمرینات مشاهده نشده است. بنابراین، گزارش کرده‌اند که

عملکرد دستگاه تنظیم‌کننده درجه حرارت بدن، به دنبال افزایش حجم پلاسمای (۱۳ درصد) ناشی از تزریق آلبومین، بهتر نشده است. اختلافات یادشده فقط به دلیل تفاوت‌های روش شناسی است. در این تحقیق احتمالاً شدت تمرینات (راه رفتن با ۴۵ درصد Vo_2 Max) به اندازه‌ای کم بوده که موجب تغییراتی در سیستم تنظیم‌کننده درجه حرارت بدن نشده است. نتیجه آنکه هر چند افزایش حجم پلاسمای، باعث بهتر شدن اجرای فعالیت‌های ورزشی به گونه‌ای ملموس نمی‌شود ولی هیپروولمی ناشی از تمرینات اثر سودمندی بر افزایش پاسخهای قلبی عروقی و سیستم تنظیم‌کننده درجه حرارت بدن دارد.

۵- نتیجه گیری

ورزشهای استقامتی و تمرینات ورزشی طولانی‌مدت، موجب هیپروولمی می‌شوند. هر چند این پدیده، به طور چشمگیری مورد مطالعه قرار گرفته است ولی هنوز چندین نکته عمده در این خصوص روشن نشده که عبارتند از:

۱- نقش واقعی پروتئین‌ها و جابه جایی مایعات بین قسمتهای مختلف درونی و بیرونی عروق در هنگام تمرینات که شامل؛ شرایط بعد از افزایش حجم پلاسمای و مکانیزم افزایش مقدار پروتئین‌های پلاسمای، در دوره بازگشت به حالت اولیه است.

۲- نقش هورمون‌های تنظیم‌کننده مایعات در ایجاد هیپروولمی طولانی‌مدت.

بعلاوه، مسائل دیگری که مطرح هست این است که: آیا افزایش حجم پلاسمای، در واقع اجرای فعالیت‌های ورزشی، پاسخ‌های تنظیم‌کننده درجه حرارت بدن و قلبی و عروقی را بهبود می‌بخشد یا خیر؟ با توجه به اینکه ورزشکاران استقامتی اغلب هماتوکریت کمتری نسبت به افراد تمرین نکرده نشان می‌دهند، آیا امکان دارد که یک هماتوکریت مطلوب را مشخص کرد؟ بنابراین، چندین گزارش منتشر شده است که ادعا می‌کنند، آثار سودمندی که از طریق انجام تمرینات ورزشی در ارتفاع زیاد بر اجرای فعالیت‌های ورزشی ایجاد می‌شود، دلایلی برای افزایش هماتوکریت هستند. این اثر ضد و نقیض تمرینات بر هماتوکریت، در ارتفاعات زیاد یا کم، نیاز به تحقیقات زیادتری دارد.

منابع و مأخذ:

1. Bianctti, PP; Earopresco. " A Hematological status in a group of Maleathelets of different sports". sports Med & phys Fitness, 32 (1), 1992.
2. Bonnie J, Miller. " Hematological Effects of Running (A Brief Review)".

-
- Sport Medicine, 9(1), 1990.
3. Fellman, Nicole." Hormonal and plasma Volume Alteration Following Endurance Exercise". Sport Medicine, 13(1), 1992.
 4. Schnider, E, C and Hayens, L, C." Changes in The Blood after Muscular activity and During Training". Amer, J, physio, 36, 1985.
 5. Zbigniew, Szygula." Erythrocytic serum under the influence of physical Exercise and Training". sport Medicine. 1(3). 1990.